



Pientalon taloteknisten järjestelmien käyttöliittymien tekninen integraatio

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Kevät 2025

Jesse Valkeeniemi

Koulutus	Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)	
Tekijä	Jesse Valkeeniemi	Vuosi 2025
Työn nimi	Pientalon taloteknisten järjestelmien käyttöliittymien tekninen integraatio	
Ohjaaja	Timo Väisänen	

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda vanhan omakotitalon taloteknisille laitteille yhteinen käyttöliittymä hyödyntäen avoimen lähdekoodin kotiautomaatioalustaa, Home Assistantia. Järjestelmän kriteereinä olivat avoimen lähdekoodin lisäksi laitteiden hallinta joko kiinteästi asennetulta kosketusnäytöltä olohuoneesta tai käyttäjien omilta laitteilta selaimen kautta, järjestelmän eri osien toiminta vain lähiverkossa ilman pilvipalveluita tai valmistajien omia puhelinsovelluksia ja helppo järjestelmän laajennuksen mahdollistaminen.

Järjestelmän toteutusta vaikeutti se, että integroitavat laitteet eivät välttämättä olleet valmiiksi älykkäitä tai liitettävissä suoraan kotiautomaatioon. Toisaalta tämä toimi myös innoittajana koko projektille ja työssä tutkittiinkin tällaisten laitteiden mahdollisuuksia tulla integroiduksi nykyaikaiseen järjestelmään. Työssä käytiin läpi eri laitteiden valmistajakohtaisia ongelmia sekä liitännäismahdollisuuksia ja mitä nämä vaatisivat integroinnin toteutuksen kannalta.

Projektin onnistumista varten jokaiselle laitteelle etsittiin sopivat ratkaisut erilaisten lisälaitteiden tai Home Assistantin laajan käyttäjäyhteisön luomien avoimeen lähdekoodiin pohjautuvien koodien avulla. Järjestelmän hallintaa varten onnistuttiin luomaan selkeä ja helposti hallittava käyttöliittymä, josta liitetyt laitteet voidaan hallita suoraan ja lukea esimerkiksi talon eri huoneiden lämpötiloja ja suhteellisia kosteusprosentteja. Käyttöliittymä muokattiin ja testattiin toimivaksi 14 tuuman kosketusnäytölle olohuoneen seinällä, älypuhelimilla sekä tietokoneen selaimella.

Lopulta toimivalle järjestelmälle luotiin vielä arkikäyttöä helpottavia automaatioita ja varauduttiin pörssisähkösopimukseen siirtymiseen testaamalla erilaisia pörssisähköohjauksia talon lämmitykseen liittyen. Kokonaisuutena syntyi siis hyvin monipuolisesti muokattava ja laajennettava kotiautomaatoratkaisu, jossa ei olla sitouduttu mihinkään yksittäiseen laitevalmistajaan. Avoimen lähdekoodin ja valtavan käyttäjäyhteisön tuen sekä sisällöntuotannon ansiosta Home Assistant toimi erittäin sopivana alustana tälle projektille eri ikäisine laitteineen.

Avainsanat Home Assistant, integraatio, kotiautomaatio, käyttöliittymä, mikrokontrolleri
Sivut 65 sivua ja liitteitä 10 sivua

DP Electrical and Automation Engineering
Author Jesse Valkeeniemi
Subject Technical Integration of Interfaces for Building
Technology Devices in a Detached House
Supervisor Timo Väisänen

Year 2025

The aim of this thesis was to create a unified user interface for the building technology devices of an old detached house by utilizing the open-source home automation platform, Home Assistant. The key criteria for the system, in addition to being open-source, included the ability to control devices either from a wall-mounted touchscreen in the living room or via users' personal devices through a web browser. Additionally, it was essential that all system components communicate only within the local network without reliance on cloud services or manufacturer-specific mobile phone applications, and that the system could be easily expanded in the future.

One of the main challenges in creating the system was that the devices to be integrated were not necessarily smart or directly compatible with home automation platforms. However, this also served as inspiration for the entire project, and the study explored the possibilities of integrating such devices into a modern system. The work examined manufacturer-specific issues and connectivity options for different devices, and what would be required for successful integration.

To ensure the success of the project, suitable solutions were found for each device using various additional small devices or open-source integrations created by the extensive Home Assistant community. A clear and user-friendly interface was successfully developed for system control, allowing direct management of connected devices and displaying data such as temperature and relative humidity in different rooms of the house. The interface was customized and tested for use on a 14-inch touchscreen mounted on the living room wall, on smartphones, and in web browser of a computer.

Finally, practical automations were created to ease everyday use, and preparations were made for switching to a spot price-based electricity contract by testing various automations related to the heating devices of the house. As a result, a highly customizable and expandable home automation solution was created, which also is not tied to any single device manufacturer. Thanks to its open-source nature and the vast support and content provided by its user community, Home Assistant proved to be an excellent platform for this project, capable of integrating devices of varying ages.

Keywords Home Assistant, home automation, integration, micro controller, user interface
Pages 65 pages and appendices 10 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Teoria ja taustatiedot.....	1
2.1	Rakennusautomaatio pientaloissa.....	2
2.2	Taloteknisten järjestelmien integrointi	2
2.3	Sulautetut järjestelmät ja IoT	3
2.4	Kaapeliyhteydet ja langattomat tiedonsiirtoteknologiat	4
2.4.1	Johdolliset tiedonsiirtoteknologiat	5
2.4.2	Langattomat tiedonsiirtoteknologiat	5
2.5	Home Assistant kotiautomaation alustana.....	6
3	Kohderakennus ja liitettävä talotekniikka.....	8
3.1	Lämmityslaitteet	8
3.1.1	Ilmavesilämpöpumppu	8
3.1.2	Ilmalämpöpumppu	11
3.1.3	Lattialämmityspiiri	12
3.2	Ilmanvaihto	13
3.3	Salaojakaivo	16
4	Raspberry Pi ja Home Assistant.....	17
4.1	Raspberry Pi	18
4.2	Home Assistantin asennus.....	19
4.3	Lisäosat Home Assistantille	20
5	Lisälaitteet, kytkennät ja integraatiot	21
5.1	Ilmalämpöpumppu	21
5.1.1	ESPHome ja ESP8266-mikrokontrolleri.....	22
5.1.2	ESP8266-piirin kytkeminen ilmalämpöpumppuun	22
5.1.3	Ilmalämpöpumpun integrointi Home Assistantiin.....	25
5.2	Ilmavesilämpöpumppu	26
5.2.1	EMS-ESP ja ESP32-mikrokontrolleri	27
5.2.2	EMS Interface board, ESP32-mikrokontrolleri ja kytkennät	28
5.2.3	Ilmavesilämpöpumpun mittaus- ja ohjaustiedot Home Assistantiin	31
5.3	Poistoilmalämpöpumppu.....	33
5.3.1	MODBUS-väylä ja kytkentä Raspberryyin	33
5.3.2	Poistoilmalämpöpumpun integrointi Home Assistantiin	34

5.4	Lattialämmityspiiri	36
5.4.1	LAN-yhteys	37
5.4.2	Mittausten ja ohjausten lisääminen Home Assistantiin	37
5.5	Salaojakaivo	38
5.5.1	Anturi ja kytkennät	38
5.5.2	Salaojakaivon mittaustiedot Home Assistantiin	39
5.6	Sisäilman mittaus	41
5.6.1	Zigbee-verkon luominen	41
5.6.2	Zigbee lämpötila- ja kosteusantureiden lisääminen Home Assistantiin	42
6	Käyttöliittymä ja kosketusnäyttö	44
6.1	Kosketusnäyttö	45
6.2	Käyttöliittymän toteutus	46
6.2.1	Sisä- ja ulkoilman mittausten käyttöliittymä	46
6.2.2	Talotekniikan käyttöliittymä	47
7	Automaatiot	48
7.1	Ajastintoiminta pistorasialle	48
7.2	Sulanapitokaapelin ohjaus ulkolämpötilan mukaan	51
7.3	Salaojakaivon pinnankorkeuden varoitus puhelimeen	52
7.4	Pörssisähköohjauksen valmius	57
8	Pohdinta	60
	Lähteet	62

Kuvat

Kuva 1.	Sulautetun järjestelmän perusrakenne	3
Kuva 2.	Ilmavesilämpöpumpun sisäyksikkö.	9
Kuva 3.	Ilmavesilämpöpumpun ohjainkortin liitännät.	10
Kuva 4.	Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö olohuoneen seinällä.	11
Kuva 5.	CN105-liittimen pinnijärjestys (Hadley, 2016a).	12
Kuva 6.	Roth Touchline lattialämmitysjärjestelmän laitteisto.	13
Kuva 7.	Liesikupu ohjauspainikkeineen	14
Kuva 8.	Nilan VPL 15 TC poistoilmalämpöpumppu (Nilan Suomi Oy, n.d.).	15
Kuva 9.	Nilan CTS600-ohjauspaneeli	16
Kuva 10.	Salaojakaivon sisäpuoli	17

Kuva 11. Raspberry Pi 5 -tietokone.....	18
Kuva 12. Raspberry Pi Imager ja Home Assistant -käyttöjärjestelmän asennus.....	19
Kuva 13. D1 Mini ESP8266 -mikrokontrollerin pinnijärjestys (Random Nerd Tutorials, n.d.-c).....	23
Kuva 14. D1 Mini ja kiinnijuotetut johtimet sekä JST PA -liitin.	24
Kuva 15. Mikrokontrolleri liitettynä CN105-liitimeen ilmalämpöpumpun sisäyksikköön.	25
Kuva 16. Mitsubishi ilmalämpöpumpun Home Assistant entityt.	26
Kuva 17. EMS-ESP Flash Tool ja firmwaren asennus ESP32-mikrokontrollerille.	27
Kuva 18. EMS-ESP ja MQTT-asetukset.....	28
Kuva 19. ESP-WROOM-32 pinnijärjestys sekä selitykset (Random Nerd Tutorials, n.d.-a).....	29
Kuva 20. ESP32 ja EMS Interface Board kytkettynä.	30
Kuva 21. Bosch ilmavesilämpöpumpun kytkentäkaavio kotiautomaatiota varten.....	31
Kuva 22. MQTT-integraation löytämät laitteet.	32
Kuva 23. Ilmavesilämpöpumpun ohjaus- ja mittaustietoja Home Assistantin käyttöliittymässä.	33
Kuva 24. Poistoilmalämpöpumpun tietoliikennekytkennät.	34
Kuva 25. Nilan CTS600-integraation sisältö.	35
Kuva 26. Nilan poistoilmalämpöpumpun käyttöliittymäesimerkki.	36
Kuva 27. Roth Touchline -integraation asetukset Configuration.yaml-tiedostossa.....	37
Kuva 28. Lattialämmityslaitteisto lisättynä käyttöliittymään.....	38
Kuva 29. Etäisyysanturin ohjaimen kytkentä mikrokontrolleriin.....	39
Kuva 30. Configuration.yaml-tiedoston muokkaus salaojakaivon tietoja varten.	40
Kuva 31. Salaojakaivon mittaustiedot käyttöliittymässä.....	40
Kuva 32. Sonoffin USB-porttiin kytkettävä Zigbee-vastaanotin.....	42
Kuva 33. Zigbee-verkkoon liitettävät lämpötila- ja kosteusanturit.	43
Kuva 34. Zigbee-verkon visuaalinen esitysmuoto Home Assistantissa.....	44
Kuva 35. Chromebook asennettuna olohuoneen seinälle.....	45
Kuva 36. Ulko- ja sisäilman mittauksen käyttöliittymä.	47
Kuva 37. Järjestelmän käyttöliittymä talotekniikan osalta.	48
Kuva 38. Kylpyhuoneen pistorasian ohjaus ja ajastus käyttöliittymässä.	50
Kuva 39. Third Reality Zigbee-älypistorasia.	50
Kuva 40. Älypistorasian kytkeytyminen automaation mukaan.	52
Kuva 41. Telegram-integraation asetukset Home Assistantin asetustiedostossa.	53
Kuva 42. Varoitusautomaation ehdot määritettynä Home Assistantin automaatiotyökalulla.	54
Kuva 43. Varoitusautomaation toiminto-osuuden määrittely.....	55
Kuva 44. Salaojakaivohälytyksen viestitulva puhelimessa.....	56

Kuva 45. Spot-hinta.fi -integraation määrittely Home Assistantin asetustiedostoon.....	57
Kuva 46. Pörssisähköhauksen toiminta 12 tunnin historiakuvaajana.....	60

Taulukot

Taulukko 1. Lämmityslaitteiden pörssisähköhauksen raja-arvot.....	58
---	----

Liitteet

Liite 1.	Bosch ilmavesilämpöpumpun sisäyksikön (AWM 9) asennusohjeen sivu 20
Liite 2.	Salaojakaivon mikrokontrollerin Arduino IDE:llä tehty koodi
Liite 3.	Asetustiedoston koodi ESP8266-mikrokontrolleria ja ESPHomea varten
Liite 4.	Pistorasian ajastusautomaation asetustiedostot
Liite 5.	Ulkolämpötilan mukaan ohjattavan pistorasian asetustiedostot
Liite 6.	Pörssisähköhajuus ilmavesilämpöpumpulle, ilmalämpöpumpulle ja käyttöveden lämmitykselle

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan pientalon erilaisten taloteknisten laitteiden kommunikaatiomahdollisuuksia kotiautomaatiota ajatellen ja rakennetaan järjestelmä, jossa laitteilla on yhteinen käyttöliittymä. Projektin alustaksi valitaan Home Assistant, joka on avoimen lähdekoodin kotiautomaatio-ohjelmisto. Home Assistantin avulla mahdollistetaan myös käyttöliittymän ja koko järjestelmän laajennusmahdollisuudet erilaisille kodin automaatioille, ohjauksille sekä mittauksille. Talotekniikan ohjauksen lisäksi järjestelmään lisätään sisäilman mittauksia kotiautomaatioon soveltuvilla antureilla.

Projektin kohteena on vuonna 1969 valmistunut omakotitalo, jonka talotekniikkaa on uusittu paljon viimeisen 10 vuoden aikana. Laitteet, jotka keskitettyyn käyttöliittymään integroidaan, ovat pääosin vuosien 2010 ja 2020 välillä julkaistuja laitteita. Koska osa laitteista on valmistettu ennen kotiautomaation ja IoT:n yleistymistä, työssä päästään tutkimaan ja rakentamaan erilaisia kommunikaatoratkaisuja laitteiden ja Home Assistantin välille.

Home Assistant asennetaan Raspberry Pi -tietokoneelle ns. puhtaalta alustalta ja koko järjestelmä tehdään alusta lähtien tätä opinnäytetyötä varten. Lisäksi projektia varten tarvitaan mikrokontrollereita sekä eri kommunikaatioväylien tulkkeja riippuen liitettävästä laitteesta. Tulevan järjestelmän ja taloteknisten laitteiden hallintaa varten asennetaan kohderakennuksen olohuoneen seinälle kosketusnäyttö, jonka tehtävänä on toimia käyttöliittymän rajapintana mobiililaitteiden ja tietokoneen selaimen lisäksi.

Tavoitteena on helpottaa ympäri taloa sijoitetun talotekniikan hallintaa mahdollistamalla sen käyttö kaikille perheenjäsenille yhdestä pisteestä. Kriteereinä toteutuneelle järjestelmälle on, että se ei vaadi laitevalmistajien pilvipalveluita tai puhelinsovelluksia, kaikki tietoliikennöinti tapahtuu kohderakennuksen lähiverkossa ja toteutus perustuu avoimeen lähdekoodiin.

2 Teoria ja taustatiedot

Tässä opinnäytetyön luvussa käsitellään pientalon rakennusautomaation ja sen järjestelmien integroinnin perusteita sekä eri tiedonsiirtotapoja ja kommunikaatioprotokollia, erityisesti opinnäytetyön toiminnallisessa osassa käytettäviä sellaisia. Lisäksi tarkastellaan Home Assistantia alustana laitteiden hallinnalle ja yhdistämiselle yhdeksi kokonaisuudeksi.

2.1 Rakennusautomaatio pientaloissa

Taloautomaatio ja älykkäät järjestelmät kehittyvät nopeaan tahtiin ja yleistyvät myös pienissä asuinrakennuksissa. Tavoitteena on älykkäät, energiatehokkaat ja käyttäjäystävälliset kokonaisuudet. Toimivalla taloautomaatiolla saadaan tietoa lämpöenergian kulutuksesta ja tuotannosta suoraan talon lämmityslaitteilta, sillä voidaan mitata sähkönkulutusta ja mahdollista sähköntuotantoa, seurata vedenkulutusta ja sisäilman laatua. (Motiva Oy, n.d.)

Automaatoratkaisut mahdollistavat talon monipuolisen ohjauksen, jolla saavutetaan energiansäästöä ja sitä kautta taloudellista hyötyä. Laitteita voidaan ohjata perustuen mitattuihin tietoihin ympäri taloa. Mitattuja arvoja voivat olla esimerkiksi huonelämpötila, ulkolämpötila, sääennuste ja sähkön hinta. Käyttäjän menojen mukaan saadaan tehtyä lämmitystä ohjaavia ohjelmia hyödyntämällä poissa- ja läsnäolotietoja. Talosta saataviin mittaustietoihin voidaan linkittää myös erilaisia hälytyksiä ja turvallisuustoimia. (Motiva Oy, n.d.)

Monessa pientalossa voi olla yhtä aikaa useampi toiminnassa oleva lämmitysjärjestelmä sekä ilmanvaihtojärjestelmä, jotka saattavat toimia toistensa reviirillä lisäten turhaa energiahukkaa. Yhteisen taloautomaatiojärjestelmän avulla voidaan helposti ohjata talon eri LVI-laitteet toimimaan optimaalisesti yhdessä. (Motiva Oy, n.d.)

2.2 Taloteknisten järjestelmien integrointi

Järjestelmien integroinnilla tarkoitetaan kahden tai useamman järjestelmän liittämistä yhteen. Integrointia on monen tasoista, esimerkiksi vain yhden ohjaustiedon siirtäminen järjestelmästä toiseen tai kokonaisvaltainen usean järjestelmän toimintojen täydellinen hallinta yhdestä käyttöliittymästä, johon tässäkin opinnäytetyössä pyritään. Toisinaan myös sanalla taloautomaatio voidaan tarkoittaa tällaista järjestelmien keskinäistä kommunikaatiota ja niiden keskitettyä ohjausta. (Sähkötieto ry, 2018, s. 108)

Haastetta erilaisten järjestelmien integroinnille tuottaa tiedonvaihto ja sen toteutus järjestelmien välille. Monella laitevalmistajalla on omat kommunikaatioväylät laitteissaan eikä taloautomaatiota ja integraatiota varten lisättyä rajapintaa ole aina ollenkaan. Olemassa olevia erilaisia rajapintoja on myös suuri määrä.

Integroinnilla pyritään energiatehokkuuden lisäksi saavuttamaan helposti käytettävä kokonaisuus yhdistämällä rakennuksen eri järjestelmät yhdeksi kokonaisuudeksi. Integroinnissa on myös otettava huomioon vikatilanteet ja vian selvityksen hankaloituminen. Keskitetty käyttöliittymä ei välttämättä näytä yksittäisen laitteen vikakoodia tai tietoliikenteen katketessa jokin laite voi ohjautua väärin. Dokumentointi laitteiden välisestä kommunikaatiosta ja teknisistä muutoksista onkin tärkeää. Myös siksi, että itse integraatiototeutukseen voi syntyä vika. (Sähkötieto ry, 2018, s. 109)

2.3 Sulautetut järjestelmät ja IoT

Sulautetulla järjestelmällä tarkoitetaan pienen kokoluokan tietokonejärjestelmää, joka on osana jotain laitetta tai suurempaa sähköistä tai mekaanista järjestelmää. Sen tehtävänä on suorittaa tiettyjä toimintoja reaaliaikaisesti. Nimensä mukaisesti se on tietokonejärjestelmä, joka on upotettu osaksi laitteistoa. Sulautettujen järjestelmien ja IoT:n avulla taloautomaation toteutus on tehtävissä jopa maallikon toimesta. (Xiao, 2018, s. 3)

Sulautetut järjestelmät ovat nykyaikana täysin arkipäivää, sillä niitä käytetään tavallisissa jokapäiväisissä laitteissa, esim. rannekelloissa, pesukoneissa, jääkaapeissa ja autoissa. Koska sulautettu järjestelmä lisätään lähes jokaiseen elektroniikkaa sisältävään tavarahan nykyään, on sen oltava pieni, edullinen ja energiatehokas. Järjestelmän perusrakenne on esitetty kuvassa 1. (Xiao, 2018, s. 3)

Kuva 1. Sulautetun järjestelmän perusrakenne.



Mikrokontrolleri toimii sulautetun järjestelmän aivoina. Järjestelmään liitetään sen ympäristöstä erilaisia analogisia tai digitaalisia tuloja, esimerkiksi lämpötila-anturi tai kytkin. Lähtöliitäntöihin voidaan liittää näyttöjä tai toimilaitteita, esimerkiksi lämmitysjärjestelmässä oleva venttiili, jota voidaan avata ja sulkea tietyn lämpötila-anturin lukemiin perustuen.

Mikrokontrolleri on kooltaan hyvin pieni, se voi olla kooltaan tulitikkurasian kokoinen tai pienempikin, riippuen kuinka paljon tuloja ja lähtöjä tai suorituskykyä käyttökohteessa tarvitaan. Ne koostuvat keskusyksiköstä eli prosessorista, ajastimista ja laskureista, muistista ja muista oheislaitteista, jotka ovat integroituna yhteen IC-piiriin. Laite on ikään kuin kokonainen tietokone yhdellä piirikortilla. (Xiao, 2018, s. 4)

Kun esimerkiksi omakotitalossa on lukuisia sulautettuja järjestelmiä, jotka vielä yhdistetään yhteiseen verkkoon, muodostavat ne ns. esineiden internetin eli Internet of Thingsin (IoT). Perinteisestä internetistä poiketen siihen voi kuulua lähes mitä tahansa laitteita, ei ainoastaan esimerkiksi tietokoneita, puhelimia ja tabletteja. IoT:lle ominaista on, että sen laitteet keskustelevat keskenään ilman ihmisen väliintuloa ja niitä voidaan hallita etänä. (Xiao, 2018, s. 23)

IoT:n toiminnan edellytyksenä on, että jokaisella siihen kuuluvalla laitteella on oma tunniste, esimerkiksi IP-osoite. Laitteiden tulee myös pystyä viestimään keskenään. Monesti tätä varten käytetään langattomia yhteysteknologioita ja protokollia kuten Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee tai Z-Wave. Laitteisiin tulee myös olla kytkettynä antureita, joilla tieto ympäristöstä voidaan hyödyntää. Kaikkea hallitaan aiemminkin mainitulla mikrokontrollerilla, joka voidaan ohjelmoida suorittamaan haluttuja tehtäviä perustuen anturitietoihin. (Xiao, 2018, s. 24)

2.4 Kaapeliyhteydet ja langattomat tiedonsiirtoteknologiat

Toimivan taloautomaation toteuttaminen edellyttää laitteiden välistä kommunikaatiota, joka voidaan järjestää joko erilaisilla kaapeliyhteyksillä tai langattomilla tiedonsiirtomenetelmillä. Kaapeliyhteydet tarjoavat tyypillisesti luotettavamman ja nopeamman tiedonsiirron, mutta langattomat menetelmät ovat joustavampia ja helpompia asentaa erityisesti jälkiasennuksina tai pienimuotoisissa automaatioprojekteissa. Tässä luvussa tarkastellaan yleisiä tiedonsiirtoteknologioita ja -protokollia, jotka soveltuvat erityisesti tässä opinnäytetyössä toteutettavaan projektiin eli keskitytään pientalojen automaatioon, sulautettuihin järjestelmiin ja IoT-ratkaisuihin.

2.4.1 Johdolliset tiedonsiirtoteknologiat

Kaapeliyhteyksiä käytetään erityisesti, kun tarvitaan vakaata ja häiriötöntä tiedonsiirtoyhteyttä. Monesti myös pidempi kantama on saavutettavissa kuin langattomilla teknologioilla. Yleisimpiä johdollisia tiedonsiirtoteknologioita ovat esimerkiksi Ethernet sekä erilaiset sarjaliikenteeseen perustuvat ratkaisut, kuten UART ja RS-485.

Ethernet on yksi yleisimmistä johdollisista tiedonsiirtoteknologioista. Sitä käytetään laajalti tietoverkoissa, mukaan lukien kotiautomaatiojärjestelmät. Se hyödyntää IP-pohjaista tiedonsiirtoa ja käyttää kierrettyä parikaapelia, joka on edullinen ja helppo asentaa. Ethernetin tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat yleensä 100 MBit/s ja 10 GBit/s välillä, mutta sen suurin rajoitus on noin 100 metrin kaapelointietäisyys ilman lisälaitteita. (GeeksforGeeks, n.d.)

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) on yksinkertainen ja laajalti käytetty sarjaviestintäteknikka, jota käytetään erityisesti sulautetuissa järjestelmissä. Se mahdollistaa asynkronisen tiedonsiirron kahden laitteen välillä kahdella johtimella, joita kutsutaan termeillä Tx (lähetys) ja Rx (vastaanotto). UART on tyypillinen tiedonsiirtotapa mikrokontrollereiden ja muiden sulautettujen laitteiden välisessä viestinnässä lyhyillä etäisyyksillä. (Pena & Legaspi, 2020)

RS-485 on yleisesti käytetty tiedonsiirtostandardi teollisuus- ja rakennusautomaatiossa, mutta se soveltuu hyvin myös taloautomaatioon. Se perustuu differentiaaliseen signaalinsiirtoon, joka mahdollistaa pitkän kantaman (jopa 1200 metriä) ja hyvän häiriönsiedon. RS-485 ei ole itsessään tiedonsiirtoprotokolla, vaan se määrittää vain sähköiset ominaisuudet. Sitä käytetään usein Modbus-protokollan kanssa, mutta myös muita protokollia voidaan toteuttaa sen päällä. Tässä opinnäytetyöprojektissä RS-485-liitännällä varustettu laite käyttää Modbusin kaltaista muokattua protokollaa. (Pini, 2019)

2.4.2 Langattomat tiedonsiirtoteknologiat

Langaton tiedonsiirto mahdollistaa laitteiden välisen kommunikaation ilman kaapelointia, mikä tekee siitä erityisen hyödyllisen sulautettuihin järjestelmiin perustuvassa kotiautomaatiossa. Langattomassa tiedonsiirrossa hyödynnetään erilaisia radioteknologioita ja protokollia, kuten Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave ja Bluetooth Low Energy (BLE). (IoTDesignPro, 2019)

Wi-Fi-yhteys löytyy nykyään käytännössä jokaisesta kodista ja monet kodinkoneet sekä talotekniset laitteet voidaan yhdistää siihen oletuksena. Wi-Fi on erityisen hyödyllinen suurta tiedonsiirtonopeutta ja kaistanleveyttä vaativissa sovelluksissa, kuten valvontakameroissa ja mediatoistimissa. (IoTDesignPro, 2019)

Toisaalta esimerkiksi paristokäyttöiset laitteet, kuten anturit ja älylukot, hyödyntävät tyypillisesti energiatehokkaampia langattomia protokollia. Näistä yleisesti pientaloissa käytettyjä ovat esimerkiksi Zigbee, Z-Wave ja BLE/BL5. Lisäksi pitkän matkan, jopa kymmenien kilometrien kommunikointiin käytetään tarvittaessa GSM-, LTE-, NB-IoT- ja LoRa-protokollia. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain talon sisäisiin lyhyen kantaman tiedonsiirtoihin. (IoTDesignPro, 2019)

Sekä Zigbee, että Bluetooth Low Energy eli BLE, joka on nykyään klassisen Bluetoothin kanssa yhdistettynä osaksi Bluetooth 5 -standardia, käyttävät 2,4 GHz taajuutta tiedonsiirtoon. Molemmat soveltuvat hyvin esimerkiksi paristokäyttöisten antureiden ja ohjauslaitteiden tiedonsiirtoon erittäin pienen virrankulutuksensa vuoksi. Molemmat teknologiat tukevat myös mesh-verkkotekniikkaa, jossa laitteet voivat välittää viestejä toisilleen muodostaen itseohjautuvan ja laajennettavan verkon. Tämä mahdollistaa pitkän kantaman ja paremman luotettavuuden ilman yksittäiseen tukiasemaan tukeutumista. (Digi, n.d.)

Z-Wave on BLE:n ja Zigbeeen kilpailija hyvin samankaltaisilla ominaisuuksilla, mutta eroavaisuutena on sen käyttämä 865-921 MHz taajuus. Tämä vähentää häiriöitä ja parantaa kantamaa, mutta samalla rajoittaa tiedonsiirtonopeutta verrattuna korkeampiin taajuuksiin perustuviin tekniikoihin. Kuten Zigbee, myös Z-Wave tukee mesh-verkkotekniikkaa, mikä tekee siitä hyvän vaihtoehdon laajoihin kotiautomaatioverkkoihin. (Teel, n.d.)

2.5 Home Assistant kotiautomaation alustana

Home Assistant valittiin tämän projektin kotiautomaatioalustaksi sen lähdekoodin avoimuuden, yksityisyyttä painottavan toimintaperiaatteen sekä kilpailijoihin nähden ehdottomasti laajimman laite- ja integraatiotuen vuoksi. Home Assistant tukee yli tuhatta laitevalmistajaa ja yli kolmea tuhatta integraatiota, joiden käyttöönotto on pääosin tehty erittäin käyttäjäystävälliseksi. Ennen projektin aloittamista tehdyn selvityksen perusteella

tämä oli ainut alusta, jolle kaikkien projektissa käytettyjen laitteiden integroinnista löytyi kattavasti dokumentaatiota. (Home Assistant, n.d.-h)

Home Assistant voidaan asentaa useilla eri tavoilla ja monille eri laitteille. Helpoimmin kotiautomaatiota aloittavalle se onnistuu valitsemalla Home Assistant OS (HAOS) eli käyttöjärjestelmäversio, joka sisältää kaikki Home Assistantin ominaisuudet valmiina käyttöön. Tämä asennustapa sopii erityisen hyvin esimerkiksi tässäkin projektissa käytetylle Raspberry Pi -mikrotietokoneelle.

Muita asennustapoja ovat esimerkiksi Container- ja Core-versiot, jotka eivät sisällä kaikkia Home Assistant OS:n ominaisuuksia ja vaativat myös enemmän tietoteknistä osaamista vaikeamman konfiguroinnin vuoksi. Olemassa olevalle käyttöjärjestelmälle voidaan valita Supervised-versio, joka tarjoaa samat ominaisuudet kuin käyttöjärjestelmäversio HAOS. Myös eri laitteistojen ja käyttöjärjestelmien tuki on laaja, esimerkiksi Linux, MacOS, Windows ja erilaiset virtuaaliympäristöt. (Home Assistant, n.d.-e)

Home Assistantin käyttöliittymän muokkaus on käyttäjäystävällistä, monipuolista ja sen ulkonäkö on moderni. Laajan käyttäjäyhteisön vuoksi myös käyttöliittymän ulkonäköä voidaan muokata jokaisen omaan makuun soveltuvaksi. Käyttöliittymä perustuu niin sanottuun korttipohjaiseen näkymään, jossa jokainen kortti esittää tietyn tyyppistä tietoa tai tarjoaa tietynlaisia hallintamahdollisuuksia integroidulle laitteelle. Korttivaihtoehtoja on lukuisiin eri käyttötarkoituksiin, esimerkiksi valaistuksen tai termostaattien hallintaan, antureiden lukuun, kuvaajien esitykseen ja erilaisten mittareiden tiedon esittämiseen. Jokaisella kortilla on omat asetus- ja muokkausvaihtoehdot. Esimerkiksi valaistuskortilla voidaan säätää kirkkautta tai väriä, jos laite sitä tukee, ja termostaattikortilla voidaan säätää esimerkiksi ilmalämpöpumpun lämpötilapyyntiä. (Home Assistant, n.d.-c)

Olennainen osa toimivaa kotiautomaatioalustaa ovat itse automaatiot ja niiden luominen. Home Assistantissa kaikki alustalle lisätyt laitteet ja palvelut sekä niiden tiedot ovat käytettävissä automaatioiden luomisessa. Automaatiot voidaan luoda usealla eri tavalla. Helpoin tapa on valmiiden automaatiopohjien eli blueprinttien käyttö. Ne ovat käyttäjäyhteisön luomia automaatioita, jotka vaativat vain laitekohtaiset asetukset. Pohjia on saatavilla laajan käyttäjäyhteisön vuoksi runsaasti eri tarkoituksiin. (Home Assistant, n.d.-m)

Automaatioita voidaan luoda myös siihen tarkoitettuun työkalun avulla, joka löytyy Home Assistantin valikoista. Se tarjoaa vaiheittaisen ja opastetun tavan luoda uusia automaatioita

suoraan käyttöliittymästä, joka tekee luomisesta saavutettavaa myös niille, joilla ei ole aiempaa kokemusta koodin kirjoittamisesta. (Home Assistant, n.d.-a)

Kaikki luodut automaatiot tallentuvat YAML-muotoon, joka on helposti luettava konfiguraatiokieli Home Assistantin asetuksille. Kokeneempi käyttäjä voi suoraan YAML-tiedostoa muokkaamalla luoda monimutkaisiakin automaatioita. Home Assistantin dokumentoinnista löytyy hyvät ohjeet kaikille automaatioiden luontitavoille, mukaan lukien mahdolliset muuttujat YAML-muodossa tehtävälle automaatiolle. (Home Assistant, n.d.-b)

3 Kohderakennus ja liitettävä talotekniikka

Opinnäytetyön projektikohteena toimii vuonna 1969 valmistunut täystiiliomakotitalo. Asuinkerroksia on kaksi ja asuinpinta-alaa noin 160 neliötä. Talossa on myös pieni autotalli, johon on kulku talon sisäkautta. Talon lämmitys- ja ilmanvaihtotekniikka on alun perin toteutettu öljykattilalla, vesikiertoisilla pattereilla ja koneellisella poistoilmanvaihdolla. Vuodesta 2019 alkaen talotekniikkaa on uusittu omistajan vaihdon seurauksena mukavuustason ja energiatehokkuuden nostamiseksi.

3.1 Lämmityslaitteet

Tarkastellaan kohderakennuksen uusittua talotekniikkaa lämmityslaitteiden osalta ja niiden mahdollisuutta sekä valmiuksia keskustella kotiautomaation kanssa.

3.1.1 Ilmavesilämpöpumppu

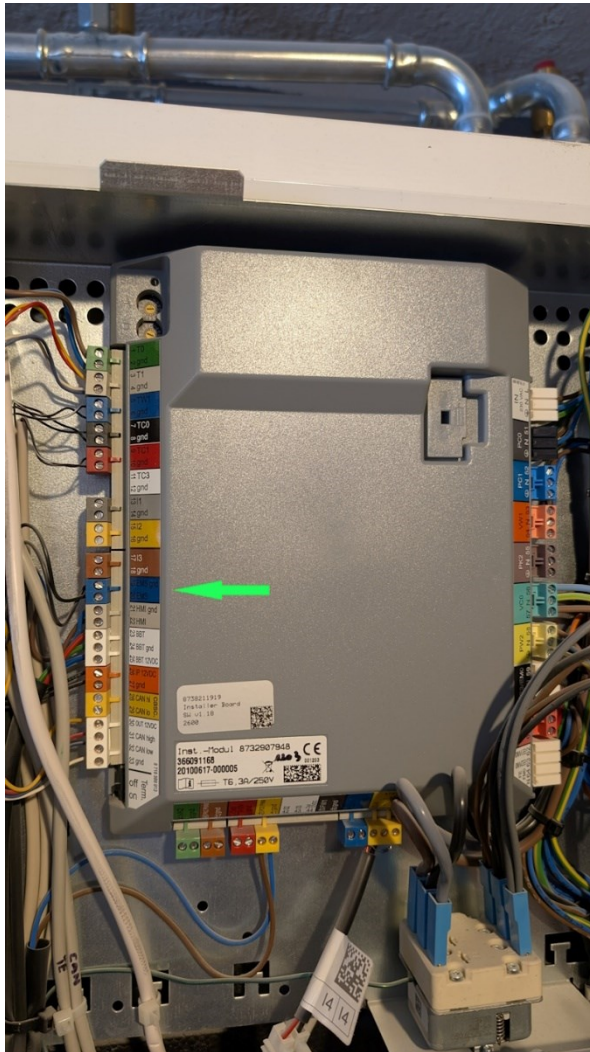
Öljylämmityksestä on luovuttu joulukuussa 2020. Vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän lämpöenergia on tuotettu siitä lähtien ilmavesilämpöpumpulla. Pumppu on malliltaan Bosch Compress 7000i 9 kW. Kyseessä on vuonna 2018 julkaistu laite eikä siinä ole nykyaikaisesti esim. Wi-Fi-yhteyden mahdollisuutta tai RJ45-porttia verkkokaapelille. Laite myös sijaitsee teknisessä tilassa talon alakerrassa, joka ei ole arkikäytön kannalta erityisen helppo paikka. Kaikki laitteen toiminnot ovat säädettävissä kuitenkin vain sen etupaneelin käyttöliittymästä. Kuvassa 2 on esitetty ilmavesilämpöpumpun sisäyksikkö asennettuna talon tekniseen tilaan.

Kuva 2. Ilmavesilämpöpumpun sisäyksikkö.



Boschin laatimaa sisäyksikön asennusohjeen sivua 20 (Liite 1) tutkimalla selviää, että laitteen ohjainpiirikortilla on lisävarusteita varten EMS-BUS-väyläliitäntä. Projektin toteutusta varten varmistettiin asennuskohteen laitteesta kyseisen liitännän olemassaolo. Piirikortti liitäntöineen löytyy laitteen etupaneelin takaa. Kuvasta 3 nähdään, että ohjekirjan liitännät vastaavat kohteeseen asennetun laitteen liitäntöjä.

Kuva 3. Ilmavesilämpöpumpun ohjainkortin liitännät.



EMS-BUS-liitäntä on kuvassa vihreällä nuolella merkitty sininen kaksinapainen liitin. Liittimessä on jo kiinni kaksi johdinta, mutta asennusohjeen mukaan liitettöjä laitteita voi olla useampia samaan liitäntään kytkettynä rinnakkain. Kotiautomaatioon liittymistä varten voidaan käyttää siis tätä väylää.

EMS-BUS on Boschin käyttämä kommunikaatioväylä, jolla lämmitysjärjestelmän eri osat keskustelevat keskenään. Tätä väylää kautta voidaan lukea ja kirjoittaa lämpöpumpun ohjaus- ja mittaustietoja. Jotta väylää voidaan käyttää tähän tarkoitukseen, tarvitaan laite, joka tulkitsee väylän viestit helposti hyödynnettävään muotoon. BBQKees Electronics on tähän erikoistunut yritys ja tässä projektissa käytetään heidän EMS interface board V3.1 -tuotetta. (BBQKees Electronics, n.d.-b)

3.1.2 Ilmalämpöpumppu

Kohteen yläkerran lämmityksestä on vastannut 2024 vuoteen asti vesikiertoiset lämmityspatterit. Ilmavesilämpöpumpun hyötysuhdetta saadaan parannettua, jos sen tuottaman vesikiertoon lähtevän menoveden lämpötilaa voidaan laskea. Tätä, ja myös viilennysmahdollisuutta varten, yläkertaan on asennettu 2024 helmikuussa ilmalämpöpumppu vähentämään pattereilla lämmittämisen tarvetta. Ilmalämpöpumpun tukiessa yläkerran lämmitystä, voidaan ilmavesilämpöpumpun menoveden lämpötilaa laskea merkittävästi. Kuvassa 4 näkyy ilmalämpöpumpun sisäyksikkö asennettuna olohuoneen seinälle.

Kuva 4. Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö olohuoneen seinällä.

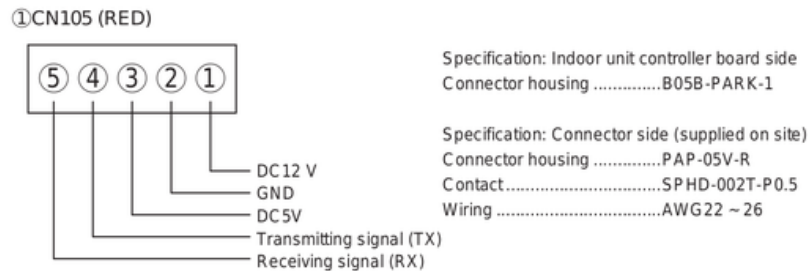


Ilmalämpöpumppu on Mitsubishiin valmistama malli, RW25, joka on julkaistu vuonna 2021. Kuten useissa 2020-luvun laitteissa, tässäkin on Wi-Fi-yhteys jo vakiovarustuksena. Wi-Fi-yhteydellä voidaan liittää laite Mitsubishiin MELCloud-puhelinsovellukseen. Tieto pumpun perusohjauksista siirtyy pilvipalvelun kautta käyttäjän sovellukseen ja myös toiseen suuntaan kommunikointi onnistuu, jolloin esimerkiksi lämpötilapyyntiä voidaan säätää puhelimella. Home Assistantille on myös olemassa suoraan MELCloud-palvelua hyödyntävä integraatio pumpun hallintaa varten. (Mitsubishi Electric, n.d.; Home Assistant, n.d.-f)

Tässä projektissa on tarkoitus käyttää suoraan lämpöpumpun ohjainkortilta löytyvää sarjaporttia, josta saadaan lähes kaikki mahdollinen tieto pumpun antureista ja ohjausparametreista. MELCloudin ominaisuuksista puuttuu muun muassa pumpun infrapunakameran mahdollistava läsnäolotunnistus ja ulkolämpötilatieto. Mitsubishiin

lämpöpumpuista löytyy monesti CN105-merkinnällä oleva liitin laitteen ohjainpiirikortilta. CN105-liittimen kautta voidaan ilmalämpöpumpun kommunikaatio toteuttaa sarjaliikennemuodossa. Kuvassa 5 on esitetty kyseisen liittimen pinnijärjestys. (Hadley, 2016b)

Kuva 5. CN105-liittimen pinnijärjestys (Hadley, 2016a).



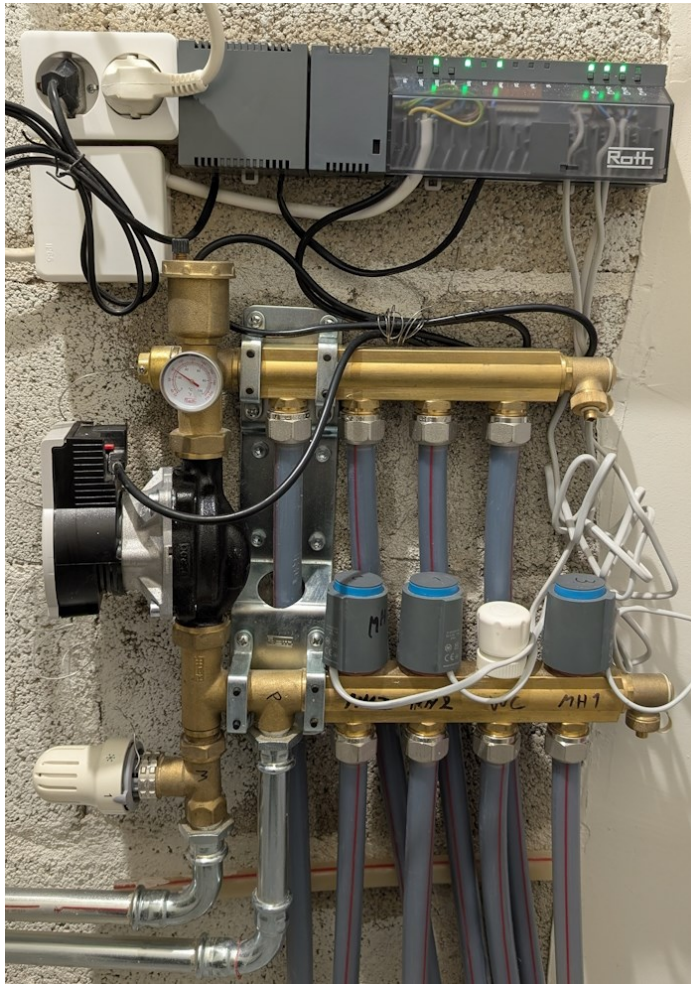
Toteutetaan keskustelu pumpun ja Home Assistantin välille lisäämällä pieni ESP8266-mikrokontrolleri pumpun sisään tai välittömään läheisyyteen. Mikrokontrolleri lähettää tiedot pumpulta Wi-Fi-yhteydellä mikrokontrollerilta Home Assistantille.

3.1.3 Lattialämmityspiiri

Vesikiertoinen lattialämmityspiiri kohderakennuksen alakerrassa saa lämpönsä ilmavesilämpöpumpulta sekoitusyksikön kautta. Sekoitusyksikkö tarvitaan pitämään lattialämmityspiiriin menevän lämmitysveden lämpötila kohtuullisena, pienempänä kuin pattereille menevän veden lämpötila. Lattialämmityksen vaatima veden lämpötila on noin 30 asteen molemmin puolin riippuen ulkolämpötilasta, kun halutaan pitää sisälämpötila 21-22 celsiusasteessa. Pattereille puolestaan menee aina vähintään 30-asteinen vesi ja kovimmilla pakkasilla peräti 50-asteinen vesi.

Sekoitusyksikön venttiiliä avaa ja sulkee käsin säädettävä termostaatti, joka pitää kutakuinkin vakiona lattialämmityspiireille lähtevän veden lämpötilan. Käytännössä n. 28-30 astetta. Kohderakennuksen jakotukissa on neljä lähtöä, joista kolme on vielä erikseen huonetermostaateilla ohjattuja. Kun huone saavuttaa asetetun lämpötilan, termostaatti katkaisee jakotukilta lämpöisen veden virtauksen kyseisen huoneen lattialämmityspiiriltä. Kuvassa 6 näkyy lattialämmityksen jakotukki, sekoitusyksikkö, termostaatit/toimilaitteet ja kytkentälaatikko.

Kuva 6. Roth Touchline lattialämmitysjärjestelmän laitteisto.



Lattialämmitysjärjestelmä on Rothin valmistama 2017 vuonna julkaistu versio heidän Touchline-sarjastaan. Siinä on LAN-liitäntä ulkopuoliselle tietoliikenteelle ja tämän myötä myös mahdollisuus esimerkiksi Rothin oman puhelinsovelluksen käyttöön. Kuvan 6 yläosassa näkyvä kytkentälaatikko ohjaa langattomien huonetermostaattien avulla 24 voltin järjestelmällä säätyviä alempana näkyviä toimilaitteita. LAN-liitännän ansiosta lattialämmitysjärjestelmä saadaan liitettyä tämän projektin käyttöliittymään.

3.2 Ilmanvaihto

Kohderakennuksen ilmanvaihto on toteutettu koneellisella poistoilmalla ja painovoimaisella tuloilmalla. Talon vesikatolla sijaitsevalla huippumurilla poistetaan likainen ilma kuudesta eri pisteestä. Tuloilmaa varten talon ulkoseinissä on läpivientireiät sekä tuloilmaventtiilit makuuhuoneissa ja olohuoneessa. Poikkeuksena toimii tekninen tila ja autotalli, joissa on täysin painovoimainen ilmanvaihto. Kylpyhuoneen kuivatuksen tehostamiseksi tilaan on

asennettu tietyn ilman suhteellisen kosteusprosentin ylittyessä käynnistyvä erillinen poistoilmapuhallin.

Koneellista poistoa ohjataan nykyisellään manuaalisesti liesikuvusta. Valittavia nopeuksia on kolme ja liesikuvun poiston tehostusta varten on painike, jolla liesikuvun liukuva venttiili voidaan avata ja sulkea. Kuvassa 7 näkyy liesikuvun nykyinen ohjauspaneeli.

Kuva 7. Liesikupu ohjauspainikkeineen.



Jatkossa talon ilmanvaihdosta vastaa suurimmaksi osaksi poistoilmalämpöpumppu, joka on tarkoitus ottaa käyttöön vuoden 2025 aikana. Tällä saadaan toteutettua lämmöntalteenotto ja koko rakennuksen energiatehokkuus parantuu huomattavasti.

Ilmanvaihtoremontissa rakennetaan kokonaan uusi tulo- ja poistoilman kanavisto taloon. Ilmanvaihtokoneeksi on valittu käytetty 10 vuotta vanha poistoilmalämpöpumppu. Tarkalleen kyseessä on vuonna 2013 valmistettu Nilan VPL 15 TC. Vuonna 2013 Nilan ei luonnollisesti tarjonnut älykkäitä ratkaisuja koneen ohjaamiseen omakotitaloasujille suunnatuissa laitteissaan vaan kaikki tiedot luetaan ja asetukset tehdään pienen ohjauspaneelin kautta. Kuvassa 8 on esitetty VPL 15 TC -poistoilmalämpöpumppu.

Kuva 8. Nilan VPL 15 TC poistoilmalämpöpumppu (Nilan Suomi Oy, n.d.).



Tämän projektin käyttöliittymän ja integroinnin toteuttamisen kannalta oleellista on laitteen ohjauspaneelin malli CTS600. Kyseinen ohjain käyttää sen ja pumpun väliseen kommunikointiin muokattua Modbus-väylää. Yhteys on muodostettu RS485-liitännällä. Modbus-väylää voidaan hyödyntää integrointiin Raspberry Pi:n USB-väylään liitettävällä RS-485-lisäosalla (Frodef, n.d.). Kuvassa 9 on esitetty poistoilmalämpöpumpun nykyinen ohjauspaneeli.

Kuva 9. Nilan CTS600-ohjauspaneeli.



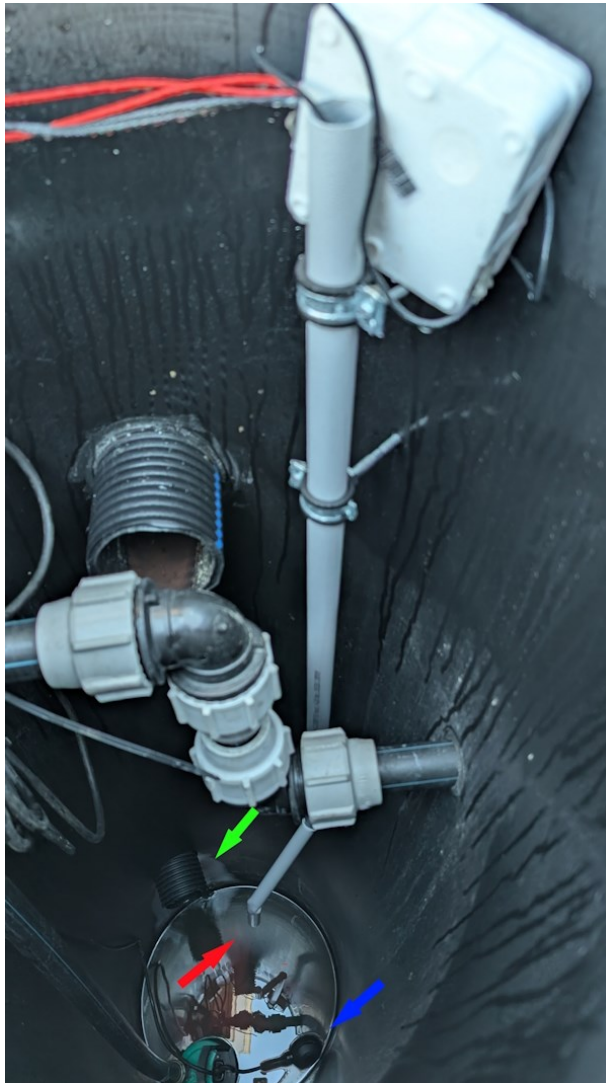
Poistoilmalämpöpumpun sijaitessa autotallissa, on sen arkikäyttö ja hallinta lyhyellä liitäntäkaapelilla varustetun ohjauspaneelin kautta hankalaa, koska se edellyttää autotalliin kulkua. Tämänkin vuoksi kaiken talotekniikan kattava käyttöliittymä helppokulkuisessa paikassa on erittäin hyödyllinen ja tarpeellinen, jos haluaa tarkastaa esimerkiksi mahdolliset vikakoodit tai lämpötila-arvot laitteen sisältä.

3.3 Salaojakaivo

Alkuvuodesta 2022 talon salaojat uusittiin ja salaojan asennussyvyyden sekä tontin puutteellisen kaadon vuoksi salaojan vedet ohjataan kaivoon, josta vesi pumpataan riittävän kauas tontin laidalle. Salaojakaivossa on perinteinen uppopumppu, joka käynnistyy, kun siihen liitetty kelluja nousee tarpeeksi korkealle. Uppopumppu voi teoriassa hajota koska vaan, eikä käyttäjä saa tästä tietoa muutoin kuin tarkastamalla kaivo tietyin väliajoin. Pumpun hajotessa kovalla sadekelillä, vesi voi nousta salaojissa nopeastikin talon perustuksien korkeudelle.

Mahdollisia ongelmatilanteita varten salaojakaivoon on rakennettu etäisyysanturia hyödyntävä hälytínjärjestelmä. Laite koostuu etäisyysanturin lisäksi ESP32-mikrokontrollerista, jossa on Wi-Fi-yhteys. Mikrokontrolleriin on kirjoitettu koodi (Liite 2), jonka avulla tieto veden pinnankorkeudesta lähetetään MQTT-viestinä Raspberry Pi:ssä olevalle MQTT-palvelimelle. Kuvassa 9 näkyy salaojakaivo sisältä kuvattuna. Kuvaan on merkitty sinisellä uppopumpun kelluja, punaisella anturin sijainti harmaan putken päässä ja vihreällä salaojaputken pää, josta vesi tippuu kaivon pohjalle.

Kuva 10. Salaojakaivon sisäpuoli.



MQTT-viestin avulla tieto veden pinnankorkeudesta voidaan liittää Home Assistantin käyttöliittymään. Tässä projektissa luodaan myös automaattinen hälytys käyttäjän puhelimeen, jos pinnan taso nousee liian korkealle.

4 Raspberry Pi ja Home Assistant

Opinnäytetyön toteutuksen pohjana toimii Home Assistant, joka asennetaan Raspberry Pi -tietokoneelle. Tässä luvussa käydään läpi kotiautomaatioalustan asennus, perustoiminnot ja esitellään toteutuksessa tarvittavia lisäosia.

4.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi on pienikokoinen yhden piirilevyn tietokone, jonka pisin sivu on alle 10 cm pitkä. Raspberry Pi:tä on myyty yli 10 vuotta ja siitä on julkaistu useampi päivitetty ja paranneltu versio sen jälkeen. Tämän projektin tietokoneeksi valikoitui Raspberry Pi:n viides versio 4 gigatavun RAM-muistilla ja tallennusmediana käytetään 128 gigatavun microSD-muistikorttia. Kuvassa 11 on esitetty projektissa käytetty Raspberry Pi 5. (Raspberry Pi, n.d.)

Kuva 11. Raspberry Pi 5 -tietokone.



Raspberry Pi 5:ssä on kaksi micro-HDMI -liitäntää, neljä USB-porttia, Ethernet-portti, Wi-Fi-vastaanotin, Bluetooth 5 -yhteensopivuus, muistikorttipaikka, IO-liitännät ja lisäksi myös PoE-mahdollisuus sekä M.2-liitäntä SSD-kovalevyä varten. Laitteessa on siis hyvät liitäntämahdollisuudet tarvittaville lisälaitteille ottaen huomioon fyysisen koon. (Raspberry Pi, n.d.)

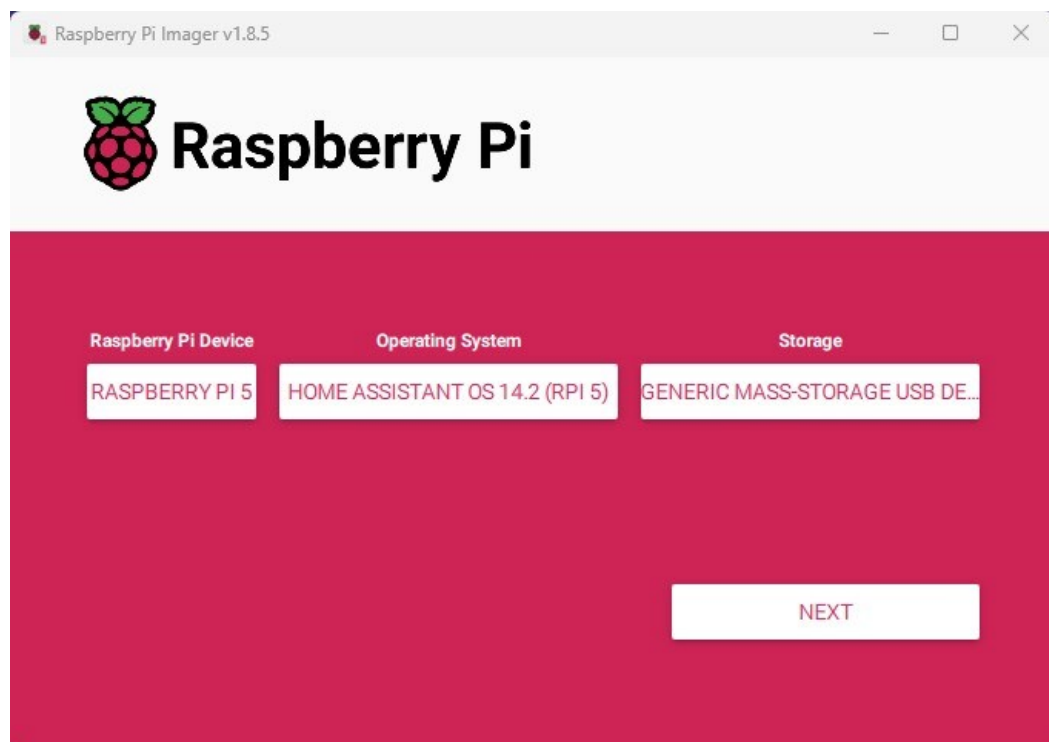
Kuvassa 11 näkyvä valkoinen kotelo on lisävaruste, mutta se tarjoaa hyvän suojan tietokoneelle ja sisältää myös tuulettimen jäähdytystä varten. Tarkoituksena on kuitenkin luoda vakaa ja luotettava pohja kotiautomaatiolle. Ideaalitulanteessa tietokoneen voi jättää hyllylle vuosiksi käyntiin koskematta siihen kertaakaan. Varsinkin tässä tapauksessa hyvä kotelointi on lähes pakollinen. Tämän projektin pullonkaulana järjestelmän keston suhteen saattaa toimia muistikortin valinta SSD-kovalevyn sijaan, mutta automaattinen Home

Assistantin varmuuskopiointi, esim. pilvipalveluun, minimoi mahdollisen tuhon määrän vikatilanteessa.

4.2 Home Assistantin asennus

Käyttöjärjestelmän asennus Raspberry Pi:lle onnistuu varmimmin käyttämällä siihen tarkoitettua ohjelmaa, Raspberry Pi Imageria. Kyseisellä ohjelmalla voidaan asentaa monia erilaisia Raspberry Pi:lle räätälöityjä käyttöjärjestelmiä, mukaan lukien Home Assistant - käyttöjärjestelmä. Asennukseen tarvitaan tietokone, muistikortinlukija, jos käyttää muistikorttia tallennusmediana ja internet-yhteys, mieluiten langallinen. Kuvassa 12 nähdään Raspberry Pi Imager valmiina Home Assistant -käyttöjärjestelmän asennukseen muistikortille. (Hollingworth, 2020)

Kuva 12. Raspberry Pi Imager ja Home Assistant -käyttöjärjestelmän asennus.



Käyttöjärjestelmän asennusta varten valitaan vain käytössä oleva laiteversio, haluttu käyttöjärjestelmä listalla olevista vaihtoehtoista sekä tallennusmedia, jolle asennus tehdään. Valintojen jälkeen painetaan "next" ja hetken kuluttua käyttöjärjestelmä on käyttövalmiina asennusmedialla.

Tämän jälkeen riittää muistikortin siirto Raspberry Pi:n sisään ja laitteen käynnistys internet-yhteyden kera. Noin viiden minuutin kuluttua Home Assistant on lähiverkon kautta käytettävissä lähes millä tahansa laitteella selaimen kautta käyttämällä Raspberry Pi:lle arvottua lähiverkon IP-osoitetta, jonka näkee reitittimen asetuksista. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää osoitetta "http://homeassistant.local:8123".

Tässä kohtaa luodaan käyttäjätunnus pääkäyttäjälle, jolla on pääsy kaikkiin järjestelmän asetuksiin. Home Assistantiin pääsee käsiksi oletuksena vain lähiverkkoon yhdistetyllä laitteella ja luodulla käyttäjätunnuksella. Asetuksista voidaan myös määrittää staattinen lähiverkon IP-osoite Raspberry Pi:lle ja Home Assistantille, jolloin yhteyksien määrittelyt eri laitteille pysyvät aina oikeina. Tässä toteutuksessa käytetään IP-osoitetta 192.100.1.11 Home Assistantille.

4.3 Lisäosat Home Assistantille

Ensisijaisuuden jäljiltä Home Assistantin ominaisuudet riittävät jo hyvin monenlaiseen kotiautomaation peruskäyttöön, jos järjestelmään lisätään vain siihen tarkoitettuja laitteita. Esimerkiksi monet Wi-Fi-älylaitteet tai langalliseen lähiverkkoon liitettävät laitteet näkyvät suoraan ehdotetuissa laitteissa Home Assistantin asetuksissa. Tämän opinnäytetyön kaltaisissa toteutuksissa, jossa lisätään vanhempia tai itse rakennettuja laitteita, tarvitaan Home Assistantiin lisäosia. Monet lisäosat ovat yleisestikin ottaen hyvin hyödyllisiä lähes jokaiseen toteutukseen.

Home Assistantin valikoista löytyy niin sanottu lisäosakauppa, josta voi ladata ilmaiseksi joko virallisia tai käyttäjäyhteisön kehittämiä lisäosia. Tässä projektissa käytetään lisäosina Mosquitto Brokeria, File Editoria, ESPHome Device Builderia ja Home Assistant Google Drive Backupia.

Mosquitto Broker -lisäosalla mahdollistetaan MQTT-protokollan mukaisten viestien välittäminen Home Assistantin ja laitteiden välillä. Projektissa salaojakaivon veden pinnankorkeuden mittauksessa käytetty mikrokontrolleri sekä ilmavesilämpöpumpun tietoja tulkaava mikrokontrolleri käyttävät MQTT-viestejä Home Assistantin kanssa kommunikointiin. Viestit eri laitteilla voidaan lähettää halutulla otsikolla Home Assistantin IP-osoitteeseen Mosquitto Brokerin oletusporttiin.

File Editor -lisäosan avulla voidaan muokata selaimella Home Assistantin valikoiden kautta suoraan YAML-asetustiedostoja. Osa projektin antureista täytyy konfiguroida suoraan

YAML-tiedoston kautta, sillä kaikille toteutustavoille ei löydy valmista integraatoratkaisua. Esimerkiksi lattialämmitysjärjestelmää varten tarvitaan pieni lisäys Configuration.yaml -tiedostoon, johon Home Assistantin erikoistapausten asetukset sekä halutut lisäominaisuudet tallennetaan tekstimuodossa. (Home Assistant, n.d.-d)

ESPHome Device Builder on Home Assistantin lisäosa, jolla voidaan luoda tavallisesta yleismallisesta mikrokontrollerista, esimerkiksi ESP32-mikrokontrollerista, kotiautomaatioyhteensopiva älylaite. Device Builderille syötetään halutut toiminnot ja laiteasetukset sisältävä konfiguraatiodiedosto, jolloin se luo siihen perustuvan firmware-tiedoston ja asentaa sen mikrokontrolleriin. Tästä lähtien kyseinen mikrokontrolleri on Home Assistantin näkökulmasta tiettyyn tarkoitukseen luotu älylaite ja se voidaan lisätä käyttöliittymään. (ESPHome, n.d.)

Varmuuskopiointia varten käytetään Home Assistant Google Drive Backup -lisäosaa. Sen avulla saadaan toteutettua säännöllinen Home Assistantin varmuuskopiointi Google Drive -pilveen. Tämä tai muu pilvipalvelu on kätevä ja ehdoton laiterikkojen aiheuttamien tuhojen minimoimiseksi. Oletuksena Home Assistant luo varmuuskopiot asennusmedialle, mutta myös se voi vioittua ajan saatossa.

5 Lisälaitteet, kytkennät ja integraatiot

Tässä opinnäytetyön luvussa esitellään integroitavien laitteiden ja Home Assistantin välisen kommunikaation toteuttamiseksi vaaditut lisälaitteet ja erilaiset kytkennät sekä laitteiden integrointi Home Assistantiin.

5.1 Ilmalämpöpumppu

Kuten luvussa 3.1.2 jo todettiin, Mitsubishin valmistaman ilmalämpöpumpun lisääminen Home Assistantiin onnistuu muutamalla klikkauksella, jos hyödynnetään Mitsubishin omaa pilvipalvelun kautta toimivaa puhelinsovellusta, MELCloudia. Tämä projekti halutaan kuitenkin toteuttaa ilman sovelluksia sekä vain lähiverkon sisällä. Käydään läpi projektissa käytetty toteutustapa.

5.1.1 ESPHome ja ESP8266-mikrokontrolleri

Mitsubishi-ilmalämpöpumpun ja Home Assistantin kommunikaatio toteutetaan hyödyntämällä ilmalämpöpumpun sarjaliikenneporttia ja mikrokontrolleria, johon asennetaan ESPHome Device Builderilla muokattu firmware. Koska mikrokontrolleri halutaan asentaa olohuoneessa mahdollisimman huomaamattomasti, valitaan pieni D1 Mini -mallinen ESP8266-piiriin pohjautuva mikrokontrolleri. D1 Minin pisin sivu on vain n. 35 mm pitkä ja korkeuskin vain noin 7 mm, joten sen saa piilotettua helposti.

Kuten luvussa 4.3 todettiin, ESPHome Device Builderia hyödyntäen voidaan mikrokontrollerista tehdä yhteensopiva Home Assistantin kanssa. Luodaan Device Builderilla mikrokontrollerille uusi ilmalämpöpumpun integroimista varten räätälöity firmware. Käytetään käyttäjäyhteisöstä löytyvää Mitsubishi CN105 ESPHome -nimeä kantavaa ratkaisua. Kyseisen firmwaren tekijä on luonut monipuolisen ja toimivan ratkaisun ilmalämpöpumpun ohjaamiseen CN105-liittimen ja mikrokontrollerin avulla. Myös dokumentaatio firmwaren muokkaamiseen on kattava. (Chavet, n.d.)

Muokataan firmwaren asetuksia omaan käyttöön sopivaksi valitsemalla esim. oikea mikrokontrollerin piirityyppi ja pinninumerot sarjaliikenteen kytkentään. Tässä kohteessa olevan Mitsubishin lämpöpumpun huonelämpötilan mittaus tapahtuu oletuksena sisäyksikön sisällä olevalla lämpötila-anturilla. Lämpötila ei vastaa huoneessa oleva ihmisen havaitsemaa lämpötilaa, koska anturi on lähes kiinni ulkoseinässä ja toisaalta hyvin korkealla. Kaukosäätimellä asetettu tavoitelämpötila saattaa heittää kaksikin astetta toteutuneesta. Tämän integraation myötä voidaan määrittää ilmalämpöpumpulle olohuoneen seinällä oleva Zigbee-lämpötila-anturi, joka on integroitu Home Assistantiin.

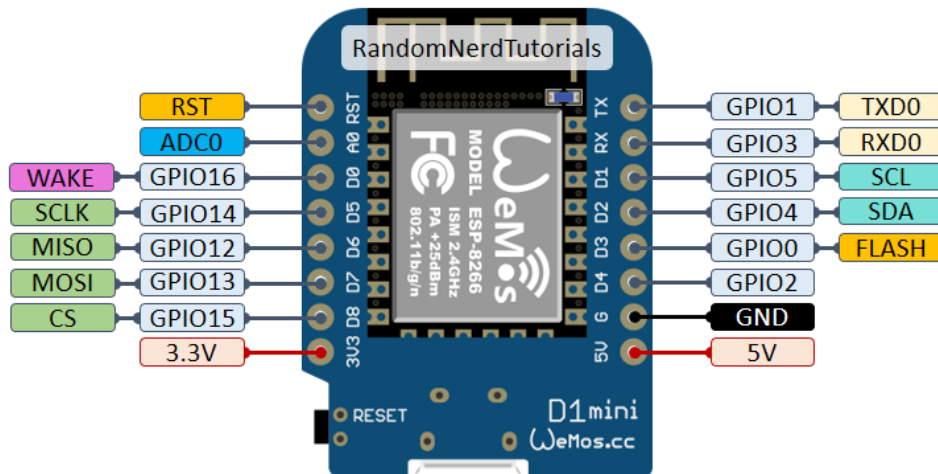
Firmware asennetaan mikrokontrolleriin USB-kaapeliyhteydellä. Asennukseen voidaan käyttää mitä tahansa tietokonetta, jolla avataan selaimelta Home Assistant. Jatkossa asetuksia voidaan muokata myös Wi-Fi-yhteyden kautta langattomasti. Liitteessä 3 on esitetty YAML-tiedosto, joka sisältää kaikki asetukset ja määrittelyt, joilla mikrokontrollerista on saatu ilmalämpöpumpun integrointia varten yhteensopiva.

5.1.2 ESP8266-piirin kytkeminen ilmalämpöpumppuun

Kuvassa 5 esitetyn CN105-liittimen pinnijärjestyksen avulla voidaan kytkeä liittimeen sopiva vastaliitin mikrokontrolleriin. Mikrokontrolleri saa samasta liittimestä myös käyttövirtansa. Yhdistetään +5 VDC ja maapotentiaali sekä sarjaliikennepinnit mikrokontrollerille. Oikeat

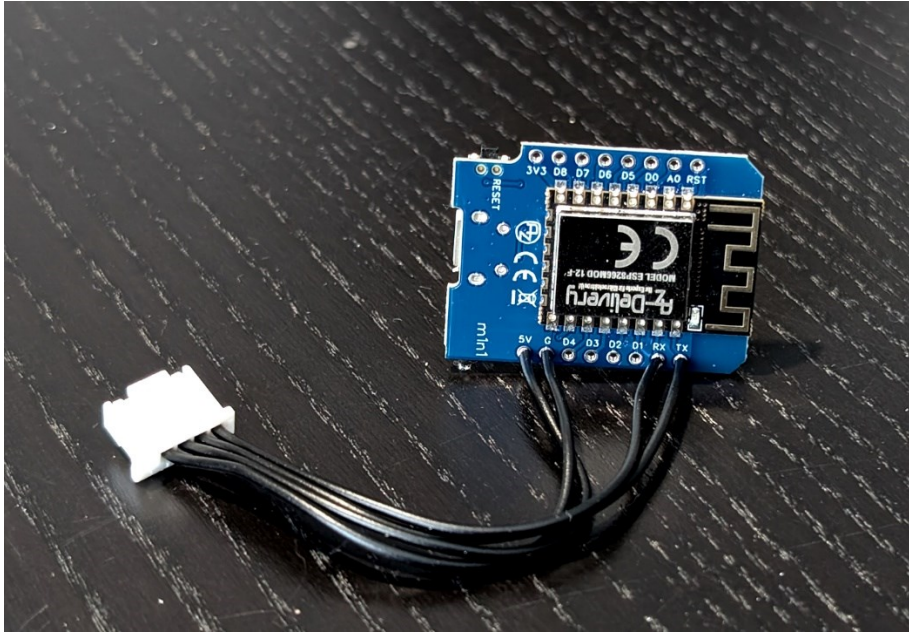
liittimet mikrokontrollerilta löytyvät kyseisen mikrokontrollerin dokumentaatiosta. Kuvassa 13 on esitetty D1 Minin pinnijärjestys.

Kuva 13. D1 Mini ESP8266 -mikrokontrollerin pinnijärjestys (Random Nerd Tutorials, n.d.-c).



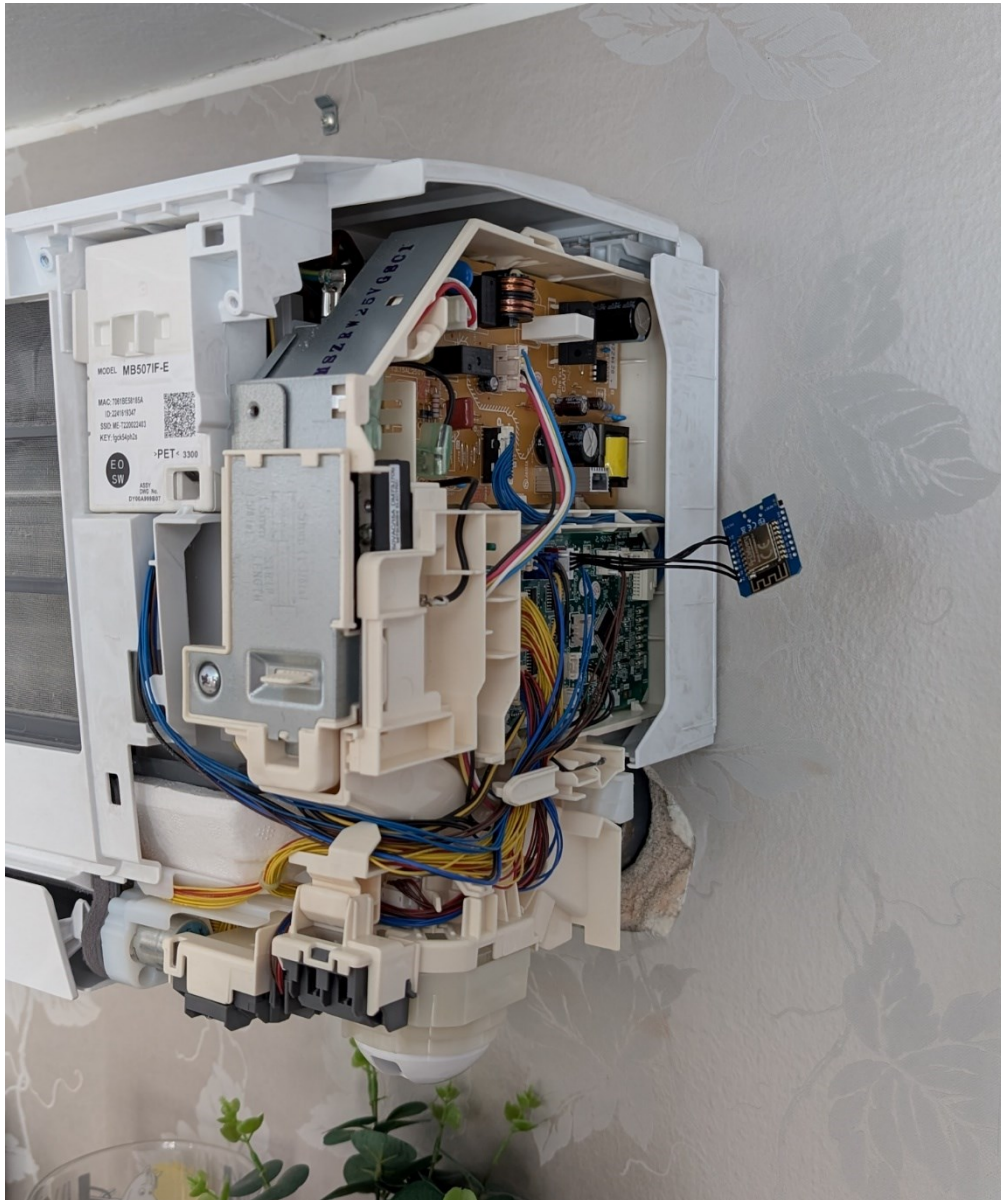
Kuvan perusteella lähtöihin 1 ja 3 voidaan liittää sarjaliikenne. 5 voltin jännitteelle ja maapotentiaalille löytyy myös omat liitännätpisteet. Lämpöpumpun piirikortilla olevan CN105-liittimen tyyppi on JST PA. Irtoliittimiä ja valmiiksi johdotettuja liittimiä löytyy elektroniikkaliikkeistä. Käytetään johdollista versiota, jonka johtimet voidaan helposti juottaa mikrokontrollerin piirilevylle. Kuvassa 14 nähdään D1 Mini, johon on lisätty JST PA -liitin.

Kuva 14. D1 Mini ja kiinnijuotetut johtimet sekä JST PA -liitin.



CN105-liitin löytyy ilmalämpöpumpun sisäyksikön oikeasta päädystä piirikortilta. Käsiksi pääsyä varten sisäyksikköä joudutaan hieman purkamaan. Kuvassa 15 on havainnollistettu liittimen sijainti sisäyksikössä sekä mikrokontrollerin kokoa suhteessa lämpöpumppuun.

Kuva 15. Mikrokontrolleri liitettynä CN105-liittimeen ilmalämpöpumpun sisäyksikköön.



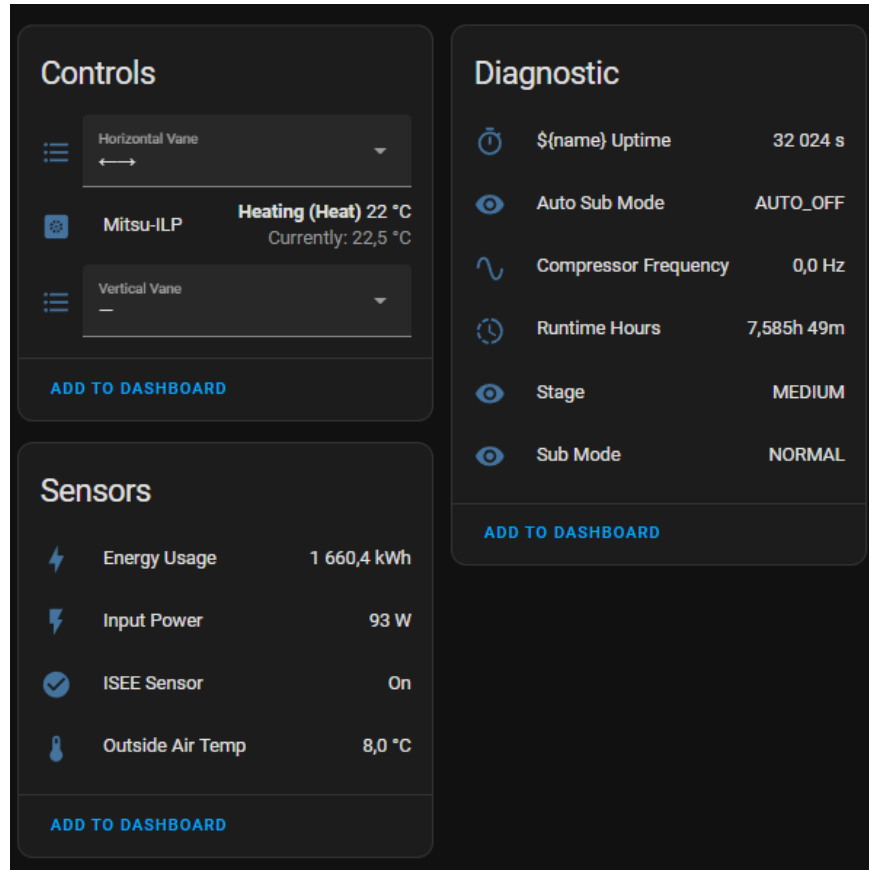
Mikrokontrollerin toimivuus testattiin ennen sisäyksikön jälleen kasaamista. D1 Minin sai sijoitettua sisäyksikön suojakuorien alle ja näin ollen asennusta ei näe avaamalla sisäyksikköä uudelleen.

5.1.3 Ilmalämpöpumpun integrointi Home Assistantiin

ESPHome Device Builderilla tehdyssä firmwaressa on se hyvä puoli, että mikrokontrollerista tulee tällä tavoin Home Assistantiin yhteensopiva laite. Heti kun mikrokontrolleri on saanut yhteyden Wi-Fi-verkkoon sisäyksikön sisältä, löytyy se myös

Home Assistantin integraatioiden puolelta. Ilmalämpöpumpusta saadaan luettua ja säädettyä kuvassa 16 esitettyjä tietoja ja asetuksia.

Kuva 16. Mitsubishi ilmalämpöpumpun Home Assistant entityt.



Käyttöliittymään voidaan lisätä climate-kortti, josta tapahtuu lämpötilan säätö sekä toimintamoodin ja puhallusnopeuden säätö. Muut tiedot, esimerkiksi erilaiset anturitiedot ja ilman puhallussuunnan ohjaukset täytyy lisätä omina entityinä, jotka näkyvät kuvassakin omilla riveillään. Varsinaista käyttöliittymää tarkastellaan luvussa 6.2.2.

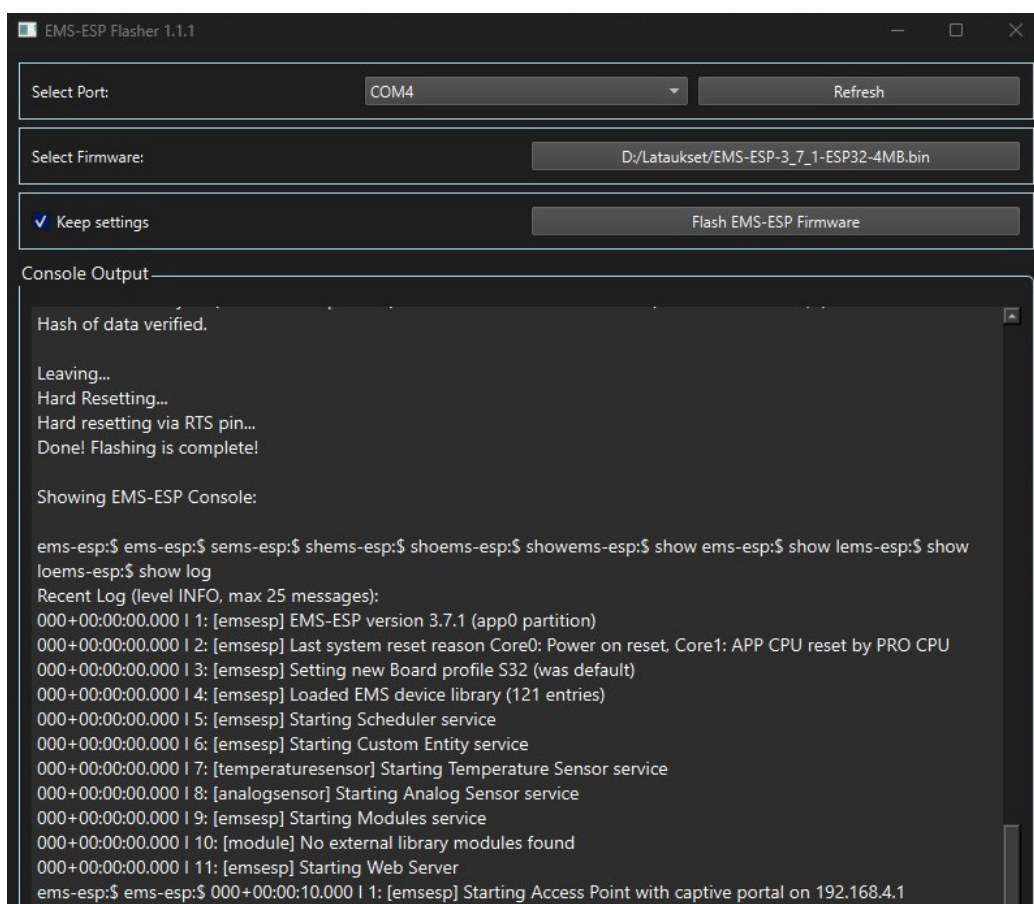
5.2 Ilmavesilämpöpumppu

Talon vesikiertoisen lämmitysveden sekä lämpöisen käyttöveden lämmityksestä vastaavan Boschin valmistaman ilmavesilämpöpumpun integroinnin toteutusta varten mainittiin luvussa 3.1.1 EMS-BUS-väylä ja sen tulkkaukseen tarvittava EMS Interface Board, joita käytetään kommunikaation toteuttamiseen Home Assistantin ja pumpun välille. Tarkastellaan laitteistoja, kytkentöjä sekä varsinaista integraatiota Home Assistantiin.

5.2.1 EMS-ESP ja ESP32-mikrokontrolleri

Pumpusta luettavat tiedot lähetetään ESP32-mikrokontrollerilla MQTT-viesteinä Home Assistantille. Tätä tarkoitusta varten on kehitetty avoimen lähdekoodin projektina firmware, joka voidaan asentaa eri ESP32-versioille. Asennus mikrokontrollerille voidaan suorittaa kätevästi asianmukaisella työkalulla nimeltään EMS-ESP Flash Tool, josta löytyy toimivat versiot Windows-, MacOS- ja Linux-tietokoneille. Työkaluun valitaan vain oikea USB-portti, jossa mikrokontrolleri on kiinni sekä oikea firmware mikrokontrollerin piirin mukaan. Kuvassa 17 näkyy kyseinen työkalu ja onnistunut EMS-ESP-firmwaren asennus mikrokontrollerille. (EMS-ESP, n.d.-b)

Kuva 17. EMS-ESP Flash Tool ja firmwaren asennus ESP32-mikrokontrollerille.



Firmwaren asennuksen jälkeen mikrokontrolleri luo itselleen Wi-Fi-yhteyspisteen nimeltä ems-esp, johon yhdistämällä esimerkiksi puhelimen tai kannettavan tietokoneen, päästään määrittämään sille kiinteistössä käytettävän oikean Wi-Fi-lähiverkon SSID-tunnus ja salasana. Tästä eteenpäin laite pystyy kommunikoimaan lähiverkossa olevien laitteiden kanssa, kuten Raspberry Pi:n, jolle Home Assistant on asennettu. (EMS-ESP, n.d.-a)

Home Assistantin kanssa toimimisen kannalta tärkeät asetukset, jotka EMS-ESP:lle täytyy tehdä, ovat MQTT-brokerin tietojen lisääminen sekä mikrokontrollerilla käytettyjen Rx- ja Tx-lähtöjen pinninumerot. Kuvassa 18 nähdään tämän projektin asetukset MQTT:n osalta. Pinninumerot määräytyvät seuraavassa osiossa kytkentää tarkastellessa.

Kuva 18. EMS-ESP ja MQTT-asetukset.

The screenshot shows the MQTT settings page for the EMS-ESP device. The interface is dark-themed. On the left, there is a sidebar with navigation options: Dashboard, Devices, Modules, Sensors, Customizations, Scheduler, and Custom Entities. The main content area is titled 'Settings | MQTT' and contains the following settings:

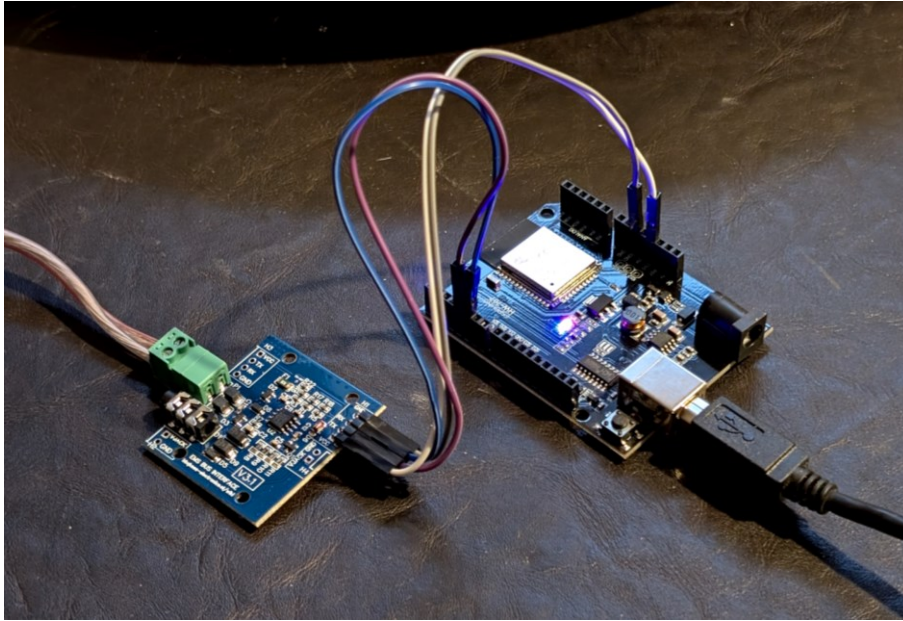
- Enable MQTT
- Broker Address: 192.168.100.11
- Port: 1883
- Base: ems-esp
- Client ID (optional): esp32-a8e342a8
- Username: Sammalpolku
- Password: [masked]
- Keep Alive: 60 seconds
- QoS: 0
- Set Clean Session
- Always set Retain flag
- Formatting**
 - Topic/Payload Format: Nested in a single topic
 - Publish command output to a 'response' topic
- Enable MQTT Discovery
 - Discovery type: Home Assistant
 - Prefix for the Discovery topics: homeassistant
 - Entity ID format: Single instance, long name (v3.4)
- Publish Intervals (0=auto)**
 - Heartbeat: 60 seconds
 - Boilers and Heat Pumps: 10 seconds
 - Thermostats: 10 seconds
 - Solar Modules: 10 seconds
 - Mixer Modules: 10 seconds
 - Water Modules: 10 seconds
 - Temperature Sensors: 10 seconds
 - Default: 60 seconds

Kuten kuvasta nähdään, MQTT-brokerin osoitteena on Home Assistantin lähiverkon IP-osoite, joka määriteltiin aiemmin. Käyttäjänimi ja salasana ovat luotu MQTT-yhteyttä käyttäviä projektin laitteita varten. Myös MQTT Discovery -asetus laitetaan aktiiviseksi, jotta Home Assistant voi löytää laitteen MQTT-integraation kautta. Nyt laite on ohjelmallisesti valmis integroitumaan Home Assistantiin.

5.2.2 EMS Interface board, ESP32-mikrokontrolleri ja kytkennät

Mikrokontrollerin ja ilmavesilämpöpumpun välille vaaditaan luvussa 3.1.1 mainittu BBQKees Electronicsin valmistama EMS Interface Board. Kyseessä on pieni ohjainkortti, joka muuttaa ilmavesilämpöpumpun EMS-väylän sähköisen rajapinnan mikrokontrollerille yhteensopivaan UART-muotoon. Ohjainkortti vaatii myös 3,3 V tai 5 V jännitteen sekä

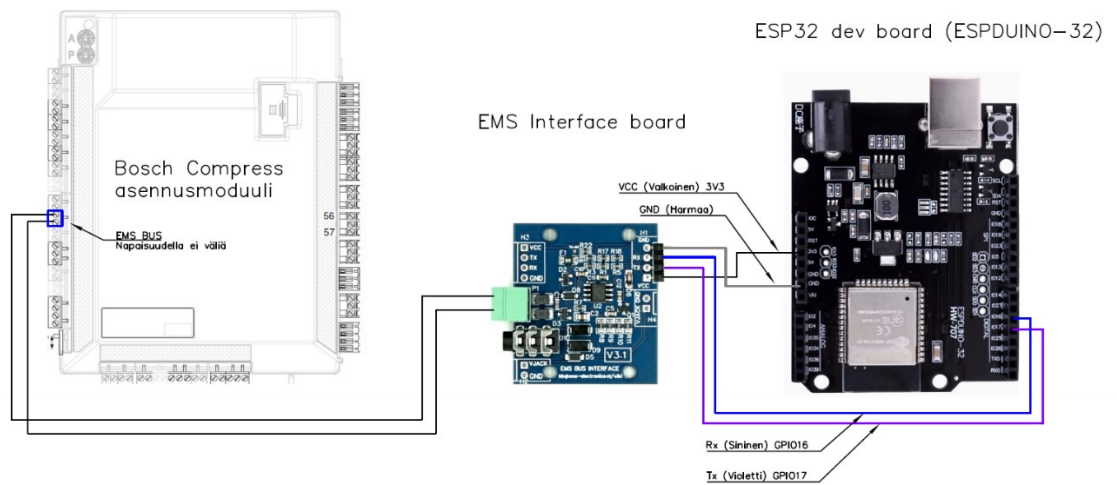
Kuva 20. ESP32 ja EMS Interface Board kytkettynä.



Kuten kuvasta nähdään, kytkentä on yksinkertainen ja laitteet eivät vie paljoa tilaa. Oikealla puolella oleva ESP32-mikrokontrolleri on yksi suurimmista esimerkeistä kyseisistä mikrokontrollereista, hieman pankkikorttia suurempi pinta-alaltaan. Pienemmällä versiolla toteutettuna koko paketti voisi sijoittaa jopa ilmavesilämpöpumpun sisään, jos 5 voltin jännitteen saisi kätevästi syötettyä.

Piirretään kytkennästä vielä kytkentäkaavio, josta selviää kokonaisuudessaan tehdyt lisäykset ja muutokset ilmavesilämpöpumpun lisäämiseksi kotiautomaatioon. Kuvassa 21 näkyy kytkentäkaavio.

Kuva 21. Bosch ilmavesilämpöpumpun kytkentäkaavio kotiautomaatiota varten.



Kun mikrokontrollerille on asennettu EMS ESP -firmware, tehty tarvittavat asetusten määrittelyt, kytketty Bosch ilmavesilämpöpumpuun Interface Boardin kautta ja USB-liitännästä syötetään esim. puhelimen laturilla 5 voltin jännite, alkaa se lähettämään MQTT-viesteinä ilmavesilämpöpumpun sisäisen tietoliikenteen arvoja langattoman lähiverkon kautta.

5.2.3 Ilmavesilämpöpumpun mittaus- ja ohjaustiedot Home Assistantiin

Mikrokontrollerin muokattu firmware mahdollistaa kytkettyjen laitteiden löytymisen automaattisesti Home Assistantin MQTT-integraation laitelistauksesta, kun MQTT discovery on asetuksista kytketty päälle. Luvussa 5.2.1 kyseinen asetus määriteltiin aktiiviseksi. Kuvassa 22 nähdään MQTT-integraation löytämät laitteet.

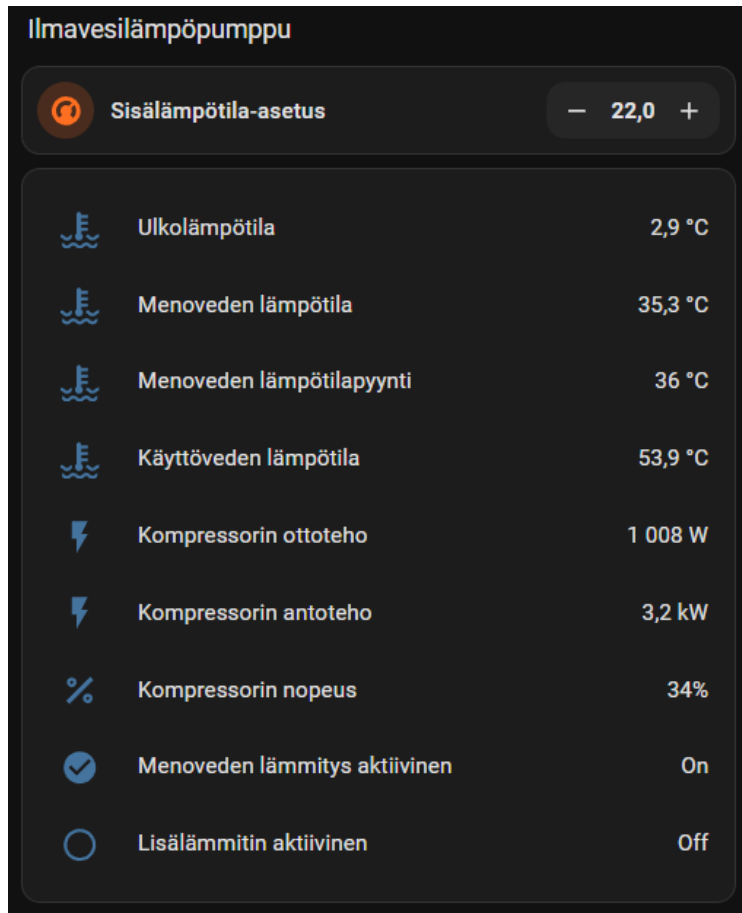
Kuva 22. MQTT-integraation löytämät laitteet.

Device	Manufacturer	Model	Area	Integration	Battery
ems-esp	EMS-ESP	EMS-ESP	–	MQTT	–
ems-esp Boiler	<unknown>	CUH/Enviline, C...	–	MQTT	–
ems-esp Thermostat	<unknown>	HPC410/RC3*0...	–	MQTT	–

Huomataan, että ilmavesilämpöpumpulta tulee kolmen laitteen tiedot. EMS-ESP-laite sisältää yhteyden muodostavan mikrokontrollerin yhteystietoja. Boiler-laite löytää noin 160 erilaista anturi- / ohjaustietoa pumpun eri osista, esimerkiksi kompressorin hetkelliset otto- ja antotehot sekä kylmäpiirin lämpötilat. Thermostat-laite näyttää yhteensä n. 60 kpl pumpun sisäyksikön käyttöpaneelin asetusta ja arvoa.

Integrointi Home Assistantiin mahdollistaa hyvin syvällisen ja yksityiskohtaisen tarkkailun laitteen toiminnasta. Myös ilmavesilämpöpumpun ohjaus ja erilaisten asetusarvojen muuttaminen onnistuu integroinnin ansiosta. Kuvassa 23 on esimerkki mittaustietojen lisäämisestä käyttöliittymään.

Kuva 23. Ilmavesilämpöpumpun ohjaus- ja mittaustietoja Home Assistantin käyttöliittymässä.



5.3 Poistoilmalämpöpumppu

Nilan VPL 15 TC -poistoilmalämpöpumpun integrointi Home Assistantiin on haastavaa laitteen vanhan iän ja älyvalmiuksien puutteellisuuden vuoksi. Kyseisestä lämpöpumpusta on olemassa uudempi malli, jonka integrointi älyratkaisuihin onnistuu huomattavasti helpommin. Home Assistantin laajan käyttäjäjyhteisön vuoksi on kuitenkin mahdollista saada jonkinlainen ohjaus toteutettua myös tähän malliin. Tässä luvussa käydään läpi toistaiseksi ainut toteutustapa, joka tähän laitteeseen on saatavilla.

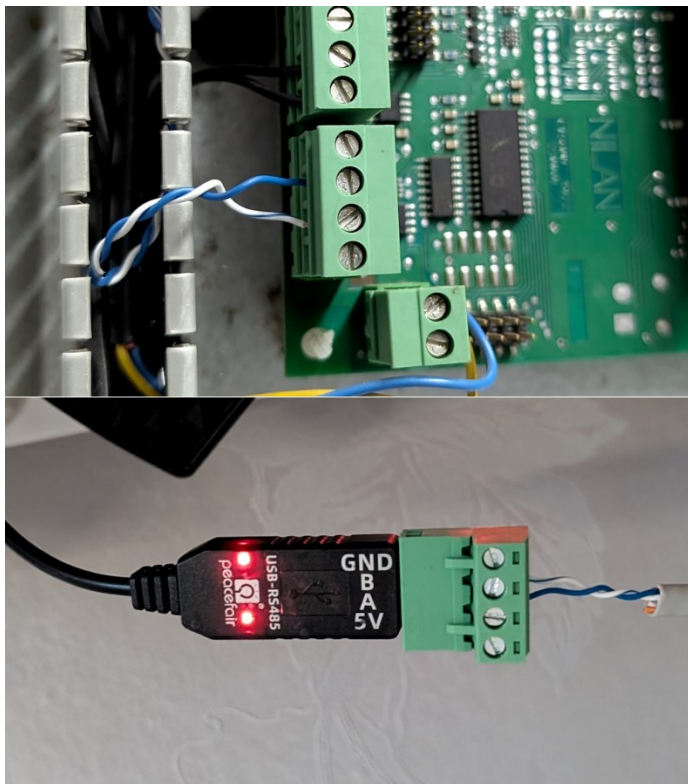
5.3.1 MODBUS-väylä ja kytkentä Raspberryyn

Nilan käyttää vanhoissa poistoilmalämpöpumpuissaan Modbus-väylän kaltaista muokattua protokollaa RS-485 mukaisella sarjaliikenneliitännällä ohjainpaneelin ja ilmanvaihtoyksikön välillä. Ohjainpaneelissa on kuusi nappia, joiden avulla IV-yksikölle lähetetään pyyntöjä. IV-

yksiköltä tulee ohjainpaneelin pieneen näyttöön päivitys napin painalluksen aiheuttamasta asetusmuutoksesta tai esimerkiksi laitteen sisäisen lämpötila-anturin arvo. Koska IV-yksikköä ei pysty ohjaamaan perinteisillä Modbus-väylän komennoilla, täytyy integrointi toteuttaa simuloimalla ohjainpaneelin napinpainalluksia sekä näyttöä. (Frodef, n.d.)

Ohjainpaneelin simulointi tapahtuu kytkemällä ohjainpaneelin tilalle Raspberry Pi:n USB-porttiin liitettävä USB-RS-485-adapteri. Adapterin ja IV-yksikön piirikortin välille liitetään parikaapeli RS-485-väylän tietoliikennettä varten. Kuvassa 24 nähdään kytkennät parikaapelin molemmissa päissä.

Kuva 24. Poistoilmalämpöpumpun tietoliikenneykennät.



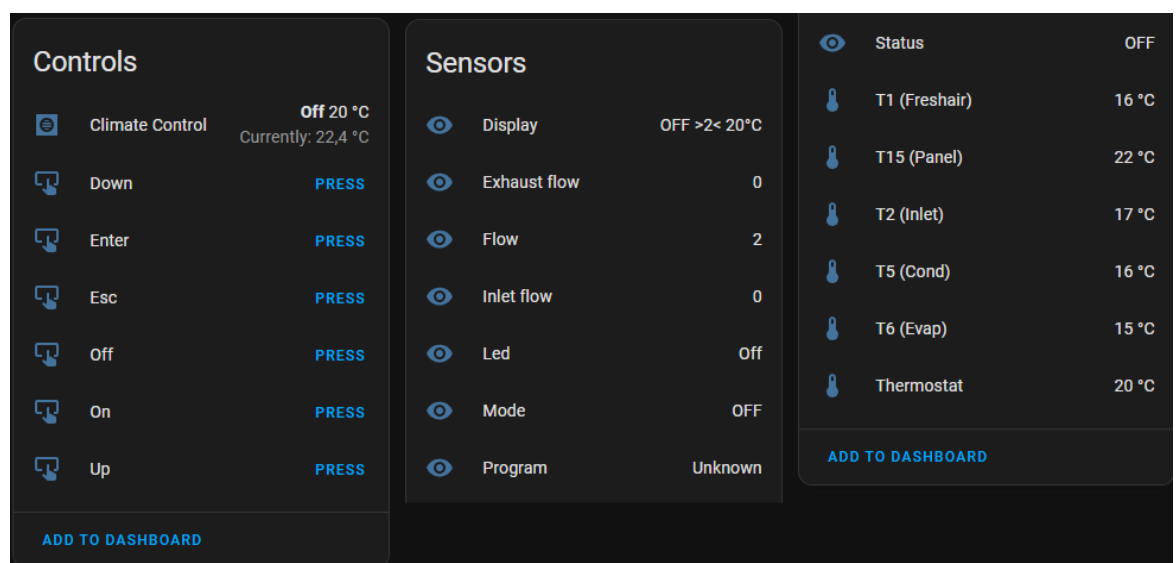
Kuvan yläpuoliskossa parikaapeli on kytkettynä IV-yksikön piirikortille ja alapuolella sama kaapeli on kytkettynä Raspberry Pi:hin liitettyyn adapteriin. Parikaapelina on käytetty 20 metrin CAT6-kaapelia talon päästä päähän.

5.3.2 Poistoilmalämpöpumpun integrointi Home Assistantiin

Home Assistantiin integrointi tapahtuu lisäämällä HACS-kaupan kautta GitHubista löytyvä Nilan CTS 600 -arkisto, joka on tätä tarkoitusta varten kehitetty ohjelmakirjasto. Kun yhteys

laitteen ja Raspberryn välille on muodostettu ja edellä mainittu lisäys tehty Home Assistantiin, voidaan Home Assistantin asetuksista tehdä laite-/integraatiolisäys poistoilmalämpöpumpulle. RS-485-adapterin USB-portin määrittely ja ulkoisen lämpötila-anturin valinta tapahtuu samalla, kun integraatio lisätään Home Assistantiin. Koska laitteen alkuperäistä ohjainpaneelia ei enää käytetä ja se sisältää huonelämpötila-anturin, täytyy se korvata ulkoisella anturilla. Ulkoinen anturi voi olla mikä tahansa Home Assistantiin liitetty lämpötila-anturi. Kuvassa 25 on listattuna integraation sisältämät ominaisuudet antureiden ja ohjausvaihtoehtojen muodossa.

Kuva 25. Nilan CTS600-integraation sisältö.



Poistoilmalämpöpumppu ei ole käytössä vielä tätä opinnäytetyötä tehdessä, mutta yhteys laitteen ja Home Assistantin välillä testataan sekä tehdään asetukset valmiiksi ilmanvaihtoremontin valmistumishetkeä varten. Kuvassa 26 on esitetty esimerkikäyttöliittymä pumpun ohjausta ja testaamista varten.

Kuva 26. Nilan poistoilmalämpöpumpun käyttöliittymäesimerkki.



Pumpun lämpötilatavoitetta voidaan vaihtaa suoraan kuvassa näkyvistä yläreunan plus- ja miinuspainikkeista. Alkuperäisen ohjainpaneelin näyttöä on simuloitu käyttöliittymässä yksirivisenä tekstinä. Näytön alapuolella on ohjainpaneelin neljä nappia, joilla navigoidaan ohjainpaneelin valikoissa. Lisäksi laitteen käynnistys- ja sammutusnapit on lisätty kaiken alle. Kaikki laitteen asetukset ja tiedot voidaan lukea sekä asettaa tämän käyttöliittymäosion avulla. Poistoilmalämpöpumpun ohjekirjasta löytyy valikkorakenne selityksineen tarkempaa asetusten tekemistä varten.

5.4 Lattialämmityspiiri

Lattialämmityspiirin osalta tämä projekti on selvästi yksinkertaisin toteutukseltaan. Avoimen lähdekoodin ja laajan käyttäjäyhteisön ansiosta Roth Touchline -sarjan lattialämmitystermostaattien integrointiin löytyy valmis toimiva ratkaisu Home Assistantin integraatiovalikosta.

5.4.1 LAN-yhteys

Aiemmin kuvassa 5 oli esitettyä lattialämmityslaitteisto. Kuvan yläosan kytkentälaatikossa on LAN-yhteyttä varten valmis liitäntä. Laitteen liittäminen samaan lähiverkkoon Home Assistantia ajavan Raspberry Pi:n kanssa on ainut kytkentä, joka tarvitaan. Eli lisätään verkkokaapeli kohderakennuksen reitittimestä lattialämmityslaitteiston kytkentälaatikon RJ45-porttiin.

5.4.2 Mittausten ja ohjausten lisääminen Home Assistantiin

Home Assistantin puolella Roth Touchlinein lisääminen kotiautomaatiojärjestelmään on tehty helpoksi. Riittää, että integraatioiden lisäystoiminnosta etsitään käyttäjäyhteisön valmistama Roth Touchline -integraatio ja lisätään Configuration.yaml-tiedostoon kuvan 27 kaltaiset rivit. (Home Assistant, n.d.-i)

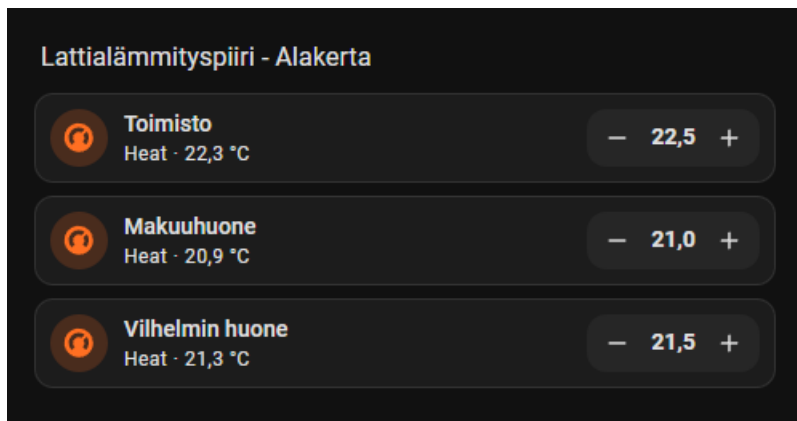
Kuva 27. Roth Touchline -integraation asetukset Configuration.yaml-tiedostossa.

```
24 ▾ climate:~  
25 ▾ --- platform: touchline~  
26     host: http://192.168.100.45
```

Kuvasta nähdään, että integraatio tarvitsee toimiakseen lattialämmityslaitteistolle määritellyn lähiverkon IP-osoitteen, joka muodostuu automaattisesti. Reitittimen asetuksista nähdään helposti siihen kytketyt laitteet ja niiden IP-osoitteet. Kyseisestä osoitteesta löydetyt laitteet määritellään climate-tyyppisiksi entityiksi Home Assistantiin. Integraation asennuksen jälkeen Home Assistant luo automaattisesti jokaisesta termostaatista climate-entityn.

Jotta saamme lattialämmityslaitteiston tiedot ja ohjaukset käyttöliittymään, täytyy siihen lisätä climate-tyyppiset käyttöliittymäkortit, kuten ilmalämpöpumpun, poistoilmalämpöpumpun sekä ilmavesilämpöpumpunkin tapauksessa. Kuvassa 28 on esitetty kolme lattialämmityksen climate-korttia omana ryhmänään käyttöliittymässä.

Kuva 28. Lattialämmityslaitteisto lisättynä käyttöliittymään.



Lattialämmityslaitteistolta saadaan jokaisen langattoman huonetermostaatin mittaama huonelämpötila sekä asetettu lämpötilatavoite, jota voidaan muokata suoraan käyttöliittymästä painamalla. Lopullisen käyttöliittymän muotoilu esitellään myöhemmissä luvuissa.

5.5 Salaojakaivo

Salaojakaivon veden pinnankorkeuden mittauslaitteisto on rakennettu mikroprosessorin ja etäisyysanturin avulla tarkoitukseen sopivalla ohjelmakoodilla Arduino IDE -ohjelmistolla tehtynä. Käydään läpi laitteistoa tarkemmin.

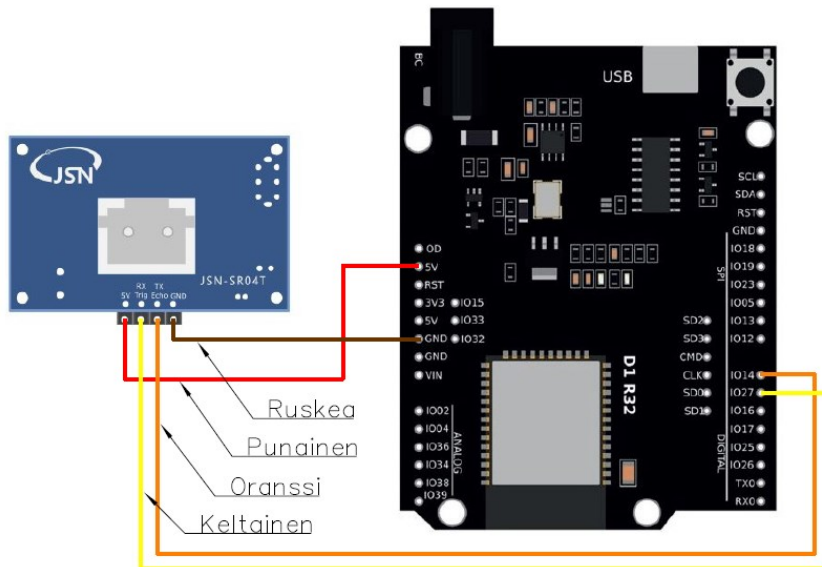
5.5.1 Anturi ja kytkennät

Etäisyysanturi on mallia SEN0208. Kyseessä on oikeastaan moduuli, johon kuuluu sekä anturin ohjauksesta ja mittauksen suorittamisesta vastaava ohjauspiirilevy sekä itse anturi. Etäisyysanturin toiminta perustuu äänennopeuteen kaikuluotauksen avulla. Etäisyys lasketaan ohjelmallisesti anturin ja sen ohjainpiirin tietojen perusteella. Anturin mittausalue on 23-600 cm, jonka vuoksi anturi sijoitetaan niin, että se mittaa salaojakaivossa noin 40-80 cm etäisyydellä vaihtelevaa pinnankorkeutta. (DFRobot, n.d.)

Anturi tarvitsee ohjainkortilleen mikrokontrollerilta 5 voltin syötön, nollapotentialin ja triggisääntulon sekä echo-ulostulon. Mikrokontrolleri on mallia ESP32 D1 R32, jonka pohjalla on jälleen ESP-WROOM-32-piiri. Sen digitaalilähdöistä valitaan kaksi pinniä, joiden numerot määritellään myös ohjelmakoodiin. Kuvassa 19 oli esitetty ESP-WROOM-32-piirin pinnijärjestys sekä selitteet lähdöille. Valitaan GPIO14 echo-signaalille ja GPIO27 trig-

signaalille. Kuvassa 29 on esitetty kytkentäkaavio etäisyysanturin liittämiseksi mikrokontrolleriin. Kytkentäkaavio on hyvä säilyttää mahdollista tulevaisuuden vianhakua varten.

Kuva 29. Etäisyysanturin ohjaimen kytkentä mikrokontrolleriin.



Koska tähän mikrokontrolleriin ei asenneta ESPHome Device Builderilla muokattua firmwarea, täytyy sille kirjoittaa koodi, esim. Arduino IDE -ohjelmalla. Ohjelmakoodi ajetaan mikrokontrollerin sisään USB-portin kautta. Tässä mikrokontrollerissa käytetty koodi löytyy opinnäytetyön liitteistä (Liite 2). Koodin tekemiseen on hyödynnetty valmiita esimerkkikoodeja ja kirjastoja. Olennaista tämän projektin osalta on mikrokontrollerilta Wi-Fi-yhteyden kautta lähetettävä JSON-muodossa oleva MQTT-viesti.

5.5.2 Salaojakaivon mittaustiedot Home Assistentiin

Kun Home Assistentiin on asennettu jokin MQTT-broker, esimerkiksi tässä projektissa käytetty Mosquitto broker, voidaan sinne lähettää halutulla topicilla, eli otsikolla, viesti. Viestin sisältö saadaan helpoiten Home Assistentissa luettavaan muotoon, kun se on lähetetty JSON-viestiformaatissa mikrokontrollerilta. Viestin sisällön muuttujat voidaan MQTT-integraation ansiosta lisätä Home Assistentiin entiteyiksi muokkaamalla Configuration.yaml-tiedostoa.

Mikrokontrolleri lähettää MQTT-viestin otsikolla `"/Koti/TekninenTila"`. Viestin sisältö on esimerkiksi `"{"Water_Level":20,"Warning":false}"`, riippuen muuttujien arvosta. Tällöin voidaan lisätä Home Assistantin Configuration.yaml-tiedostoon kuvan 30 mukainen lista asetusten määrittelyitä. (Home Assistant, n.d.-g)

Kuva 30. Configuration.yaml-tiedoston muokkaus salaojakaivon tietoja varten.

```

13 mqtt:~
14   - sensor:~
15     - name: "Water_Level"~
16       state_topic: "/Koti/TekninenTila"~
17       value_template: "{{ value_json.Water_Level }}"~
18       unit_of_measurement: "cm"~
19     ~
20   - name: "Warning"~
21     state_topic: "/Koti/TekninenTila"~
22     value_template: "{{ value_json.Warning }}"~
23 ~

```

Tällä määrittelyllä Home Assistantiin ilmestyy kaksi entityä, joista toinen on muuttuja veden pinnankorkeudelle ja toinen on boolean-tyyppinen arvo varoitukselle liian suuresta pinnankorkeudesta. Kuvassa 31 on esitetty käyttöliittymään liitetyt pinnankorkeus sekä numeerisena arvona, että kuuden tunnin mittaushistorian näyttävänä kuvaajana. Molemmille esitystavoille löytyy omat käyttöliittymäkortit käyttöliittymän muokkaustoiminnosta. Lopullinen käyttöliittymä ja esitystapa muokataan kosketusnäytölle sopivaksi myöhemmässä luvussa.

Kuva 31. Salaojakaivon mittaukset käyttöliittymässä.



Kuvasta nähdään, että pinnankorkeuden mittaus esitetään lähimpään 5 senttimetriin pyöristettynä, kuten mikrokontrollerin koodiin oli määritelty. Vedenpinnan väreily aiheuttaa lukujen muutoskohtiin heilahtelua, kun lähin viiden senttimetrin etäisyys vaihtelee väreilyn takia.

5.6 Sisäilman mittaus

Kohderakennuksen sisäilman lämpötilojen sekä suhteellisten kosteusprosenttien mittaamista varten luodaan Zigbee-verkko ja käytetään langattomia Zigbee-protokollaa käyttäviä antureita. Langattomien antureiden etuna on kaapeleiden asennukselta välttyminen. Tällä tavoin työn määrä vähenee ja asennus on visuaalisesti miellyttävämpi. Esimerkiksi tämän kohderakennuksen väliseinätkin ovat tiiltä, jolloin sisäilman mittaukseen käytettävien kahdeksan anturin kytkeminen kaapeleilla olisi melkoisen suuren työn takana hyötyyn nähden.

5.6.1 Zigbee-verkon luominen

Zigbee-verkon vastaanottimena ja yhdyskäytävänä Home Assistantin sekä verkkoon liitettävien Zigbee-laitteiden välillä käytetään Sonoffin valmistamaa Zigbee 3.0 USB Dongle Plus -mallista USB-porttiin kytkettävää laitetta, joka on esitetty kuvassa 32.

Kuva 32. Sonoffin USB-porttiin kytkettävä Zigbee-vastaanotin.

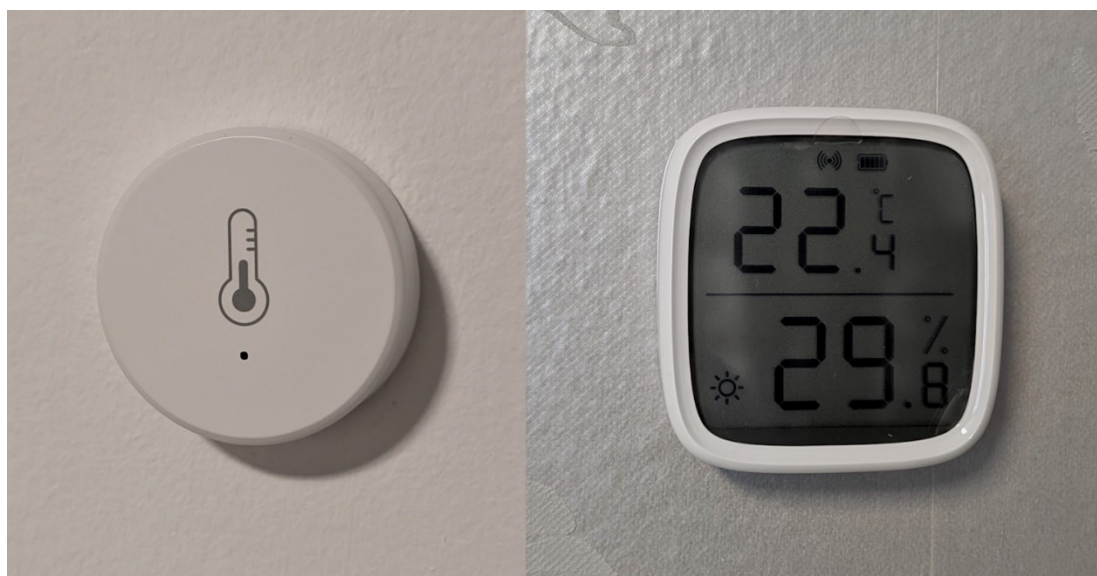


Home Assistant tunnistaa vastaanottilaitteen, kun se kytketään Raspberry Pi:n USB-porttiin, ja ehdottaa Zigbee Home Automation -integraation asennusta. Integraation asennuksen jälkeen Zigbee-vastaanotin on valmiina käyttöä varten. Integraatio mahdollistaa Zigbee-protokollaa käyttävien laitteiden lisäämisen Home Assistantiin.

5.6.2 Zigbee lämpötila- ja kosteusantureiden lisääminen Home Assistantiin

Tässä projektissa käytetään kahdeksaa lämpötila- ja kosteusanturia, jotka kaikki liitetään Zigbee-verkon kautta Home Assistantiin. Antureina toimivat Sonoff SNZB-02 -anturit sekä halvemmat kiinalaiset brändittömät Zigbee-anturit. Kuvassa 33 on esitetty molemmat anturimallit.

Kuva 33. Zigbee-verkkoon liitettävät lämpötila- ja kosteusanturit.



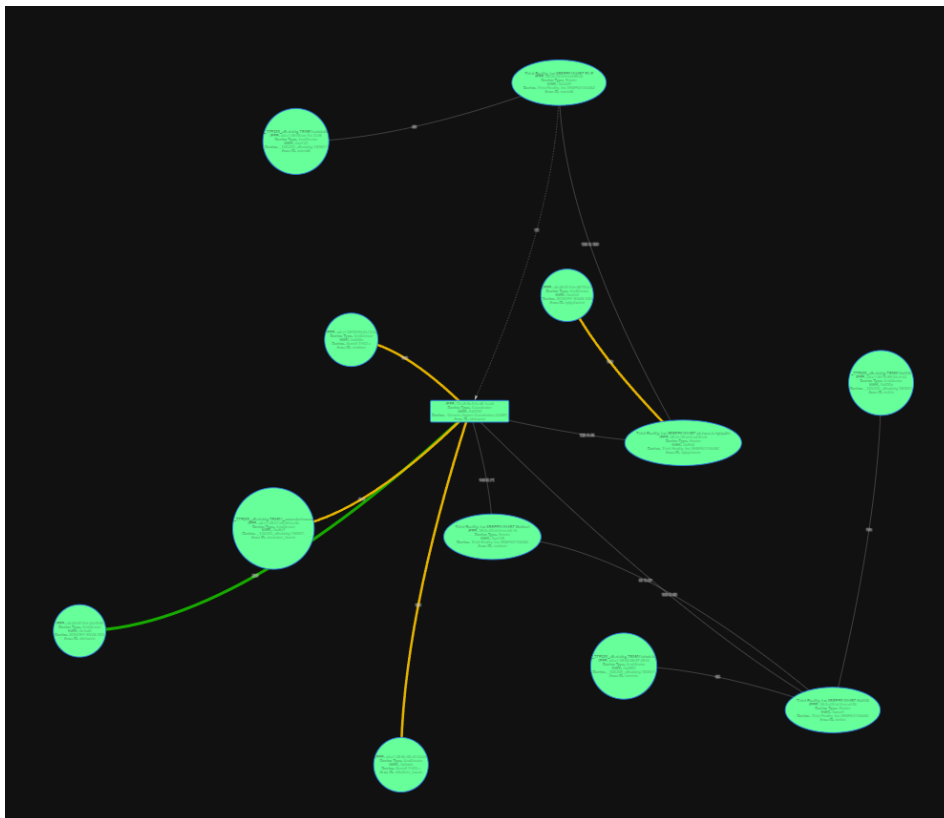
Kuvassa vasemmalla on näytötön edullinen bränditön Zigbee-verkkoon liitettävä anturi ja oikealla puolella Sonoffin valmistama näytöllinen versio, SNZB-02. Antureiden lisääminen onnistuu helposti Zigbee Home Automation -integraation kautta. Laitelisiä varten aktivoidaan ns. kuuntelutila, jolloin vastaanotin etsii parinmuodostustilassa olevia yhdistämättömiä laitteita Zigbee-verkosta. Löydettyään esimerkiksi lämpötila-anturin, käyttäjä määrittää sille nimen ja halutessaan myös kohdehuoneen, joka helpottaa antureiden organisointia ja käyttöliittymän hallintaa.

Koska tämän projektin kohderakennuksessa on tiiliväliseinät, paljon välioivia ja kahdessa kerroksessa huoneita, ei pelkkä vastaanotin sijoitettuna talon toiseen päähän olohuoneeseen riitä muodostamaan koko rakennukseen ulottuvaa yhteyttä. Monet älyvalaisimet, älypolttimot ja älypistorasiat käyttävät myös Zigbee-protokollaa ja tällaiset sähköverkkoon liitettävät laitteet toimivat myös Zigbee-verkon vahvistajina. Esimerkiksi vastaanottimesta kaukana sijaitseva anturi ei välttämättä pysty keskustelemaan suoraan

vastaanottimen kanssa, mutta yhteydenpito onnistuu laitteiden välillä sijaitsevan älypolttimon tai -pistorasian kautta.

Home Assistant luo käytössä olevasta Zigbee-verkosta visuaalisen esityksen, josta vianhaku ja yhteyksien tarkkailu onnistuu näppärästi. Kuvassa 34 on esitetty Zigbee-verkon kartta.

Kuva 34. Zigbee-verkon visuaalinen esitysmuoto Home Assistantissa.



Kuvassa keskellä oleva nelikulmainen osa on Raspberry Pi:ssä kiinni oleva zigbee-verkon vastaanotin, soikeat osat ovat älypolttimoita tai älypistorasioita ja pyöreät osat ovat antureita. Osa antureista on yhdistetty suoraan vastaanottimeen ja osa hoitaa kommunikoinnin älypolttimoiden tai -pistorasioiden kautta.

6 Käyttöliittymä ja kosketusnäyttö

Integroinnin tavoitteena on helppo ja selkeä käyttöliittymä, josta koko talon teknisiä laitteita voidaan hallita. Home Assistantin käyttöliittymään pääsee käsiksi lähiverkon sisältä, kun tietää oikean IP-osoitteen ja portin, jotka mainittiin luvussa 4.2. Käyttäjät kirjautuu

avautuvaan näkymään omilla tunnuksillaan miltä tahansa laitteelta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään optimoimaan käyttöliittymä kuitenkin olohuoneeseen sijoitettavaa kosketusnäyttöä silmällä pitäen.

6.1 Kosketusnäyttö

Kosketusnäytöksi valittiin käytetty kannettava tietokone, HP Chromebook x360 14-tuuman kosketusnäytöllä. Myös 10-tuuman tablettia koitettiin käyttöliittymän hallintaan, mutta sen pienempi koko hankaloitti käyttöä liikaa. Kannettavan tietokoneen asennusta varten tuotiin virtalähteen kaapeli pinta-asennuksena seinää pitkin kaapelikanavaan asennettuna. Tietokoneen näyttö kääntyy kokonaan ympäri laitteen taakse, jolloin se voidaan asentaa seinälle niin, että laitteesta on vain näyttö näkyvillä. Seinäkiinnitystä varten valmistettiin koivusta kehikko, jolloin asennuksesta saadaan olohuoneeseen ja sisustukseen sopiva elementti. Kuvassa 35 nähdään Chromebook seinälle asetettuna ja Home Assistantin käyttöliittymä aktiivisena.

Kuva 35. Chromebook asennettuna olohuoneen seinälle.



Kehikko, johon tietokone on asennettu, valmistettiin niin, että ylärima saadaan nostettua pois paikoiltaan ja tietokone saadaan nostettua sitä kautta pois tarvittaessa. Latauskaapeli on viety kehyksen takaa kiertämään vasemman puolen kyljestä sisään.

Chromebook-tietokoneissa käytetään ChromeOS-käyttöjärjestelmää. Kyseiselle käyttöjärjestelmälle löytyi ilmainen Kiosk-sovellus, jolla voidaan käynnistää mikä tahansa verkko-osoite suoraan koko näytön tilaan. Näin maksimoidaan koko näytön pinta-ala käyttöliittymää varten. Sovelluksen asetuksiin määritellään Home Assistantin IP-osoite ja portti. (Chrome Web Store, n.d.)

6.2 Käyttöliittymän toteutus

Jotta käyttöliittymästä saadaan sulavakäyttöinen ja helposti luettava, täytyy käyttöliittymän objektien, tai korttien, kuten Home Assistantissa käyttöliittymän osioita kutsutaan, koko, järjestys ja asettelu olla sopiva. Home Assistantin käyttöliittymää kutsutaan Dashboardiksi ja siihen voidaan lisätä monenlaisia toimintoja sekä järjestelmän tiedoille erilaisia esitystapoja luvussa 2.5 mainituillakin korteilla.

Käyttöliittymään voidaan lisätä välilehtiä ja yksittäisen välilehden korttien sommitteluun ja järjestelyn sääntöihin löytyy muutama eri vaihtoehto. Vaihtoehtoina ovat Sections, Masonry, Panel ja Sidebar. Tämän opinnäytetyön käyttöliittymän toteutukseen valikoitui Sections-tyyppisesti järjestellyt välilehdet hyvän muokattavuuden sekä selkeän korttiryhmittelyn vuoksi. (Home Assistant, n.d.-n)

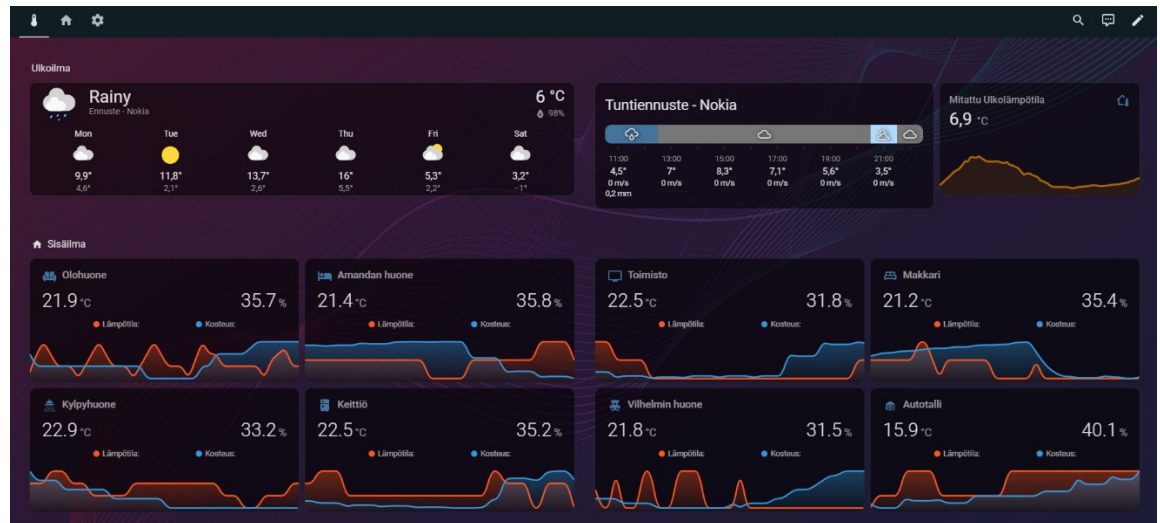
6.2.1 Sisä- ja ulkoilman mittausten käyttöliittymä

Lämpötila- ja kosteusmittausten tiedot halutaan esittää omalla välilehdellään niin, että näkymää ei tarvitse vierittää kosketusnäytöllä tai jakaa kahteen välilehteen. Lämpötilat ja kosteusprosentit Zigbee-verkkoon kytketyiltä antureilta ovat omina entityinä Home Assistantin laitelistauksessa. Yhden entityn voi esittää monella eri kortilla tai vaihtoehtoisesti monta entityä yhdellä kortilla. Kortissa voi tekstin lisäksi olla myös kuvaaja tai erilaisia symboleita.

Sisäilman mittaustietojen esittämiseksi valikoitui käyttäjäyhteisön kehittämien korttien puolelta Mini Graph Card, johon saadaan määriteltyä useampi anturitieto ja lisäksi näiden historiakuvaajat samaan koordinaatistoon. Lisätään jokaisen huoneen lämpötila- ja

kosteusanturille oma Mini Graph Card, jossa kuvaajina piirretty kahdeksan tunnin historiatieto sekä lämpötila-, että kosteusprosenttiarvoista. Kuvassa 36 on esitetty sisä- ja ulkoilman mittauksen käyttöliittymävälilehti.

Kuva 36. Ulko- ja sisäilman mittauksen käyttöliittymä.



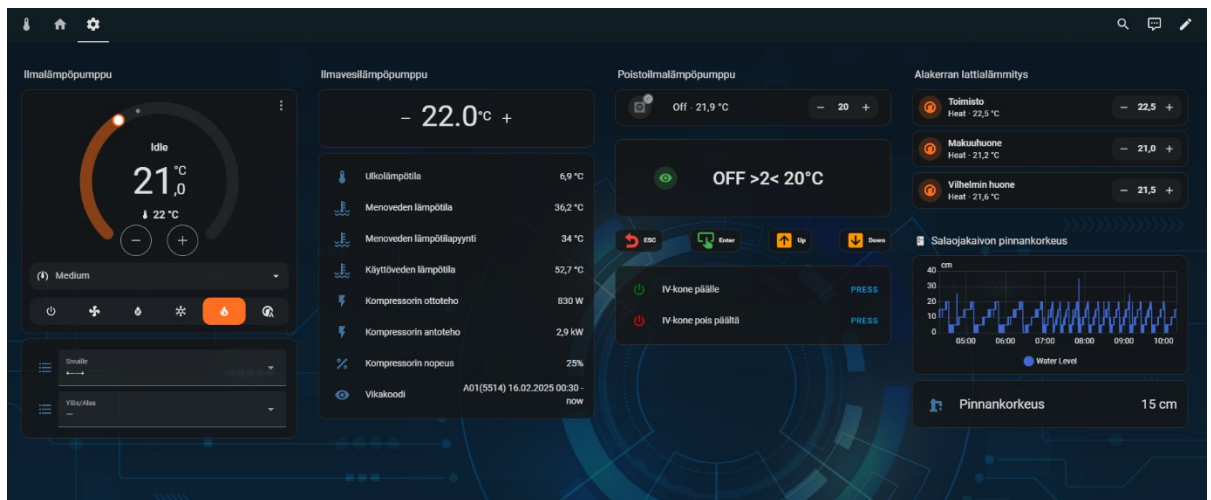
Välilehdellä näkyy ensin ulkoilman mittauksi tieto ilmajäähdytyspumpun ulkolämpötila-anturilta talon varjoiselta puolelta sekä 12 tunnin tuntikohtainen sääennuste, joka on toteutettu oletuksenakin korttivalikoimasta löytyvällä sääennustekortilla. Sääennustus saa tietonsa Meteorologisk Institut (Met.no) -integraation kautta, joka on myös oletuksena asennettuna Home Assistantin käyttöjärjestelmään.

6.2.2 Talotekniikan käyttöliittymä

Myös talotekniikan osalta pyritään pitämään kaikki olennainen tieto yhdellä välilehdellä. Osa käyttöliittymän korteista on esitetty jo luvun 5 eri alaluvuissa. Ilmajäähdytyspumpun lämpötilasäätöjen osalta käyttöliittymässä on käytetty Home Assistantista vakiona löytyvää Thermostat-korttia, johon voidaan lisätä Climate-tyyppinen entity sekä sen sisältämät eri ohjaustavat ja mittaukselliset tiedot. Yleensä Climate-entity sisältää asetetun lämpötilavoitteen, nykyisen mitatun lämpötilan ja esimerkiksi puhallinnopeuksia tai muita ohjaukseen liittyviä vaihtoehtoja. Useamman entiteyden allekkain listaavaa Entities-korttia on käytetty ilmajäähdytyspumpun sekä ilmajäähdytyspumpun lämpötila-asetusten alla esittämään muita pumpun anturitietoja.

Poistoilmalämpöpumpun sekä lattialämmityksen Climate-entiteille valittiin Mushroom Cards -lisäosan kortti, jolla lämpötilatavoitetta voidaan säätää hieman kompaktimmissa koossa kuin Home Assistantin omalla versiolla. Myös poistoilmalämpöpumpun näyttöosuus sekä painikkeet ovat toteutettu saman lisäosan korteilla hyvän muokattavuutensa vuoksi. Fonttien ja ikonien väriä ja kokoa voidaan muokata tekstimuotoisessa kortin muokkaustyökalussa. Kuvassa 37 on esitetty valmis talotekniikan käyttöliittymä, joka on suunniteltu olohuoneen kosketusnäytölle sopivaksi. (Bottein, n.d.)

Kuva 37. Järjestelmän käyttöliittymä talotekniikan osalta.



Samalla välilehdellä on nyt näkyvissä kaikki olennainen tieto talotekniikasta ilman ruudun vierittämistä. Näkymästä onnistuvat myös lämmityksen ja ilmanvaihdon säätötoimet.

7 Automaatiot

Lisäämällä erilaisia automaatioita Home Assistantiin liitetyille laitteille, voidaan muun muassa säästää sähköä ja helpottaa arkea. Tutustutaan muutamaan tässä projektissa käytettävään automaatioon ja niiden toteutukseen sekä mahdollisuuksiin jatkokäyttöä ajatellen.

7.1 Ajastintoiminta pistorasialle

Kohteen kylpyhuoneen lämmitys tapahtuu tällä hetkellä patterilla, eikä lattialämmitystä ole lainkaan. Luonnollisesti laatoitettu lattia tuntuu kylmältä ilman lattialämmitystä, kun sinne mennään peseytymään. Huoneen lämpötila pysyy n. 22 celsiusasteessa kylmemmilläkin

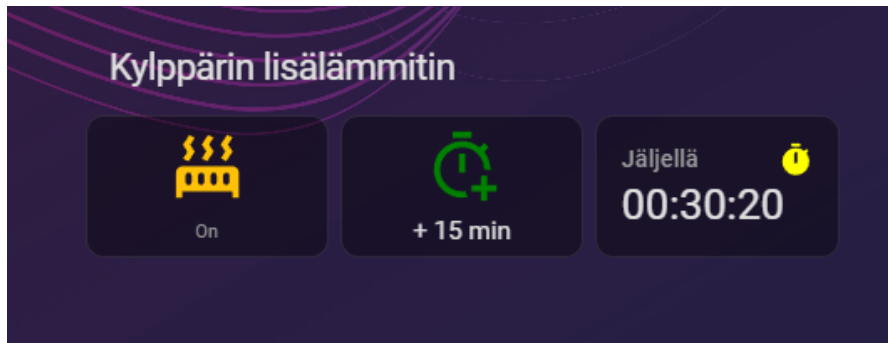
keleillä, mutta lattian kylmyyttä ja mukavuudenhalua ajatellen huoneessa on käytetty noin 700 watin pistorasiaan kytkettävää lisälämmitintä ennen suihkussa käyntiä.

Jotta lämmitin ei jäisi vahingossa päälle kuluttamaan sähköä, voidaan Home Assistantin avulla tehdä automaatio, jolla lämmitin saadaan kytkettyä sekä päälle että pois etänä ajastimen avulla. Toimivan automaation avulla talon asukas voi jatkossa lisätä olohuoneen käyttöliittymästä esimerkiksi tunnin ajastimeen esilämmitystä ja suihkussa käyntiä varten. Lämmitin sammuu, kun asetettu aika on kulunut loppuun, eikä laite voi jäädä kuluttamaan sähköä.

Luodaan automaatiot ja tarvittavat entityt suoraan Automations.yaml- sekä Configuration.yaml-tiedostoihin. Tekstimuodossa suoraan asetustiedostoihin tehdessä, apuna voidaan käyttää esimerkkikoodeja käyttäjäyhteisöstä, Home Assistantin dokumentointia tai esimerkiksi tekoälyä. Peruseriaate on määrittää jokin automaation laukaiseva sääntö, muut ehdot, esimerkiksi lämpötila tai kellonaika, ja toiminto, joka tehdään sääntöjen ja ehtojen perusteella. (Home Assistant, n.d.-l)

Liitteessä 4 on esitetty pistorasian ajastimeen tarvittavat osuudet Automations.yaml- ja Configuration.yaml-tiedostoista. Ajastimen käyttö toteutettiin niin, että käyttöliittymästä lisätään napilla 15 minuuttia kerrallaan ajastimeen. Pistorasia kytkeytyy päälle heti, kun ajastimeen on lisätty aikaa. Pistorasia kytkeytyy pois päältä, kun ajastimesta loppuu aika tai, jos pistorasia kytketään pois päältä suoraan käyttöliittymästä. Ajastimen aika nollautuu myös pistorasian kytkeydyttyä pois päältä ennen ajastimen jäljellä olevan ajan päättymistä, esimerkiksi käyttäjän sammuttaessa sen suoraan käyttöliittymästä. Kuvassa 38 on esitetty pistorasian ja ajastimenohjaus käyttöliittymässä.

Kuva 38. Kylpyhuoneen pistorasian ohjaus ja ajastus käyttöliittymässä.



Kuvassa vasemmalla on nappi, jolla lämmitin saadaan kytkettyä suoraan päälle tai pois. Keskimmaisella napilla voidaan lisätä ajastimeen 15 minuuttia jokaisella painalluksella ja oikealla nähdään jäljellä oleva aika.

Pistorasiana on käytetty Zigbee-verkkoon yhdistettävää älypistorasiaa, jonka valmistaja on Third Reality. Kyseessä on yksiosainen talon pistorasiaan kytkettävä älypistorasia, jota käytetään ohjattavan laitteen ja talon pistorasian välissä kotiautomaation mahdollistamien ominaisuuksien hyödyntämistä varten. Kuvassa 39 nähdään Third Realityn älypistorasia.

Kuva 39. Third Reality Zigbee-älypistorasia.



Monet älypistorasia mittaavat myös kulutetun sähköenergian, joka voi olla hyödyllinen tieto kotiautomaatiojärjestelmässä ja energian kulutuksen hallinnassa. Home Assistantissa on

oletuksenakin sähkön mittaukseen ja energian kulutukseen olemassa oma osionsa, johon voi lisätä järjestelmässä toimivat energiamittauksen sisältävät laitteet.

7.2 Sulanapitokaapelin ohjaus ulkolämpötilan mukaan

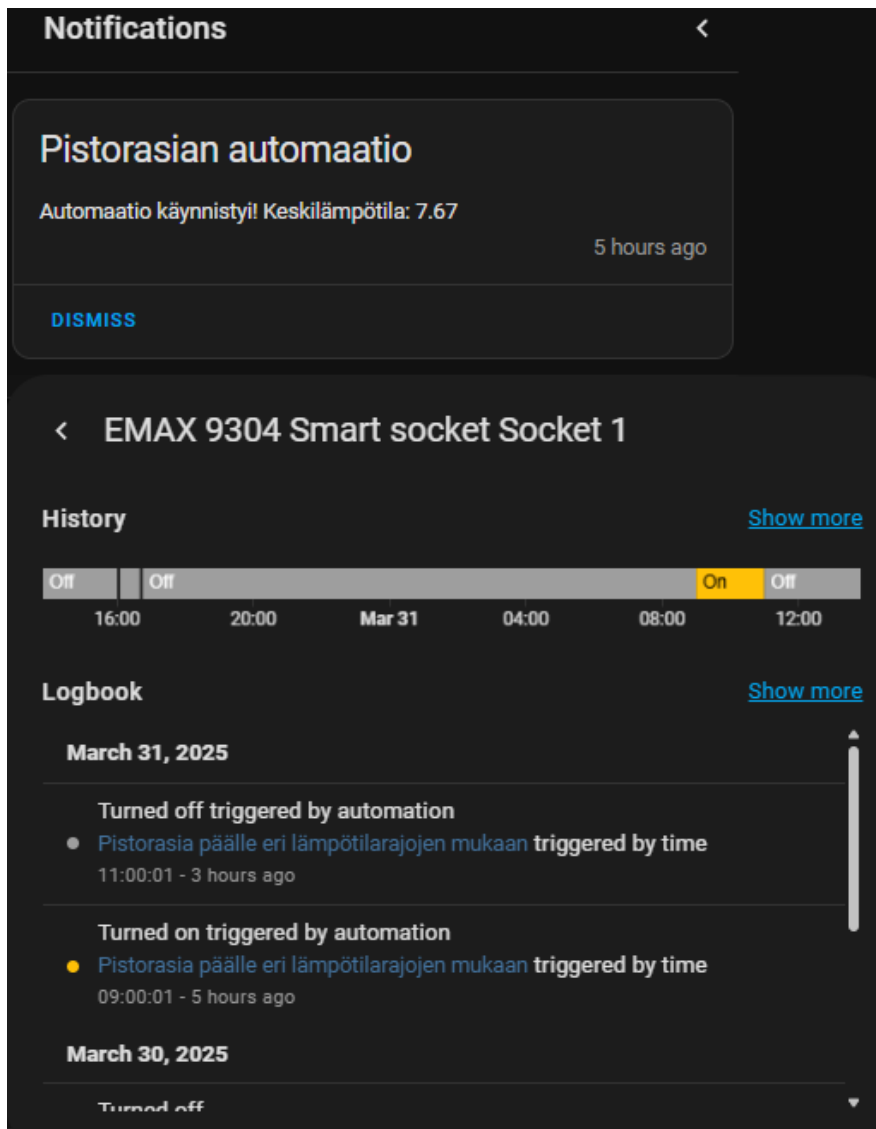
Ilmalämpöpumpun ulkoyksikön alla on sulatus- ja kondensaatiovesien keruullas, josta vedet johdetaan rännikaivoon sadevesien sekaan. Kaukalo on avoin ja eristämätön ja siitä on johdettu eristetty putki rännikaivoon. Talvipakkasilla kaukalo alkaa jäätyä ilman sulanapitokaapelin käyttöä. Jäätyessään täyteen, kaukalo ohjaisi tulevat vedet talon sokkeliin, mikä ei ole talon terveyden kannalta järkevää.

Sulanapitokaapeli on itsestään säätyvää mallia, kolme metriä pitkä ja teholtaan 10 wattia per metri. Vuoden 2024 alkuvuoden ja talven aikana kaapeli vei sähköenergiaa n. 400 kWh, mikä on ilmalämpöpumpun vuosikulutukseen, 1700 kWh, nähden huomattavan suuri määrä. Keruukaukalo sulaa kovemminkin pakkasilla muutamassa tunnissa, joten kaapelia voitaisiin ohjata ulkolämpötilan mukaan päälle vain harvakseltaan. Kaukalo ei myöskään täyty kovin äkkiä, joten jatkuva sulattelu on turhaa. Sulatusta voisi ohjata päälle älypistorasian avulla esimerkiksi joka yö tietyksi ajaksi päälle, jos ulkolämpötilan vuorokauden keskiarvo alittaa tietyn pakkasrajan. Luodaan tällä tavoin toimiva automaatio. Luodaan automaatio suoraan asetustiedostoja muokkaamalla.

Automaatiota varten määritellään vuorokauden keskilämpötilaa laskeva statistics-integraatio, joka käyttää ulkolämpötilan mittaukseen ilmavesilämpöpumpun ulkolämpötila-anturia. Pistorasia ohjataan päälle automaatiolla, jolle on määritelty eri pakkasrajoja ja näitä vastaavat tuntimäärät ulkopistorasian päällä olon ajastukselle. Tarkastelujakso nollataan joka yö klo 00:00. Pakkasrajat ja niitä vastaavat lämmitysajat määritellään alustavasti niin, että keskiarvolämpötilan ollessa alle 0 °C, mutta yli -5 °C, lämmitetään kaksi tuntia, keskilämpötilan ollessa alle -5 °C, mutta yli -10 °C, lämmitetään kolme tuntia ja alle -10 °C keskiarvolla lämmitetään neljä tuntia. Automaatioiden määrittelytiedoston sisältö tämän automaation osalta löytyy liitteestä 5.

Tätä automaatiota tehdessä pakkaskelit ovat jo ohi tämän talven osalta, joten automaation toimintatesti suoritettiin pienemmillä lämpötilarajoilla. Testiä varten rajoiksi asetettiin 0 °C < 2 °C, 2 °C < 5 °C ja 5 °C < 10 °C. Vastaavat lämmitysajat 4, 3 ja 2 tuntia ja automaation käynnistys klo 9:00. Kuvasta 40 nähdään pistorasian päälle- ja poiskytketyminen automaation testiasetusten mukaisesti.

Kuva 40. Älypistorasian kytkeytyminen automaation mukaan.



Keskilämpötilan ollessa 5 ja 10 celsiusasteen välillä, automaatio käynnistyi kahdeksi tunniksi klo 9:00, kuten oli määritelty asetuksiin. Tätä automaatiota varten on käytetty Emax älypistorasiaa, joka yhdistetään Home Assistantiin Tuya-integraation avulla (Home Assistant, n.d.-k).

7.3 Salaojakaivon pinnankorkeuden varoitus puhelimeen

Luvussa 3.3 todettiin, että salaojakaivon tyhjennyksestä vastaava uppopumppu voi hajota ja aiheuttaa jopa vesivahingon. Tätä varten luodaan automaatio, joka varoittaa käyttäjää Telegram-sovelluksen kautta, jos veden pinnankorkeus kaivossa ylittää normaalin toiminnan mukaiset arvot.

Telegram on ilmainen avoimen lähdekoodin viestintäsovellus puhelimelle. Käyttäjä voi luoda itselleen Telegram-botin, jota voi hyödyntää esimerkiksi kotiautomaatiossa. Toteutetaan Home Assistantin Telegram-integraation asennusohjeiden mukaisesti varoitusviestin lähetyksen omaa bottia hyödyntäen. (Home Assistant, n.d.-j)

Botin luonti tapahtuu avaamalla keskustelu BotFather-nimisen botin kanssa ja kirjoittamalla komento `/newbot`. Tämän jälkeen määritellään nimi omalle botille ja BotFather luo linkin uuden botin kanssa keskusteluun sekä API Keyn eli salasanan botin käyttöä varten ulkopuolisissa sovelluksissa. Jokaisella Telegram-käyttäjällä on myös oma käyttäjänimi sekä ID-numero, joita tarvitaan asetuksia määrittäessä Home Assistantin puolella. Määritetään ohjeiden mukaiset asetukset Configuration.yaml-tiedostoon. Kuvassa 41 on esitetty asetukset sensuroituna. (Home Assistant, n.d.-j)

Kuva 41. Telegram-integraation asetukset Home Assistantin asetustiedostossa.

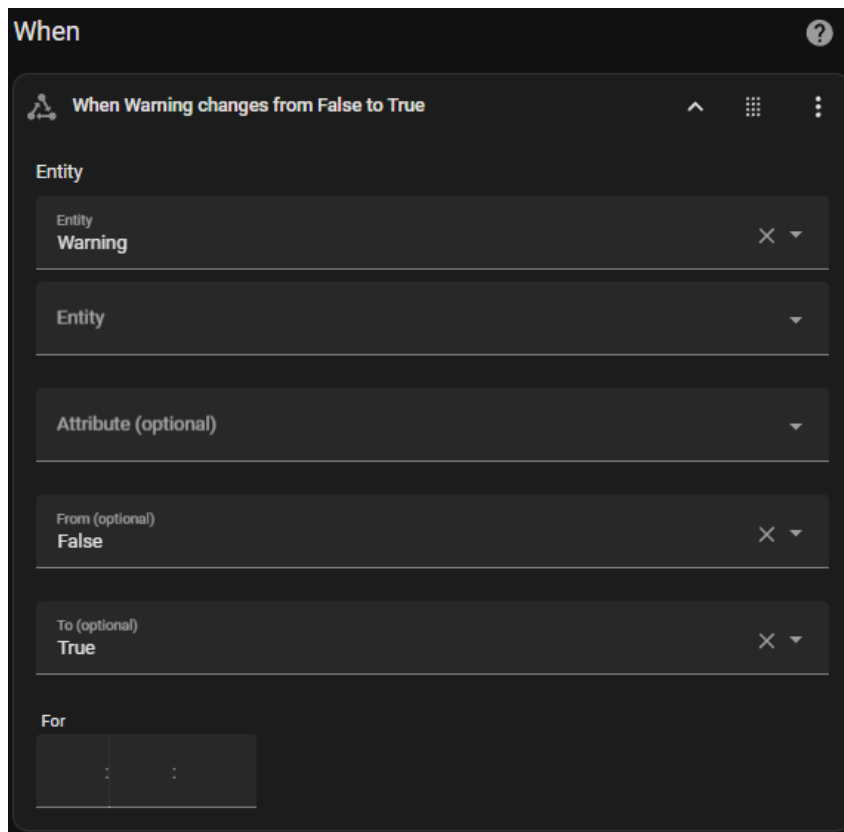
```

84 # Telegram Bot
85 telegram_bot:
86   platform: polling
87   api_key: "77[REDACTED]hU"
88   allowed_chat_ids:
89     - 20[REDACTED]
90
91 # Notifier
92 notify:
93   platform: telegram
94   name: "salaoja"
95   chat_id: 20[REDACTED]
96

```

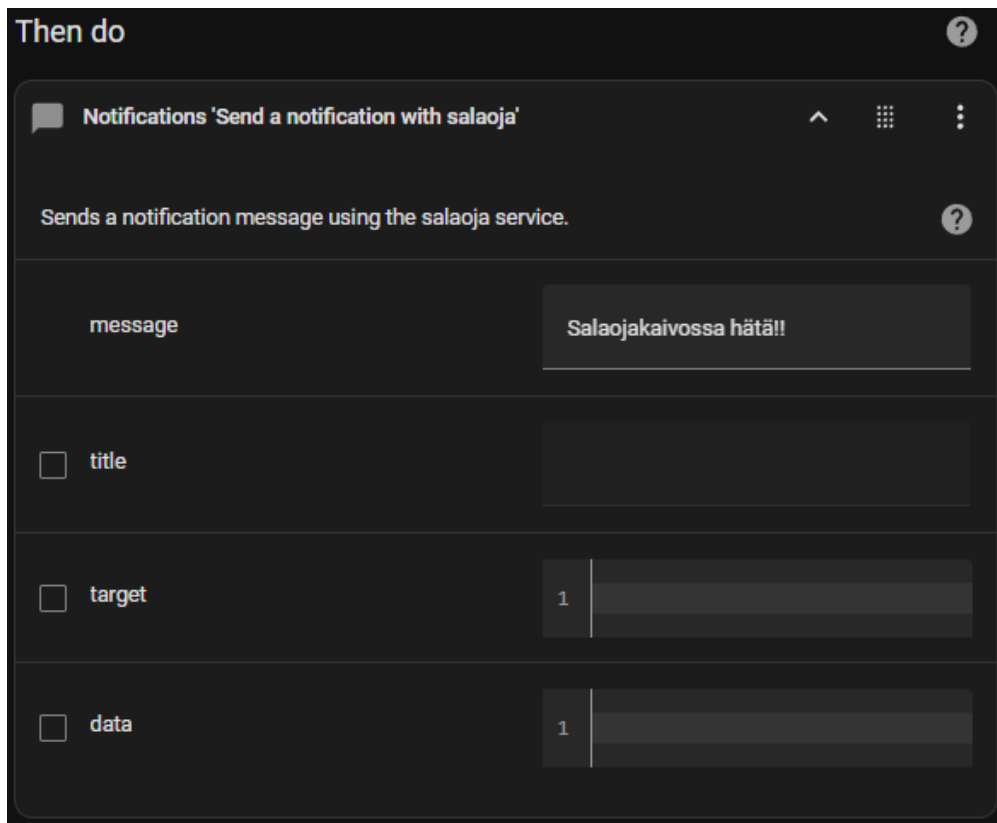
Telegram-botin ja integraation määritysten jälkeen voidaan luoda haluttu automaatio Home Assistantiin. Luodaan uusi automaatio luvussa 2.5 mainitulla Home Assistantin työkalulla, jossa määritellään vaihe vaiheelta automaation ehdot ja toiminnot. Ensiksi määritellään ehdot automaation käynnistymiselle. Käytetään salaojakaivon yhteyteen asennetulta mikrokontrollerilta tulevaa MQTT-viestiä hyödyksi. Luvussa 5.5.2 kerrottiin MQTT-viestin sisältävän true / false -tyyppisen muuttujan, joka muuttaa arvoaan tietyn korkeuden ylittyessä. Salaojakaivon pinnankorkeus nousee normaalitilanteessa noin 20 - 25 senttimetrin korkeuteen, jolloin uppopumppu käynnistyy ja tyhjentää kaivon. Varoitus aktivoituu arvoilla 30 tai enemmän. Automaatiotyökalun ehtojen asettelussa voidaan käyttää suoraan varoitusmuuttujaa ja sen tilaa. Kuvassa 42 näkyy työkalulla määritetyt ehdot.

Kuva 42. Varoitusautomaation ehdot määritettynä Home Assistantin automaatiotyökalulla.



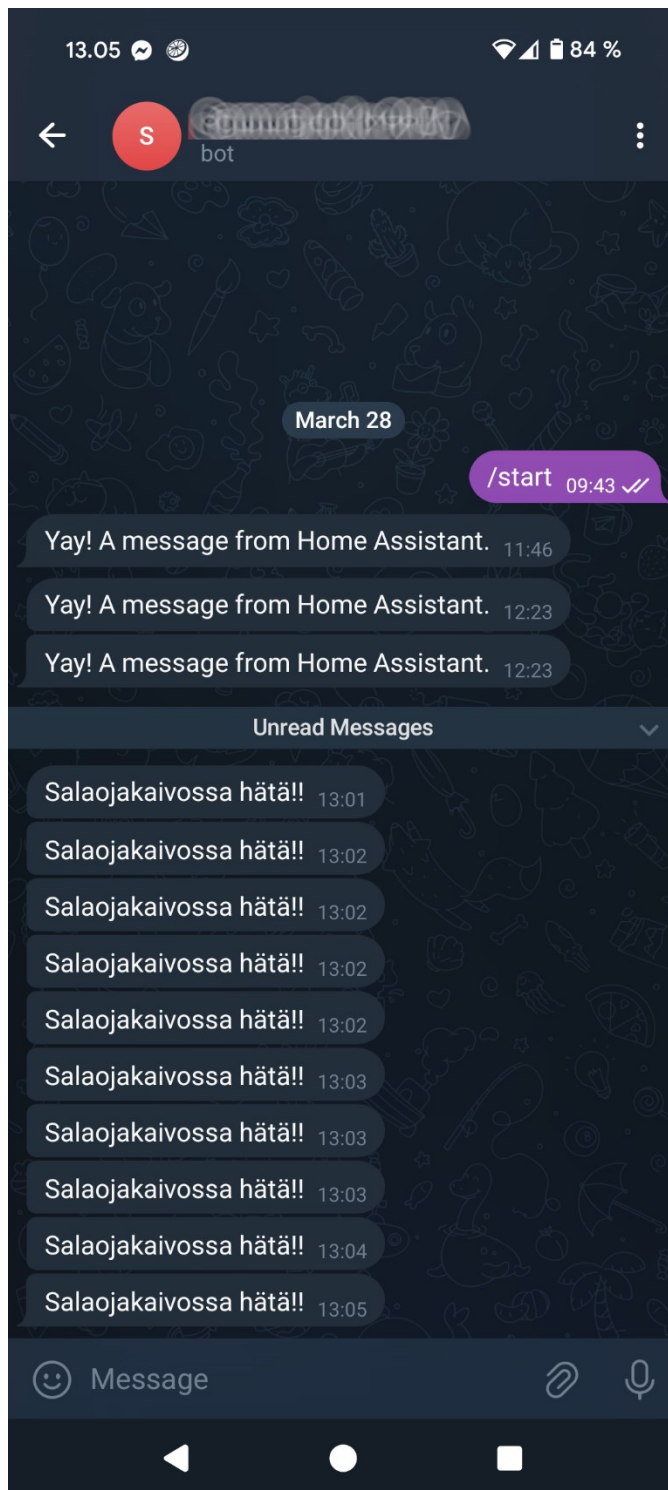
Ehtojen jälkeen määritetään, mitä tapahtuu ehtojen täytyessä. Koska Configuration.yaml-tiedostoon on määritetty jo oikea ID keskustelulle ja ilmoituksille, voidaan automaatiotyökaluun vain määritellä, että lähetetään ilmoitus, "Send a notification with salaoja", sekä sen sisältö. Käytetään ilmoituksen sisältönä varoitusviestiä "Salaojakaivossa hätä!". Tapahtuma-asetuksen määrittely on nähtävillä kuvassa 43.

Kuva 43. Varoitusautomaation toiminto-osuuden määrittely.



Tällä tavoin määritellyn automaation ansiosta käyttäjä saa heti ilmoituksen puhelimeensa, kun salaojakaivossa ylittyy kriittinen pinnankorkeus. Testataan automaatio muokkaamalla mikrokontrollerin koodiin varoituksen raja-arvoksi 20 senttimetriä tai yli. Normaalisti varoitus aktivoituu vasta, kun pinnankorkeus on suurempi tai yhtä suuri kuin 30 senttimetriä, koska veden pinnan väreily aiheuttaa mittaukseen virhettä ja turhilta ilmoituksilta halutaan välttyä. Kuvassa 44. nähdään kuvankaappaus puhelimeen tulleesta hälytyksestä.

Kuva 44. Salaojakaivohälytyksen viestitulva puhelimessa



Kuvasta näkyy, että hälytysviesti on tullut toistuvasti, kunnes uppopumppu tiputti pinnankorkeuden alle hälytysrajan, joka tässä testissä oli 20 senttimetriä. Uppopumpun rikkoutuessa hälytysviestejä saa tulla toistuvasti, jotta asiaan reagoidaan mahdollisimman nopeasti.

7.4 Pörssisähköohjauksen valmius

Kohderakennuksessa on määräaikainen kiinteä sähkösopimus voimassa opinnäytetyötä tehdessä, mutta seuraava sähkösopimus tulee olemaan pörssisähkösopimus. Tätä silmällä pitäen luodaan jo valmiiksi Home Assistantiin valmiudet pörssisähköohjauksille. Tehdään testimielessä automaatiot ilmavesilämpöpumpun ja ilmalämpöpumpun lämpötilapyyntien ohjaukselle sekä käyttöveden lämmitystavan valinnalle spot-hinnan mukaan.

Asennetaan Home Assistantiin ilmaisen spot-hinta.fi -palvelun integraatio Suomen sähkömarkkinoiden tuntihintojen hakemiseen. GitHubista löytyvän integraation asetustiedosto siirretään Home Assistantin Config-kansioon ja Configuration.yaml tiedostoon lisätään kuvan 45 mukainen määrittely. Näiden toimenpiteiden jälkeen integraatio on jo käyttövalmis. (Mikkonen, n.d.-a)

Kuva 45. Spot-hinta.fi -integraation määrittely Home Assistantin asetustiedostoon.

```

97 .....
98 ▾ homeassistant: ~
99 ▾ packages: ~
100   pack_1: !include spot-price.yaml ~
101 .....

```

Tuntikohtaisten hintojen lisäksi integraatio sisältää lukuisia muitakin muuttujia, joita käyttäjä voi hyödyntää automaatioita luodessa. Esimerkiksi vuorokauden eri tunnit on arvoitettu suuruusjärjestykseen ja järjestyksen perusteella voidaan lisätä ehtoja automaatioon. Omat muuttujat löytyvät myös vuorokauden keskiarvohinnalle, asetetun hintarajan tarkastukselle ja erilaisille hintaan perustuville kertoimille, esimerkiksi lämpötilojen säätöön. Näitä hyödyntämällä voidaan tarkentaa erilaisia ehtoja automaatioiden toteutumiselle. (Mikkonen, n.d.-c)

Lämmityslaitteiden ohjaus spot-hinnan mukaan päädyttiin tekemään miettimällä sopivat kipurajat sähkön spot-hinnalle ja niitä vastaavat lämpötilapyyntit. Laitteita voidaan ohjata suoraan säätämällä Home Assistantin climate-entiteytin lämpötilapyyntiä joko korkeammaksi tai matalammaksi. Mitä matalampi lämpötilapyynti, sitä vähemmän laite käyttää sähköä, mutta toisaalta talon huoneiden lämpötilat voivat hieman laskea, joten kovin radikaaleja lämpötilan alennuksia ei ole järkevää tehdä. Taulukossa 1 on esitetty spot-hintoja vastaavat lämpötilapyyntit sekä niitä vastaavat ohjaukset ilmavesilämpöpumpulle ja ilmalämpöpumpulle.

Taulukko 1. Lämmityslaitteiden pörssisähköohjauksen raja-arvot.

Spot-hinta (snt/kWh)	IVLP (°C)	ILP (°C)	Käyttöveden lämmitystila
< 4	22,0	21,5	Comfort
4 - 7	21,5	21,5	Comfort
7 - 10	21,0	21,0	Eco
10 - 15	20,5	21,0	Eco
15 - 20	20,0	20,5	Eco
20 - 30	19,5	20,5	Eco
> 30	19,0	20,0	Eco

Taulukon mukaisella logiikalla luodaan automaatiot Home Assistantin Automations.yaml-tiedostoon. Luodaan myös käyttöliittymään kytkin, josta pörssisähköohjaus saadaan tarvittaessa myös pois päältä. Kytkimen määrittely tehdään Configuration.yaml-tiedostoon. Myös mahdollista häiriötilannetta varten tehdään automaatio, joka tiputtaa lämpötilapyynnit maltillisiksi spot-hinnan puuttuessa kokonaan. Liitteessä 6 on esitetty molempiin tiedostoihin luodut koodit.

Automaatio käynnistetään ja tarkastetaan 15 minuutin välein alkaen jokaisesta tasatunnista, jolloin spot-hinta muuttuu. 15 minuutin väli varmistaa ohjausten kytketymisen viiveellä tilanteessa, jossa hintatieto ei olekaan päivittynyt tarkalleen tasatunnin kohdalla. Se toimii myös valmiutena varttitasetta varten. Ilmavesilämpöpumpun ja ilmalämpöpumpun automaatioiden käynnistymisen ehtona on, että pumput ovat lämmitysmoodissa. Kesällä ilmalämpöpumpun ohjaus tapahtuu viilennystarpeessa eri automaation avulla tai manuaalisesti. Käyttöveden osalta tarve spot-hintaohjaukselle on kuitenkin myös kesällä, joten se voi olla aktiivisena ympäri vuoden samalla logiikalla.

Ilmavesilämpöpumpun osalta raja-arvot ovat hieman tiuhempaan reagoivat kuin ilmalämpöpumpulla, koska sen hyötysuhde on huonompi ja sen kuluttama kokonaisenergia vuositasolla on moninkertainen ilmalämpöpumpun verrattuna. Ilmavesilämpöpumpun asetustilapöytä, jota tällä automaatiolla ohjataan, ei ole suoraan huonelämpötila vaan mitoituslämpötila. Sitä nostamalla tai laskemalla ohjataan suoraan pattereille ja lattialämmitykseen menevän veden lämpötilaa. Puolen asteen tiputus asetustilapöydässä laskee yhdellä asteella menoveden lämpötilaa.

Ilmalämpöpumpun lämpötilapyynti vastaa haluttua olohuoneen lämpötilaa, jota myös mitataan reaaliajassa. Todellisuudessa olohuoneen lämpötila on noin asteen enemmän kuin asetettu lämpötilapyynti. Kalleimmallakin spot-hinnalla pyynnin ollessa 20,0 °C, olohuoneen lämpötila on noin 21 °C. Tämä on tarkoituksella jätetty hieman korkeaksi, sillä

pumpun hyvän hyötysuhteen ansiosta kokonaiskuvassa sen energiankulutus on edelleen melko pieni. Toisaalta myös samaan aikaan ilma-vesilämpöpumpulta ei tule patteriverkkoon erityisen lämmintä vettä enää kalleimmilla tunneilla, joten olohuonetta saa lämmittää hieman korkeammalla tavoitteella asumismukavuuden kannalta.

Käyttöveden lämmitys tapahtuu ohjaamalla suoraan ilma-vesilämpöpumpun käyttöveden lämmitystilaa muuttujaa. Tilaa vaihdetaan econ ja comfortin välillä. Eco-tilassa käyttöveden annetaan tippua noin 38 celsiusasteeseen ennen kuin sitä aletaan lämmittää. Tällä tavoin kalliina päivinä saatetaan selvittää mahdolliseen seuraavan päivän halvempiin hintoihin asti lämmittämättä vettä ollenkaan. Onnistumiseen vaikuttaa lämpimän veden käyttö sen päivän aikana. Comfort-tilassa lämmitys alkaa jo veden lämpötilan tippuessa 46 celsiusasteen alle. Spot-hintarajana toimii 7 senttiä per kilowattitunti, jonka alitus saavutetaan todennäköisesti lähes joka päivä. Lämpötilarajat eri lämmitystiloihin antavat hyvän pelivaran halvempien tuntien odotukselle.

Pörssisähköohjausautomaatiota testattiin noin vuorokauden ajan sellaisena hetkenä, jolloin raja-arvomäärittelyistä toteutui lähes jokainen porras. Lämpötila- ja hintarajoja voidaan helposti muokata Automations.yaml-tiedostosta tulevaisuudessa käytännön kokemuksen perusteella. Kuvassa 46 on esitetty pörssisähköohjauksen toiminta Home Assistantin muuttujatilojen historiakuvaajalla.

Kuva 46. Pörssisähköohjauksen toiminta 12 tunnin historiakuvaajana



Kuvasta voidaan havaita ohjauksen toimivan juuri kuten taulukossa 1 määriteltiin. Ylemmässä kuvaajassa nähdään pörssisähkön hinta ajan suhteen ja alemmassa kuvaajassa lämpöpumppujen lämpötilapyyntien reagointi hintojen muutokseen. Ilmavesilämpöpumpun kuvaaja on piirretty keltaisella ja ilmalämpöpumpun vihreällä. Huomataan, että ilmalämpöpumpun osalta ohjauksessa on lähes jokaisella tunnilla 15 minuutin viive. Tämä johtui laitteen 10 sekunnin päivitysviiveestä, joten se ei ehtinyt tasatunnilla päivittämään uuden hinnan mukaista ohjausarvoa. Liitteenä olevassa koodissa on lisättyä 30 sekunnin viive tasatunnein, mikä varmistaa hintamuutoksen astumisen voimaan jo ensimmäisestä minuutista lähtien.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön projekti aloitettiin täysin vailla kokemusta Home Assistantista. Sähkö- ja automaatiotekniikan insinöörikoulutuksen kurssisisällöistä oli tukea mikrokontrollereiden käyttöön ja ohjelmointiin sekä pieni pintaraapaisu kotiautomaatioon tuli kaupallisten

valaistukseen liittyvien järjestelmien testaamisesta laboratoriotöissä. Erityisesti nämä seikat huomioiden Home Assistantin avulla kotiautomaattioratkaisun rakentaminen voidaan todeta helpoksi. Kiitos kuuluu selkeän ja kattavan dokumentoinnin sekä laajan käyttäjäyhteisön luoman integraatiovalikoiman ja niitä koskevien tietopakettien ansiosta.

Tyhjästä lähteneeseen projektiin oli jo muutamassa viikossa saatu lähes koko talon tekniikka integroitua ja toimintaan jollain tasolla. Ohjaustarpeet ja myös Home Assistantin tarjoamat mahdollisuudet selventyivät järjestelmää laajentaessa ja lisätutkimuksia tehdessä. Lopulta minkään laitteen integroinnissa ei havaittu suurempia ongelmia. Home Assistant toimii loistavana alustana pientaloihin laajan laitteen sekä avoimen lähdekoodinsa vuoksi. Ohjelmapuolelle tässä projektissa ei tarvinnut käyttää euroakaan. Laittepuolella kustannukset pysyivät sadoissa euroissa. Tarvittaessa suppean järjestelmän voi kasata peräti kymmenillä euroilla, jos hyödyntää käytettyjä laitteita.

Suurimmat ongelmat, joita integroinnissa voi tulla vastaan, ovat vanhempien laitteiden älyvalmiuksien puuttuminen, joihin tässä työssä nimenomaan haluttiin löytää ratkaisuja. Esimerkiksi ilmavesilämpöpumpun osalta ongelmana oli Boschin käyttämä oma väyläprotokolla, jota ei suoraan voida liittää Home Assistantiin. Poistoilmalämpöpumpun osalta ongelmana oli myös valmistajan muuntelema väyläprotokolla, mutta myös 11 vuoden ikä. Molemmat saatiin kuitenkin integroitua järjestelmään ystävällisen ja ahkeran kehitystyötä tekevän käyttäjäyhteisön ansiosta.

Käyttöliittymän muokkaus ja personointi on toteutettu Home Assistantissa niin, että perusmuotoinen käyttöliittymä yksinkertaisine toimintoineen on helppo ja nopea saada alulle sekä toimintaan. Kuitenkin asiasta kiinnostuneille muokkausmahdollisuudet ovat lähes loputtomat. Tässäkin projektissa saatiin pelkän käyttöliittymän muokkaukseen käytettyä runsaasti aikaa, mutta lopputulos oli toimiva ja kosketusnäyttöratkaisulle sopiva. Käyttöliittymää on helppo muokata ja laajentaa käyttökokemusten ja järjestelmän laajentamisen myötä.

Viimeistään automaatioiden avulla talotekniikan yhteen integroinnin hyödyt tulevat esiin, kun laitteita voidaan kasin hallinnan lisäksi ohjata automaattisesti halutuilla ehdoilla. Esimerkiksi pörssisähköohjauksella voidaan jokaista laitetta ohjata yhtä aikaa, ja ennen kaikkea tarkasti suoraan laitteen parametreja muokkaamalla. Monet edulliset kaupalliset pörssisähköohjaukset ovat releohjauksia, jotka ohjaavat laitteita vain päälle tai pois.

Lähteet

BBQKees Electronics. (n.d.-a). *EMS interface board v3.1*. Haettu 24.2.2025 osoitteesta <https://bbgkees-electronics.nl/product/ems-interface-board-v3-1/>

BBQKees Electronics. (n.d.-b). *Pääsivu*. Haettu 24.2.2025 osoitteesta <https://bbgkees-electronics.nl/>

Bottein, P. (n.d.). *Mushroom*. GitHub. Haettu 19.3.2025 osoitteesta <https://github.com/piitaya/lovelace-mushroom>

Chavet, E. (n.d.). *Mitsubishi CN105 ESPHome*. GitHub. Haettu 19.3.2025 osoitteesta <https://github.com/echavet/MitsubishiCN105ESPHome>

Chrome Web Store. (n.d.). *Kiosk*. Haettu 31.3.2025 osoitteesta <https://chromewebstore.google.com/detail/kiosk/afhcomalholahplbjhnmahkoekoijban>

DFRobot. (n.d.). *SEN0208*. DFRobot Wiki. Haettu 11.2.2025 osoitteesta https://wiki.dfrobot.com/Weatherproof_Ultrasonic_Sensor_With_Separate_Probe_SKU_SEN0208

Digi. (n.d.). *What is Zigbee?* Haettu 20.2.2025 osoitteesta <https://www.digi.com/solutions/by-technology/zigbee-wireless-standard>

EMS-ESP. (n.d.-a). *Configuring EMS-ESP*. Haettu 26.2.2025 osoitteesta <https://docs.emsesp.org/Configuring/>

EMS-ESP. (n.d.-b). *How to install EMS-ESP*. Haettu 26.2.2025 osoitteesta <https://download.emsesp.org/>

ESPHome. (n.d.). *Getting Started with ESPHome and Home Assistant*. Haettu 5.3.2025 osoitteesta https://esphome.io/guides/getting_started_hassio.html

Frodef. (n.d.). *Nilan-cts600-homeassistant*. GitHub. Haettu 20.2.2025 osoitteesta <https://github.com/frodef/nilan-cts600-homeassistant>

GeeksforGeeks. (n.d.). *What is ethernet?* Haettu 20.2.2025 osoitteesta <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-ethernet/>

Hadley, R. (11.8.2016a). CN105 connector pinout [kuva]. Nicegear. <https://nicegear.nz/blog/hacking-a-mitsubishi-heat-pump-air-conditioner/>

Hadley, R. (11.8.2016b). *Hacking a Mitsubishi Heat Pump / Air Conditioner*. Nicegear. <https://nicegear.nz/blog/hacking-a-mitsubishi-heat-pump-air-conditioner/>

Hollingworth, G. (5.3.2020). *Introducing Raspberry Pi Imager, our new imaging utility*. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/news/raspberry-pi-imager-imaging-utility/>

Home assistant. (n.d.-a). *Automation editor*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/docs/automation/editor/>

Home assistant. (n.d.-b). *Automation YAML*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/docs/automation/yaml/>

Home assistant. (n.d.-c). *Cards*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/dashboards/cards/>

Home assistant. (n.d.-d). *Configuration.yaml*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/docs/configuration/>

Home assistant. (n.d.-e). *Installation*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/installation/>

Home assistant. (n.d.-f). *MELCloud*. Haettu 6.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/integrations/melcloud/>

Home assistant. (n.d.-g). *MQTT Sensor*. Haettu 11.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/integrations/sensor.mqtt/>

Home Assistant. (n.d.-h). *Pääsivu*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/>

Home assistant. (n.d.-i). *Roth Touchline*. Haettu 11.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/integrations/touchline>

Home assistant. (n.d.-j). *Telegram*. Haettu 31.3.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/integrations/telegram/>

Home assistant. (n.d.-k). *Tuya*. Haettu 31.3.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/integrations/tuya/>

Home assistant. (n.d.-l). *Understanding automations*. Haettu 27.3.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/docs/automation/basics/>

Home assistant. (n.d.-m). *Using automation blueprints*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta https://www.home-assistant.io/docs/automation/using_blueprints/

Home assistant. (n.d.-n). *Views*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta <https://www.home-assistant.io/dashboards/views/>

IoTDesignPro. (2.9.2019). *Types of Wireless Communication Protocols in IOT*
<https://iotdesignpro.com/articles/different-types-of-wireless-communication-protocols-for-iot>

Mikkonen, T. (n.d.-a). *API.SPOT-HINTA.FI / Electricity Prices to Home Assistant*. GitHub. Haettu 1.4.2025 osoitteesta <https://github.com/T3m3z/spotprices2ha>

Mikkonen, T. (n.d.-b). *Blueprints*. Github. Haettu 1.4.2025 osoitteesta <https://github.com/T3m3z/spotprices2ha/tree/main/blueprints>

Mikkonen, T. (n.d.-c). *Spot-price.yaml*. Github. Haettu 1.4.2025 osoitteesta <https://github.com/T3m3z/spotprices2ha/blob/main/spot-price.yaml>

Mitsubishi Electric. (n.d.). *MELCloud*. Haettu 6.2.2025 osoitteesta <https://www2.melcloud.com/fi/Home>

Motiva Oy. (n.d.). *Taloautomaatio pientaloissa*. Haettu 19.2.2025 osoitteesta https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_arki/taloautomaatio/taloautomaatio_pientaloissa

Nilan Suomi Oy. (n.d.). VPL 15 TC – viilentävä ilmanvaihtokone poistoilmalämpöpumpulla [kuva]. <https://www.nilan.fi/tuotteet/ilmanvaihtokoneet-lto/vpl/vpl-15-tc/>

Pena, E. & Legaspi, M. G. (2020). *UART: A Hardware Communication Protocol Understanding Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*. Analog Devices. <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/uart-a-hardware-communication-protocol.html>

Pini, A. (22.5.2019). *UARTs Ensure Reliable Long-Haul Industrial Communications Over RS-232, RS-422, and RS-485 Interfaces*. Digikey. <https://www.digikey.fi/en/articles/uart-ensure-reliable-long-haul-industrial-communications>

Random Nerd Tutorials. (n.d.-a) ESP-WROOM-32 pinout [kuva]. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>

Random Nerd Tutorials. (n.d.-b) *ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?* Haettu 27.2.2025 osoitteesta <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>

Random Nerd Tutorials. (n.d.-c). ESP8266 12-E Chip Pinout [kuva]. <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>

Raspberry Pi. (n.d.). *Raspberry Pi 5*. Haettu 25.2.2025 osoitteesta <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>

Sähkötieto ry. (2018.) *Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17*. Sähköinfo Oy.

Teel, J. (n.d.). *Comparison of Wireless Technologies: Bluetooth, Wi-Fi, BLE, Zigbee, Z-Wave, 6LoWPAN, NFC, Wi-Fi Direct, GSM, LTE, LoRa, NB-IoT, and LTE-M*. Predictable Designs. Haettu 20.2.2025 osoitteesta <https://predictabledesigns.com/wireless-technologies-bluetooth-wifi-zigbee-gsm-lte-lora-nb-iot-lte-m/>

Xiao, P. (2018). *Designing Embedded Systems and the Internet of Things (IoT) with the ARM Mbed*. Wiley

Liite 1. Bosch ilmavesilämpöpumpun sisäyksikön (AWM 9) asennusohjeen sivu 20

Käyttö ilman lämpöpumpua (yksittäiskäyttö)



lisävarusteluettelo) täytyy asentaa ilmaisimen säännöllisen tyhjennyksen välttämiseksi. Suodatin lisää myös komponenttien pitkäikäää lämpöpumpussa samoin kuin muiden lämmitysjärjestelmän osien ikää.

8.2 Komponenttien vaihto

Jos komponentit on tarkoitus vaihtaa, jota varten sisäyksikkö pitää tyhjentää ja täyttää taas uudelleen, suorita seuraavat vaiheet:

1. Kytke virta irti lämpöpumpusta ja sisäyksiköstä.
2. Varmista, että automaattinen tuuletusventtiili VL1 on auki.
3. Sulje lämmityslaitteiden venttiilit, hiukkassuodatin SC1 ja VC3.
4. Liitä letku tyhjennysventtiin VA0 ja johda toinen pää tyhjennysosaan. Avaa venttiili.
5. Odota, kunnes vettä ei enää virtaa tyhjennysosaan.
6. Vaihda rakenneosat.
7. Avaa täyttöventtiili VW2 ja täytä vettä lämpöpumpuun johtavaan putkeen.
8. Jatka täyttämistä niin kauan, kunnes tyhjennysosan letkusta tulee vain vettä ja lämpöpumpussa ei ole enää ilmakuplia.
9. Sulje tyhjennysventtiili VA0 ja täytä laitteisto edelleen, kunnes painemittari näyttää arvoa GC1 2 bar.
10. Sulje täyttöventtiili VW2.
11. Luo jännitteensyöttö lämpöpumpusta ja sisäyksiköstä.
12. Varmista, että kiertopumppu PC1 toimii.
13. Irrota kosketin PC0 kiertopumpusta PC0 siten, että tämä toimii maksimi kierrosluvulla.
14. Aktivoi käyttöyksiköstä vain lisälämmitin.
15. Aktivoi lisälämmitin vain, kun paine ei ole laskenut 10 minuuttiin.
16. Liitä kosketin PC0 PWM kiertopumpuun.
17. Puhdista hiukkassuodattimet SC1.
18. Sulje lämmityslaitteiden venttiilit VC3 ja SC1.
19. Tarkasta paine painemittarista GC1, jos paine on alle 2 bar, lisää täyttöventtiin VW2 kautta painetta.

9 Käyttö ilman lämpöpumpua (yksittäiskäyttö)

Sisäyksikön voi ottaa käyttöä ilman liitettyä lämpöpumpua, esim. jos lämpöpumppu asennetaan vasta myöhemmin. Tätä kutsutaan yksittäiskäytöksi tai Standalone-käytöksi.

Yksittäiskäytössä sisäyksikkö hyödyntää ainoastaan lisälämmitintä lämmittämiseen ja käyttöveden lämmitykseen.



Jos sisäyksikkö ja lämmityslaitteita pitää täyttää ennen lämpöpumpun liittämistä, varmista kiertävyyden yhdistämällä toisiinsa lämmönsiirtimen tulo ja meno lämpöpumpuun/lämpöpumpusta.

- ▶ Avaa tarvittaessa sulkuventtiilit lämmönsiirtimen piiristä.

Käyttöönotto yksittäiskäytössä:

- ▶ Säädä huoltovalikosta **Lämpöpumppu** valinta **Käyttö ilman lämpöpumpua** (→ Käyttöyksikön käsikirja).

10 Lisävarusteiden asennus

10.1 EMS-BUS lisävarusteita varten

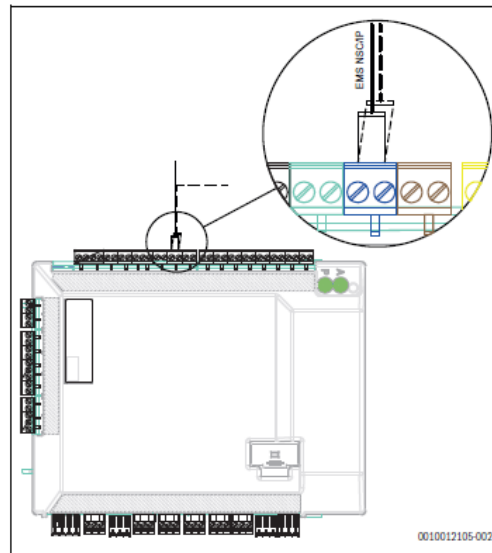
Lisävarusteita, jotka liitetään EMS-BUS, koskee seuraava (ks. myös vastaavan lisävarusteen asennusohje):

- ▶ Jos useampi VÄYLÄ-yksikkö on asennettuna, pitää niiden välisen vähimmäisetäisyyden olla vähintään 100 mm.
- ▶ Jos useampi VÄYLÄ-yksikkö on asennettuna, liitä ne riveiksi tai tähtikuviksi.
- ▶ Käytä kaapelia, jonka minimi poikkileikkaus on 0,5 mm².

- ▶ Jos on induktiivisia ulkoisia vaikutuksia (esim. aurinkosähkölaitteet), johdon pitää olla suojattu. Maadoita suojus vain toisesta päästä ja koteloon.

- ▶ Liitä kaapeli asennusmoduulista liittimeen EMS-BUS.

Jos EMS-liittimeen on jo liitetty komponentti, tee rinnakkaisliitäntä kuvan 19 mukaan samaan liittimeen.



Kuva 19 EMS-liitäntä asennusmoduulissa

10.2 Ulkoiset liitännät



Relelähttöjen maksimikuorma: 2 A, $\cos\phi > 0,4$. Korkeampien kuormien yhteydessä pitää asentaa välirele.

- Lähtö VCO kytkeytyy, kun vaihdetaan lämmitys- lämmönsiirtimen välillä ja sitä käytetään, kun puskurivaraaja on asennettu.
- Relelähttö PK2 on aktiivinen jäähdytyskäytöllä. Mahdolliset käyttöalueet:
 - Vaihto välillä puhallinkonvektorien jäähdytys/lämmitys. Puhallinkonvektorin ohjauslaitteessa pitää olla vastaavat toiminnot.
 - Pumpun säätö erillisessä piirissä, joka on tarkoitettu yksinomaan jäähdytyskäyttöön.
 - Lattian lämmityspiirin säätö kosteissa tiloissa.
 - Jos asetus "Kytke PC1 LV-käytössä pois päältä" on kohdassa "Ei", kytkee PK2 myös sulamisen yhteydessä. Tätä toimintoa käytetään vedon takaiskulappana puhallinkonvektoreissa.

10.3 Lämpötilan turvarajoitin

Joissakin maissa täytyy lattialämmityspiireissä olla lämpötilan turvarajoitin. Lämpötilan turvarajoitin liitetään ulkoiseen tuloon 1-3 (→ kuva). Aseta ulkoisen tulon toiminta (→ Ohjauslaitteen ohjeet).

10.4 Huonelämpötilaohjattu säädin



Kun huonelämpötilaohjattu säädin asennetaan laitteiston käyttöönoton jälkeen, täytyy se asettaa käyttöönottovalikosta vastaavan lämmityspiirin 1 ohjausyksiköksi (→ Säätimen käsikirja).

Liite 2. Salaojakaivon mikrokontrollerin Arduino IDE:llä tehty koodi

```

1 // Kirjoitetaan ESP32-mikrokontrollerille ohjelmakoodi, jolla luetaan salaojakaivossa
2 // olevan etäisyysanturin arvot. Arvot ja mahdollinen hälytysviestin tarve
3 // tulostetaan json-viestiin, joka lähetetään MQTT-brokerille Home Assistantia pyörittävälle
4 // Raspberry PI:lle.
5
6 #include <WiFi.h>
7 #include <ArduinoJson.h>
8 #include <MQTT.h>
9
10 #define BROKER_IP "192.168.100.11"
11 #define BROKER_PORT 1883
12 #define DEV_NAME "Jesse"
13 #define MQTT_USER "xxxxxxxxxx"
14 #define MQTT_PW "xxxxxx"
15
16 StaticJsonDocument<200> JsonDoc;
17
18
19 const int trigPin = 27;
20 const int echoPin = 14;
21
22 unsigned long nTime;
23 unsigned long nPrevTimeTask_1 = 0;
24 unsigned int nDelayTask_1 = 5000;
25
26 const char ssid[] = "xxxxxxxxxx";
27 const char pass[] = "xxxxxxxxxx";
28
29 WiFiClient net;
30 MQTTClient client;
31
32 #define ROUNDFACTOR 5
33
34 void connect() {
35     Serial.print("checking wifi...");
36     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
37         Serial.print(".");
38         delay(1000);
39     }
40
41     Serial.print("\nconnecting...");
42     while (!client.connect(DEV_NAME, MQTT_USER, MQTT_PW)) {
43         Serial.print(".");
44         delay(1000);
45     }
46
47     Serial.println("\nconnected!");
48     client.subscribe("/Koti/TekninenTila");
49 }
50
51 void messageReceived(String &topic, String &payload) {
52     Serial.println("\nIncoming: " + topic + " - " + payload);
53 }
54
55 void setup()
56 {
57     Serial.begin(115200);
58     WiFi.begin(ssid, pass);
59     client.begin(BROKER_IP, BROKER_PORT, net);
60     client.onMessage(messageReceived);
61     connect();
62 }

```

```

63   pinMode(trigPin, OUTPUT);
64   pinMode(echoPin, INPUT);
65 }
66
67 void loop()
68 {
69   client.loop();
70   delay(10); // <- fixes some issues with WiFi stability
71
72   if (!client.connected()) {
73     connect();
74   }
75   if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
76   {
77     WiFi.begin(ssid, pass);
78   }
79   char Kaivo[200];
80
81   nTime = millis();
82   if (nTime - nPrevTimeTask_1 > nDelayTask_1)
83   {
84     nPrevTimeTask_1 = nTime;
85
86     // Anturin esimerkkikoodista löytyy seuraava koodinpätkä mittauspulssin lähetystä varten.
87     digitalWrite(trigPin, LOW);
88     delayMicroseconds(5);
89     digitalWrite(trigPin, HIGH);
90     delayMicroseconds(20);
91     digitalWrite(trigPin, LOW);
92
93     // Pulssin eli äänen matkan kestosta voidaan laskea äänennopeutta hyödyntäen kuljettu matka eli etäisyys.
94     long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
95     long distance = (duration * 0.0345 / 2);
96     int etaisyyys = distance;
97     int rem;
98     bool varoitus = 0;
99
100    // Koska veden pinta väreilee salaojaputken tiputtaessa sinne vettä,
101    // pyöristetään etäisyyslukema lähimpään 5 senttimetriin.
102
103    rem = etaisyyys % ROUNDFACTOR;
104    if (rem < 3) {
105      etaisyyys -= rem;
106    }
107    else {
108      etaisyyys += ROUNDFACTOR - rem;
109    }
110
111    // Käytetään itseisarvoa, koska mitattava etäisyys PIENENEÄ veden määrän lisääntyessä ja
112    // kiinnostava mitattu suure on pinta, joka NOUSEE.
113
114    int korkeus = abs(etaisyyys - 80);
115    if (korkeus >= 25) { varoitus = 1; }
116    else { varoitus = 0; }
117
118    JsonDoc.clear();
119    JsonDoc["Water_Level"] = korkeus;
120    JsonDoc["Warning"] = varoitus;
121    serializeJson(JsonDoc, Kaivo);
122    client.publish("/Koti/TekninenTila", Kaivo);
123  }
124 }

```

Liite 3. Asetustiedoston koodi ESP8266-mikrokontrolleria ja ESPHomea varten

```

← ESPHome Device Builder

X esphome-web-296145.yaml

1 esphome:
2   name: esphome-web-296145
3   friendly_name: Mitsu-ILP
4   min_version: 2024.11.0
5   name_add_mac_suffix: false
6
7 esp8266:
8   board: d1_mini
9
10 uart:
11   id: HP_UART
12   baud_rate: 2400
13   tx_pin: 3
14   rx_pin: 1
15
16 # Enable Home Assistant API
17 api:
18 # Allow Over-The-Air updates
19 ota:
20   - platform: esphome
21
22 wifi:
23   ssid: !secret wifi_ssid
24   password: !secret wifi_password
25
26 external_components:
27   - source: github://echavet/MitsubishiCN105ESPHome
28     refresh: 1s
29
30 logger:
31   hardware_uart: UART1 # Uncomment on ESP8266 devices
32   level: INFO
33   logs:
34     EVT_SETS : INFO
35     WIFI : INFO
36     MQTT : INFO
37     WRITE_SETTINGS : INFO
38     SETTINGS : INFO
39     STATUS : INFO
40     CN105Climate: WARN
41     CN105: INFO
42     climate: WARN
43     sensor: WARN
44     chkSum : INFO
45     WRITE : WARN
46     READ : WARN
47     Header: INFO
48     Decoder : INFO
49     CONTROL_WANTED_SETTINGS: INFO
50
51 sensor:
52   # Uptime sensor.
53   - platform: uptime
54     name: ${name} Uptime
55   - platform: homeassistant
56     name: "Olohuoneen lämpötila"
57     id: current_temp
58     entity_id: sensor.sonoff_snbz_02d_temperature_2
59     internal: true
60     disabled_by_default: false
61     device_class: temperature
62     state_class: measurement
63     unit_of_measurement: "°C"
64     filters:
65       # Uncomment the lambda line to convert F to C on incoming temperature
66       # - lambda: return (x - 32) * (5.0/9.0);

```

```

66     - clamp: # Limits values to range accepted by Mitsubishi units
67       min_value: 1
68       max_value: 40
69       ignore_out_of_range: true
70     - throttle: 30s
71   on_value:
72     then:
73       - logger.log:
74         level: INFO
75         format: "Remote temperature received from HA: %.1f C"
76         args: [ 'x' ]
77       - lambda: 'id(hp).set_remote_temperature(x);'
78
79   climate:
80     - platform: cn105
81       id: hp
82       name: Mitsu-ILP
83       icon: mdi:heat-pump
84       visual:
85         min_temperature: 15
86         max_temperature: 31
87         temperature_step:
88           target_temperature: 0.5
89           current_temperature: 0.1
90       # Timeout and communication settings
91       remote_temperature_timeout: 130min
92       update_interval: 10s
93       debounce_delay : 150ms
94       # Various optional sensors, not all sensors are supported by all heatpumps
95       compressor_frequency_sensor:
96         name: Compressor Frequency
97         entity_category: diagnostic
98         disabled_by_default: false
99       outside_air_temperature_sensor:
100        name: Outside Air Temp
101        disabled_by_default: false
102       vertical_vane_select:
103        name: Vertical Vane
104        disabled_by_default: false
105       horizontal_vane_select:
106        name: Horizontal Vane
107        disabled_by_default: false
108       isee_sensor:
109        name: ISEE Sensor
110        disabled_by_default: false
111       stage_sensor:
112        name: Stage
113        entity_category: diagnostic
114        disabled_by_default: true
115       sub_mode_sensor:
116        name: Sub Mode
117        entity_category: diagnostic
118        disabled_by_default: false
119       auto_sub_mode_sensor:
120        name: Auto Sub Mode
121        entity_category: diagnostic
122        disabled_by_default: true
123       input_power_sensor:
124        name: Input Power
125        disabled_by_default: false
126       kwh_sensor:
127        name: Energy Usage
128        disabled_by_default: false
129       runtime_hours_sensor:
130        name: Runtime Hours
131        entity_category: diagnostic
132        disabled_by_default: false
133

```

Liite 4. Pistorasian ajastusautomaation asetustiedostot

Automations.yaml.

/homeassistant/automations.yaml

```

1 - alias: Lisää 15 minuuttia ajastimeen
2 - trigger:
3   - platform: state
4     entity_id: input_button.kylppari_lisaa_15min
5 - action:
6   - service: timer.start
7     target:
8       entity_id: timer.kylppari_timer
9     data:
10      duration: "{% set remaining = state_attr('timer.kylppari_timer', 'remaining')
11                %} {% if remaining %}\n {% set remaining_seconds = remaining.split(':')[0]
12                | int * 3600 + remaining.split(':')[1] | int * 60 + remaining.split(':')[2]
13                | int %}\n {% set new_duration = remaining_seconds + 900 %}\n {% set hours
14                = (new_duration // 3600) %}\n {% set minutes = (new_duration % 3600) // 60
15                %}\n {% set seconds = (new_duration % 3600) % 60 %}\n {{ '%02d:%02d:%02d'
16                | format(hours, minutes, seconds) }}\n{% else %}\n 00:15:00\n{% endif %}\n"
17   - service: switch.turn_on
18     target:
19       entity_id: switch.third_reality_inc_3rspe01044bz_pistorasia_kylppari
20     id: c019c28293334d9ca25b0c718a4508d9
21
22 - alias: Pistorasia pois päältä ajastimen päättyessä
23 - trigger:
24   - platform: event
25     event_type: timer.finished
26     event_data:
27       entity_id: timer.kylppari_timer
28 - action:
29   - service: switch.turn_off
30     target:
31       entity_id: switch.third_reality_inc_3rspe01044bz_pistorasia_kylppari
32     id: 582a0f15638945f3b2505d902f2ad42c
33
34 - alias: Pistorasian nollaus ja ajastimen lopetus
35 - trigger:
36   - platform: state
37     entity_id: switch.third_reality_inc_3rspe01044bz_pistorasia_kylppari
38     to: 'off'
39 - action:
40   - service: timer.finish
41     target:
42       entity_id: timer.kylppari_timer
43     id: 63f3b9bb85da446d9bcc9d616cb44bce

```

Configuration.yamll.

```

41  ....
42  timer:~
43  - kylppari_timer:~
44  - duration: "00:00:00"~
45  ~
46  input_button:~
47  - kylppari_lisaa_15min:~
48  - name: Lisää 15 minuuttia~
49  ~
50  template:~
51  - trigger:~
52  - platform: time_pattern~
53  - seconds: "/1"~
54  - sensor:~
55  - name: "Kylppäriin ajastin - jäljellä oleva aika"~
56  - state: >~
57  - {% set timer_state = states('timer.kylppari_timer') %}~
58  - {% if timer_state == 'active' %}~
59  -   {% set end_time = as_timestamp(state_attr('timer.kylppari_timer', 'finishes_at')) %}~
60  -   {% set remaining = end_time - now().timestamp() %}~
61  -   {% if remaining > 0 %}~
62  -     {% set hours = (remaining // 3600) %}~
63  -     {% set minutes = ((remaining % 3600) // 60) %}~
64  -     {% set seconds = (remaining % 60) %}~
65  -     {{ '%02d:%02d:%02d' | format(hours, minutes, seconds) }}~
66  -   {% else %}~
67  -     00:00:00~
68  -   {% endif %}~
69  -   {% elif timer_state == 'idle' %}~
70  -     00:00:00~
71  -   {% else %}~
72  -     00:00:00~
73  -   {% endif %}~

```

Liite 5. Ulkolämpötilan mukaan ohjattavan pistorasian asetustiedostot

Automations.yaml.

```

43 - alias: Pistorasia päälle eri lämpötilarajojen mukaan
44 - mode: restart
45 - trigger:
46 - - platform: time
47   ... at: 00:00
48 - action:
49 - - service: notify.persistent_notification
50   ... data:
51     ... title: Pistorasian automaatio
52     ... message: 'Automaatio käynnistyi! Keskilämpötila: {{ states('sensor.vuorokauden_keskilampotila')
53     ... }}'
54 - - choose:
55   ... - conditions:
56     ... - condition: template
57     ...   value_template: '{{ states('sensor.vuorokauden_keskilampotila') | float
58     ...   < -10 }}'
59     ... sequence:
60     ... - service: switch.turn_on
61     ...   target:
62     ...     entity_id: switch.emax_9304_smart_socket_socket_1
63     ...   - delay: 04:00:00
64     ... - service: switch.turn_off
65     ...   target:
66     ...     entity_id: switch.emax_9304_smart_socket_socket_1
67   ... - conditions:
68     ... - condition: template
69     ...   value_template: '{{ states('sensor.vuorokauden_keskilampotila') | float
70     ...   < -5 and states('sensor.vuorokauden_keskilampotila') | float >= -10 }}'
71     ... sequence:
72     ... - service: switch.turn_on
73     ...   target:
74     ...     entity_id: switch.emax_9304_smart_socket_socket_1
75     ...   - delay: 03:00:00
76     ... - service: switch.turn_off
77     ...   target:
78     ...     entity_id: switch.emax_9304_smart_socket_socket_1
79   ... - conditions:
80     ... - condition: template
81     ...   value_template: '{{ states('sensor.vuorokauden_keskilampotila') | float
82     ...   < 0 and states('sensor.vuorokauden_keskilampotila') | float >= -5 }}'
83     ... sequence:
84     ... - service: switch.turn_on
85     ...   target:
86     ...     entity_id: switch.emax_9304_smart_socket_socket_1
87     ...   - delay: 02:00:00
88     ... - service: switch.turn_off
89     ...   target:
90     ...     entity_id: switch.emax_9304_smart_socket_socket_1
91 - id: 63700d3fa0ee4c68878741e86bd41f30

```

Configuration.yaml.

```

75 - sensor:
76 - - platform: statistics
77   ... name: "Vuorokauden keskilämpötila"
78   ... entity_id: sensor.boiler_outside_temperature
79   ... state_characteristic: mean
80   ... sampling_size: 1500
81 - - max_age:
82   ... - hours: 24

```

Liite 6. Pörssisähköohjaus ilmavesilämpöpumpulle, ilmalämpöpumpulle ja käyttöveden lämmitykselle

Automations.yaml

```

107 - alias: "Pörssisähkö - Ilmavesilämpöpumppu"
108 - trigger:
109   - platform: time_pattern
110     minutes: "/15"
111   condition:
112     - condition: state
113       entity_id: input_boolean.porssisahko_ohjaus_paalla
114     - state: "on"
115     - condition: state
116       entity_id: climate.thermostat_hc1
117     - state: "heat"
118   action:
119     - delay: "00:00:30"
120     - service: climate.set_temperature
121     target:
122       entity_id: climate.thermostat_hc1
123     data:
124       temperature: >
125         - {% set price = states('sensor.shf_electricity_price_now') | float * 100 %}
126         - {% if price < 4 %}22
127         - {% elif price < 7 %}21.5
128         - {% elif price < 10 %}21
129         - {% elif price < 15 %}20.5
130         - {% elif price < 20 %}20
131         - {% elif price < 30 %}19.5
132         - {% else %}19
133         - {% endif %}
134
135 - alias: "Pörssisähkö - Ilmalämpöpumppu"
136 - trigger:
137   - platform: time_pattern
138     minutes: "/15"
139   condition:
140     - condition: state
141       entity_id: input_boolean.porssisahko_ohjaus_paalla
142     - state: "on"
143     - condition: state
144       entity_id: climate.esphome_web_296145_mitsu_ilp
145     - state: "heat"
146   action:
147     - delay: "00:00:30"
148     - service: climate.set_temperature
149     target:
150       entity_id: climate.esphome_web_296145_mitsu_ilp
151     data:
152       temperature: >
153         - {% set price = states('sensor.shf_electricity_price_now') | float * 100 %}
154         - {% if price < 10 %}21.5
155         - {% elif price < 20 %}21
156         - {% elif price < 30 %}20.5
157         - {% else %}20
158         - {% endif %}

```

```

160 .....
161 - alias: "Pörssisähkö - Käyttövesi"
162 - trigger:
163   - platform: time_pattern
164     minutes: "/15"
165   condition:
166     - condition: state
167       entity_id: input_boolean.porssisahko_ohjaus_paalla
168       state: "on"
169   action:
170     - delay: "00:00:30"
171     - service: select.select_option
172       target:
173         entity_id: select.thermostat_dhw_operating_mode
174       data:
175         option: >
176           {% set price = states('sensor.shf_electricity_price_now') | float * 100 %}
177           {% if price < 7 %}comfort{% else %}normal{% endif %}
178 .....
179 - alias: "Pörssisähkö - Fallback-asetukset"
180 - trigger:
181   - platform: time_pattern
182     minutes: "/15"
183   condition:
184     - condition: state
185       entity_id: input_boolean.porssisahko_ohjaus_paalla
186       state: "on"
187     - condition: template
188       value_template: >
189         {{ states('sensor.shf_electricity_price_now') in ['unknown', 'unavailable', 'none'] }}
190   action:
191     - service: climate.set_temperature
192       target:
193         entity_id:
194           - climate.thermostat_hc1
195           - climate.esphome_web_296145_mitsu_ilp
196       data:
197         temperature: 20
198     - service: select.select_option
199       target:
200         entity_id: select.thermostat_dhw_operating_mode
201       data:
202         option: normal
203

```

Configuration.yaml.

```

98 - homeassistant:
99   - packages:
100     - pack_1: !include spot-price.yaml
101
102 - input_boolean:
103   - porssisahko_ohjaus_paalla:
104     name: Pörssisähköohjaus päällä
105     initial: true
106     icon: mdi:transmission-tower

```