

**Petri Rasinaho**

# **KOMPRESSORIN ETÄSEURANTAYKSIKKÖ**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Toukokuu 2023**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Toukokuu 2023	<b>Tekijä/tekijät</b> Petri Rasinaho
<b>Koulutusohjelma</b> Insinööri (AMK), Sähkö- ja Automaatiotekniikka		
<b>Työn nimi</b> Kompressorin etäseurantayksikkö		
<b>Työn ohjaaja</b> Hannu Puomio	<b>Sivumäärä</b> 34	
<b>Työelämäohjaaja</b>		
<p>Opinnäytetyössä suunnitellaan ja toteutetaan kotimaiselle paineilmakuntosalilaitteita valmistavalle yritykselle kompressorin etäseurantayksikkö. Yksikkö on tarkoitettu osaksi muuhun jo valmiina olevaan etäseurantajärjestelmään, joka valvoo jo valmistajan tietokoneella varustettuja salilaitteita.</p> <p>Tutkimus rajataan siten, että opinnäytetyössä rakennetaan pelkästään kuntosalilaitteiden kompressorin etäseurantalaiteen yksikkö, joka mittaa käytössä olevan laitteen lämpötilaa, käyntiaikaa, säiliön- ja linjan paineen mittausta. Järjestelmään tehdään myös hälytysjärjestelmä, joka hälyttää suureen ylittäessä määritellyt raja-arvot. Tutkimuksessa luotiin järjestelmä, joka valvoo etänä pneumaattisten kuntosalilaitteiden kompuran toimintaa. Kompressorin etäseurantalaiteella luodaan näin lisäarvoa asiakkaan ostamalle laitteelle.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytetään kvalitatiivista toimintatutkimusta. Tutkimukseen teoreettinen viitekehys rakennetaan case -yritykseen liittyen. Tutkielman teoreettinen osa kerättiin eri lähteistä; kirjallisuudesta sekä työmateriaaleista. Tutkimus rajattiin käsittelemään case -yhtiön kuntosalilaitteiden kompressorin etäseurantayksikköä.</p> <p>Opinnäytetyö suoritetaan vuoden 2022–23 aikana</p>		

**Asiasanat**

Etäseurantalaite, kompressori,

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> May 2023	<b>Author</b> Petri Rasinaho
<b>Degree programme</b> Electrical and Automation engineering		
<b>Name of thesis</b> Compressors remote monitoring unit		
<b>Instructor</b> Hannu Puomio		<b>Pages</b> 34
<b>Supervisor</b>		
<p>In this thesis we will plan and execute compressors remote monitoring unit to domestic company how is manufacturing pneumatic gym equipment. The Unit is planned to be attached to already complete remote monitoring system that monitors already the manufacturer's gym equipment with computer.</p> <p>This research will be delimited so that in this thesis we will build remote monitoring unit only for pneumatic gym equipment compressors. This unit will have temperature, running time, oil level, tank- and line pressure measurements. In the system will also be alarm system, which will alarm if one of the quantities are exceeded. In the research was created a system that will monitor remotely activity of the pneumatic gym equipment's compressor. With the compressors remote monitoring unit, we will create more value for the equipment that the customer has bought.</p> <p>In this thesis we will use qualitative case studies as research method. Research theoretical frame of reference will be built related for the case-company. The theoretical part was collected from different sources; the literature together with work materials. Thesis was delimited to handle the case company's compressors remote monitoring unit.</p> <p>Research will be executed during 2022-23</p>		

<p><b>Key words</b> remote monitoring unit, Compressor,</p>
---

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 YRITYSESIITTELY</b> .....	<b>3</b>
<b>3 PAINEILMA</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 Kompressorit</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2 Mäntäkompressori</b> .....	<b>5</b>
<b>3.3 Mäntäkompressorin toimintaperiaate</b> .....	<b>6</b>
<b>4 KOMPRESSORIEN YLEISIMMÄT ONGELMAT</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 Kompressorin käyttötunnit</b> .....	<b>10</b>
<b>4.2 Kompressorin alimitoitus ja käyttöaste</b> .....	<b>11</b>
<b>4.3 Kompressorin moottorin öljymäärä</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4 Kompressorin moottorin kitka ja lämpötila</b> .....	<b>13</b>
<b>4.5 Kompressorin tuottama kondenssivesi</b> .....	<b>14</b>
<b>4.6 Kompressorin painerajat</b> .....	<b>15</b>
<b>4.7 Kompressorin moottorien toimivuuden todennus</b> .....	<b>16</b>
<b>4.8 Kompressorissa tai paineilmajärjestelmässä oleva vuoto</b> .....	<b>17</b>
<b>5 KOMPRESSORIN ETÄSEURANTAYKSIKÖN SUUNNITTELU</b> .....	<b>19</b>
<b>5.1 Suunnittelun alusta</b> .....	<b>19</b>
<b>5.2 Kompressorin moottoriyksikön lämmönmittaus</b> .....	<b>20</b>
<b>5.3 Kompressorin säiliön ja linjapaineen mittaus</b> .....	<b>21</b>
<b>5.4 Kompressorin moottoreiden käyntiajan mittaus</b> .....	<b>22</b>
<b>5.5 Kompressori</b> .....	<b>22</b>
<b>6 KOMPRESSORIN ETÄSEURANTAYKSIKÖN KASAUS</b> .....	<b>24</b>
<b>6.1 Raspberry tietokonealustan kasaus</b> .....	<b>24</b>
<b>6.2 Lämpötila-antureiden liittäminen</b> .....	<b>27</b>
<b>6.3 Paineantureiden liittäminen</b> .....	<b>29</b>
<b>6.4 Kiihtyvyyssanturin liittäminen</b> .....	<b>30</b>
<b>6.5 Antureiden liittäminen Raspberry tietokoneeseen</b> .....	<b>31</b>
<b>7 LOPPUYHTEENVETO</b> .....	<b>33</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>34</b>
<b>LIITTEET</b>	
<b>KUVAT</b>	
<b>Kuva 1. Case-yrityksen laitekoonpano salilla (Service Manual, 45)</b> .....	<b>3</b>
<b>Kuva 2. Mäntäkompressorin tärkeimmät osat (Mukaiillen service manual, 82)</b> .....	<b>6</b>

Kuva 3. Painekeytkin (Service manual, 85) .....	6
Kuva 4. Imusykli (Service manual, 81) .....	7
Kuva 5. Pakosykli (service manual, 81) .....	8
Kuva 6. Takaisiniskuventtiili (Service manual, 89).....	8
Kuva 7. Paineensäädin (Service manual, 84).....	9
Kuva 8. Kompressorin laitekapasiteetti/capacity taulukko (Service manual, 32) .....	10
Kuva 9. Öljyllisten kompressorien ilmavirta/air flow -taulukko (Service manual, 32).....	11
Kuva 10. Kompressorin öljysilmä ja täyttötulppa. (Mukaiillen service manual, 82) .....	12
Kuva 11. Kompressorin asennettuna vapaaseen ilmatilaan. ....	13
Kuva 12. Kompressorin asennettuna tiiviiseen kaappiin. ....	13
Kuva 13. Paineilmajärjestelmän vedenerotin (Service manual, 88.) .....	15
Kuva 14. Ehjä ja rikkinäinen painekeytkin.....	15
Kuva 15. 3-Sähkömoottorinen kompressorin (Mukaiillen Service manual, 33.) .....	16
Kuva 16. Paineilmajärjestelmä (Mukaiillen Service manual, 52.).....	17
Kuva 17. All in one Pc IEI AFL-Wo7A-N26. ....	19
Kuva 18. Raspberry -minitietokone ja analogialisälevy. ....	20
Kuva 19. Raspberry -minitietokoneen laatikko. ( <a href="#">Radioduo 2023</a> ).....	20
Kuva 20. Lämpötila-anturi Maxim integrated DS18S20. ( <a href="#">analog.com</a> ).....	21
Kuva 21. Paineanturi SMC PSE530. ( <a href="#">Elfa</a> ) .....	22
Kuva 22. Kiihtyvyyssanturi ADXL345. ( <a href="#">Components101</a> ).....	22
Kuva 23. JUN-AIR 2XOF302-40M (Service Manual, 33).....	23
Kuva 24. Muokattu kotelokokoonpano ja kasattu Raspberry -minitietokone lisälevyineen .....	25
Kuva 25. Kotelon avonaisen kannen ensimmäisen osan asennus.....	26
Kuva 26. Raspberry -minitietokonepaketin asennus.....	26
Kuva 27. Avonaisen kannen toisen osan asennus.....	26
Kuva 28. Päätypalan asennus.....	27
Kuva 29. Toisen päätypalan asennus .....	27
Kuva 30. DS18B20 liittäminen Raspberry 3 ( <a href="#">Adafruit 2023</a> ) .....	28
Kuva 31. Moottoriyksikön lämpötilan mittaus DS18S20 -anturilla .....	28
Kuva 32. PSE530 -antureiden kytkeminen ADC Pi Plus -levylle .....	29
Kuva 33. Säiliöpaineen mittaus PSE530 -anturilla.....	29
Kuva 34. Linjapaineen mittaus SMC PSE530 -anturilla .....	30
Kuva 35. Kiihtyvyyssanturi ADXL345EB kytkeminen.....	30
Kuva 36. Kiihtyvyyssanturi ADXL345EB moottoriyksikössä .....	31
Kuva 37. Lämpötila- ja kiihtyvyyssanturin liittimen kytkeminen.....	31
Kuva 38. Kaksi paineanturia sisältävän liittimen kytkeminen.....	32

## 1 JOHDANTO

Ajatus opinnäytetyöhön löytyi case -yrityksen huolto-organisaation tarpeesta seurata paineilmakuntosalilaitteiden ilmaa tuottavaa laitetta, kompressoria. Kuntosalilaitteita on myyty ympäri maailmaa, mutta laitteita valmistava yritys ei voi tietää kompressorien kunnosta mitään. Työn tarkoituksena on luoda kompressorin mukana toimitettava etäseurantajärjestelmä, joka voidaan liittää jo valmiina olevaan toiseen järjestelmään. Etäseurantajärjestelmää on siis jo käytetty laitteissa, joissa on tietokoneohjaus vuodesta 2013 alkaen. Etäseurantajärjestelmässä otetaan jo suunnitteluvaiheessa huomioon tilaajan tarpeet. Näitä ovat lämpötilamittaus, käyntiaikamittari, öljyn määrä sekä säiliön ja linjan paineen mittaus. Kaikkia suureita on tarkoitus tallentaa kyseiseen järjestelmään. Tähän tehdään myös hälytysjärjestelmä, joka hälyttää suureen ylittäessä määritellyt raja-arvot. Näillä ominaisuuksilla voidaan mitata kompressorin huollon tarvetta ja tehdä huoltotoimenpiteitä jo ennalta. Myös kompressorin alimitoitus salin laitekannalle on mahdollista todeta näillä mitattavilla suureilla.

Opinnäytetyössäni suunnittelen ja toteutan työn tilaajalle kahden eri painemittauksen ohjelman. Selvitän mahdollisten paineantureiden mittaustarkkuuden ja millä alueella mittauksen pitäisi tapahtua. Työssäni selvitetään myös mahdollisten lämpötila-antureiden mittaustarkkuus ja millä alueella mittaus tapahtuu sekä kompressorin käyntiajan mittauksen suunnittelu ja toteutus. Kirjallisuudesta selvitetään mahdollisia vaihtoehtoja mittauksen suorittamiseen. Kuitenkin tähän työhön on valikoitunut kaksi kompressorityyppiä case -yrityksen valintojen perusteella. Molemmat kompressorityypit ovat suoravetoisia mäntäkompressoreja. Toinen case -yrityksen kompressoreista sisältää öljyä ja toinen on öljytön.

Tutkimuskysymykseni muodostuu: kuinka seurataan paineilmakuntosalilaitteiden ilmaa tuottavaa laitetta, kompressoria?

Ensimmäinen luku on johdantoa. Toisessa luvussa esittelen opinnäytetyöni toimeksiantajaa. Kolmannessa ja neljännessä luvussa tarkastellaan paineilmaa sekä kompressorin yleisempiä ongelmia. Viidennessä ja kuudennessa luvussa esittelen opinnäytetyöni. Seitsemäs luku on loppuyhteenveto.

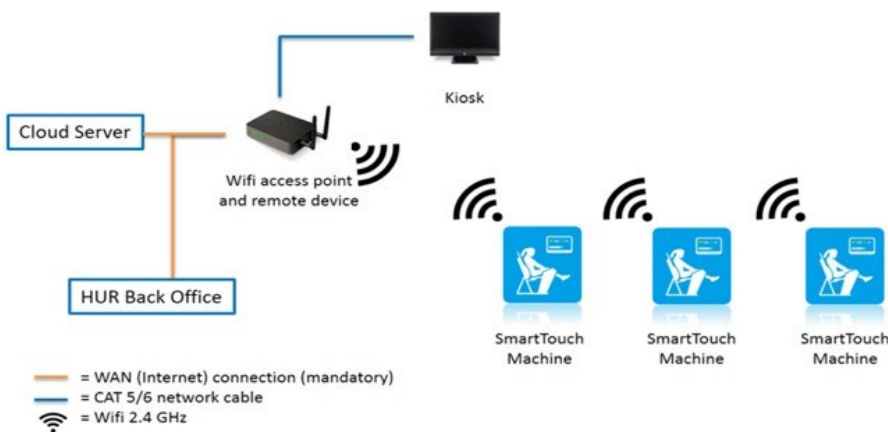
Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytetään kvalitatiivista tapaustutkimusta. Tutkimukseen teoreettinen viitekehys rakennetaan case-yritykseen liittyen. Tutkielman teoreettinen osa kerättiin eri lähteistä; kirjallisuudesta sekä työmateriaaleista. Tutkimus rajattiin käsittelemään case-yhtiön kuntosalilaitteiden kompressorin etäseurantayksikköä. Työn tuloksena laadittiin kuntosalilaitteiden kompressorin etäseurantayksikkö. Toimintatutkimuksessa tutkija on itse mukana toteuttamassa muutosta ja muutos saadaan aikaan. (Kananen 2013, 54, 57.)

Kvalitatiivisen tutkimuksen lähtökohtana on kuvata todellista elämää näkemyksenä, että todellisuus vaihtelee. Hirsjärvi ym. jatkaa, että on otettava huomioon se, ettei todellisuutta voi hajottaa mielivaltaisesti osiin, vaan tapahtumat vaikuttavat toisiinsa yhtä aikaan. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa kohdetta tutkitaan kokonaisvaltaisesti eikä objektiivisuutta ole mahdollista saavuttaa perinteisessä mielessä, koska tutkija ja tieto kietoutuvat saumattomasti toisiinsa. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tarkoituksena on pikemminkin löytää tai paljastaa tosiasioita kuin todentaa jo olemassa olevia väittämiä. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2009, 161.)

Tutkimustyön luotettavuutta tarkastellaan validiteetti- ja reliabiliteettikäsitteiden kautta. Kun tarkastellaan työn validiteettia, silloin pohditaan sitä, mittaako tutkimus niitä asioita mitä oli tarkoitus mitata tai tutkia. Reliabiliteetti paljastaa sen, kuinka luotettavasti ja toistettavasti tutkimusmenetelmä mittaa haluttua ilmiötä. (Kananen 2013. 114, 116.)

## 2 YRITYSESITTELY

Case -yritys on myynyt paineilma toimisia kuntosalilaitteita jo vuodesta 1989 ja tietokoneellisia kuntosalilaitteita jo vuodesta 2003 lähtien. Ensimmäiset laiteversiot eivät olleet yhteydessä ulkomaailmaan mitenkään, joten laitteiden etäseuranta oli silloin mahdotonta. Vuonna 2013 case -yritys toi markkinoille kuntosalilaittejärjestelmän, joka oli mahdollista kytkeä internetiin Ethernet kaapeilla, joten laitteiden etäseuranta mahdollisuus avautui käyttöön.



Kuva 1. Case-yrityksen laitekoonpano salilla (Service Manual. 45)

Uusin tietokoneella ohjattava laitemalli käyttää internetiin yhdistyäkseen saliin pystytettävää wlan yhteyttä. Laitteeseen saadaan nykyaikana otettua etäyhteys ja sen kautta voidaan tarkkailla laitteen antamia virheilmoituksia ja kuntosaliasiakkaan tekemiä kuntosaliharjoitteita. Tällä tavoin ennen kuin asiakkaalle tilataan huoltomies paikalle, on mahdollista etänä tarkistaa, onko laitteessa joku vika, mikä olisi mahdollista korjata etänä, esimerkiksi päivittämällä laitteen ohjelmaversiolla tai tarkistamalla, onko laitteen kalibrointi suoritettu oikein. Tällä tavoin saadaan myös kattava kuva laitteen viasta ja osasta, jossa mahdollinen vika on. Tämä on helpottanut laitteiden huoltoa huomattavasti aiempaan verrattuna, koska tällöin huolto-organisaatio joutui tukeutumaan ainoana tietona loppukäyttäjältä saamaansa vianselvitykseen. Laitteet on myös mahdollista päivittää viimeisimmällä ohjelmistoversiolla loppukäyttäjän toimesta. Entisissä versioissa laitteet jouduttiin käydä päivittämässä aina paikan päällä huoltohenkilökunnan toimesta, joka kuormitti huolto-osastoa paljon laitteiden yleistyessä globaalisti.

Loppukäyttäjälle toimitettavaan kuntosalikokonaisuuteen kuuluu aina kompressor, koska laitteet tarvitsevat paineilmaa harjoitteluvastuksen luomiseen. Se, että laitekokonaisuudessa tällä hetkellä myytävänä oleva kompressor on ainoa laite, jossa ei ole etäseurantajärjestelmää kertoo siitä, että kompresso-



ri on erittäin luotettava ja niissä on harvoin ongelmia. Kuitenkin laitevalmistajan huolto-organisaatio on ilmoittanut tarpeen sille, että kompressorit olisi hyvä olla osana etäseurantajärjestelmää. Tämä johtuu monestakin tekijästä. Kompressorien käyttöikä oikein huollettuna voi olla jopa yli 25 vuotta, mutta taas huolto-ohjeita laiminlyömällä tai mitoittamalla salille väärä kompressorit, voidaan saada kompressorin elinikä tippumaan muutamaan vuoteen.

Tällä hetkellä kompressorien ennakoivat huoltotoimenpiteet suoritetaan kuntosalien vuosihuolto-ohjelman mukaisesti käyttövuosien perusteella. Valitettavasti kaikilla loppukäyttäjillä ei ole kyseistä vuosihuoltosopimusta ja tällöin kompressorin kunnon seuraaminen jää loppukäyttäjälle itselleen mukana tulevien ohjeiden mukaisesti. Ennakoivilla huoltotoimenpiteillä pyritään minimoimaan mahdolliset kompressorin rikkoontumiset. Parempi metodi ennaltaehkäisevien huoltotoimenpiteiden suorittamiseen olisi suorittaa ne kompressorin käyttöasteeseen viitaten. Esimerkiksi voidaan myydä kaksi salia, missä on saman verran ilmaa tarvitsevia laitteita. Toisessa salissa kompressorit voi käydä koko ajan 100 prosentin syklillä ja toisessa salissa vain 50–20 prosentin syklillä. Mistä tämä voisi johtua? Tässä kyseessä olevassa kahden samanlaisen salin tapauksessa ero johtuu yleensä kuntosalin käyttöasteesta. Toisessa salissa, jossa kompressorit toimii 100 prosentin syklillä, laitteita käyttävien loppukäyttäjien ikä saattaa olla esimerkiksi 35–40 vuotta, jotka käyttävät suuria vastuksia. Salia saatetaan myös käyttää ryhmissä tunnin välein niin, että jokaisella laitteella on aina henkilö. Tämä aiheuttaa salille suuren ilman tarpeen ja kompressorin kuormituksen. Taasen sali, jossa kompressorit toimii ainoastaan 50–20 prosentin syklillä saattaa olla esimerkiksi vanhustentalo. Loppukäyttäjän ikä on noin 70–90 vuotta ja vastukset, joita laitteilla käytetään, ovat minimaalisia. Tämä aiheuttaa tälle salille pienen ilman tarpeen ja vähäisen kompressorin kuormituksen. Kun kompressorit käytetään pitkään 100 prosentin syklillä, johtaa se käytössä olevan kompressorin eliniän huomattavaan lyhentymiseen ja myös kyseessä oleva kompressorit tarvitsisi ennaltaehkäisevien huoltojen aikaistuksen. Tämän esimerkin tarkoitus oli saada lukija miettimään kompressorin etäseurantayksikön tarpeellisuutta. (Service Manual)

### 3 PAINEILMA

Paineilma on kompressoitua ilmaa, joka on puristettu ylipaineeksi. Paineilmaa käytetään monessa eri kohteessa esimerkiksi työkaluissa, työkoneissa ja hengityslaitteissa. Mielestäni kaikille tutuin paineilman käyttökohde on kuitenkin auton renkaat, joiden sisällä on paineistettua ilmaa ja rengasta käytetään niin sanottuna säiliönä. Paineilmalaitteita käytettäessä on tärkeää muistaa, että ilma, josta paineistettu ilma tehdään, sisältää useita asioita. Riippuen ilman käyttötarkoituksesta, paineistettua ilmaa joudutaan ennen käyttöä putsamaan eri menetelmillä. (Wikipedia, 2023.)

#### 3.1 Kompressorit

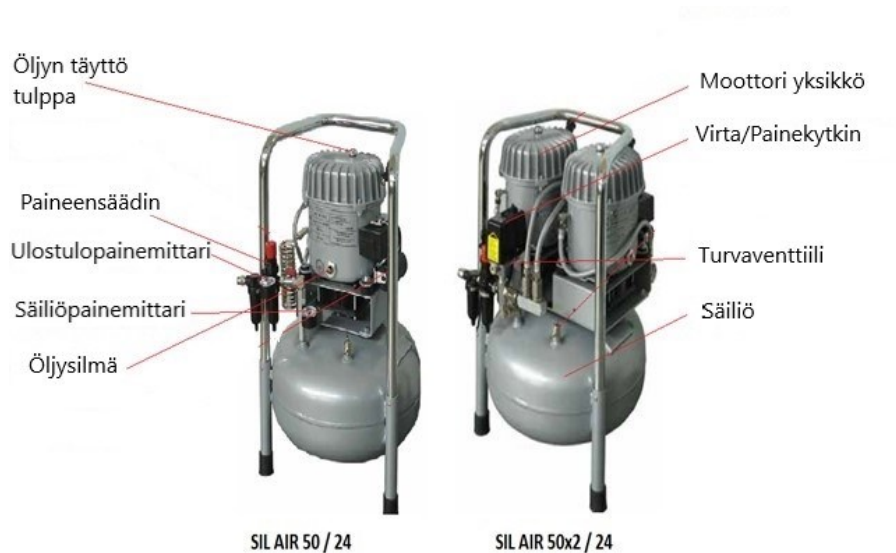
Kompressori on laite, jolla lisätään ilman painetta puristamalla sitä. Kompressoreita on montaa muutaakin tyyppiä, esimerkiksi ruuvi-, ja kalvokompressorit. Mäntäkompressorejakin on ainakin kahta eri tyyppiä, suoravetoiset ja hihnavetoiset. Näiden erot ovat, että suoravetoisessa mäntäkompressorissa sähkömoottorin akselille on kiinnitetty suoraan kampiakseli, joka liikuttaa mäntää. Hihnavetoisessa kompressorissa sähkömoottori on asennettu noin 50 cm päähän kompressorin sylinteriyksiköstä. Näiden kahden erillisen yksikön välillä pyörii hihna. Yleensä sähkömoottorin akselin päähän on asennettu halkaisijaltaan isompi hihnapyörä ja männän kampiakselia pyörittävään päähän huomattavasti pienempi hihnapyörä.

Kuitenkin tähän työhön on valikoitunut kaksi kompressorityyppiä case -yrityksen valintojen perusteella. Molemmat kompressorityypit ovat suoravetoisia mäntäkompressoreja. Toinen case -yrityksen kompressoreista sisältää öljyä ja toinen on öljytön. (Wikipedia, 2023.)

#### 3.2 Mäntäkompressori

Mäntäkompressori sisältää nimensä mukaisesti männän, jolla ilmaa puristetaan eri kokoisiin säiliöihin. Mäntäkompressorin sisältämät tärkeimmät osat ovat sähkömoottori, kiertokanki, kampiakseli, mäntä, sylinteri, sylinterinkansi ja venttiilit. Yksi-vaiheinen sähkömoottori pyörittää kampiakselia, jossa kiertokanki mäntineen on kiinni. Mäntä liikkuu sylinterissä ja sen kannessa olevat venttiilit mahdollistavat ilman puristamisen ja varastoimisen paineastiaan (tyypillisesti 24, 50 tai 100 litran vetoinen paineastia) takaiskuventtiilin kautta. Sähkömoottorin käynnistymistä ja sammumista ohjataan painekeytkimellä, joka määrittää, missä painerajassa kompressori käynnistyy ja sammuu. Kyseiset rajat käyttäjä voi itse määrittellä. Paineastiassa vallitseva paine voidaan muuttaa haluttuun arvoon paineensäätimellä. Näitä

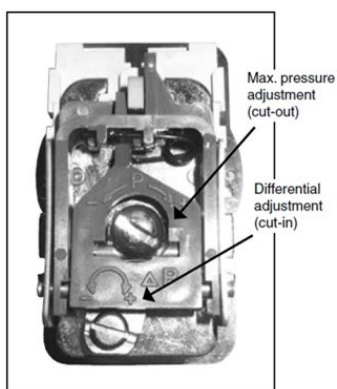
arvoja voidaan seurata mittareista, joista toinen sijaitsee ennen paineensäädintä ja toinen jälkeen. Turvallisuustoimena paineastiassa täytyy olla liitettyä hätävaroventtiili, joka estää ylipaineen muodostumisen paineastiaan. (Wikipedia, 2023.)



Kuva 2. Mäntäkompressorin tärkeimmät osat (Mukaillen service manual, 82)

### 3.3 Mäntäkompressorin toimintaperiaate

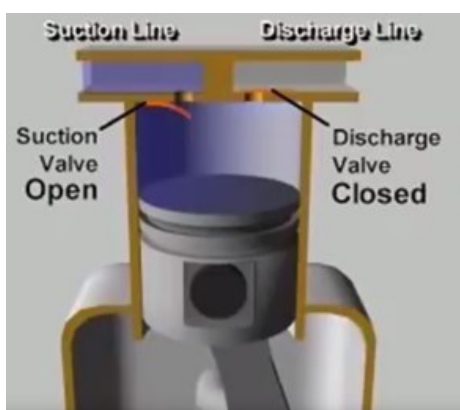
Kaikkien mäntäkompressorien perustoimintaperiaate on sama. Sähkömoottorilla liikutetaan mäntää, joka näin tehdessään puristaa ilman kasaan ja luo paineistettua ilmaa. Alla olevassa selityksessä perehdytään case -yrityksen valitsemien kompressorityyppien toimintamalliin. Kun kompressorin virtajohto laitetaan seinään, virta kulkee painekytkimelle saakka. Painekytkimessä on säädettävä yläpaineraja ja paine-ero eli delta P.



Kuva 3. Painekytin (Service manual, 85)

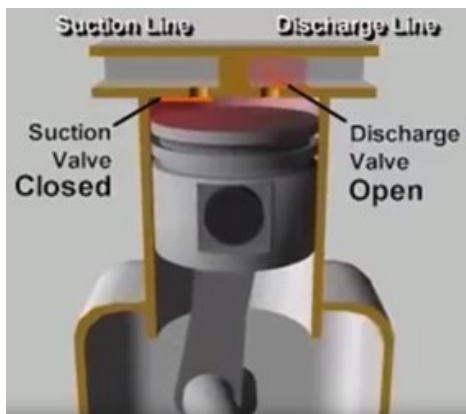
Yläpainerajalla (Max. Pressure adjusment) määritellään mihin painearvoon kompressorin sähkömoottori täyttää ilmasäiliön, esimerkiksi 13 Bar. Paine-erolla (Differential adjustment) taasen saadaan määriteltyä kompressorin sähkömoottorin uudelleenkäynnistysraja, esimerkiksi 11 Bar. Paine-eron minimi arvo on kaksi Bar ja on säädettävissä 2–6 Bar välillä. Eli kun kompressor saavuttaa 13 Bar, painekeytkin katkaisee virran kulun sähkömoottorille ja ilman tuotto katkeaa. Kun kompressorin ilmasäiliöstä käytetään paineistettua ilmaa, säiliön paine tippuu. Kun se taas saavuttaa alaraja-arvon, painekeytkin päästää virran läpi sähkömoottorille ja se alkaa pyörittämään moottorin akselin päähän kiinnitettyä kampiakselia liikuttaen näin myös mäntää. Tällöin ilman tuotto alkaa uudestaan.

Kompressorin sylinteri sisältää sylinterikannen eli venttiiliyksikön. Kun mäntä liikkuu pois päin kanasta (imusykli), venttiiliyksikössä sijaitseva metalliläppä päästää ilman sisään sylinteriyksikössä sijaitsevasta imukanavasta.



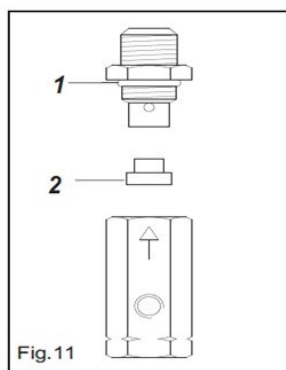
Kuva 4. Imusykli (Service manual, 81)

Kun taasen mäntä liikkuu sylinteri kanteen päin (pakosykli), tämä samainen metalliläppä tiivistää imukanavan ja mäntä puristaa ilman säiliöön.



Kuva 5. Pakosykli (service manual, 81)

Sähkömoottorin ja säiliön välillä on takaisiniskuventtiili, joka päästää paineen säiliöön moottorin käydessä. Moottorin sammussa takaisiniskuventtiilin tehtävänä on sulkea linja säiliöltä sylinteriin ja näin estää paineistetun ilman pois pääsy kompressorin säiliöstä.



Kuva 6. Takaisiniskuventtiili (Service manual, 89)

Säiliöstä otetaan käyttöön painetta paineensäätimen kautta, jolla voidaan säätää kompressorista ulos tuleva paine haluttuun arvoon. Tässä tapauksessa 9.9 Bar. Paineen säädintä ennen on yleensä hana, millä voidaan sulkea paineen pääsy kompressorista eteenpäin ja näin suorittaa esimerkiksi korjaustöitä kompressorista lähtevälle paineilmalinjastolle tyhjentämättä kompressorin paineilmasäiliötä kokonaan. (Wikipedia. & air-craft.)



Kuva 7. Paineensäädin (Service manual, 84)

## 4 KOMPRESSORIEN YLEISIMMÄT ONGELMAT

Tällä hetkellä maahantuojalta löytyy taulukot, montako paineilmalla toimivaa kuntosalilaitetta voidaan liittää heillä myynnissä oleviin kompressoreihin.

Oil Compressor				
Equipped with manual drain and cooling coil and fan				
product name	50/10	50/24	50x2/24	150/50
air flow	32l/min/8 bar	28l /min / 9,9 bar	56l / min / 9,9 bar	84l / min / 9,9 bar
working pressure	8-9,5 bar	10-13 bar	10-13 bar	9,5-11,5 bar
capacity	1-2 devices with 50% duty circle	1 to 4 devices with 50% duty circle	1 to 8 devices with 50% duty circle	1 to 12 devices with 50% duty circle

Kuva 8. Kompressorin laitekapasiteetti/capacity taulukko (Service manual, 32)

Nämä taulukot voivat pettää, jos salin käyttöaste on liian suuri. Kuitenkin on mahdotonta tietää kuntosalin paineilman tarvetta aivan tarkalleen etukäteen. Myös kompressorin muun kunnan seuranta on tällä hetkellä salin loppukäyttäjän suoritettava itse. Tämä tilanne useasti johtaa laiminlyönteihin/unohduksiin, jotka pystyttäisiin estämään etäseurantajärjestelmällä. Etäseurannalla saataisiin varmasti tarkennettua taulukoita ja ainakin etäseurantayksiköllä huomattaisiin valmiissa salissa olevan kompuran liian kova käyttöaste. Tällä tavoin olisi mahdollista suositella asiakkaalle joko kompressorin vaihtoa isompaan tai toisen kompressorin ostamista ja laitteiden jakamista kahden kompressorin välille. Tämä kaikki tapahtuisi ennen loppukäyttäjän ongelmien alkua. Alla kerron yleisimmistä ongelmista ja miten niiden seuranta on suoritettu. (Service manual & air-craft.)

### 4.1 Kompressorin käyttötunnit

Case -yrityksen ongelmana on kompressorin käyttötuntien/käyttöasteen seuranta. Käyttötunneilla tarkoitetaan aikaa, jolloin kompressorin moottori käy ja tuottaa ilmaa. Tällä hetkellä case -yrityksellä voi olla kaksi salia, jotka sisältävät saman määrän laitteita, mutta joissa viiden vuoden päästä kompressorin moottorit ovat käyneet eri määrän ja ovat näin erikuntoisia. Tätä suuretta ei tällä hetkellä mitata. Tämän takia on mahdotonta edes arvioida kompressorin käyttötunteja, joka johtaa siihen, ettei kompressorin ennaltaehkäiseviä huoltotoimenpiteitä suoriteta molemmissa kohteissa oikeassa ajassa. Käyttötuntilaskurilla voitaisiin seurata salin kompressorin käyttötunteja ja salin käyttöastetta vaivattomasti. Tämä helpottaisi kompressorin ennaltaehkäisevän huollon tarpeen arvioimista huomattavasti. (air-craft.net, 2023)

## 4.2 Kompressorin alimitoitus ja käyttöaste

Kompressoria on myös mahdollista käyttää yli 100 prosentin syklillä. Tämä tarkoittaa, että kompressorilta vaaditaan enemmän ilmaa (litraa/ minuutissa) kuin kompressori pystyy tuottamaan. Tämä tilanne yleensä vaatii usean kuntosalilaitteen samanaikaisen käytön ja siis liian korkean paineilman tarpeen kompressorilta. Tilanne voi olla hetkittäistä tai jatkuvaa. Tämä riippuu kuntosalin käyttöasteesta ja siihen valitun kompressorin ilman tuotosta (litraa/ minuutissa). Erimalliset kompressorit pystyvät tuottamaan vaihtelevan määrän paineistettua ilmaa. Kompressorin käyttöastetta tai alimitoitusta on mahdollista ennustaa nykyisillä maahantuojan taulukoilla.

Oil Compressor				
Equipped with manual drain and cooling coil and fan				
product name	50/10	50/24	50x2/24	150/50
air flow	32l/min/8 bar	28l /min / 9,9 bar	56l / min / 9,9 bar	84l / min / 9,9 bar
working pressure	8-9,5 bar	10-13 bar	10-13 bar	9,5-11,5 bar
capacity	1-2 devices with 50% duty circle	1 to 4 devices with 50% duty circle	1 to 8 devices with 50% duty circle	1 to 12 devices with 50% duty circle

Kuva 9. Öljyllisten kompressorien ilmavirta/air flow -taulukko (Service manual, 32)

Tilanne, jossa kompressorilta vaaditaan enemmän ilmaa kuin se pystyy tuottamaan, aiheuttaa sen eliniän huomattavaa lyhentymistä. Tässä tilanteessa ei kompressorin ennaltaehkäisevien huoltotoimenpiteiden aikaistaminen auta, vaan kompressori tulisi ensi tilassa vaihtaa malliin, joka pystyy tuottamaan ilmaa enemmän. Toinen vaihtoehto olisi ostaa lisäkompressori nykyisen rinnalle ja jakaa laitteet näiden kahden kompressorien välillä. Kuitenkin maahantuojan on tällä hetkellä mahdotonta tätä tietää ennen kompressorin ennen aikaista rikkoontumista tai asiakkaalta saatavaa palautetta vikatilasta. Kompressorin alimitoitus näkyy kuntosalin loppukäyttäjälle ja yleensä vaikuttaa kompressoriin liitettyjen laitteiden käyttötuntumaan. Kovan käyttöasteen aikana laitteet eivät mahdollisesti saavuta esim. 70–100 prosentin harjoitteluvastusta, vaan kuntosalilaitteet ilmoittavat virheen ”Laite ei voinut saavuttaa määrättyä harjoitteluvastusta.” ja näytössä oleva lukema ei vastaa kuntosaliharjoittelijan pyytämää harjoitteluvastusta. (air-craft.net, 2023)



### 4.3 Kompressorin moottorin öljymäärä

Jokainen moottori, jossa käytetään öljyä voiteluun, jäähtyäkseen ja kitkan minimointiin, kuluttaa öljyä jonkin verran. Öljyn kulutukseen vaikuttaa suuresti kompressorin käyttöaste, käyttötuntimäärä/ikä ja lämpötilat. Suurilla määrillä öljyn kulutuskin kasvaa suureksi ja pienellä öljyn kulutuskin on pientä. Kompressorin öljymäärän seuranta on kriittinen tieto kompressorin pitkän elinkaaren säilyttämiseen. Tällä hetkellä kompressorin öljymäärän seuranta kuuluu loppukäyttäjälle eli salin omistajalle/fysioterapeutille. Kompressorin öljymäärän voi tarkistaa moottorin kyljessä olevasta öljysilmästä. Öljymäärän seurannan laiminlyönti johtaa kompressorin eliniän huomattavaan lyhenemiseen tai totaaliin rikkoontumiseen.



Kuva 10. Kompressorin öljysilmä ja täyttötulppa. (Mukaillen service manual, 82)

Kompressorin öljymäärä vaikuttaa kolmella tavalla. Liiallinen öljymäärä ei vaikuta negatiivisesti kompressorin elinikään, mutta ylimääräinen öljy poistuu koneesta kondenssiveden mukana. Liian vähäinen öljymäärä taas nostaa männän synnyttämän kitkan määrää ja kompressorin käy paljon kuumempina. Tämä johtaa huonompaan ilmantuottokykyyn ja kompressorin männän ja sylinterin mahdolliseen vaurioitumiseen. Öljyttömyys aiheuttaa kompressorin takuuarman vaurioitumisen. Vaurioitumisen määrään vaikuttaa kaikissa yllä olevissa kohdissa se, kuinka kauan kompressoria käytetään vähäisellä öljymäärällä tai ilman öljyä. Jos tätä ei huomata tarpeeksi ajoissa, se johtaa kompressorin männän lämpöleikkaamisen kiinni sylinteriin, jolloin kompressorin moottoriyksikkö on käyttökelvoton ja kompressorin ei voi tuottaa paineilmaa. Kompressorin öljymäärä näkyy kuntosalin loppukäyttäjälle ja yleensä vaikuttaa kompressoriin liitettävien laitteiden käyttötuntumaan. Kompressorin käy normaalia kuumempina ja ilmassa saattaa leijua palaneen öljyn haju. Kompressoria käytettäessä ilman öljyä,

palaneen haju lisääntyy. Tämä saattaa johtaa jopa savun muodostumiseen ja palohälytykseen. (aircraft.net, 2023)

#### 4.4 Kompressorin moottorin kitka ja lämpötila

Kompressorin ollessa käynnissä, syntyy aina kitkaa ja lämpöä. Toisen näistä suureista lisääntyminen tai vähentyminen vaikuttaa myös toiseen suureeseen samalla tavalla. Valmistaja käyttää kahden tyyppisiä kompressoreja, öljyllisiä ja öljyttömiä. Öljyllisessä kompressorissa yllä mainittuihin suureisiin vaikuttaa käyttöaste, käyttötunnit/ikä, öljymäärä ja asennusympäristö. Öljyttömässä kompressorissa ainoastaan käyttöaste/käyttötunnit ja asennusympäristö vaikuttavat näihin suureisiin. Molempien kompressorityyppien riittävään jäähdytykseen vaikuttaa asennuspaikka, mihin kompressori on sijoitettu kuntosalissa. Esimerkkinä asennuspaikasta, kompressori voi olla asennettu laitteiden viereen vapaaseen ilmatilaan ja sen jäähdytys toimii parhaalla mahdollisella tavalla.



Kuva 11. Kompressori asennettuna vapaaseen ilmatilaan.



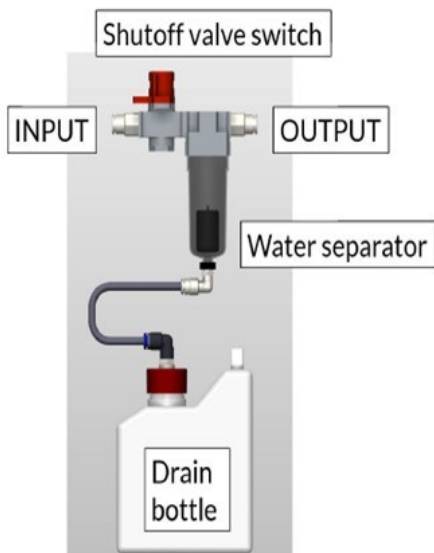
Kuva 12. Kompressori asennettuna tiiviiseen kaappiin.

Huonoin mahdollinen asennuspaikka kompressorille olisi, että se asennettaisiin tiiviiseen kaappiin tai siivouskomeroon, missä ei ole tarvittavaa ilmanvaihtoa. Tämä johtaisi kompressorin käyntilämpötilan kasvuun, joka tarkoittaisi suurempaa öljyn kulutusta ja kompressori myös tekisi enemmän kondenssinestettä. Kompressorin suuri kitka ja lämpötila vaikuttavat sen eliniän huomattavaan lyhentymiseen ja jos tilannetta ei huomata tarpeeksi ajoissa, se voi johtaa kompressorin rikkoontumiseen. Kompressorin kitka ja lämpötila näkyy kuntosalin loppukäyttäjälle ja yleensä vaikuttaa kompressorin liitettyjen laitteiden käyttötuntumaan. Kompressori käy normaalia kuumempana ja ilmassa saattaa leijua palaneen öljyn haju. Kompressorin rikkoontumisen jälkeen laitteet eivät saa luotua tarvittavaa vastusta laitteiden käyttöön, koska kompressori ei enää tuota paineilmaa. (air-craft.net, 2023)

#### **4.5 Kompressorin tuottama kondenssivesi**

Kompressori kondensoi aina vettä käydessään. Tämä johtuu lyhyesti siitä, kun kompressorissa oleva mäntä puristaa ilman kasaan, niin ilmassa olevat vesimolekyylit tiivistyvät puristuksesta ja kitkan aiheuttamasta kuumuudesta vesihöyryksi. Kondensoituvan veden määrään vaikuttavat tekijät ovat seuraavat; asennusympäristö, käyttöaste ja kompressorin käyttötuntimäärät.

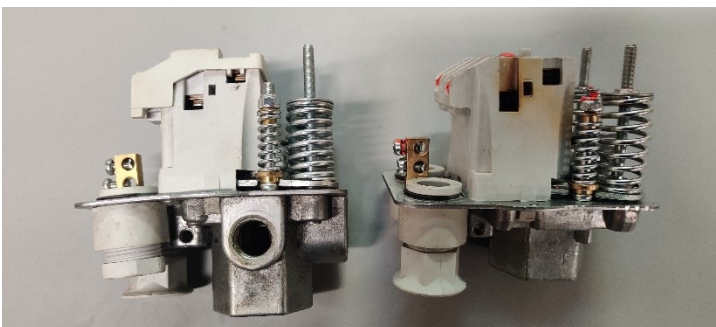
Asennusympäristössä vaikuttava tekijä on huoneen ilmankosteus. Mitä enemmän huoneessa on ilmankosteutta, sitä enemmän kompressori joutuu sitä kondensoimaan. Käyttöasteeltaan suuri kompressori kondensoi enemmän, koska kompressori tuottaa enemmän paineistettua ilmaa. Käyttötuntimäärä taas kertoo kompressorin iän. Mitä enemmän kompressorissa on käyttötunteja, sitä enemmän sen sisäiset osat ovat kuluneet ja kondenssiveden tuotto on suurempaa. Kondensoitunut vesi päättyy kompressorin ilmasäiliöön. Jos kondenssiveden tyhjennystä laiminlyödään, sitä pääsee ilman mukana laitteille asti ja se voi vaurioittaa pitkällä aikavälillä laitteen pneumaattisia osia. Saleille asennetaan aina vedenerotin paineilmajärjestelmään. (air-craft.net, 2023)



Kuva 13. Paineilmajärjestelmän vedenerotin (Service manual, 88.)

#### 4.6 Kompressorin painerajat

Jokaisessa kompressorissa on painerajat. Kompressorin tarvitsee niitä kolme kappaletta toimiakseen halutulla tavalla. Painerajat ovat nimeltään yläpaine, alapaine ja paine-ero eli **delta d**. Lyhyesti sanottuna, alapaine tai yläpaine ovat rajat, jossa kompressorin painekeytkin joko aloittaa tai lopettaa virranannon kompressorin sähkömoottorille ja paineilman tuottaminen alkaa tai loppuu. Kyseessä olevat painerajat myös määräävät sen, kuinka paljon paineistettua ilmaa kompressorin säiliö sisältää Bar - yksikössä. Ajan myötä kuitenkin kompressorin painekeytkin kuluu käytössä.



Kuva 14. Ehjä ja rikkinäinen painekeytkin.

Tämä muuttaa painekeytkimen toimintaa niin, että alapaineraja pysyy samana, mutta yläraja muuttuu paine-eron kasvaessa. Kun kompressorin yläpaine muuttuu kasvamalla, johtaa se siihen, että kompres-

sori kuormittuu enemmän ja sen elinikä lyhenee. Kyseinen ilmiö johtuu siitä, kun kompressorin joutuu käymään pidempään saavuttaakseen paineyksikön määräämän yläpainerajan. Mitä korkeammalle kompressorin joutuu painetta nostamaan, sitä kuluttavammaksi sen tuottaminen muuttuu.

Kompressorissa sijaitseva turvaventtiili saattaa myös toimia. Turvaventtiili toimii siinä vaiheessa, kun kompressorin ilmasäiliön paine nousee yli turvaventtiilin salliman rajan. Tämä riippuu turvaventtiilin mallista. Yleensä se on 12–17 Bar välillä. Tällä hetkellä valmistaja saa tiedon painekeytkimen kulumisesta ainoastaan huoltomiehen suorittaman vuosittaisen ennaltaehkäisevän huollon yhteydessä tai kun loppukäyttäjä soittaa kompressorin vikatilanteesta. Kompressorin painerajojen muuttuminen näkyy kuntosalin loppukäyttäjälle ja yleensä vaikuttaa kompressorin liitettyjen laitteiden käyttötuntumaan. Kompressorin käy normaalia kuumempina ja ilmassa saattaa leijua palaneen öljyn hajua. Kompressorin rikkoontumisen jälkeen, laitteet eivät saa luotua tarvittavaa vastusta laitteiden käyttöön, koska kompressorin ei luo enää paineilmaa. (air-craft.net, 2023)

#### 4.7 Kompressorin moottorien toimivuuden todennus

Case-yritys käyttää erilaisia kompressorimalleja, jotka saattavat sisältää 1–3 sähkömoottoriyksikköä. Hyvin harvoin itse sähkömoottorit vioittuvat, mutta käytän tässä kuitenkin moottoriyksikkötermiä. Moottoriyksikkö sisältää kompressorin painetta tekevän osan. Loppukäyttäjällä voi olla 1-3 moottoriyksikköinen kompressorin. Tällöin hänen on vaikea itse todentaa sitä, että kompressorissa olisi jotain vikaa moottoriyksiköissä.



Kuva 15. 3-Sähkömoottorinen kompressorin (Mukaiillen Service manual, 33.)

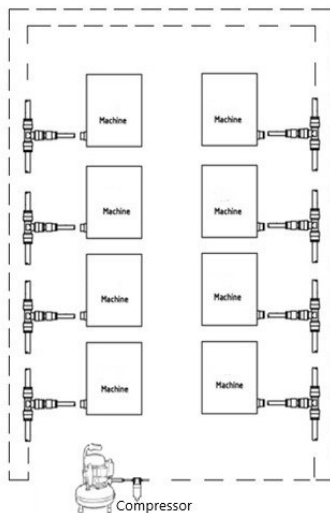
Esimerkiksi kolmen moottoriyksikköisestä kompressorista yksi moottoriyksikkö on rikki, eikä tuota paineistettua ilmaa. Kompressorin kuitenkin jatkaa paineistetun ilman tuottamista, koska siinä on vielä

kaksi toimivaa moottoriyksikköä. Tämä on loppukäyttäjän vaikea huomata, koska kompressorin toimii muuten normaalin oloisesti, sen toiminta on vain hitaampaa eikä se enää tuota samaa määrää (Litraa/minuutissa).

Huomattavasti helpompi loppukäyttäjän on huomata kaksi moottoriyksikköisen kompressorin toisen moottoriyksikön hajoaminen, koska tällöin kompressorin ilman tuotto tippuu huomattavasti (Litraa/minuutissa). Tämän ongelman löytymiseen vaikuttaa myös salin käyttöaste. Jos käyttöaste on suuri, eli laitteita käytetään useita samanaikaisesti korkeilla paineilla, niin kompressorin moottoriyksikön vioittuminen näkyy loppukäyttäjälle siinä, että kompressorin ei normaaliin tapaan pysty tuottamaan niin paljon paineistettua ilmaa. Tämä näkyy siinä, että käytettävät kuntosalilaitteet eivät saavuta korkeita 70–100 prosentin vastuksia. Kompressorin myös käy huomattavasti pidempiä ajanjaksoja. Taasen jos salin käyttöaste on pieni, loppukäyttäjällä ei välttämättä edes huomaa yhden moottoriyksikön vioittumista. (air-craft.net, 2023)

#### 4.8 Kompressorissa tai paineilmajärjestelmässä oleva vuoto

Case -yritys asentaa jokaiselle salille paineilmajärjestelmän, joka sisältää kuntosalilaitteita ja kompressorin. Laitteiden ja kompressorin välillä on letkuverkosto, josta laitteet saavat tarvitsemansa paineilman.



Kuva 16. Paineilmajärjestelmä (Mukaiillen Service manual, 52.)

Salilla oleva kompressorin on yleensä aina päällä eli kun kompressorissa painekeytkimen määritellyt alaraja alittuu, kompressorin sähkömoottoriyksikkö käynnistyy ja täyttää säiliön painekeytkimessä määritellyn yläraja-arvoon. Jos paineilmajärjestelmään tulee pieni vuoto, salin loppukäyttäjällä ei sitä välttä-

mättä huomaa. Ison vuodon, esimerkiksi letkun irtoamisen laitteesta, salin loppukäyttäjä huomaa, koska siitä kuuluva ääni on paljon isompi ja laitteet eivät toimi. Paineilmajärjestelmässä oleva pieni ilmapuoto aiheuttaa kompressorin sähkömoottoriyksikön tiheämpää käymistä, lämpötilan nousua ja kondenssiveden isompaa määrää. Paineilmajärjestelmässä oleva iso ilmapuoto aiheuttaa kompressorin jatkuvaa käymistä ja korkeaa lämpötilan nousua. Jos salin loppukäyttäjä ei huomaa isoa vuotoa esimerkiksi yön aikana, niin se saattaa pahimmassa tapauksessa johtaa kompressorin sähkömoottoriyksikön täydelliseen rikkoontumiseen. (air-craft.net, 2023)

## 5 KOMPRESSORIN ETÄSEURANTAYKSIKÖN SUUNNITTELU

Suunnittelun alkuvaiheessa jo päätettiin case -yrityksen kanssa, että prototyyppi kasattaisiin case -yritykseltä ja koululta löytyvistä osista, jotka olisivat kuitenkin yhteensopivia nykyisen etäseurantajärjestelmän kanssa. Tällä tavoin saataisiin prototyyppi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa valmiiksi. Etäseurantayksikön hinta pyritään saamaan mahdollisimman halvaksi, että sen hankinta salin loppukäyttäjälle olisi helpommin perusteltavaa. Suunnittelun seuraava vaihe olisi asentaa kompressorin etäseurantayksikkö case -yrityksen omalle kuntosalille mittaamaan kompressorin toimintaa. Mittaustulosten perusteella tehtäisiin havaintoja ja tarvittavia kehitysaskelaita tulevaisuuteen. Kompressorin etäseurantayksikköön suunniteltiin alustavasti mahdolliseksi kahden paineen mittausta, 2–3 moottorin käyntiajan mittausta ja 2–3 lämpötilamittausta. Prototyyppi päätettiin kasata kahden paineen mittauksella, yhden moottorin käyntiajan ja lämpötila mittauksella. Tällä kokoonpanolla saataisiin kaikki tarvittava data case -yrityksen jatkokehitystä varten. Näiden tarvittavien mittausten takia, kompressorin etäseurantayksikkö päätettiin koota suunnittelun jälkeen alta löytyvästä kokoonpanosta.

### 5.1 Suunnittelun alusta

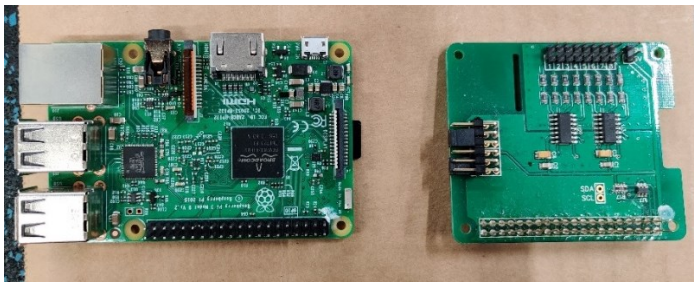
Kaikkien suunniteltujen mittausten toteutumiseen tarvittaisiin alusta, johon tarvittavat mittausanturit voitaisiin liittää. Projektin alkuvaiheessa käytiin keskustelua erilaisista vaihtoehtoista. Esimerkkinä case -yrityksellä olisi ollut tarjota 7” kosketusnäytöllä varustettu all in one pc (IEI AFL-Wo7A-N26), jota käytettiin älykorttilaitteiden edellisessä sukupolvessa. Tässä versiossa on kätevästi tietokone ja näyttö samassa paketissa, kuitenkin tämä vaihtoehto karsiutui pois nelin kertaisen hankintahintansa takia verrattuna muihin vaihtoehtoihin.



Kuva 17. All in one Pc IEI AFL-Wo7A-N26.



Koululla oli tarjota kaksi vaihtoehtoa, Raspberry 2 -minitietokone tai Arduino mikro-ohjain-/elektroniikka-alusta. Molemmat ovat saman hintaiset. Mietinnän jälkeen suunnittelun alustaksi valittiin Raspberry -minitietokone. Raspberry oli saatavilla olevista vaihtoehdoista lähimpänä case-yrityksen käyttämiä komponentteja. Myös käytettävä koodikieli sopisi case -yrityksen jo valmiin laitekannan kanssa yhteen helposti. Kone on pienikokoinen, halpa ja siihen on saatavilla kattavat lisävaruste mahdollisuudet, jotka lisäävät mahdollisten antureiden mittausten lisäämistä nyt ja tulevaisuudessa. Ensimmäinen kokoonpano sisälsi Raspberry -minitietokoneen ja analogialisälevyn, johon tarvittavat mittausanturit olisivat liitettävissä. Kokoonpanoon hankittiin myös kotelo Raspberry -minitietokoneelle mahdollisten vaurioiden välttämiseksi. Prototyypivaiheessa päätettiin käyttää mahdollisimman halpaa vaihtoehtoa. Tarkoituksena oli, että case -yritys suunnittelee ja toteuttaa 3D printerillä oikeanlaisen kotelon yksikölle, kunhan viimeinen kokoonpano on selvillä.



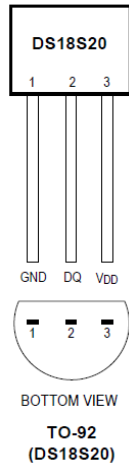
Kuva 18. Raspberry -minitietokone ja analogialisälevy.



Kuva 19. Raspberry -minitietokoneen laatikko. ([Radioduo 2023](#))

## 5.2 Kompressorin moottoriyksikön lämmönmittaus

Yhden lämmönmittauksen toteutukseen valittiin Maxim integrated DS18S20 -anturi. Anturi valittiin sen saatavuuden, hinnan, helpon asennettavuuden ja tarvittavan tarkkuuden perusteella. Mahdollisten mittaustulosten jälkeen, olisi mahdollista vaihtaa tarvittaessa anturin mallia, jos huomataan jotain parantamismahdollisuuksia.



Kuva 20. Lämpötila-anturi Maxim integrated DS18S20. ([analog.com](http://analog.com))

### 5.3 Kompressorin säiliön ja linjapaineen mittaus

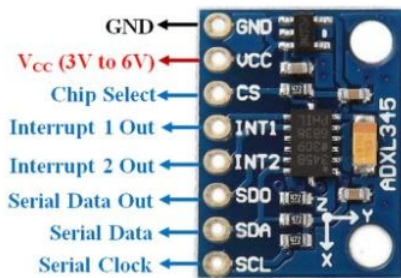
Kahteen eri paineen mittaukseen oli tarjolla case -yrityksen käyttämiä antureita. Antureita on käytetty paineen mittauksessa jo aika alkuvaiheesta lähtien case -yrityksen älykorttilaitteiden pneumatiikkalaitteissa, joilla säädetään laitteisiin haluttu paine. Testeihin valittiin uusin tällä hetkellä käytössä oleva versio *SMC PSE530* -paineanturi. Valinta perustui anturin saatavuuteen, pieneen kokoon ja case-yrityksen kokemuksiin ja tietoon anturista. Anturin valintaprosessissa kuitenkin heräsi huoli teknisen manuaalin perusteella, että anturin valinta saattaa aiheuttaa ongelmia, koska ne ovat suunniteltu mitaamaan ainoastaan 10 Bar asti (rated pressure range). Kuitenkin teknisistä manuaaleista selvisi, että testattu paine olisi 15 Bar saakka. Teimme case -yrityksen kanssa päätöksen siitä, että vaikka 10 bar jälkeen anturin mittaustuloksen tarkkuus kärsii. Se on kuitenkin käyttötarkoitukseen soveltuva ja riittävän tarkka käytettäväksi kasattavassa prototyypissä. Jos prototyypin kasaamisen jälkeen testausvaiheessa ilmenee ongelmia, voidaan anturi vaihtaa toisen tyyppiseen.



Kuva 21. Paineanturi SMC PSE530. ([Elfa](#))

#### 5.4 Kompressorin moottoreiden käyntiajan mittaus

Moottoreiden käyntiajan ja vikatilanteiden selvittämiseksi valittiin digitaalinen kiihtyvyyssanturi ADXL345EB. Anturin valinta perustui saatavuuteen, hintaan ja liitettävyyteen. Teoreettisesti anturilla pystytään kattavasti todentamaan sähkömoottorien käyntiajat, moottoriyksiköiden toimivuus ja järjestelmässä olevat paineilmavuodot.



Kuva 22. Kiihtyvyyssanturi ADXL345. ([Components101](#))

#### 5.5 Kompressori

Kompressoriksi valittiin JUN-AIR merkinen öljytön kompressori, mallia 2XOF302-40M. Kyseinen malli on sarjastonsa isoin ja se olisi sopiva tuottamaan ilmaa case -yrityksen kuntosalin laitteille.



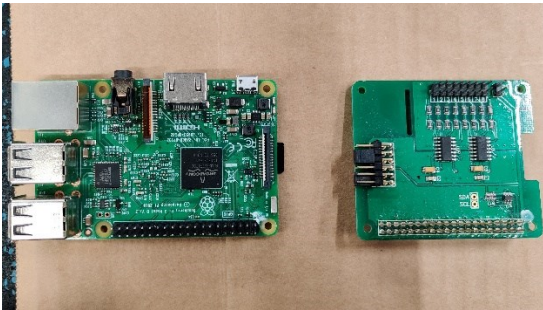
Kuva 23. JUN-AIR 2XOF302-40M (Service Manual, 33)

## 6 KOMPRESSORIN ETÄSEURANTAYKSIKÖN KASAUS

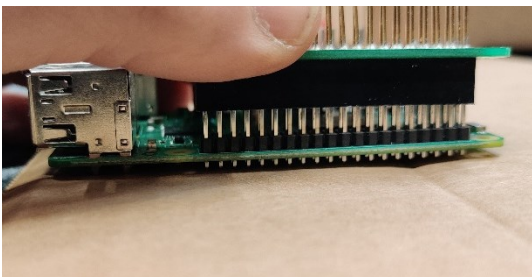
Kompressorin etäseurantayksikön suunnittelu oli saatu päätökseen ja seuraavaksi aloitettiin kasausvaihe. Kasausvaihe aloitettiin kaikkien tarvittavien osien hankinnalla. Toteutuksen aika alkuvaiheessa päivittyi Raspberry 2 uudempaan Raspberry 3 versioon. Uudempi malli oli kaikilta ominaisuuksiltaan parempi ja nopeampi, mutta tärkeimmäksi lisäominaisuudeksi nousi sisään rakennettu Wi-fi helpomman ja luotettavamman internetiin liitettävyyden takia. Tällöin tehtävä etäseurantayksikkö saataisiin liitettävä muuhun valmiiseen etäseurantajärjestelmään ilman internet kaapeleiden vetoa. Toki paikoissa, joissa ei ole mahdollista liittyä Wifi verkkoon voitaisiin käyttää kaapeliyhteyttä.

### 6.1 Raspberry tietokonealustan kasaus

Ensimmäisenä kasauksen kohteena oli itse alustan kasaus Raspberry -minitietokone ja siihen liitettävä analogialisälevy ADC Pi Plus. Analogialisälevy asennetaan minitietokoneen päälle yhteen sopivalla liittimellä, joka molemmista löytyy vakiona.



KUVA 24. Raspberry minitietokone ja analogialisälevy.



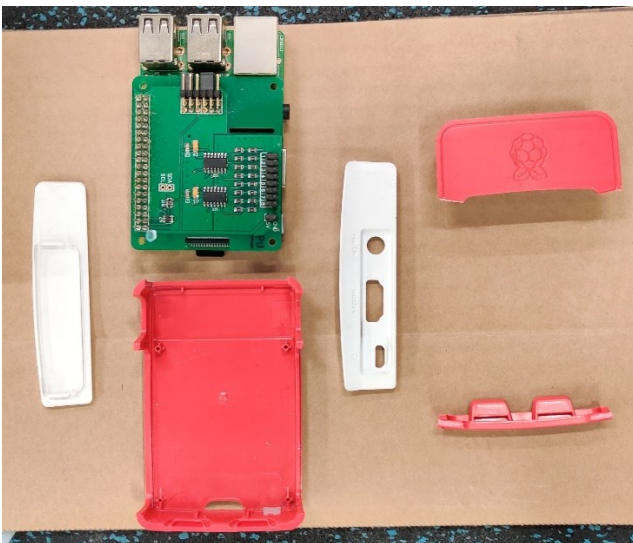
KUVA 25. Raspberry minitietokone ja analogialisälevy kasaus.

Seuraavaksi Raspberry -minitietokone lisälevyineen tulisi asentaa hankittuun suojakoteloon. Ensimmäisen kasausyrityksen aikana huomattiin, että hankittu kotelo ei ollut suunniteltu käytettäväksi analo-

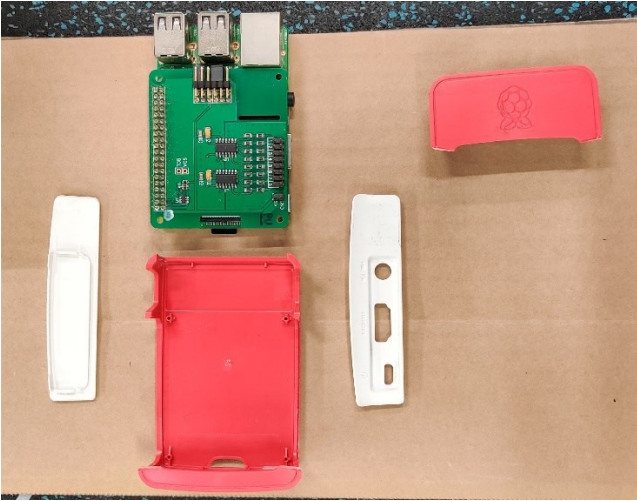
gialisälevy ADC Pi Plus kanssa. Case -yritys oli kuitenkin suunnittelemassa alustalle omaa koteloa, joten kasausvaiheessa tehtiin päätös käyttää protovaiheessa tätä koteloa muokattuna. Hankitusta kotelosta poistettiin päällimmäinen umpikansi ja muokattiin avonaista kantta poistamalla ohuet pitkät sivut niin, että kaapelit liittimiseen mahtuisivat kotelon sisälle.



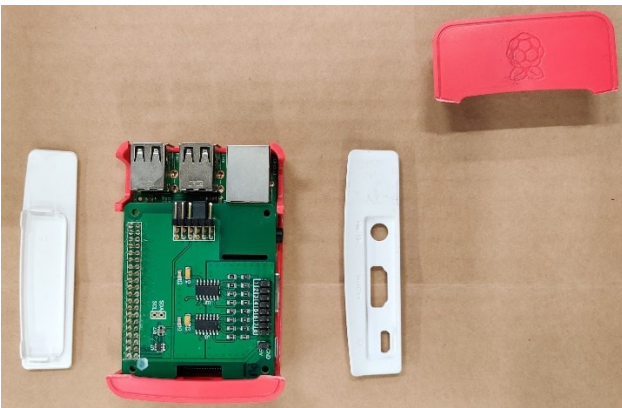
KUVA 26. Alkuperäinen kotelokokoonpano



Kuva 27. Muokattu kotelokokoonpano ja kasattu Raspberry -minitietokone lisälevyineen



Kuva 28. Kotelon avonaisen kannen ensimmäisen osan asennus



Kuva 29. Raspberry -minitietokonepaketin asennus



Kuva 30. Avonaisen kannen toisen osan asennus



Kuva 31. Päätypalan asennus



Kuva 32. Toisen päätypalan asennus

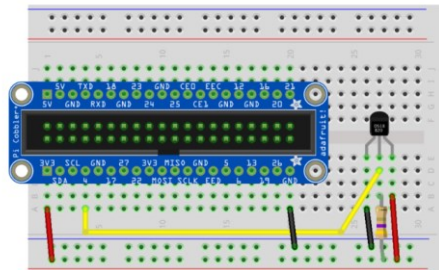
Raspberry -minitietokoneyksikön ja sen kotelon kasaus oli saatu päätökseen. Kokonainen yksikkö oli nyt valmiina siirrettäväksi kompressoriin.

## 6.2 Lämpötila-antureiden liittäminen



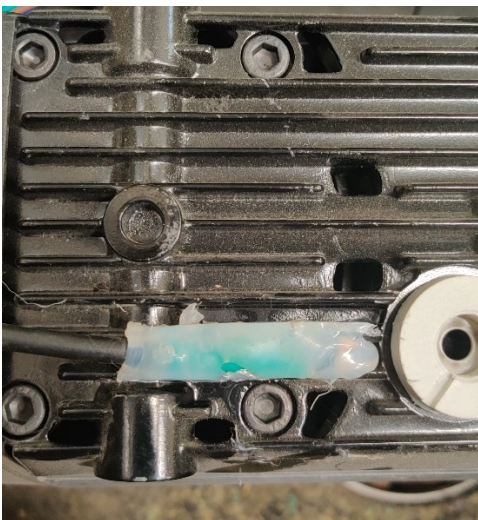
Lämpötila-anturin kaapelit tulisi juottaa tinalla analogialevyssä oleviin tinnihin. Päätimme kuitenkin mahdollisen liikuteltavuuden ja huoltotilanteiden takia laittaa väliin vielä liitinriman. Tämä helpottaisi osien vaihtoa tulevaisuudessa.

40-Pin (A, B, B+ and Zero) Cobbler Plus Schematic



Kuva 33. DS18B20 liittäminen Raspberry 3 ([Adafruit 2023](#))

Ennen anturin liittämistä tuli selvittää johdotukset. Tämä tieto löytyi melko helposti internetistä ja se varmistettiin vielä tarkastelemalla molempien Raspberryn ja anturin datalehtisiä. Liittämisessä tuli huomioida, että anturi tarvitsee niin kutsutun ylös veto vastuksen 4.7–10 kilo ohmin väliltä kahden liittimen (DQ) ja Raspberryn 3.3 v lähdön välille. Kun anturin johdotukset oli saatu tehtyä seuraavaksi, tulisi etsiä kompressorista paikka, mistä haluamme lämpötilaa mitata. Kompressorin kuumin paikka on moottoriyksikkö, joka tekee paineilmaa. Asensimme lämpötila-anturin kompressorin moottoriyksikön päälle ja varmistimme kiinnityksen kuumaliimalla.



Kuva 34. Moottoriyksikön lämpötilan mittaus DS18S20 -anturilla

### 6.3 Paineantureiden liittäminen

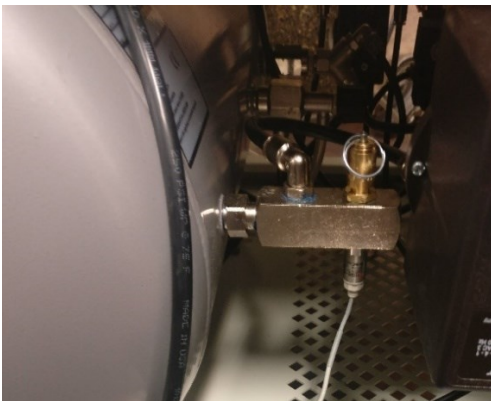
Ennen paineantureiden liittämistä tuli selvittää johdotukset. Tämä tieto löytyi melko helposti internetistä ja se varmistettiin vielä tarkastelemalla molempien Raspberryn ja anturin datalehtisiä.

	Sensor cable color
DC (+) Power supply	Brown
DC (-) GND	Blue
Analog output (1 to 5 V)	Black

1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7.Musta	7.Sininen
8.musta	8.Sininen
5v/ruskeat	GND

Kuva 35. PSE530 -antureiden kytkeminen ADC Pi Plus -levylle

Kun anturin johdotukset oli saatu tehtyä seuraavaksi, tulisi etsiä kompressorista paikka, mistä haluanne paineilman määrää mitata. Toinen antureista laitettiin suunnitelman mukaisesti mittaamaan säiliön painetta ja toinen kompressorista lähtevän ilman painetta. Paikat kompressorista löytyivät aika helposti.



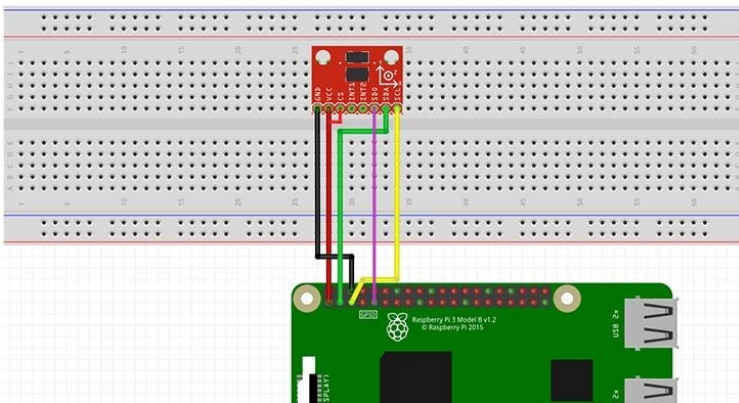
Kuva 36. Säiliöpaineen mittaus PSE530 -anturilla



Kuva 37. Linjapaineen mittaus SMC PSE530 -anturilla

#### 6.4 Kiihtyvyyssanturin liittäminen

Kiihtyvyyssanturin liittäminen alkoi selvittämällä johdotukset. Anturin liittämiseen löytyi muutama tapa. 4-johtoinen kytkentä ja 6-johtoinen kytkentä. Päädyimme 6-johtoiseen kytkentään, koska se mahdollistaa laajemman käytön tulevaisuudessa.



Kuva 38. Kiihtyvyyssanturi ADXL345EB kytkeminen

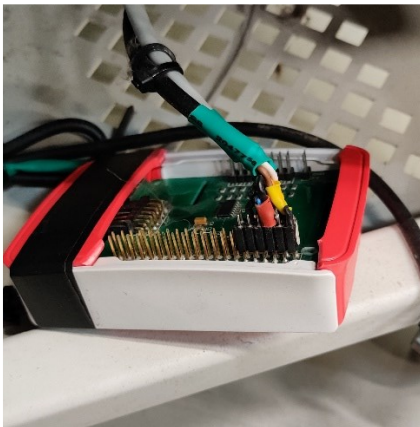
Kun anturin johdotukset oli saatu tehtyä, seuraavaksi tulisi etsiä kompressorista paikka mistä haluamme käyntiaikaa mitata. Kompressorin eniten liikkuva paikka on moottoriyksikkö, joka tekee paineilmaa. Asensimme kiihtyvyyssanturin kompressorin moottoriyksikön päälle ja varmistimme kiinnityksen kuumaliimalla.



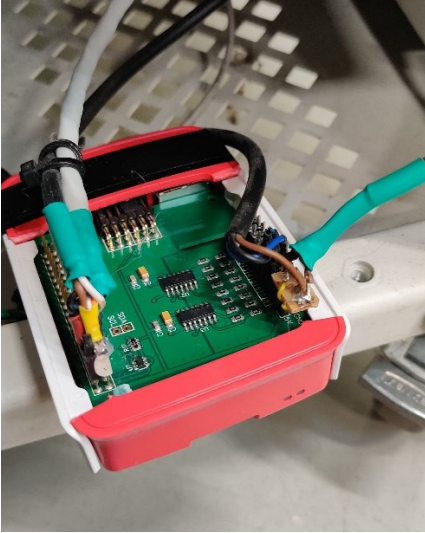
Kuva 39. Kiihtyvyyssanturi ADXL345EB moottoriyksikössä

## 6.5 Antureiden liittäminen Raspberry tietokoneeseen

Anturit oli saatu kytkettyä haluttuihin paikkoihin kompressorissa ja kaapelit liittimiseen oli saatu vedettyä paikkaan, johon Raspberry minitietokone kompressorikotelon sisällä asennettaisiin. Tämän jälkeen edessä oli enää liittimien liittäminen Raspberry minitietokonepakettiin.



Kuva 40. Lämpötila- ja kiihtyvyyssanturin liittimen kytkeminen



Kuva 41. Kaksi painanturia sisältävän liittimen kytkeminen

## 7 LOPPUYHTEENVETO

Työn lopputuloksena case -yritykselle toteutettiin kompressorin etäseurantajärjestelmä, johon case-yritys toteuttaa ohjelman koodauksen. Nykyisellä järjestelmäkoonpanolla pystytään seuraamaan kompressorin yleisimpiä ongelmia ja vikatilanteita. Kompressorin etäseurantajärjestelmän tutkimus ja kehitys jatkuu vielä tämän työn jälkeen yhteistyössä case -yrityksen kanssa. Muutamia ideoita jouduttiin jättämään vielä tämän työn aikana pois niiden laajuuden takia, eikä valitettavasti aika riittänyt kaikkien ideoiden toteuttamiseen. Alla muutamia kehitysideoita.

Öljyn ja kondenssiveden mittaus antureilla jätettiin laajuutensa takia tulevaisuuteen. Päädyttiin siihen vaihtoehtoon, että kompressorin öljyn ja kondenssiveden seuranta suoritetaan ohjelmasta käsin. Ohjelma lähettää sähköpostilla muistutusviestin ohjelmaan määritellylle kompressorin loppukäyttäjälle. Loppukäyttäjä käy ohjelmassa kuittaamassa tyhjentämänsä kondenssiveden ja lisäämänsä öljyn määrän. Ohjelma seuraa yllä mainittujen suureiden määrää ja tämän perusteella aikatauluttaa uudet tarkistusajat. Tällä tavalla pyrittiin minimoimaan kompressorin loppukäyttäjän huoltotoimenpiteiden määrä.

Öljymäärän mittaus tulevaisuudessa olisi mahdollista suorittaa lisäämällä esimerkiksi kamera kompressorin öljysilmään. Ohjelma käskisi kameraa ottamaan kuvan 5 minuuttia sen jälkeen, kun kompressorin sähkömoottoriyksikkö on käynyt ja sammunut. Ohjelma vertaisi sitä määriteltyyn raja-arvokuvaan. Jos otetun kuvan öljymäärä alittaisi raja-arvon, ohjelma ilmoittaisi siitä ruudussa ja sähköpostilla loppukäyttäjälle. Tämän tapainen ratkaisu antaisi öljymäärän seurantaan parhaan mahdollisen tuloksen. Kuitenkin öljymäärän mittaus päätettiin jättää tässä vaiheessa projektia vielä tutkintavaiheeseen oikeanlaisen mittaustavan löytämiselle.

Tulevaisuudessa kompressorin alimitoituksen ja käyttöasteen mittaus olisi mahdollista suorittaa lisäämällä kompressorista lähtevään paineletkuun virtausanturi ja näin verrata letkussa virtaavan ilman määrää kompressorin maksimi tuottomäärään (litraa/ minuutissa). Tietoa voitaisiin käyttää kompressorin alimitoituksen tutkintaan ja vertailemaan erilaisia saliympäristöjä. Kun kompressorilta vaadittu ilmamäärä (litraa/ minuutissa) olisi isompi kuin kompressorin maksimi ilman tuottomäärä, aiheuttaisi se ohjelmassa hälytyksen. Tämä antaisi valmistajalle paremman kuvan kompressorien mitoituksesta eri käyttäjäkunnille. Kuitenkin suunnittelun alkuvaiheessa päätettiin, että kahden paineanturin avulla saadaan järjestelmästä riittävä tieto kompressorin alimitoituksen todentamiseen tässä vaiheessa. Joten projektissa luovuttiin virtausanturin käytöstä.

## LÄHTEET

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15., uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Suomen Yliopistopaino Oy.

Wikstén, Ralf, P.2009. Virtauskoneet. Espoo: Teknillinen korkeakoulu

Wallin, Pekka, P.1997. Sähkömittaustekniikan perusteet. Helsinki; Espoo: Otaniemi

Wikipedia. 2023. Paineilma. Saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Paineilma>. Viitattu 7.5.2023

Wikipedia. 2023. Kompressori. Saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kompressori> Viitattu 7.5.2023

Adafruit. 2023. 40-Pin (A, B, B+ and Zero) Cobbler Plus Schematic). Saatavissa <https://learn.adafruit.com/adafruits-raspberry-pi-lesson-11-ds18b20-temperature-sensing/hardware>. Viitattu 28.4.2023

Maxim integrated. 2023. DS18B20 Programmable Resolution 1-wire Digital Thermometer. Saatavilla: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf>. Viitattu 28.4.2023

Pimylifeup. 2023. Raspberry Pi ADXL345 Accelerometer Setup. Saatavilla: <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-accelerometer-adxl345/>. Viitattu 29.4.2023

Analog. 2023 data sheet. Saatavilla: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>. Viitattu 2.5.2023

Air-craft. 2023 Sil-Air Manual. Saatavilla: <https://www.air-craft.net/acatalog/Sil-Air-Manual.pdf>. Viitattu 3.5.2023