



Etäohjauksen rakentaminen ja konfigurointi poistoilmalämpöpump- puun

Jesse Liljelund

2022 Laurea



Laurea-ammattikorkeakoulu

Etäohjauksen rakentaminen ja konfigurointi poistoilma- lämpöpumppuun

Jesse Liljelund
Tietojenkäsittely
Opinnäytetyö
Marraskuu 2022

Jesse Liljelund

Etäohjauksen rakentaminen ja konfigurointi poistoilmalämpöpumppuun

Vuosi

2022

Sivumäärä

26

Opinnäytetyössä pyrittiin luomaan selainpohjaiselta käyttöliittymältä toimiva järjestelmä, jonka avulla voidaan tarkkailla ja ohjata etäältä poistoilmalämpöpumpun tilaa ja asetusarvoja nykyisen paikallisen ohjauspaneelin sijaan.

Järjestelmän alustaksi valikoitui Raspberry Pi-mikrotietokone, johon asennettiin kotiautomaatiota varten kehitetty käyttöjärjestelmä openHABian. Raspberry Pi liitettiin poistoilmalämpöpumpun Modbus RTU-rajapintaan ja langattomaan lähiverkkoon.

Lopputuloksena syntyi Raspberry Pi-mikrotietokoneella pyörivä järjestelmä, jonka avulla saadaan ohjattua poistoilmalämpöpumpun toimintoja sekä tarkkailemaan poistoilmalämpöpumpun tilaa ja asetusarvoja web-käyttöliittymältä. Työn lopussa pohdittiin järjestelmän parannuksia ja jatkokehitys mahdollisuuksia.

Laurea University of Applied Sciences

Abstract

Degree Programme in Business Information Technology

Bachelor's Degree

Jesse Liljelund

Remote Control Installation and Configurations for Exhaust Air Heat Pump

Year

2022

Pages

26

The purpose of this Bachelor's thesis was to install and configure a remote control system for an exhaust air heat pump that can be used from web user interface to monitor and modify heat pumps settings instead of local user panel.

Raspberry Pi microcomputer was selected as a platform for the remote control system and home automation operating system called openHABian was installed on it. Raspberry Pi-microcomputer was attached to heat pumps Modbus RTU interface and local wireless network.

The thesis resulted in a remote control system for heat pump running on Raspberry Pi microcomputer. The remote control system can be used to monitor and modify heat pumps settings through web user interface. At the end of this thesis improvements and further development were considered.

Keywords: Exhaust Air Heat Pump, Remote Control, openHAB

Sisällys

1	Johdanto.....	8
2	Keskeiset käsitteet	8
3	Työn lähtökohdat.....	9
3.1	Tutkimus- /kehittämiskohteen kuvaus ja kehittämistavoitteet	9
3.2	Kehittämistavoitteet.....	11
3.3	Aihealueen rajaus	11
4	Ilmanvaihto.....	11
4.1	Koneellinen ilmanvaihto	11
4.2	Poistoilmalämpöpumppu	12
5	Kehittämismenetelmät	13
6	Laitteisto	14
6.1	Raspberry Pi-mikrotietokone	14
6.2	MicroSD-muistikortti	15
6.3	Modbus RS485-USB adapteri	16
6.4	Linux-käyttöjärjestelmä.....	17
6.5	Verkkoyhteydet.....	17
7	Käyttöjärjestelmän asennus ja konfigurointi	18
8	Yhteenveto, johtopäätökset ja pohdinta	24
	Lähteet.....	25
	Kuviot	26

1 Johdanto

Pienet mikrotietokoneet ja elektroniset komponentit ovat halventuneet ja internetistä on saatavilla valtava määrä tietoa, avointa lähdekoodia ja valmiita ohjelmistokirjastoja. Pienellä opiskelulla ja teknisellä ymmärryksellä kenellä tahansa on mahdollisuus toteuttaa sulautettuja järjestelmiä. Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa poistoilmalämpöpumpun ohjaukseen ja monitorointiin tarkoitettu järjestelmä, jota voidaan ohjata web -käyttöliittymältä.

Opinnäytetyö toteutettiin käyttämällä alustana Raspberry Pi-mikrotietokonetta, johon asennetaan kotiautomaatioon tarkoitettu openHABianin-käyttöjärjestelmä. Järjestelmä liitetään poistoilmalämpöpumpun Modbus-rajapintaan adapterin avulla.

Järjestelmä mahdollistaa poistoilmalämpöpumpun monitoroinnin ja ohjaamisen etäältä. Lopuksi pohditaan järjestelmän jatkokehitysmahdollisuuksia.

2 Keskeiset käsitteet

Hostname	Tietokoneverkkoon liitetyn laitteen tunnistamiseen käytetty nimi.
Github	Web-pohjainen palvelu avoimen lähdekoodin projektien säilyttämiseen ja levittämiseen, joka tarjoaa myös versiohallinnan.
Grafana	Monikäyttöinen analytiikka- ja visualisointiverkkosovellus.
GPIO	General-purpose input/output. Mikropiireissä käytetty signaalin lähettämiseen tai vastaanottamiseen tarkoitettu portti.
IP-osoite	Internet Protocol-osoite. Yksilöivä osoite, jonka perusteella tunnistetaan laite internetissä tai paikallisessa verkossa.
MicroSD	SD eli Secure Digital-muistikorttiperheen pienikokoisin korttityyppi, jota käytetään erityisesti kannettavissa laitteissa.
Modbus	Tiedonsiirtoprotokolla.
Modbus RTU	Modbus-protokollan sarjaliikenneversio.
Nilan	Tanskalainen lämpöpumppu valmistaja.
openHAB	Open Home Automation Bus. Java-pohjainen kotiautomaatio ohjelmisto.

openHABian	Linux-pohjainen kotiautomaatioon suunniteltu käyttöjärjestelmä.
RRD4J	Java-ohjelmointikielellä toteutettu RRD-tietokanta.
RS485	Sarjaliikenneväylä.
SSID	Service set identifier. Langattoman lähiverkon verkkotunnus.
URL-osoite	Uniform Resource Locator. Verkkosivun tai tiedoston osoite internetissä.
WinSCP	Graafisella käyttöliittymällä varustettu SFTP-asiakasohjelma, joka mahdollistaa turvallisen tiedostojen siirron tietokoneiden välillä.

3 Työn lähtökohdat

Ilmanvaihtolaitteiden paikallisten ohjauspaneelien näytöt ovat tyypillisesti pienikokoisia, ja niistä saatava informaatio on hankalasti luettavissa. Navigointi ohjauspaneelissa tapahtuu yleensä fyysisten painikkeiden avulla puurakenteisessa valikossa.

Selaimelta käytettävän graafisen käyttöliittymän kautta poistoilmalämpöpumpusta saadaan enemmän informaatiota, sekä sitä kautta voidaan säätää ja tarkastella poistoilmalämpöpumpun toimintaa ja asetusarvoja. Selaimelta käytettävä käyttöliittymä mahdollistaa myös poistoilmalämpöpumpun ohjaamisen etäältä.

Opinnäytetyössä toteutetaan selainpohjaiselta käyttöliittymältä toimiva järjestelmä, jolla voidaan ohjata poistoilmalämpöpumppua ja tarkastella sen asetusarvoja. Nykytilassa poistoilmalämpöpumppua ohjataan paikallisesta ohjauspaneelistä.

3.1 Tutkimus- /kehittämiskohteen kuvaus ja kehittämistavoitteet

Kehittämiskohteenä on Uudellamaalla sijaitseva 2019 valmistunut puurakenteinen omakotitalo, jonka lämmönlähteenä toimii poistoilmalämpöpumppu ja jossa on vesikiertoinen lattialämmitys.

Lämmönlähteenä kohteessa on Nilan EC9 poistoilmalämpöpumppu



Kuvio 1: Nilan EC9 (Taloon 2022)

Nilan EC9 on energiatehokas poistoilmalämpöpumppu. Poistoilmalämpöpumppu kytketään asunnon lämmönjakojärjestelmään (esim. lattialämmitys). Lämpöpumpulla toimiva viilennys tuottaa kesällä noin 6-8 astetta ulkoilmaa viileämpää tuloilmaa asuntoon. Viilennyksestä saatava lämpöenergia käytetään käyttöveden sekä tuloilman lämmitykseen. Laitteessa on myös 180 litran lämminvesivaraaja. CTS 602 ohjausjärjestelmä mahdollistaa etäohjauksen ja liitännät taloautomaatioon (Nilan 2022).

Poistoilmalämpöpumppua ohjataan CTS 602 -ohjausyksikön avulla



Kuvio 2: CTS 602 -ohjausyksikkö (Nilan 2022)

Ohjauspaneelissa on kaksirivinen matriisinäyttö, jonka kummallekin riville mahtuu kahdeksan merkkiä. Ylärivillä sijaitsee toiminnon tai asetuksen kuvaus. Alarivillä sijaitsee toiminnon tai

asetuksen asetusarvot. Ohjauspaneelin puurakenteista valikkoa ohjataan fyysisillä painikkeilla. (Nilan 2022).

Kohteessa poistoilmalämpöpumppu on sijoitettu erilliseen tilaan ja ohjauspaneeli on tuotu käytettävyyden parantamiseksi asuintilan seinälle. Kaksirivisen matriisinäytön ja puumaisen valikon takia käytettävyys kuitenkin on huono ja sitä pyritään parantamaan opinnäytetyössä toteutettavan järjestelmän avulla.

3.2 Kehittämistavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa järjestelmä, jonka avulla poistoilmalämpöpumpun säätäminen ja monitorointi onnistuu selainpohjaiselta käyttöliittymältä paikallisen ohjauspaneelin sijaan. Selainpohjaista käyttöliittymää voidaan käyttää mobiililaitteella tai tietokoneella langattomassa lähiverkossa.

3.3 Aihealueen rajaus

Aihealue rajataan poistoilmalämpöpumpun etäohjaukseen ja monitorointiin. Jatkokehitysmahdollisuuksia pohditaan työn edetessä.

4 Ilmanvaihto

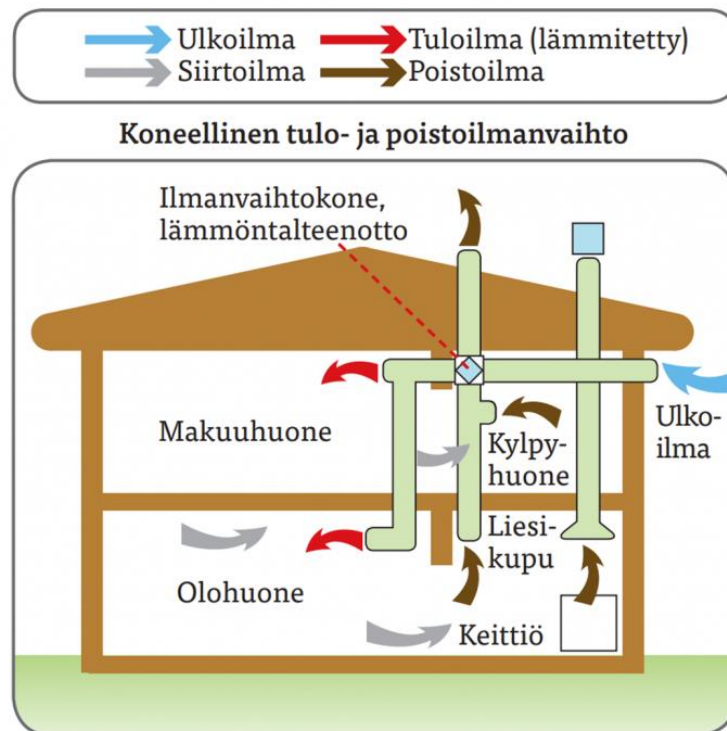
4.1 Koneellinen ilmanvaihto

Lähes kaikki uudet asunnot ja omakotitalot varustetaan nykyään koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilma puhalletaan sisään ja poistetaan ilmanvaihtokoneen kautta.

Järjestelmän eduksi katsotaan tarkka säädettävyys ja tasainen ja jatkuva ilmanvaihtuvuus. Tuloilma voidaan lämmittää ennen sisään puhallusta. Poistoilmasta kerättyä lämpöenergiaa käytetään sisään puhallettavan ilman lämmittämiseen eli ilmanvaihtokone on myös energiatehokas.

Sisään tulevan ilman suodatus on tärkeää etenkin allergisen ja hengityssairaana kannalta ja suodattimien avulla voidaankin tehokkaasti estää katu- ja siitepölyjen sisäänpääsyä.

Nykyisissä tiiviissä rakennuksissa hallittu ja riittävä ilmanvaihto saadaan koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon avulla. Ilmansiirtyminen huoneesta toiseen tulee varmistaa siirtoilmareitien kautta.

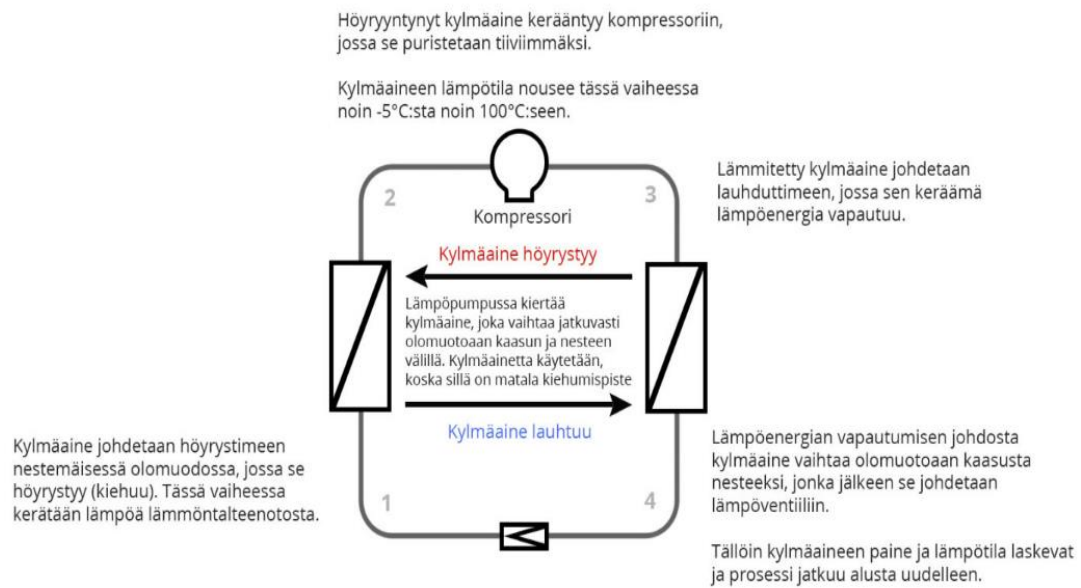


Kuvio 3: Koneellinen ilmanvaihto (Hengityslitto 2022)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä suodatettu ulkoilma puhalletaan ilmanvaihtokoneen avulla tuloilmakanavia pitkin oleskelutiloihin tuloilmaventtiilien kautta. Ilma poistetaan koneellisesti likaisten tilojen poistoilmaventtiilien kautta. Tuloilmaa lämmitetään poistoilmasta talteen otetulla lämmöllä (Hengityslitto 2022).

4.2 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu ottaa lämpöenergiansa talteen talosta poistettavasta ilmasta. Pumppu siirtää lämpöenergian lämpimään käyttöveeseen, tuloilmaan tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Tämä säästää energiaa, kun normaalisti hukkaan menevä lämpö saadaan hyödynnettyä asunnon lämmitykseen. Uudistalot vaativat vähemmän tehoa lämmitysjärjestelmältä, sillä niiden eristysvaippa pitää lämmön tehokkaasti talon sisällä. Poistoilmalämpöpumppu riittääkin suurimman osan vuodesta asunnon lämmittämiseen. Poistoilmalämpöpumpussa on lisäksi sähkövastukset lämmitystehon lisäämiseksi.



Kuvio 4: Poistoilmalämpöpumpun toiminta (Nilan 2022)

Poistoilmalämpöpumppu koostuu yksinkertaistetusti höyrystimestä sekä lauhduttimesta ja sen toimintaperiaate on samanlainen kuin jääkaapissakin. Höyrystin kerää lämpöenergian poistoilmasta talteen ja lauhdutin siirtää sen joko ulkoa tuotavaan tuloilmaan tai varaajan käyttöveeseen.

Poistoilmalämpöpumpun tehokkuutta kuvataan hyötysuhteella eli COP-luvulla. Luku kertoo kuinka monta kilowattia laite antaa lämpöä takaisin käytettyjä kilowatteja kohden. Esimerkiksi COP 4 kertoo, että yhdellä kilowatilla saadaan tuotettua neljä kilowattia lämpöenergiaa. Poistoilmalämpöpumppu tuottaa lämpöä vuodenajasta ja ulkoilman lämpötilasta riippumatta vakioteholla, koska lämmönlähteenä on aina talon noin 21°C -asteinen sisäilma. Ilmanvaihtolaitteen tavoin poistoilmalämpöpumppu poistaa ilmaa myös talon kosteista tiloista (Nilan 2022).

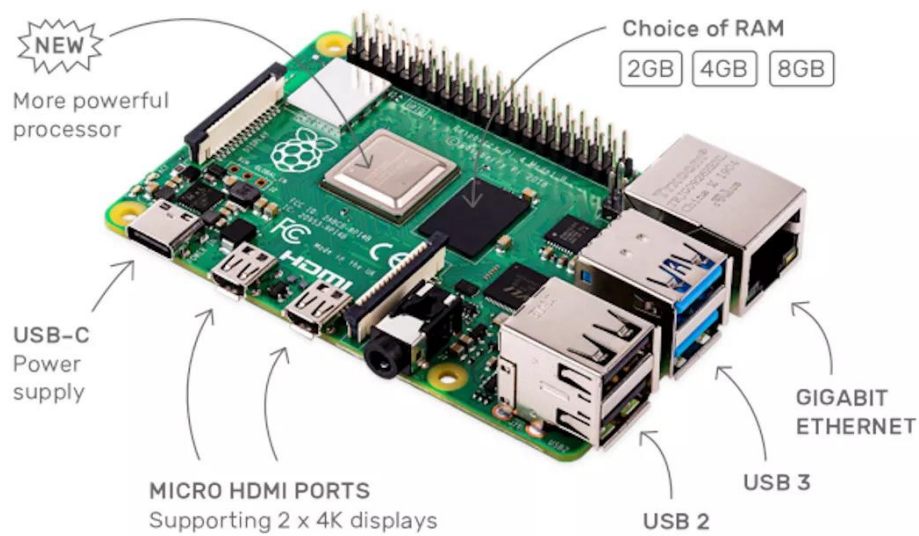
5 Kehittämismenetelmät

Opinnäytetyö toteutetaan kehittämistyönä. Toteutus tapahtuu asentamalla Raspberry Pi-mikrotietokoneeseen Java-pohjaiseen kehitysohjelmistoon perustuva, kotiautomaatioon tarkoitettu Linux-pohjainen käyttöjärjestelmä openHABian ja liittämällä se poistoilmalämpöpumpun piirikorttiin Modbus RS485-USB adapterin ja parikaapelin avulla. Etäohjaus tapahtuu selaimelta käytettävän käyttöliittymän avulla.

6 Laitteisto

6.1 Raspberry Pi-mikrotietokone

Raspberry Pi on luottokortin kokoinen Linux-käyttöjärjestelmälle rakennettu mikrotietokone. Se sisältää lähes kaikki samat komponentit kuin tavallinenkin tietokone kuten prosessorin, muistin ja erilliset liitännät lisälaitteiden kuten näytön, hiiren ja näppäimistön liittämiseksi. Näiden tunnettujen komponenttien lisäksi se sisältää myös GPIO-liitännän, jonka avulla siihen voidaan liittää erilaisia elektronisia komponentteja kuten ledejä ja antureita, joita ohjataan koodin avulla. Raspberry Pi ei sisällä kovalevyä, jonka vuoksi käyttöjärjestelmä asennetaan MicroSD-muistikortille, joka asennetaan Raspberry Pi:hin (Saville 2020).



Kuvio 5: Raspberry Pi 4 (Lifewire 2022)

Raspberry Pi-mikrotietokone oli alun perin suunniteltu ohjelmoinnin opetteluun. Linux-käyttöjärjestelmän ja monipuolisten liitännöjen takia käyttömahdollisuudet ovat kuitenkin laajat, jonka vuoksi sitä käytetään nykyään hyvin monipuolisesti.

Työssä käytettäväksi alustaksi valikoitui Raspberry Pi-mikrotietokone laajan ohjelmistotuen, Linux-käyttöjärjestelmän ja saatavuutensa vuoksi. Raspberry Pi:n malleista käyttöön valikoitui Raspberry Pi 3 Model B+, koska se löytyi jo itseltä ja täytti käyttöjärjestelmän ja kaikkien työssä käytettävien komponenttien asettamat vaatimukset. Alla olevassa taulukossa on esitelty kyseisen mallin ja hieman uudemman mallin keskeisiä ominaisuuksia.

	Raspberry Pi 3 Model B+	Raspberry Pi 4
Järjestelmäpiiri	Broadcom BCM2837B0	Broadcom BCM2711
Muisti (RAM)	1GB LPDDR2 SDRAM	2GB, 4GB tai 8GB LPDDR4-3200 SDRAM
Massamuisti	MicroSD muistikortti	MicroSD muistikortti
GPU	Broadcom Videocore-IV	Broadcom Videocore-VI
Bluetooth	Bluetooth 4.2, Bluetooth Low Energy (BLE)	Bluetooth 5.0, Bluetooth Low Energy (BLE)
Verkkoyhteydet	Gigabit Ethernet (via USB 2.0), 2.4GHz ja 5GHz 802.11b/g/n/ac WiFi	Gigabit Ethernet, 2.4 GHz ja 5 GHz 802.11b/g/n/ac WiFi
GPIO-liitäntä	40-pinninen GPIO -liitin	40 pinninen GPIO-liitin
USB-portit	4 kpl USB 2.0 -porttia	2kpl USB 3.0 -porttia, 2 kpl USB 2.0 -porttia
Muut liitännät	HDMI, 3.5mm audio, Kamerarajapinta (CSI), Näyttörajapinta (DSI)	2×micro-HDMI 2.0, 3.5mm audio, Kamerarajapinta (CSI), Näyttörajapinta (DSI)
Virrankulutus	350 mA (1,9W)	540 mA (2.7 W)
Mitat	82mm x 56mm x 19.5mm, 50g	88 mm x 58 mm x 19.5 mm, 46 g
Virtalähde	5V/2,4A Micro USB, POE (PoE HAT -adapterilla)	5V/3A USB C, POE (PoE HAT -adapterilla)

Taulukko 1: Raspberry Pi mallivertailu.

6.2 MicroSD-muistikortti



Kuvio 6: MicroSD-muistikortti (Muistikauppa 2022)

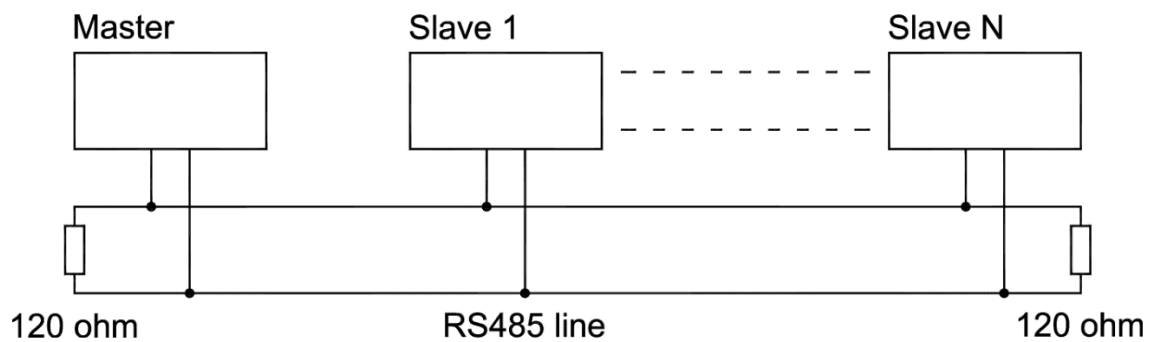
Raspberry Pi ei tavallisen tietokoneen tavoin sisällä kovalevyä vaan se käyttää apumuistilaitteena MicroSD-muistikorttia. Muistikortin suorituskyky on tavalliseen kovalevyyn verrattuna huomattavasti heikompi ja siksi muistikortin valinnassa täytyy kiinnittää huomiota kirjoitusnopeuteen ja tallennustilan kokoon. Työssä käytettiin 32Gt Kingston Micro SDHC-muistikorttia, jonka kirjoitusnopeus on 85MB/s ja lukunopeus 100 MB/s. Kovalevyyn verrattuna muistikortti vie vähän virtaa, on äänetön ja pienikokoinen.

6.3 Modbus RS485-USB adapteri

Modbus on sarjaliikenne protokolla, jonka kehitti Modicon, nykyisin Schneider Electric:iin kuuluva yhtiö vuonna 1979. Sitä käytetään client-server tai master-slave yhteyksien muodostamiseen älykkäiden laitteiden välillä. Se on standardi, avoin ja laajalti levinnyt protokolla, jota käytetään kiinteistöautomaatiossa paljon (Modbus FAQ 2022).

Modbus protokolla voidaan jakaa kolmeen eri päätyyppiin, Modbus ASCII, Modbus RTU ja Modbus TCP/IP. ASCII versiossa käytetään siirtotienä RS232 tai RS485-sarjaliikenneväylää, RTU-versiossa RS485-sarjaliikenneväylää ja TCP/IP-versiossa TCP/IP-verkkoa.

Modbus RTU-väylä koostuu Modbus-laitteista, joilla jokaisella on oma yksilöllinen osoite. Modbus-väylässä on master- ja slave-laitteita. Master lähettää kyselyjä slave-laitteille ja slave-laitteet vastaavat kyselyyn (WAGO 2019; Omiccioli 2017).



Kuvio 7: Modbus RTU, RS485-väylän periaattellinen rakenne (Omiccioli 2017)

Nilan EC9 poistoilmalämpöpumpun piirikortissa on Modbus RTU-rajapinta, johon liitettiin parikaapelilla QinHeng Electronicsin HL-340 USB 2.0 / RS-485 adapteri. Adapterin avulla saadaan RS485-sarjaliikenneväylää pitkin lähetettyä ja vastaanotettua dataa Raspberry Pi:n ja poistoilmalämpöpumpun välillä sekä lähetettyä poistoilmalämpöpumpulle komentoja.



Kuvio 8: Modbus-USB adapteri

6.4 Linux-käyttöjärjestelmä

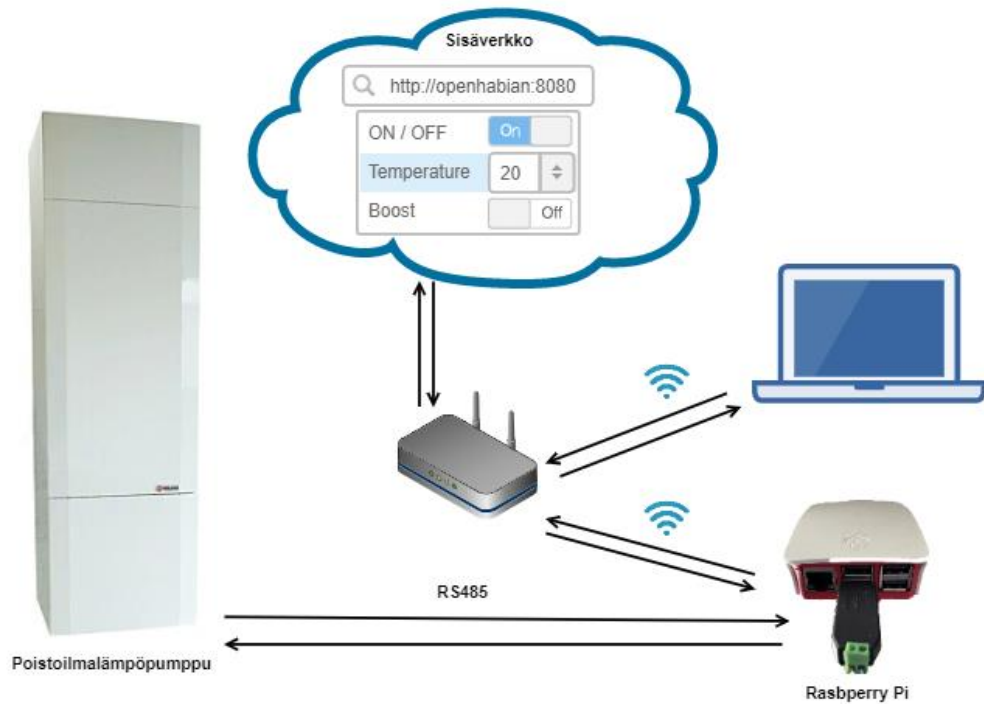
Linux on käyttöjärjestelmäydin, jonka kehitti Linus Torvalds vuonna 1991 opiskellessaan Helsingin Yliopistossa. Se on tunnetuin sekä käytetyin avoimen lähdekoodin käyttöjärjestelmä. Linuxia jaellaan erilaisina jakelupaketteina, jotka sisältävät yleensä eri käyttötarkoituksiin tuotteistettuja ohjelmistokokonaisuuksia. Yleensä jakelupaketit sisältävät myös graafisen ympäristön, mutta Linux-käyttöjärjestelmää on saatavilla myös headless-käyttöjärjestelmänä, jolloin graafinen ympäristö on jätetty kokonaan pois. Tällaisia jakelupaketteja käytetään yleisesti palvelinympäristöissä (Opensource 2022).

Linux soveltuu hyvin palvelinjärjestelmiin vakautensa puolesta. Se on kevyt, täysin muokattavissa oleva käyttöjärjestelmä, jonka konfiguroitavuus ja tietoturva ovat hyvällä tasolla. Linux perustuu avoimeen lähdekoodiin, joten valmiita ratkaisuja on myös paljon saatavilla.

Opinnäytetyön käyttöjärjestelmäksi valikoitui openHABian. OpenHABian on ilmainen, Java-pohjaisen, erityisesti kotiautomaatioon suunnitellun kehysohjelmiston openHAB:in sisältävä, itsensä konfiguroiva Linux-käyttöjärjestelmä. Se on yhteensopiva kaikkien opinnäytetyössä vaadittavien komponenttien kanssa ja se on hallittavissa etäältä. OpenHABian on vakaa, kotiautomaatiota varten kehitetty palvelin käyttöjärjestelmä, joka asentuu valmiiden skriptien avulla käyttökuntoon vajaan tunnin kuluessa.

6.5 Verkkoyhteydet

Raspberry Pi on kytketty salasanalla suojattuun langattomaan lähiverkkoon ja ohjaus tapahtuu sisäverkossa. Langattoman lähiverkon SSID ja salasana asetetaan openHABianin asennustiedostoon, jolloin Raspberry Pi muodostaa yhteyden langattomaan lähiverkkoon käynnistyessään. Yhteys otetaan selaimen kautta openHABianin asennustiedostossa määritettyyn hostnameen tai Raspberry Pi:n IP-osoitteeseen.

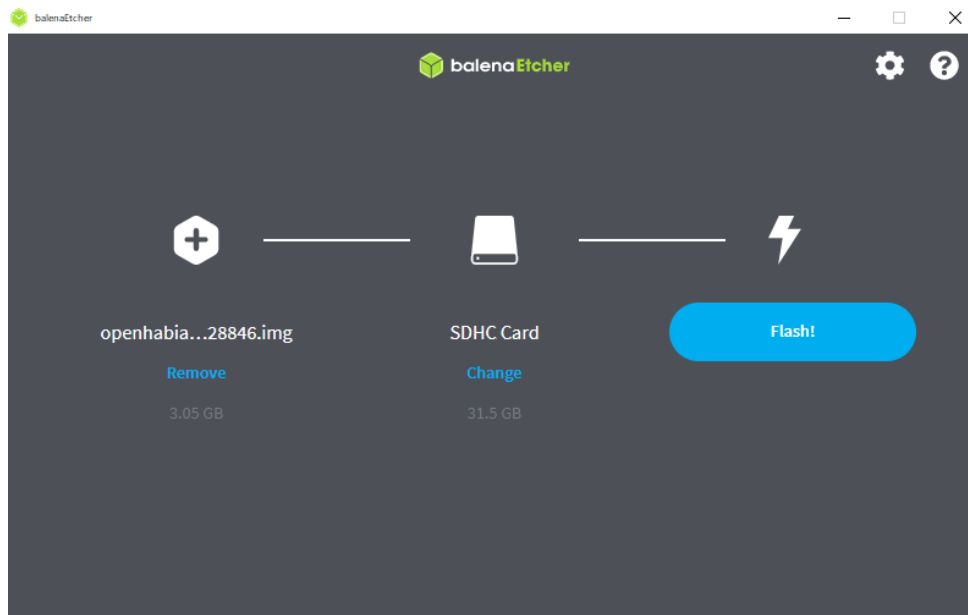


Kuvio 9: Verkko- ja tietoliikenneyhteydet

7 Käyttöjärjestelmän asennus ja konfigurointi

Raspberry Pi:ssä ei ole valmiina käyttöjärjestelmää, joten se täytyy asentaa. Opinnäytetyötä varten asennetaan openHABian käyttöjärjestelmä.

Muistikortin alustusta ja käyttöjärjestelmän asennusta varten tarvitaan tietokone ja SD-kortinlukija. Ensinnäkin ladataan openHABian-käyttöjärjestelmän viimeisin versio, joka saadaan <https://www.openhab.org/download/> -sivustolta. Tämän jälkeen käyttöjärjestelmän image-tiedosto asennetaan muistikortille balenaEtcher-ohjelman avulla.



Kuvio 10: Käyttöjärjestelmän asennus muistikortille

MicroSD-kortti liitetään adapteriin ja kytketään tietokoneen kortinlukijaan. Avataan balenaEtcher-ohjelma, valitaan käyttöjärjestelmän image-tiedosto ja muistikorttia vastaava levytunnus. Painetaan ”Flash”-nappulaa, jolloin ohjelma kirjottaa imagen muistikortille.

Käyttöjärjestelmän asennuksen jälkeen openHABian:in asennustiedostoon openhabian.conf asetetaan käyttäjätunnus, salasana sekä langattoman lähiverkon SSID ja salasana.

```
# Origin: openhabian.pi-raspis64.conf
#
# Modify your openHABian settings
# Handle with care, only touch if you need to!
# This file will only be used on unattended initial install.
# If you want to change anything after unattended install completed, use menu in openhabian-config.

# ATTENTION: to disable an option a line MUST be of the format '# option=value'
# KEEP THE SPACE IT IS IMPORTANT !!

# Hostname to set this one to
hostname=openhabian
# if it exists, the default user (with its working environment) will be renamed to this username given here ...
username=openhabian
# ... and given this password. The password will be removed from this file after completion for security reasons
userpw="openhabian"
# set this to download a SSH key and authorize the owner to login as the admin user
adminkeyurl=""

# Language and timezone. See Debian documentation for valid values.
timezone=Europe/Berlin
locales="en_US.UTF-8 de_DE.UTF-8"
system_default_locale="en_US.UTF-8"

# WiFi settings. An ethernet connection is recommended.
# If you have a RPi4, RPi3, RPi0W or a supported external WiFi dongle, the WiFi
# interface can be setup and used for the initial installation.
# Fill in your SSID and password below, leave empty or put comment in front to
# have your WiFi remain unchanged/uninitialized. Make sure your Ethernet works.
# ATTENTION: you need to escape these special characters: $, ', ", \, (newline)
# 'Escaping' means to put an additional \ in front of that character
wifi_ssid=""
wifi_password=""

# Wi-Fi setting. Select a two-letter country code suitable for your location
# E.g. US (default), DE, AU, NZ...
# You may infringe on local legislature otherwise
# See https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-1_alpha-2 or /usr/share/zoneinfo/zone.tab
wifi_country=""
```

Kuvio 11: OpenHABian asennustiedosto

Kun käyttöjärjestelmä on asennettu MicroSD-muistikortille ja vaadittavat konfiguraatiot tehty asennustiedostoon, asetetaan muistikortti Raspberry Pi:hin, kytketään parikaapeli poistoilmalämpöpumpun piirikortin ja Modbus-USB adapterin välille, liitetään adapteri ja virtalähde Raspberry Pi:hin ja Raspberry Pi verkkovirtaan.



Kuvio 12: Raspberry Pi ja Modbus-USB adapteri



Kuvio 13: Parikaapelin liittäminen poistoilmalämpöpumpun piirikorttiin

Raspberry Pi käynnistyy ja openHABian asentuu käyttökuntoon vajaassa tunnissa valmiiden skriptien avulla. Asennusta voi seurata selaimen kautta log viewer ohjelman avulla, kun Raspberry Pi saa verkkoyhteyden muodostettua langattomaan lähiverkkoon.



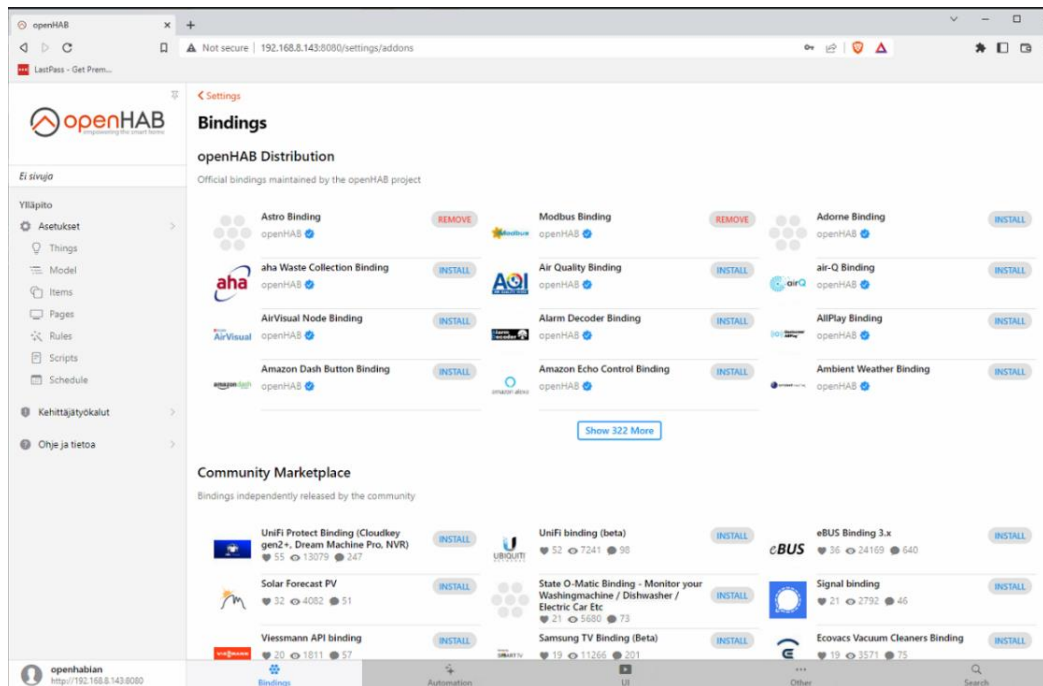
Kuvio 14: Käyttäjärjestelmän asennuksen seurasta lokeilta

Kun käyttäjärjestelmä on asennettu, voidaan kirjautua openHAB:in käyttöliittymälle ottamalla selaimelle yhteys asennustiedostossa määritettyyn hostnameen ja oletusporttiin 8080 (<http://openhabin:8080>) tai Raspberry Pi:n IP-osoitteeseen ja oletusporttiin 8080. Kirjautuessa käyttöliittymälle ensimmäistä kertaa luodaan admin tunnukset, asetaan käytettävä kieli, alue ja aikavyöke.



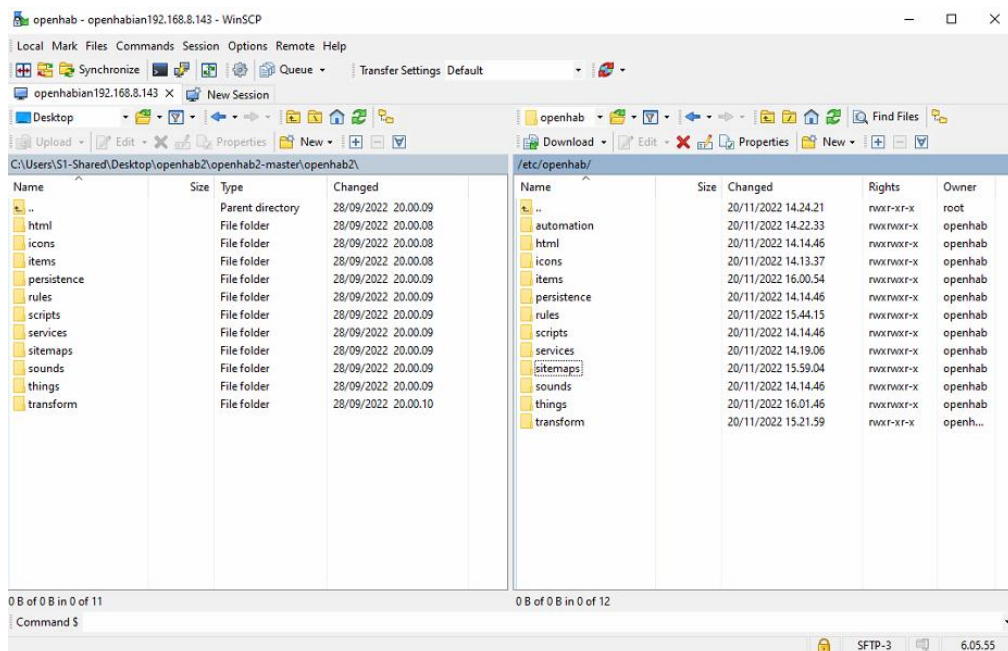
Kuvio 15: OpenHAB käyttöliittymä

Käyttöliittymän kautta asennetaan työssä tarvittavat lisäosat Modbus Binding ja rrd4j persistence, jotka mahdollistavat eri laitteiden kytkennän osaksi järjestelmää ja data-arvojen säilömistä.



Kuvio 16: Lisäosien asennus käyttöliittymältä

Poistoilmalämpöpumpun ohjaukseen vaadittavat ohjelmapaketit haetaan <https://github.com/starze/openhab2/> -osoitteesta. Ohjelmapaketit viedään Raspberry Pi:lle WinSCP-ohjelman avulla. Ohjelmapaketit viedään openHAB:in asennushakemiston juureen/etc/openhab/



Kuvio 17: Ohjelmapakettien vieni WinSCP:llä

Käyttöliittymä muodostuu sitemap-tiedostosta. Sitemap tiedostoa muokkaamalla saadaan käyttöliittymästä halutunlainen.

```
sitemap nilan label "Nilan" {
  frame label="Settings" {
    switch (Item:Milan_Control_RunSet
    selection (Item:Milan_Control_ModeSet mappings:[0="Off", 1="Heat", 2="Cool", 3="Auto", 4="Service"]
    switch (Item:Milan_Control_VentSet mappings:[0="0", 1="1", 2="2", 3="3", 4="4"]
    setpoint (Item:Milan_Control_TempSet minValue=0 maxValue=30 steps=1
    text (Item:Milan_Control_Sec1State
    selection (Item:Milan_AirQual_RH_Ventto label="Ventilation speed, if humidity is too low (Winter)" mappings:[0="Off", 1="1", 2="2", 3="3", 4="4"]
    selection (Item:Milan_AirQual_RH_VentH label="Ventilation speed, if humidity is too high" mappings:[0="Off", 1="1", 2="2", 3="3", 4="4"]
    setpoint (Item:Milan_AirQual_RH_LimLo label="Low humidity limit" minValue=0 maxValue=100 steps=5
    selection (Item:Milan_AirQual_RH_LimHi label="Ventilation time, when humidity is too high [M min.]" minValue=0 maxValue=3000 steps=1
    selection (Item:Milan_AirFlow_AirExchMode label="Air exchange mode (mode)" mappings:[0="Energy", 1="Comfort", 2="Comfortwater"] //only suitable when having a heater.
    selection (Item:Milan_AirFlow_CoolVent label="Ventilation speed for cooling" mappings:[0="Off", 1="1", 2="2", 3="3", 4="4"]
  }

  frame label="Extra ventilation" {
    selection (Item:Milan_Program_UserFuncAct label="Activate User Function" mappings:[0="Inactive", 1="Active"] icon="Fire"
    selection (Item:Milan_Program_UserFuncSet label="User Function" mappings:[0="None", 1="Fan", 2="Inlet", 3="Exhaust", 4="External heater offset", 5="Ventilate"]
    setpoint (Item:Milan_Program_UserTimeSet label="Ventilation time [M min.]" minValue=0 maxValue=3000 steps=1
    selection (Item:Milan_Program_UserVentSet label="Ventilation speed" mappings:[0="Off", 1="1", 2="2", 3="3", 4="4"]
    setpoint (Item:Milan_Program_UserTempSet label="Set temperature" minValue=0 maxValue=30 steps=1 visibility:[Milan_Program_UserFuncSet=1]
    setpoint (Item:Milan_Program_UserOffSet label="Temperature Offset" minValue=0 maxValue=1000 steps=1 visibility:[Milan_Program_UserFuncSet=4]
  }

  frame label="Temperature & Sensors" {
    text (Item:Milan_Input_RH
    text (Item:Milan_AirTemp_IsSummer
    text (Item:Milan_Input_T0_Controller
    text (Item:Milan_Input_T2_Inlet // If No heating feature, inlet temperature reports from T7
    // text (Item:Milan_Input_T3_Exhaust
    text (Item:Milan_Input_T7_Inlet
    text (Item:Milan_Input_T8_Outdoor
    text (Item:Milan_Input_T9_Heater // Requires a heater
    text (Item:Milan_Input_T10_Extm // Requires external room thermostat
    text (Item:Milan_Input_T15_Room
    text (Item:Milan_AirTemp_TempInletSet
    text (Item:Milan_AirTemp_TempControl
    text (Item:Milan_AirTemp_TempRoom
    text (Item:Milan_AirTemp_EFFPct
  }

  frame label="Air temperature settings" {
    selection (Item:Milan_AirTemp_CoolSet label="Cooling set temperature" mappings:[0="Off (No cooling allowed)", 1="Set + 0 °C (user setpoint plus 0 degrees)", 2="Set + 1 °C",
    setpoint (Item:Milan_AirTemp_TempInSum label="Min Temperature (Summer)" minValue=0 maxValue=40 steps=1
    setpoint (Item:Milan_AirTemp_TempInMin label="Min Temperature (Winter)" minValue=0 maxValue=40 steps=1
    setpoint (Item:Milan_AirTemp_TempMax label="Max Temperature (Summer)" minValue=0 maxValue=40 steps=1
    setpoint (Item:Milan_AirTemp_TempMaxMin label="Max Temperature (Winter)" minValue=0 maxValue=40 steps=1
    setpoint (Item:Milan_AirTemp_TempSummer label="Limit Summer / Winter" minValue=0 maxValue=40 steps=1
  }
}
```

Kuvio 18: Sitemap tiedoston muokkaus

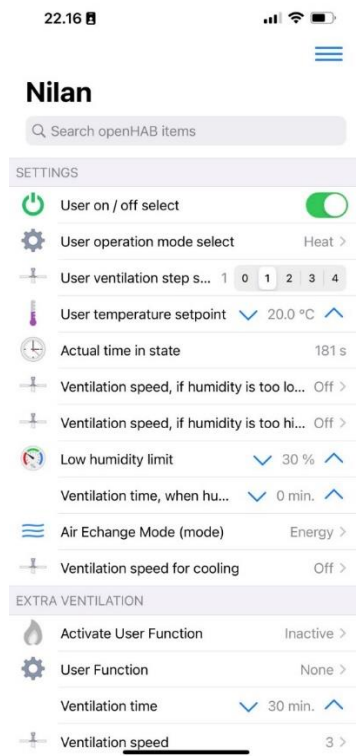
Sitemap-tiedoston avulla luodaan käyttöliittymä, josta poistoilmalämpöpumpun ohjaus onnistuu. Käyttöliittymä avautuu openHAB-käyttöliittymän sivupalkista valitsemalla basic-ui ja luotu sitemap ”Nilan” tai osoittamalla suoraan <http://openhabin:8080/basicui/app?site-map=nilan> -osoitteeseen.

The screenshot shows the openHAB web interface for the 'Nilan' sitemap. It is organized into three main sections:

- Settings:** Includes 'User on / off select' (toggle), 'User operation mode select' (dropdown: Heat), 'User vent...' (slider: 0, 1, 2, 3, 4), 'User temperature setpoint' (20.0 °C), 'Actual time in state' (1657 s), 'Ventilation speed, if humidity is too high' (Off), 'Low humidity limit' (30%), 'Ventilation time, when humidity is too high' (0 min.), 'Air Exchange Mode (mode)' (Energy), and 'Ventilation speed for cooling' (Off).
- Extra Ventilation:** Includes 'Activate User Function' (Inactive), 'User Function' (None), 'Ventilation time' (30 min.), and 'Ventilation speed' (3).
- Temperature & Sensors:** Displays various temperature and humidity readings: Humidity (49%), Summer state (0), T0 Controller Board Temperature (30.2 °C), T7 Inlet Temperature (after heater) (41.5 °C), T8 Outdoor temperature (-3.5 °C), T15 Userpanel Room Temperature (23.8 °C), Inlet temperature request (T7 setpoint) (19.0 °C), Actual value for controlled temperature (23.8 °C), Actual room temperature (T15 or T10) (26.3 °C), and Passive Heat exchanger efficiency (150.9 %).

Kuvio 19: Käyttöliittymä

Ohjaus onnistuu myös openHAB-aplikaation kautta mobiililaitteella. Applikaation asetuksiin määritetään Raspberryn URL-osoite ja käytettävä portti.



Kuvio 20: Mobiilikäyttöliittymä

8 Yhteenveto, johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa järjestelmä, jonka avulla poistoilmalämpöpumppua voidaan tarkastella ja ohjata web-käyttöliittymän kautta paikallisen ohjauspaneelin sijaan. Tavoite saavutettiin ja järjestelmä todettiin toimivaksi ratkaisuksi.

Jatkokehityksenä voitaisiin tallentaa ja visualisoida poistoilmalämpöpumpusta saatavaa dataa näkyviin web-käyttöliittymälle. Datan visualisointi onnistuu esimerkiksi Grafanan avulla, joka on avoimeen lähdekoodiin perustuva datan visualisointisovellus. Avoimen lähdekoodin vuoksi openHABian-käyttöjärjestelmän kehitysmahdollisuudet ovat laajat ja järjestelmän käyttöä voi laajentaa myös muuhun kotiautomaatioon.

Lähteet

Sähköiset

Hengityслиitto 2022. Ilmanvaihtojärjestelmät. Viitattu 6.11.2022. <https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/>

Modbus Organization 2022. Modbus FAQ. Viitattu 29.10.2022. <http://www.modbus.org/faq.php>

Nilan 2022. Esitteet ja käyttöohjeet. Viitattu 26.10.2022. <https://www.nilan.fi/oppaat-ja-ohjeet/esitteet-ja-kayttoohjeet/>

Nilan 2022. Poistoilmalämpöpumppu. Viitattu 6.11.2022. <https://www.nilan.fi/poistoilmalampopumppu/>

Omiccioli, A. 2017. Modbus Protocol over RS485 - Part 2 - Physical Layer. Viitattu 26.10.2022. <https://web-plc.com/blog/2017/06/01/rs485-modbus/>

Opensource 2022. Linux. Viitattu 26.10.2022. <https://opensource.com/resources/linux>

Saville, R. 2020. What Is a Raspberry Pi? Viitattu 26.10.2020. <https://www.lifewire.com/what-is-raspberry-pi-4042337>

WAGO 2022. Modbus. Viitattu 29.10.2022. <https://www.wago.com/fi/modbus>

Kuviot

Kuvio 1: Nilan EC9 (Taloon 2022)	10
Kuvio 2: CTS 602 -ohjausyksikkö (Nilan 2022)	10
Kuvio 3: Koneellinen ilmanvaihto (Hengityslitto 2022)	12
Kuvio 4: Poistoilmalämpöpumpun toiminta (Nilan 2022)	13
Kuvio 5: Raspberry Pi 4 (Lifewire 2022)	14
Kuvio 6: MicroSD-muistikortti (Muistikauppa 2022)	15
Kuvio 7: Modbus RTU, RS485-väylän periaattellinen rakenne (Omiccioli 2017)	16
Kuvio 8: Modbus-USB adapteri	16
Kuvio 9: Verkko- ja tietoliikenneyhteydet	18
Kuvio 10: Käyttöjärjestelmän asennus muistikortille	19
Kuvio 11: OpenHABian asennustiedosto	19
Kuvio 12: Raspberry Pi ja Modbus-USB adapteri	20
Kuvio 13: Parikaapelin liittäminen poistoilmalämpöpumpun piirikorttiin	20
Kuvio 14: Käyttöjärjestelmän asennuksen seurausta lokeilta	21
Kuvio 15: OpenHAB käyttöliittymä	21
Kuvio 16: Lisäosien asennus käyttöliittymältä	22
Kuvio 17: Ohjelmapakettien vienti WinSCP:llä	22
Kuvio 18: Sitemap tiedoston muokkaus	23
Kuvio 19: Käyttöliittymä	23
Kuvio 20: Mobiilikäyttöliittymä	24