



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jesper Aho

Koneiden etähallintajärjestelmän testaus

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Jesper Aho

Työn nimi: Koneiden etähallintajärjestelmän testaus

Ohjaaja: Jyri Lehto

Vuosi:2024

Sivumäärä:29

Liitteiden lukumäärä:

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kaupallista etähallintajärjestelmän toimivuutta kohdeyrityksessä, joka valmistaa IV-koneita. Tutkimus toteutettiin käyttämällä kolmen eri valmistajan laitteistoja, joissa tiedonsiirtoprotokollina käytettiin Modbus-protokollaa, RS-485-standardin mukaisella tiedonsiirtoväylällä, joka muunnettiin Modbus TCP-IP-protokollaksi. Tavoitteena oli testata kaupallisen alustan toimivuutta tuotekehityksen ja seurannan tarkoituksiin. Kommunikaatio ilmanvaihtokoneiden ja kaupallisen alustan välillä saatiin onnistuneesti toimimaan kolmen eri ilmanvaihtokoneen kanssa, ja kerättyä dataa analysoimalla havaittiin yhden koneen säätöviestin heilahteluita.

¹ Asiasanat: Modbus, RS-485, tiedonsiirto, protokolla

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Jesper Aho

Title of thesis: Remote control system test for machine manufacturer

Supervisor: Jyri Lehto

Year: 2024

Number of pages:29

Number of appendices:

In the thesis, the functionality of a remote monitoring system for machines was studied in a target company. The remote monitoring system was used to collect information about produced air handling units. Data was collected using equipment from three different manufacturers. The data transfer protocol used was Modbus, which uses a presentation format in accordance with the RS-485 standard communication protocol that was converted to Modbus TCP-IP protocol. The aim of the thesis was to test how a commercial platform suits for product development and monitoring. Communication between the air handling unit and the commercial platform provider was successfully performed with three different units. When the received data was analyzed, it was discovered that there were fluctuations in the adjustment messages of one of the machines.

¹ Keywords: Modbus, communication protocol

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne	8
2 ILMANVAIHTO	9
2.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate.....	9
2.2 Ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen	11
2.3 Ilmanvaihtojärjestelmän ohjaus ja valvonta	11
3 YHTEYSPROTOKOLLAT JA IoT	12
3.1 Yhteysprotokollat.....	12
3.1.1 TCP/IP-tiedonsiirtoprotokolla	12
3.1.2 Modbus	12
3.1.3 Modbus RTU.....	13
3.1.4 Modbus TCP/IP-protokolla.....	13
3.2 IoT lyhyesti	15
3.2.1 IoT-teknologia	15
3.2.2 IoT-käyttökohteet	15
4 TYÖN TOTEUTUS	17
4.1 Etäyhteysratkaisut.....	17
4.1.1 Etäyhteysarkkitehtuuri.....	17
4.1.2 SITE-TO-SITE-VPN	18
4.2 Työn toteutus.....	19
4.2.1 Lukuehtojen määrittäminen.....	19

4.2.2	Ilmanvaihtokoneen 1 kommunikoinnin toteutus	21
4.2.3	Ilmanvaihtokoneen 2 kommunikoinnin toteutus	21
4.2.4	Ilmanvaihtokoneen 3 kommunikoinnin toteutus	22
5	DATAN ANALYSOINTI JA VISUALISOINTI	23
5.1	Säätöviestien heilahtelut	24
5.2	Trendikäyrä	25
6	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	28

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Koneellinen ilmanvaihto. (Hengitysliitto, i.a.-a)	10
Kuva 2. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengitysliitto, i.a.-b)	10
Kuva 3. Etäyhteysarkkitehtuuri opinnäytetyössä.....	18
Kuva 4. Lukuehtojen määrittely.....	20
Kuva 5. Usean lukuehdon määrittelyä	20
Kuva 6. Lämmöntalteenoton trendejä.	23
Kuva 7. IV-koneen säätöviestit.	24
Kuva 8. Trendikäyrä.....	25
Kuva 9 Suorituskyvyn seuranta	26
Kuvio 1. Modbus-viestin rakenne. (Modbus, 2006b).....	13
Kuvio 2. Modbus TCP/IP viestirakenne. (Modbus, 2006a).....	14
Kuvio 3. IoT- ja IIoT-esimerkki.	16
Kuvio 4. IV-kone 1, tiedonsiirto	21
Kuvio 5. IV-kone 2, tiedonsiirto	21
Kuvio 6. IV-kone 3, tiedonsiirto	22
Taulukko 1. MBAP kuvaus. (Modbus, 2006a).....	14

Käytetyt termit ja lyhenteet

API	Application of Programming interface, rajapinta, joka mahdollistaa ohjelmistojen välisen vuorovaikutuksen
IoT	Internet of Things, esineiden internet
Modbus	Client/palvelin tyyppinen väyläprotokolla
RS-485	Vanha mutta yleisesti käytössä oleva sarjaliikenneväylä
TCP/IP	Tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmä
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen erillisverkko

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn toimeksiantajayrityksenä on ilmanvaihtoalan laitevalmistaja. Yrityksen liiketoiminta-alueena on ilmanvaihtokoneet rakennuksiin, laivoihin ja teollisuuteen. Laitevalmistajan tarpeena on löytää edullinen datankeruulaite, jolla kerätään arvokasta dataa tuotekehitystä ja takuuajan seurantaan varten. Ilmanvaihtokonevalmistajan laitteissa on käytössä Modbus-rajapinta, jolla mahdollistetaan ilmanvaihtokoneen ohjauksen ja mittaus- sekä asetusarvojen lukeminen digitaalisessa muodossa. Laitevalmistajan vakiosähkövarustellut koneet ovat Modbus-yhteensopivia. Hyödyntämällä Modbus-rajapintaa, voidaan ilmanvaihtokoneista kerätä dataa trendikäyrien luomista varten.

1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on testata kaupallisen alustan tarjoajan sovellusta, joka lukee Modbus-rajapintaa ja siirtää datan kaupallisen alustan rajapintaan. Opinnäytetyössä testataan Modbus-rajapinnan etälukemista ilmanvaihtokoneista laitevalmistajan ja kaupallisen alustan tarjoaman rajapinnan kautta. Ilmanvaihtokoneiden Modbus-rajapinnasta kerätään dataa, josta muodostetaan trendikäyriä. Laitevalmistaja saa arvokasta dataa, jota voidaan hyödyntää laitteen elinkaaren aikana mahdollisten ongelmien selvittämiseksi etähallintajärjestelmän avulla. Takuuajan seurantaan tämä antaa merkittäviä säästöjä, sillä kaikkia ongelmia ei tarvitse ratkaista lähettämällä asentajaa kohteeseen, vaan voidaan tehdä tarvittavat optimoinnit etänä.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön rakenne alkaa ensimmäisessä luvussa johdannolla, jossa esitellään työn tausta ja tavoite. Toisessa luvussa käydään läpi ilmanvaihtokoneisiin liittyvää asiaa. Kolmannessa luvussa käsitellään opinnäytetyöhön liittyviä yhteysprotokollia ja IoT-teknologiaa pintapuolisesti. Neljäs luku käsittelee työn käytännön toteutusta ja tähän liittyviä etäyhteyksien ratkaisuja. Viidennessä luvussa käydään läpi työn aikana tehtyjä havaintoja datasta. Kuudennessa-luvussa on työn yhteenveto ja pohdinta.

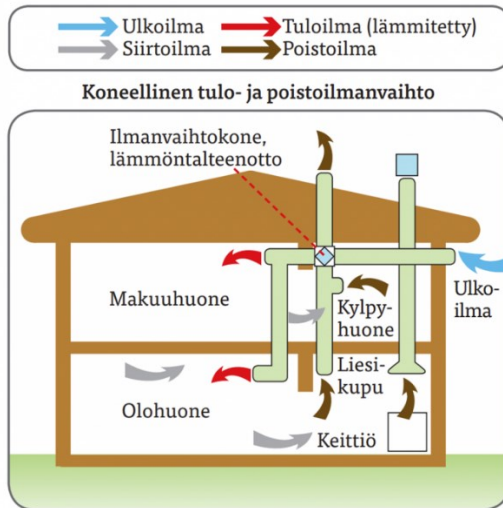
2 ILMANVAIHTO

Ilmanvaihdon on toteutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmanlaatu oleskelutiloihin (Talotekniikkainfo, 2023). Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotava rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, viihtyisyyttä haittaavia hajuja sekä ihmisistä ja toiminnasta sisäilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia.

2.1 Ilmanvaihdon toimintaperiaate

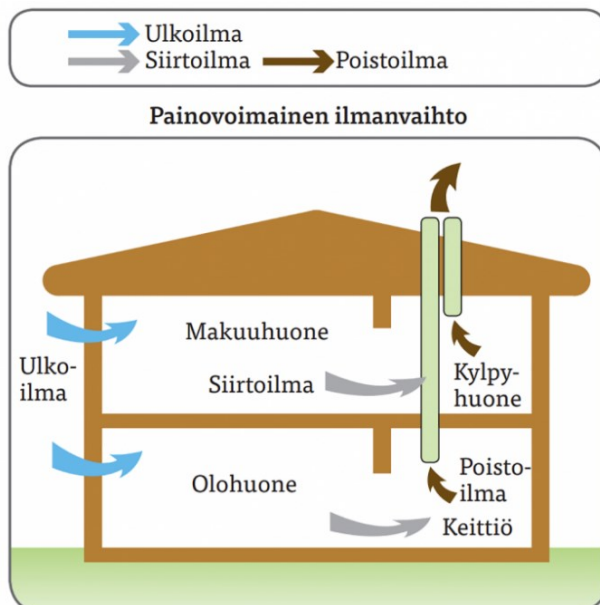
Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin, jonka seurauksena ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään (Sisäilmayhdistys, 2022). Paine-eron voi tehdä joko puhaltimilla, jolloin kyse on koneellisesta ilmanvaihdosta tai lämpötilaeron ja tuulen yhteisvaikutuksella, jolloin kyse on painovoimaisesta ilmanvaihdosta.

Koneellisessa ilmanvaihdossa käytetään sähkömoottoreilla toimivia puhaltimia, joilla luodaan tarvittava paine siirtääkseen ilmaa sisään ja ulos rakennuksesta (Hengityслиitto i.a.-a). Tällä tavalla voidaan luoda tasainen ilmavirta rakennukseen. Koska ilmavirrannopeuksia voidaan hallita rakennukseen, voidaan luoda myös eri tilanteita varten tehostuksia esimerkiksi CO₂ (hiilidioksidi)-tehostus, jolloin kasvatetaan tulo- ja poistoilmapuhaltimien tehoa. Tällöin ilmavirtaus kasvaa ja saadaan tehostettu ilmanvaihto. Koneellisessa ilmanvaihdossa on etuna myös se, että ilmaa pystytään esikäsittelemään suodattimilla sekä pystytään pitämään vakio-olosuhteet riippumatta ulkoisista tekijöistä.



Kuva 1. Koneellinen ilmanvaihto. (Hengitysliitto, i.a.-a)

Painovoimainen ilmanvaihto toimii hyödyntäen luonnollisia paine-eroja, jotka syntyvät ilman lämpötilaeroista ja ulkoisten tuuliolosuhteiden vaikutuksista (Hengitysliitto, i.a.-b). Lämmin ilma, joka on kevyempää, nousee ylöspäin ja viileämpi ilma laskeutuu, mikä luo luonnollisen ilmavirran rakennuksen sisällä. Painovoimainen ilmanvaihdon ongelmana on se, että sääolosuhteiden vaihteluista johtuen ilmanvaihdon ilmavirrat vaihtelevat. Tämä on ollut yleinen ilmanvaihdon ratkaisu vanhemmissa rakennuksissa 1960-luvulle asti.



Kuva 2. Painovoimaisen ilmanvaihdon toimintaperiaate (Hengitysliitto, i.a.-b)

2.2 Ilmanvaihdon vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen

Koneellisella ilmanvaihdolla mahdollistetaan tehokas lämmöntalteenotto, jolloin energiaa säästetään merkittävästi verrattuna laitteisiin, jotka eivät hyödynnä poistoilman lämpöenergiaa (Hengitysliitto, i.a.-b).

Lisäksi koneellisella ilmanvaihdolla pystytään optimoimaan ja pienentämään ilmanvaihdon aiheuttamia energiakustannuksia (Omakiinteistö, 2021). Hyvin suunniteltu ja toteutettu ilmanvaihto onkin tärkeä osa rakennusten energiatehokkuuteen. Ilmanvaihtokonetta tulee rakennuksen käyttäjän säätää tarvittaessa ilmanvaihdon nopeutta, esimerkiksi kosteuden poistoon tarvitaan tehostettua ilmanvaihtoa ja silloin kun rakennus on tyhjillään, voidaan käyttää hidasta ilmanvaihtoa.

2.3 Ilmanvaihtojärjestelmän ohjaus ja valvonta

Ilmanvaihtojärjestelmä varustetaan ohjaus-, säätö- ja valvontalaitteilla, joiden avulla järjestelmän toimintaa voidaan ohjata ja valvoa (Talotekniikkainfo, 2023). Ilmanvaihtokone tulee siis yleensä varustaa tarvittavin osin antureilla, joilla otetaan tarpeelliset mittatiedot ylös ilmanvaihtokoneen automaatioon tai rakennusautomaatioon.

- Raitisilman lämpötila, lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila, lämmityspatterin jälkeinen lämpötila ja paluuv veden lämpötila.
- Raitisilmasuodattimen paine-ero, tuloilmapuhaltimen ilmamäärä ja tuloilman kanavanpaine.
- Poistoilman lämpötila ja jäteilman lämpötila
- Poistoilmakanavan paine, poistoilmasuodattimen paine-ero ja poistoilmapuhaltimen ilmamäärä.

3 YHTEYSPROTOKOLLAT JA IoT

3.1 Yhteysprotokollat

Jotta tietokoneet/laitteet voivat kommunikoida keskenään tulee näiden käyttää samaa kieltä (Blank, 2004, s. 1). Tarkemmin ottaen protokollalla määritellään säännöt miten kaksi laitetta lähettää dataa toisilleen. Tätä sääntöä kutsutaan protokollaksi. Voidakseen vaihtaa dataa tulee lähettävän ja vastaanottavan laitteen sopia, miltä datan tulee näyttää (Blank, 2004, s. 14). Kun yksi laite lähettää toiselle laitteelle paljon ykkösiä ja nolliä, tulee molempien laitteiden tietää niiden tarkoitus ja sijoittelu jokaiselle ykköselle ja nolllalle. Osa informaatiosta osoittaa osoitteen ja osa on dataa.

3.1.1 TCP/IP-tiedonsiirtoprotokolla

TCP/IP on summa eri protokollia, jotka mahdollistavat tiedonkulkemisen kahden laitteen välillä. TCP/IP:tä usein kuvataan ”internetin kielenä”, koska tämä oli ensimmäinen virallinen internetin kieli (Blank, 2004, s. 2). TCP/IP-protokolla on ollut käytössä vuodesta 1983 asti. Yksi TCP/IP-tiedonsiirtoprotokolla hyötyjä on sen joustavuus ja yhteensopivuus. Tämä protokolla koostuu kahdesta pääkomponentista: Transmission Control Protocol (TCP) ja Internet Protocol (IP). TCP-yhteyden muodostaminen vaatii kolmisuuntaisen kätelyn, missä teknisiä tietoja vaihdetaan ja vasta tämän jälkeen tiedonsiirron voi aloittaa. Tällä taataan luotettava tiedonsiirto, missä kadonneet datapaketit lähetetään uudelleen varmistaen, että tiedot toimitetaan varmasti.

3.1.2 Modbus

Modbus on yksi yleisesti käytetyistä tiedonsiirtoprotokollista teollisuudessa ja rakennusautomaatiossa (MindsMapped, 2020). Protokollan kehitti alun perin Gould Modicon (nykyään Schneider Electric) ohjelmoitavien logiikoiden (PLC) kanssa käytettäväksi. Modbus on tullut yleisesti käytettäväksi standardiksi, jota käytetään eri valmistajien laitteiden välillä kommunikoimiseen. Modbus-protokolla on yksinkertainen, joustava ja avoimen lähdekoodin protokolla.

3.1.3 Modbus RTU

Modbus RTU on RS-485-sarjaliikenneväylä (MindsMapped, 2020), jossa tieto siirtyy pari-kaapelilla samaa siirtokanavaa pitkin (Hakala & Vainio, 2005, s. 69). Kaikki laitteet on kytketty tähän samaan ketjuun. Teoriassa sama tieto välittyy kaikille laitteille, jotka ovat samassa ketjussa. Väylässä ei ole mitään määriteltyä tiedon kulkusuuntaa, vaan tieto kulkee väylässä kaikille laitteille.

Modbus RTU:n viestirakenne perustuu 16-bittiseen sykliseen redundanssitarkistukseen (CRC) (Modbus, 2006b). Viestit ovat yksinkertaisia, minkä vuoksi Modbus RTU-protokolla tarjoaa hyvän luotettavuuden. Viesti voidaan jakaa osiin kuten kuviossa 1.

Slave Address	Function Code	Data	CRC
1 byte	1 byte	0 up to 252 byte(s)	2 bytes CRC Low, CRC Hi

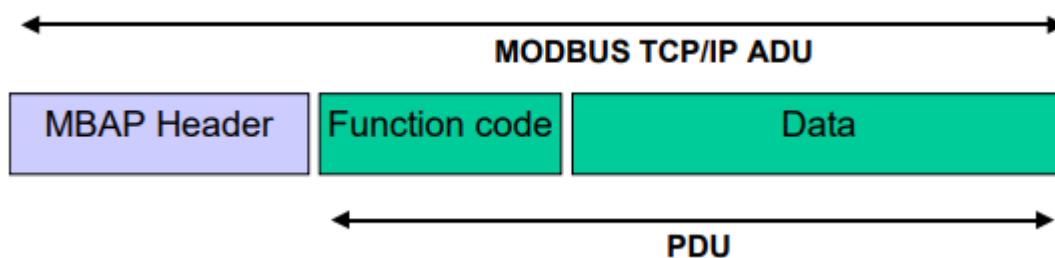
Kuvio 1. Modbus-viestin rakenne. (Modbus, 2006b)

- Slave-laitteen osoite on 1–247 se määrittää mitä laitetta master kutsuu.
- Toimintokoodi määrittää luettavan rekisterientyyppin.
- Data sisältää, arvon, joka luetaan rekistereistä.
- CRC tarkistaa, että viesti on siirretty laitteelle virheettömästi ja takaisin.

3.1.4 Modbus TCP/IP-protokolla

TCP tarkoittaa tässä aiheyhteydessä tiedonsiirto-protokollaa, missä IP tarkoittaa internet-protokollaa (MindsMapped, 2020). Näitä kahta protokollaa voidaan käyttää yhteneväisesti kuin muitakin tiedonsiirto-protokollia internetiin. Modbus-TCP/IP mahdollistaa laitteiden, kuten PLC-ohjainten ja I/O-moduulien, hallinnan käyttäen Ethernet-verkkoa (RTA, i.a.).

Modbus TCP/IP-protokollan viestirakenne eroaa hieman Modbus RTU-protokollasta. Tästä on periaatekuvio kuviossa 2.



Kuvio 2. Modbus TCP/IP viestirakenne. (Modbus, 2006a)

- MBAP pitää sisällään viestin järjestysnumeron, protokollatunnuksen, pituuden sekä laitenumeron.

Fields	Length	Description -	Client	Server
Transaction Identifier	2 Bytes	Identification of a MODBUS Request / Response transaction.	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request
Protocol Identifier	2 Bytes	0 = MODBUS protocol	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request
Length	2 Bytes	Number of following bytes	Initialized by the client (request)	Initialized by the server (Response)
Unit Identifier	1 Byte	Identification of a remote slave connected on a serial line or on other buses.	Initialized by the client	Recopied by the server from the received request

Taulukko 1. MBAP kuvaus. (Modbus, 2006a)

- Toimintokoodi määrittää luettavien rekisterientyyppin.
- Data sisältää arvon, joka luetaan rekistereistä.

Kuten kuviota 2 tarkasteltaessa huomataan, tässä protokollassa ei ole suoraa mainintaa CRC:stä eli viestin tarkistuksesta. On huomattava, että protokollona käytetään TCP/IP:tä. TCP-protokollassa käytössä oleva CRC-32-tarkistus mahdollistaa viestin tarkistamisen (Modbus, 2006a.). Lisäksi, kun Modbus-protokollaa käytetään TCP:n yli, viestien siirtämiseen liittyy MBAP header, joka sisältää lisätietoa viestien pituuksista. Tämä mahdollistaa viestin rajojen tunnistamisen, vaikka viesti olisi jaettu useaan

pakettiin siirron aikana. Näin ollen yhdistelmä TCP:n virheentarkistus ja Modbusin viestirakenteen takia minimoidaan mahdollisuudet, että viestien korruptoituminen jäisi havaitsematta.

3.2 IoT lyhyesti

IoT on kaikkien esineiden/laitteiden yhdistämistä internetiin. Tästä syystä sitä kutsutaankin esineiden internetiksi (Empirica, i.a.). Esineet voivat olla laitteita, kuten älykello, auto tai vaikka ilmanvaihtokone, kuten tässä opinnäytetyössä, jotka on yhdistetty internetin kautta etähallintajärjestelmään. Internetin välityksellä voidaan jakaa tietoa haluttuun alustaan sekä välittää tietoa laitteelle. Tiedon perusteella voi laite toimia itsenäisesti tai osana laajempaa kokonaisuutta.

3.2.1 IoT-teknologia

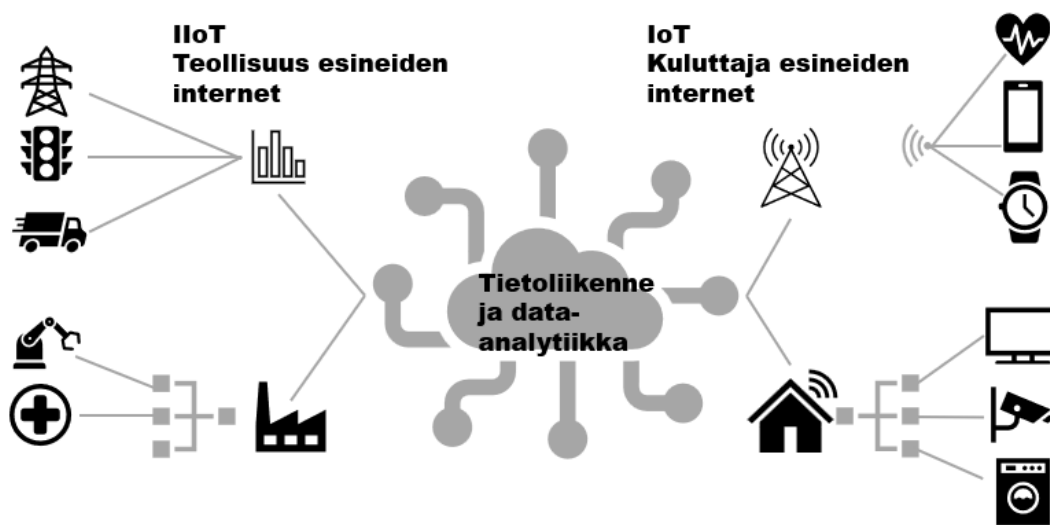
IoT-järjestelmä koostuu joko langattomasta tai kiinteästä verkosta ja siihen kytketyistä laitteista (Empirica, i.a.). IoT-laite on laite, joka voidaan yhdistää internetiin datan vastaanottamiseksi tai lähettämiseksi. IoT-laitteet ovat tärkeitä yrityksille. Niillä voidaan tuottaa asiakkaalle ja yritykselle arvokasta dataa, jolla voidaan kehittää laitteen luotettavuutta, optimointia sekä saadaan asiakastytyvyyttä parannettua.

3.2.2 IoT-käyttökohteet

Suosittuja käyttötapauksia ovat omaisuuden ja laitteiden etävalvonta, IoT-pohjainen prosessien automaatio sekä ajoneuvokannan etähallinta ja sijainnin seuranta (Telia, 2023.). Lisäksi IoT:n avulla on voitu ennakoida huoltotarpeita.

IoT voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan, jotka ovat IIoT (Industrial Internet of Things) ja kuluttajien IoT (Internet of Things) (GeeksforGeeks, 2020.). Industrial internet of Things (IIoT) on teollisuuteen liittyvä. Kyseessä on älykkäiden laitteiden verkosta, jolla on oma laskentakyky. Laitteet on yhdistetty muodostamaan järjestelmiä, jotka keräävät, valvovat, ja vaihtavat analysoivat tietoa teollisella tasolla. IIoT:n pääpaino on teollisissa sovelluksissa, kuten valmistuksessa, voimalaitoksissa ja logistiikassa.

Internet of Things (IoT) käsitteellä tarkoitetaan laitteiden yhdistämistä internetiin (Geeksfor-Geeks, 2020.). Laitteet on varustettu antureilla, elektroniikalla ja ohjelmistolla, jotka mahdollistavat tiedon keräämisen ja vaihdon internetin kautta ilman ihmisen väliin tuloa. Eli esimerkiksi lamppu voidaan kytkeä päälle käyttämällä älypuhelimien sovellusta (Geeksfor-Geeks, 9.7.2020.).



Kuvio 3. IoT- ja IIoT-esimerkki.

4 TYÖN TOTEUTUS

4.1 Etäyhteysratkaisut

Etäyhteysratkaisujen soveltuvuus vaihtelee huomattavasti eri käyttökohteiden mukaan, mikä tekee niiden valinnasta haastavaa teknologian integroinnissa ja käytössä. Tässä yhteydessä tutkittiin tietoliikenteen etäyhteysratkaisuja kolmella eri tavalla, jotta löydettäisiin parhaiten kuhunkin tarpeeseen sopiva ratkaisu.

Ensimmäisessä ratkaisussa yhdistettiin reititin 4G-modeemiin, luoden VPN-yhteys laitevalmistajan ja alustan tarjoajan palvelimille. Tämä yhteys mahdollisti luotettavan etävalvonnan, korostaen perinteisen verkkoteknologian soveltuvuutta moderniin etähallintaan.

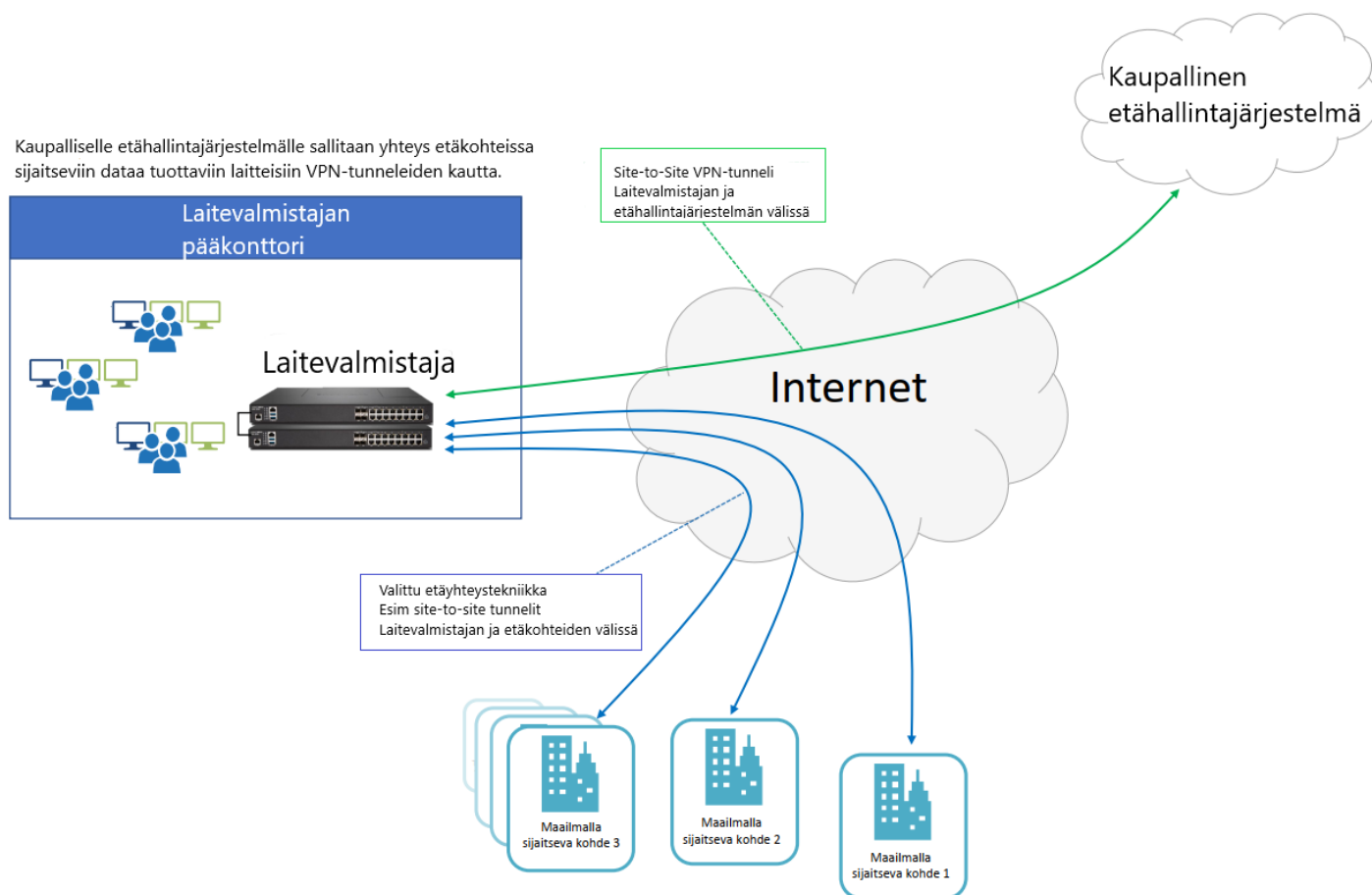
Toinen ratkaisu keskittyy kaupallisen alustan tarjoaman laitteen käyttöön, joka mahdollistaa suoran kommunikoinnin ilmanvaihtokoneen Modbus-väylään. Tämä lähestymistapa korostaa laitevalinnan tiettyjen protokollien, kuten Modbusin, kanssa työskennellessä. Se osoittaa myös, kuinka tärkeää on ymmärtää kohdelaitteen tekniset ominaisuudet, jotta voidaan valita sopivin etäyhteysratkaisu.

Kolmas ratkaisu, jossa käytettiin automaatiotoimittajan omaa etäyhteysratkaisua, nostaa esiin helppokäyttöisyyden ja nopean käyttöönoton merkityksen. Vaikka tämä ratkaisu tarjosi kätevän tavan yhdistää ilmanvaihtokoneen etävalvontajärjestelmään, se ei kuitenkaan täyttänyt kaikkia valmistajan pitkän aikavälin tarpeita. Tämä havainto muistuttaa, että teknologian valinnassa on otettava huomioon paitsi nykyiset myös tulevaisuuden käyttötarpeet ja -vaatimukset.

4.1.1 Etäyhteysarkkitehtuuri

Työssä käytettiin Site-to-Site-VPN-tunnelia laitevalmistajan ja kaupallisen etähallintajärjestelmän välille, joka mahdollisti halutun tiedon lukemisen etäkohteista. Tällä voitiin yhdistää etähallintajärjestelmä laitevalmistajan palvelimiin, näin saatiin luettua tietoa etäkohteista.

VPN-tunnelilla mahdollistettiin turvallinen ja salattu tiedon siirto palvelimille, joissa oli sallittu vain etäkohteet kaupallista etähallintajärjestelmää varten. Tämän tyylistä toteutusta kuvataan nimellä Zero Trust Network Access (ZTNA) eli ei luoteta yhteenkään käyttäjään tai laitteeseen automaattisesti, vaan kaikki yhteydet täytyy erikseen sallia (DNA, i.a.). Tällä tavalla varmistetaan tietoturva ja estetään mahdolliset tietomurrot. Tämä mahdollisti laitevalmistajan ja etähallintajärjestelmän välisen kommunikaation turvallisesti.



Kuva 3. Etäyhteysarkkitehtuuri opinnäytetyössä

4.1.2 SITE-TO-SITE-VPN

VPN:n avulla voidaan luoda virtuaalinen yksityisverkko, joka tunnetaan nimellä ”tunneli” (paloaltonetworks, i.a.). Salattuna tieto kulkee putken läpi tietoturvallisesti julkisen internetin yli toimipisteiden välillä, kuten esimerkiksi tässä opinnäytetyössä VPN-yhteyttä hyödynnetään yhdistämään eri paikoissa sijaitsevat IV-koneet samaan verkkoon, jolloin laitteita voidaan käyttää niin kuin ne olisivat paikallisverkossa.

Opinnäytetyössä VPN-yhteyttä käytetään Site-to-Site-VPN-tunnelin muodossa, mikä mahdollistaa turvallisen yhteyden luomisen laitevalmistajan ja kaupallisen etähallintajärjestelmän välillä. Tällä mahdollistettiin halutun datan luenta vain sallituista etäkohteista, jotka ovat yhteydessä laitevalmistajan palvelimiin. VPN mahdollistaa tietoliikenteen turvallisuuden ja tietojen suojauksen ulkopuolisilta henkilöiltä.

Site-to-Site-VPN tarjoaa mahdollisuuden yhdistää useat eri paikallisverkot yhdeksi verkoksi (paloaltonetworks, i.a.). Tällä tavalla voidaan yhdistää useita eri toimipisteitä tai laitteita saman verkon alle.

4.2 Työn toteutus

Yhdessä laitevalmistajan kanssa toteutettiin testit kolmelle eri ilmanvaihtokoneelle, jotka oli varustettu datankeräyslaitteilla. Näiden laitteiden avulla kerättiin dataa, joka lähetettiin kaupallisen alustan palvelimille. Tämän palvelun avulla luotiin nettipohjainen sovellus, jossa luotiin nodeja, joihin määriteltiin halutut lukuehdot. Näitä lukuehtoja käyttämällä voitiin määrittellä, mitä parametreja halutaan lukea ja millä väliajoilla dataa luetaan. Tämän lisäksi määritetään rekisteri ja laitteen ID-osoite, jotka ovat tarpeen halutun tiedon saamiseksi Modbus-väylästä. Viiveaikaa säätämällä voitiin määrittellä, kuinka usein laitteelta kysellään tietoa rekisteristä. Esimerkiksi ulkolämpötilaa ei ole järkevää lukea IV-koneessa 1 minuutin välein, tästä aiheutuu turhaa dataa, kun ulkolämpötilan muutos on hidas prosessi.

4.2.1 Lukuehtojen määrittäminen

Kaupallisen alustan tarjoajan palvelussa määriteltiin laitteesta luettavat tiedot.

Laitteen lukuehtojen määrittelyssä luodaan tagi, jossa määritellään luettavan datan osoite ja valitaan oikea Modbus-lukuprotokolla, joka on holding rekistereissä FC3, datan tyyppi ja poll interval eli kuinka usein halutaan lukea rekisteriä. Seuraavassa oleva esimerkkirekisteri on osoitteessa 17, ja lukumäärittelynä käytetään holding-rekisterin toimintoa ja tämän

datantyyppi on int16, luentaväli on 30 sekunnin välein.

address	17
type	FC3
data type	int16
poll interval (seconds)	30

[— REMOVE TAG](#)

Kuva 4. Lukuehtojen määrittely

Testialustasta on kuvakaappaus kuvassa 5. Siinä määritellään käytettävä protokolla, tässä on valikoituna Modbus-protokolla. Modbus-ENDPOINT määrittää laitteen osoitteen, joka on tässä tapauksessa Modbus-TCP/IP-muuntimen osoite: 10.100.197, sekä laitteen fyysinen osoite, joka oli Client ID: 1.

The screenshot shows a web interface for configuring Modbus endpoints and dataflow tags. The top navigation bar includes: GATEWAY, SETTINGS, S7, OPC-UA, TWINGAT ADS, ETHERNET/IP, MELSEC PROTOCOL, MODBUS (selected), OMRON FINS, CODESYS PLC HANDLER, RUVI/TAG, SICK TELEGRAM, HTTP, and DA. A '+ ADD MODBUS ENDPOINT' button is visible. Below, a table lists the configured endpoints:

Description	Type	Remove
IP / Serial device 10.100.197	TCP	— REMOVE ENDPOINT
Client ID 1	Port 502	

The 'Node prefix' is set to '/Jalasjärvi/FutureS/'. Below this, there are four columns, each representing a dataflow tag configuration:

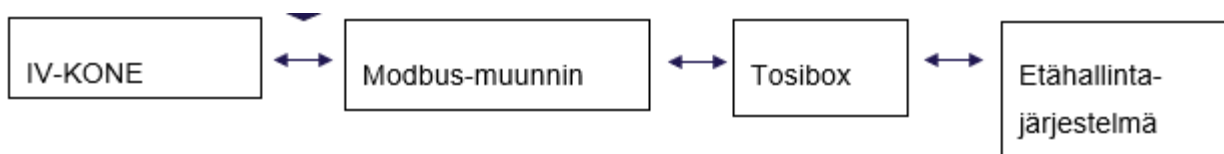
- Tag 1:** Node: /Jalasjärvi/FutureS/TE01, address: 17, type: FC3, data type: int16, poll interval: 30.
- Tag 2:** Node: /Jalasjärvi/FutureS/TE02, address: 20, type: FC3, data type: int16, poll interval: 29.
- Tag 3:** Node: /Jalasjärvi/FutureS/TE10, address: 21, type: FC3, data type: int16, poll interval: 28.
- Tag 4:** Node: /Jalasjärvi/FutureS/TE30, address: 22, type: FC3, data type: int16, poll interval: 27.

Each tag configuration includes a 'REMOVE TAG' button and three checkboxes: 'Use dataflow' (checked), 'Use condition' (unchecked), and 'Dynamic Interval' (unchecked).

Kuva 5. Usean lukuehdon määrittelyä

4.2.2 Ilmanvaihtokoneen 1 kommunikoinnin toteutus

Tämä toteutettiin käyttäen laitetta, joka mahdollisti kommunikaation ilmanvaihtolaitteen ja tosibox-laitteen välillä Modbus-TCP/IP-muuntimen ja RJ45-kaapelin avulla. Muuntimella TCP/IP-protokolla muunnettiin Modbus-RTU sarjaväyläksi, jonka avulla kommunikointi IV-koneen säätimen kanssa tapahtui parikaapelilla. Tämän toteutuksen saaminen toimivaksi vaati aikaa, sillä muuntimen asetukset piti ensin määrittää, jotta se pystyi kommunikoimaan tosiboxin kanssa.

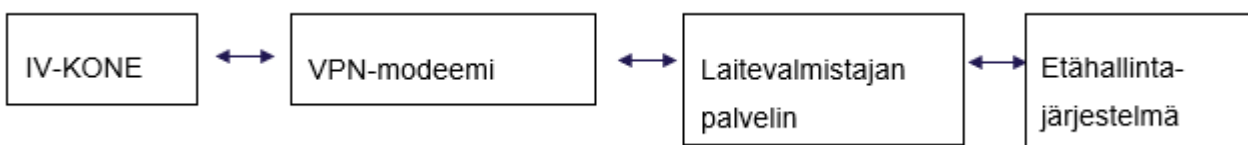


Kuvio 4. IV-kone 1, tiedonsiirto

4.2.3 Ilmanvaihtokoneen 2 kommunikoinnin toteutus

Tämä toteutettiin laitevalmistajan ja erään yhteistyökumppanin kanssa olevalla ”VPN-purkillä”, joka kommunikoi Modbus-TCP-IP-protokollalla IV-koneen säätimen kanssa.

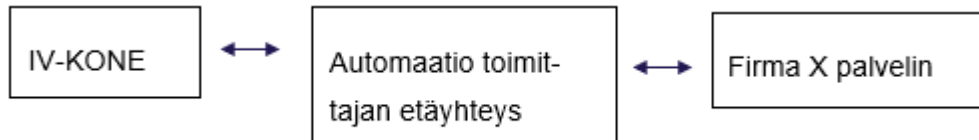
Tämän toteutus vaati yhteistyötä molempien yritysten kanssa (etähallintajärjestelmän tarjoajan ja laitevalmistajan), että saatiin VPN-putki rakennettua ja data kulkemaan putken kautta.



Kuvio 5. IV-kone 2, tiedonsiirto

4.2.4 Ilmanvaihtokoneen 3 kommunikoinnin toteutus

Tämä toteutettiin automaation toimittajan omalla etäyhteysratkaisulla, joka kerää dataa internetpohjaisen sovelluksen omaan API-rajapintaan, josta haettiin dataa pollaamalla haluttuja arvoja API-rajapinnasta kaupallisen etähallintajärjestelmän tarjoaman palvelun kautta.

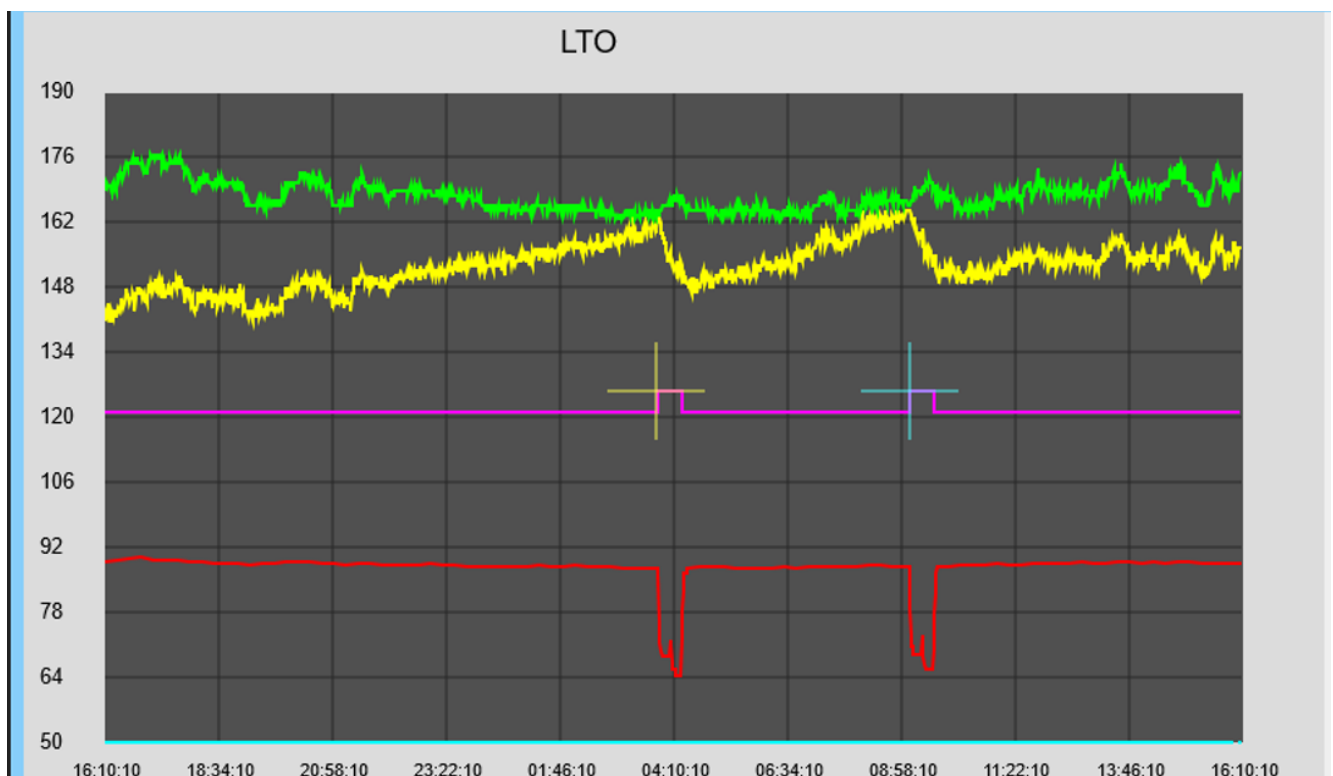


Kuvio 6. IV-kone 3, tiedonsiirto

5 DATAN ANALYSOINTI JA VISUALISOINTI

Ilmanvaihtokoneista kerättyä dataa analysoidaan trendikäyrien perusteilla. Ilmanvaihtokoneista oli Modbus-rajapinnan avulla saatavilla esimerkiksi tietoja ilmanvaihtokoneen ohjauksista, indikoinneista, mittauksista ja mahdollisista hälytyksistä. Mittaustuloksista ja indikoinneista voidaan nähdä ja analysoida koneen toimintaa. Koneista saadun datan avulla voitiin tässä opinnäytetyössä hyödyntää kerättyä dataa, nykyisien ilmanvaihtokoneiden optimointiin.

Koneen toimintaa on helppo seurata trendikäyrän perusteella, esimerkkinä tästä on toimistoa palveleva kone, jossa seurattiin koneen sulatustoimintaa, joka nähdään toimivan hyvin eli kone ei mene jäähän. Paineikäyrää (kuva 6) seurattaessa huomataan kennon yli mitattavan paine-eron kasvavan, jolloin automaation laskema paineraja sulatuksen päälle me-noon ylittyy. Tällöin kone menee sulatukselle, jolloin paineikäyrä lähtee tippumaan normaali tasolle.



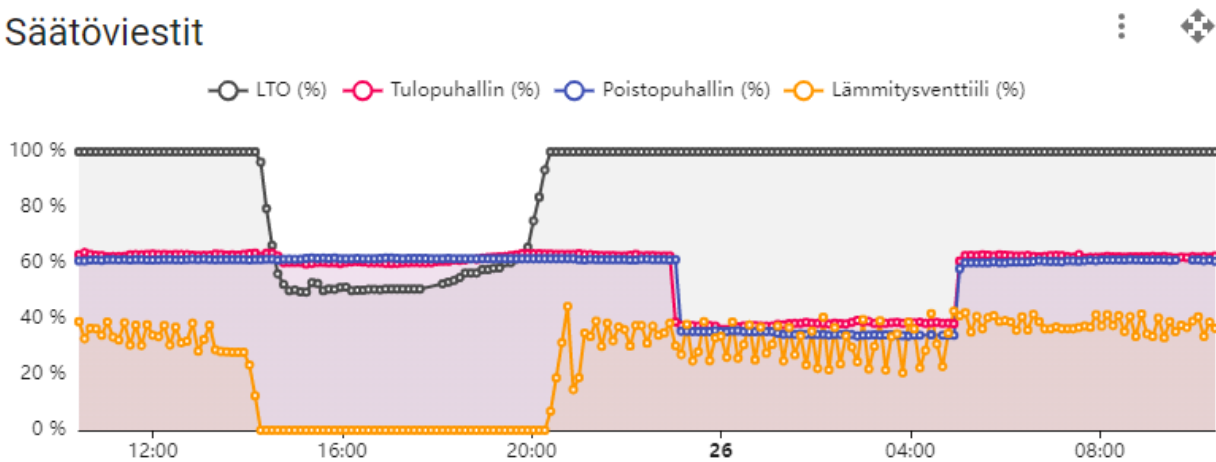
Kuva 6. Lämmöntalteenoton trendejä.

Kun dataa oli kerätty, voitiin aloittaa datan analysointi, joka auttoi tunnistamaan koneiden toiminnassa tapahtuvia poikkeamia. Trendidatan perusteella oli helppo visuaalisesti tarkastella erilaisia mittauksia pitkällä aikavälillä, jolloin havaitaan helpommin mittauksissa poikkeavuuksia. Näiden poikkeavuuksien huomaaminen pitkällä aikavälillä voi auttaa havaitsemaan piileviä ongelmia, jotka voivat vaikuttaa koneiden suorituskykyyn ja tehokkuuteen.

5.1 Säättöviestien heilahtelut

Kun aloitettiin datankeruu ilmanvaihtokoneesta, voitiin havaita (kuva7), että lämmitysventtiilin toimilaitteen säätöviestissä on huojuntaa jonkin verran.

Säättöviestit

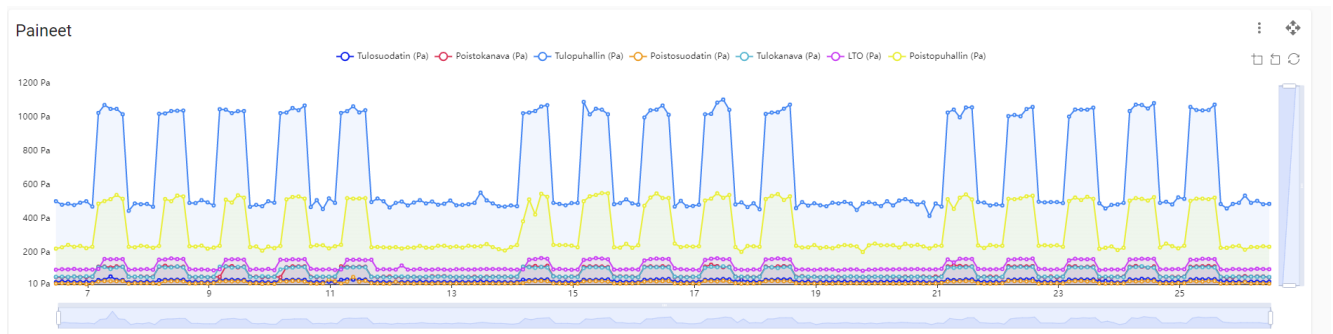


Kuva 7. IV-koneen säätöviestit.

Tätä säätöviestin huojuntaa ei välttämättä olisi havaittavissa ilmanvaihtokoneen oman säätimen grafiikalta seurattuna, jos paikallinäytössä ei ole trendikäyriä. Tarkkailemalla kerätyn datan trendikäyriä huomattiin, että lämmitysventtiili seilasi, mikä aiheutti sisään menevän ilman lämpötilan heilahtelua. Tämä heilahtelu aiheuttaa turhia lämmityspiikkejä talvella, mikä kuormittaa lämmitysjärjestelmää ja kasvattaa kustannuksia. Tämä ongelma olisi jäänyt huomaamatta ilman datan keruuta ja trendikäyrien seuranta, ja se olisi jatkunut aiheuttaen turhia lämmitystarpeen piikkejä lämmitysjärjestelmässä. Onneksi ongelma havaittiin ja voitiin korjata hienosäätämällä koneen PID-parametrejä, mikä vähentää asiakkaan kustannuksia pitkällä aikavälillä.

5.2 Trendikäyrä

Kuvassa 8 esitetty trendikäyrä osoittaa, että ilmanvaihtokoneen anturit toimivat moitteettomasti, ilmanvaihtokoneen trendistä nähdään, että kone käy arkipäivisin päivällä normaalilla teholla ja viikonloppuisin/öisin osateholla:

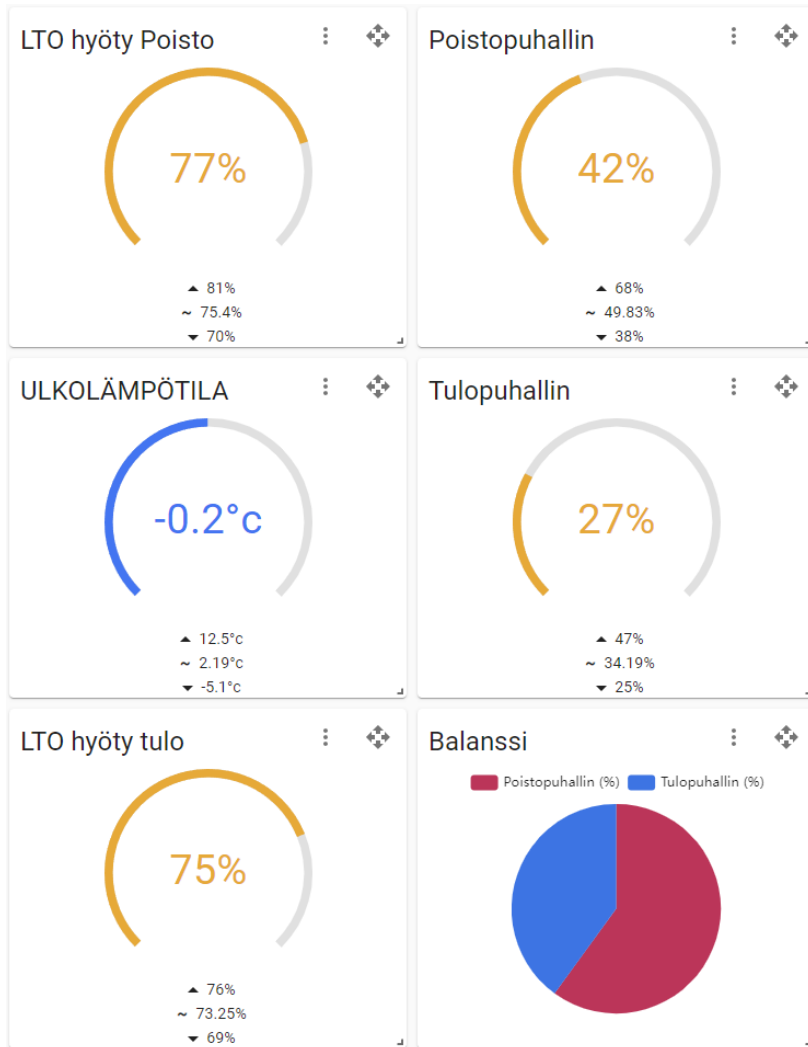


Kuva 8. Trendikäyrä

Trendikäyrien avulla voidaan seurata koneiden suorituskykyä ja tunnistaa mahdolliset häiriöt ja poikkeamat normaalista toiminnasta. Tämä mahdollistaa ennakoivan huollon suunnittelun ja mahdollistaa tarvittaessa nopean reagoinnin laitteen heikentyneeseen suorituskykyyn tai vikoihin.

Kaiken kaikkiaan trendikäyrät ovat hyödyllinen työkalu ilmanvaihtokoneiden ylläpidossa ja valvonnassa. Ne mahdollistavat koneiden suorituskyvyn seurannan ja ennakoivan huollon suunnittelun, mikä taas johtaa parempaan laitteen suorituskykyyn, kustannussäästöihin ja parempaan asiakastytyvyyteen.

Kuvan 9 kuvakaappauksessa nähdään nopeasti ilmanvaihtokoneen hyötysuhteet sekä puhaltimien nykyinen nopeus prosentteina. Nähdään nopeasti, ovatko puhaltimet millä kuormituksella ja millä hyötysuhteella otetaan lämpöenergiaa talteen.



Kuva 9 Suorituskyvyn seuranta

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kaupallisen alustan tarjoajan IoT-alustaa ja testata sen toimivuutta kolmen Modbus-yhteensopivan ilmanvaihtokojeen kanssa. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin Modbus-protokollaa, jota myöhemmin käytettiin ilmanvaihtokojien kanssa kommunikoinnissa. Työn toteutusosuudessa esiteltiin kaupallisen alustan tarjoamaa demoympäristöä, jossa kerättiin dataa kolmesta ilmanvaihtokojesta. Datasta luotiin trendikäyriä kaupallisen alustan tarjoajan sovelluksessa. Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin ilmanvaihtoalan laitevalmistajan tarvetta löytää edullinen datankeruulaite tuotekehityksen ja takuuajan seurannan tueksi. Työn päätavoitteena oli testata kaupallisen alustan tarjoajan IoT-alustaa, joka lukee ilmanvaihtokoneiden Modbus-raportointia. Opinnäytetyössä käsiteltiin etäyhteyksratkaisuja, etäyhteyssarkkitehtuuria, Site-to-Site-VPN-yhteyttä, Modbus-protokollaa ja työn käytännön toteutusta.

Trendien seurannassa huomattiin ilmanvaihtokojissa huonosti optimoituja parametreja, mikä oli positiivinen havainto yrityksen kannalta. Tällaiset ongelmat pystytään helposti korjaamaan säätämällä parametreja, mikä johtaa optimaalisiin olosuhteisiin asiakkaille. Kaiken kaikkiaan datankerääminen todettiin toimivaksi ja helpoksi ratkaisuksi, ja laitevalmistaja oli tyytyväinen kokeiluun. Laitevalmistaja uskoo, että tulevaisuudessa datan käyttö tuotekehityksessä vaikuttaa positiivisesti, heidän tuotteidensa laatuun.

Etäyhteyksratkaisuna hyödynnettiin reititintä 4G-modeemin kanssa, kaupallisen alustan laitetta Modbus-muuntimen kanssa sekä automaatiotoimittajan omaa ratkaisua. Turvallisen tiedonsiirron laitevalmistajan ja kaupallisen etähallintajärjestelmän välillä varmisti Site-to-Site-VPN-tunneli.

Alusta todettiin käyttökelpoiseksi ja helposti käyttöönotettavaksi. Se tarjoaa monipuolisia työkaluja datan keräämiseen ja analysointiin, mikä auttaa yritystä kehittämään tuotteitaan entistä paremmin asiakkaiden tarpeita vastaaviksi. Jatkossa voitaisiin tutkia, miten kerättyä dataa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi ennakoivan huollon suunnittelussa ja energian optimoinnissa.

LÄHTEET

Blank, A. G. (2004). *TCP/IP Foundations*. Sybex.

GeeksforGeeks. (9.7.2020). *Difference between IIOT and IOT*. <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-iiot-and-iiot/>

Empirica (i.a.). *Mikä on IOT?* <https://www.empirica.fi/iiot.html>

DNA. (i.a.). *ZTNA | Zero Trust Network Access*. <https://www.dna.fi/yrityksille/tietoturva/ztna>

Hakala, M., & Vainio, M. (2005). *Tietoverkon rakentaminen*. Docendo.

Hengitysliitto. (i.a.-a). *Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä*. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/koneellinen-tulo-ja-poistoilmanvaihto-2/>

Hengitysliitto. (i.a.-b). *Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä*. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihtojarjestelmat/painovoimainen-ilmanvaihto-2-2/>

MindsMapped. (18.4.2020). *What is Modbus Protocol?* <https://www.mindsmapped.com/what-is-modbus-protocol/>

Modbus. (24.10.2006a). *MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b* https://modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf

Modbus. (20.12.2006b). *MODBUS over serial line specification and implementation guide V1.02* https://modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf

Omakiinteistö. (24.5.2021). *Energiatehokas ilmanvaihto* <https://www.omakiinteisto.com/energiatehokas-ilmanvaihto/>

Paloaltonetworks. (i.a.). *What is a VPN?* <https://www.paloaltonetworks.com/cyberpedia/what-is-a-vpn>

RTA (i.a.). *AN INTRODUCTION TO MODBUS TCP/IP*. <https://www.rtautomation.com/technologies/modbus-tcpip/>

Sisäilmayhdistys. (2022). *Ilmanvaihdon perusteet*. <https://sisailmayhdistys.fi/sisailmatietoa/>

Talotekniikkainfo. (7.6.2023). *Ilmanvaihto*. <https://talotekniikkainfo.fi/sisaimasto-ja-ilmanvaihto-opas/8-ilmanvaihto>

Telia. (14.3.2023). *Näin IoT:n edut konkretisoituvat – kuusi esimerkkiä*. <https://www.telia.fi/yrityksille/artikkelit/artikkeli/nain-iot-edut-konkretisoituvat>