

Paavo Harju

**KONEHUONEEN
ILMANVAIHTOLUUKKIJEN
ETÄKÄYTÖN SUUNNITTELU
T/B CASTORIIN**

Opinnäytetyö
Merenkulun insinööri

2019



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä Paavo Harju	Tutkinto Insinööri, merenkulku (AMK)	Aika Joulukuu 2019
Opinnäytetyön nimi Konehuoneen ilmanvaihtoluukkujen etäkäytön suunnittelu T/B Castoriin		45 sivua
Toimeksiantaja AS Alfons Häkans Oy Suomen sivukonttori		
Ohjaaja Joel Paananen		
Tiivistelmä <p>AS Alfons Häkans -yhtiön hinaaja Castorin konehuoneen ilmanvaihtoluukkujen manuaalinen operointi sisältää työturvallisuusriskin, joka vähenisi oleellisesti luukkujen toimiessa etäkäyttöisesti. Satamahinaajakäytössä koneiston lukuisten käynnistysten ja sammutusten takia luukkujen operointi muodostaa paljon työtä. Lisäksi etäkäyttöisissä luukuissa on energiansäästöpotentiaali.</p> <p>Tapaustutkimus-tyyppinen opinnäytetyö käsittää suunnitelman muutostyöstä, jolla edellä mainittu ongelma ratkaistaan. Työssä esitellään valitut tekniset ratkaisut, toimintaperiaatteet, laitteiden mitoitus ja hankinta ja näiden seikkojen pohjalta laadittu spesifinen suunnitelma projektin toteutuksesta. Suunnitelman eteneminen ja onnistuminen on käsitelty suunnitteluprosessikaavion avulla. Opinnäytetyössä analysoidaan syitä miksi juuri kyseisen kaltainen toteutus olisi sopiva vaihtoehto. Asennussuunnitelman lisäksi opinnäytetyössä analysoidaan ilmanvaihtoluukkujen etäkäyttöisiksi muuttamisen merkityksiä kohdealuksen työturvallisuuden, taloudellisten näkökohtien ja tulevaisuuden optioiden osalta.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusmenetelmän valinta onnistui ja tutkimuksilla saatiin käyttökelpoisia tuloksia, joita voidaan yleistää myös toisiin samankaltaisiin sovelluksiin.</p>		
Asiasanat konehuone, ilmanvaihto, automaatio, pneumatiikka, työturvallisuus		

Author	Degree	Time
Paavo Harju	Bachelor of Engineering	December 2019
Thesis Title Design of remote control for engine room ventilation hatches for tug Castor		45 pages
Commissioned by AS Alfons Håkans finnish branch		
Supervisor Joel Paananen		
<p>Manual operation of engine room ventilation hatches of AS Alfons Håkans's tug Castor includes an occupational safety risk which could be diminished by a remote control of the hatches. On harbor tugs, the manual operation of hatches generates a significant amount of manual labor due to the great number of starts and stops of the engine room machinery. Remote operation also offers energy saving potential.</p> <p>The aim of this case study thesis was to establish a plan to solve aforementioned problem. The thesis presents technical solutions, functional principles as well as dimensioning and procurement of the equipment. A project implementation plan is presented based on research as a flow chart which represents the progress of the plan. The feasibility of the presented solution is analysed in the thesis. The remote control of ventilation hatches is also analysed with respect to occupational safety, economical aspects and future options related to the target vessel.</p> <p>The research method of the thesis was successful and useful results were obtained which can be generalized to other similar applications.</p>		
Keywords engine room, ventilation, automation, pneumatics, occupational safety		

SISÄLLYS

KUVALUETTELO	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Hinaaja Castorin lyhyt esittely	9
1.2 Castorin ilmanvaihtosysteemi ja sen erityispiirteet	9
1.3 Konehuoneen luukut	11
2 SUUNNITTELUN TAVOITTEITA JA LÄHTÖKOHTIA	12
2.1 Suunnitteluprosessikaavio.....	14
2.2 Käyttövoiman valinta	15
2.3 Sähkön valinta ohjausjärjestelmään	16
2.4 Toimilaitteiden mitoitus ja valinta.....	16
2.5 Suunnitelman sovittaminen toimeksiantajan toiveisiin.....	20
3 ASENNUSSUUNNITELMA	20
3.1 Systemin sähköistys.....	20
3.2 Systemin käyttövoimana paineilma	22
3.3 Control center – Rittal-peltikaappi komponentteineen.....	24
3.4 Käyttöpaikat	26
3.5 Laitetoimittajia	29
4 BUDJETTI	30
5 TOTEUTUS.....	31
6 LAITTEISTON KÄYTTÖ JA HUOLTO.....	32
6.1 Ohjauksen ideologia eli Control centerin toiminta	32
6.2 Sylinterin paineensäätö	34
6.3 Toiminta vikatilanteissa	35
6.4 Huolto ja hoito	36
7 PROJEKTIN MERKITYKSET	37
7.1 Taloudelliset ja ympäristölliset vaikutukset.....	37
7.2 Turvallisuusnäkökohdat.....	39

7.3	Optiot.....	41
7.4	Yleistettävyys	42
8	YHTEENVETO.....	43
	LÄHTEET	44

KUVALUETTELO

Kuva 1. Hinaaja Castor. Kuva: Harju 2019.....	9
Kuva 2. Castorin koneosaston verstaan tuloilmakanava. Kuva: Harju 2019 ..	11
Kuva 3. Castorin kansirakennelman takaosa. Etualalla näkyvät kaksi ilmanot- toluukku. Taustalla näkyy SB-puolen korsteeniluukku, josta ilma poistuu. Kuva: Harju 2019.....	12
Kuva 4. Suunnitteluprosessikaavio. Kuva: Harju 2019	14
Kuva 5. BB -puolen korsteeniluukku. Huomaa alkuperäinen, mekaaninen aukipitotanko ja sangen pieni avauma. Kuva: Harju 2019.....	17
Kuva 6. Luukkujen 3D-hahmottelua Inventor-ohjelmalla mitoitusta varten. Kuva: Harju 2019.....	18
Kuva 7. Norgen sylinteri PRA/802032/M/3002 päätykappaleineen. Kuva: Nor- gren tuote-esite s.a.....	19
Kuva 8. Konevalvomon UPS250-DC -sähkökaappi. Johdonsuojakytkin F15 ympyröity. Kuva: Harju 2019	21
Kuva 9. Konevalvomon UPS250-DC -sähkökaappi. Punainen viiva kuvaa jär- jestelmän syöttökaapelin reittiä konevalvomosta konetopille. Kuva: Harju 2019.....	21
Kuva 10. Laitteiden ja putkilinjojen sijoittelun hahmottelu. Kuva: Harju 2019 ..	23
Kuva 11. Paineilman ensiöpuolen komponenttien sijoittelu konetopin takareu- naan. Ympyrän sisällä näkyy laitteiden telineen sijoituspaikka. Kuva: Harju 2019.....	23
Kuva 12. Rittal-peltikaappi, systeemin magneettiventtiileiden, sysäysreleiden ja muiden sähkötekniisten komponenttien sijoituspaikka. Kuva: Harju 2019...	25
Kuva 13. Control centerin sijoittelu konetopille. Sininen viiva kuvaa tulevaa paineilman syöttölinjaa, keltainen ja vihreä ovat ohjatut paineilmat korsteenei- hin asennettaville paineilmasylintereille. Kuva: Harju 2019	26
Kuva 14. Ilmanvaihtoluukkujen etäkäyttösystemin käyttöpainikkeiden ja merkkilamppujen sijoittelu päätaulun yhteyteen. Kuva: Harju 2019.....	27
Kuva 15. Käyttöpainikkeet sisältävän laitekaapin sijoittelu BB-korsteeniin. Kuva: Harju 2019.....	28
Kuva 16. 5/2 -magneettiventtiilin kytkentä. Kuva: Hulkkonen 2019	33
Kuva 17. Ohjausjärjestelmän kytkentäkaavio. Kuva: Harju 2019	34

Kuva 18. Castorin korsteeniluukut lämpökameralla kuvattuna, koneisto on pysäytettyä Kuva: Rautanen 2019	37
Kuva 19. Luukkujen manuaalista operointia. Kuva: Harju 2019	40
Kuva 20. ABB FENA-11 -taajuusmuuttaja. Kuvassa on ympyröitynä ohjelmoitavat releohjauslähdöt X6, X7 ja X8. Kuva: Harju 2019.....	42
Taulukko 1. Pääkomponenttien hinnat listattuna.....	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe syntyi Alfons Håkans -yhtiön omistaman hinaaja Castorin käytössä havaitusta tarpeesta hinaajan konehuoneen luukkujen muuttamisesta etäkäyttöisiksi. Kyseinen projekti on jalostuskelpoinen kokonaisuus meri-insinöörin opinnäytetyöksi. Projekti yhdistelee erilaisia koulutukseen sisältyviä kokonaisuuksia teorian, kirjallisen työn, asennustyön, mitoituksen ja laitteiden hankintojen suunnittelun osalta.

Nykyisellään Castorin konehuoneen ilmanvaihtoluukut on varustettu täysin mekaanisella aukipitosysteemillä. Avaaminen ja sulkeminen suoritetaan manuaalisesti ja tämä edellyttää joiltain osin riskialtista kurottelua ja ponnistelua.

Luukkujen etäkäytön tarpeellisuuteen vaikuttaa se, että satamahinaajakäytössä Castorilla tulee vuosittain noin 1000 ajo-operaatiota. Merkittävä osa näistä ajoista suoritetaan yksitellen, jolloin koneisto käynnistetään joka kerta erikseen.

Konehuoneen toiminta edellyttää, että ilmanvaihtoluukut sekä sisään tulevalle että poistuvalla ilmalle ovat auki aina kun koneita käytetään. Ilmanottoluukut, niin sanotut flektiluukut, sijaitsevat hieman suojaisemmassa paikassa. Niitä pidetään normaalisti aina auki. Periaatteessa ilmanpoistoluukut, niin sanotut korsteeniluukut, tulisi pitää suljettuna koneiston ollessa sammutettuna, etenkin talviaikaan. Luukuista pääsee kulkeutumaan sadevettä ja lunta konehuoneeseen.

Tarpeettomasti auki olevien luukkujen kautta nykyisin hukkaan kulkeutuvan lämpöenergian määrä ei ole tiedossa, mutta se lienee merkittävä. Luukkujen sulkeminen ja sulkematta jättäminen on käyttäjän harkinnan varassa (Rautanen 2019).

Mikäli ilmanvaihtoluukut olisivat etäkäyttöisiä, kynnyksen niiden sulkemiseksi mataltuisi oleellisesti. Castorin tekninen laatu parantuisi projektin myötä muutoinkin ajanmukaisemmaksi muun muassa manuaalisen työn keventyessä. Näistä lähtökohdista tätä opinnäytetyötä, eli luukkujen etäkäytön suunnittelua on ryhdytty tekemään.

Opinnäytetyöstä rajattiin pois käytännön asennustyöt ja ilmanvaihtoluukkujen etäkäyttöjärjestelmän luokittaminen.

1.1 Hinaaja Castorin lyhyt esittely

Hinaaja Castor on rakennettu 2008 Ukrainassa Chornomorskyn telakalla. Kyseessä on ASD-tyyppinen hinaaja. ASD, Azimuthing Stern Drive, viittaa propulsiokoneiston rakenteeseen, jossa alukseen peräosaan on sijoitettu kaksi 360 astetta kääntyvää ruoripotkurilaitetta.

Aluksen pääkoneina on kaksi Caterpillar 3516B -mallia, propulsiolaitteina Rolls-Royce Aquamaster -ruoripotkurit ja apukoneina kaksi 90 kVA Volvo-Pentaa.

Aluksen omistaa AS Alfons Håkans -yhtiö ja se operoi pääasiassa Kotkan ja Haminan satamissa satamahinaajana ja -jäänmurtajana.

Käyttöaste on verrattain korkea. (Rautanen 2019.)



Kuva 1. Hinaaja Castor. Kuva: Harju 2019.

1.2 Castorin ilmanvaihtosysteemi ja sen erityispiirteet

Castorin konehuoneen ilmanvaihtosysteemin yhteys ulkoilmaan koostuu neljästä aukosta, jotka ovat peitettävissä teräksisillä luukuilla. Konehuoneeseen tuodaan ilmaa kansirakennelman takaosasta sijaitsevista luukuista, joiden yhteydessä on vanusuodattimet. Suodattimien välittömässä läheisyydessä on

kaksi potkuripuhallinta, teholtaan noin 12 kW. Puhaltimet puhaltavat ilmaa monimutkaisen kanaviston avulla koneosaston eri kohteisiin. Merkittävimmät ilman kuluttajat ovat pääkoneet, joiden turbot imevät ilmansa suoraan ympäröivästä konehuoneen ilmatilasta.



Kuva 2. Castorin koneosaston verstaan tuloilmakanava. Kuva: Harju 2019.

Ilmanvaihdon yhteydessä ei ole jäähdytystä tai lämmitystä. Koneosaston lämmitys on toteutettu aluksen lämmityskiertoon kytketyillä puhallinkonvektoreilla. Merkittävä osa lämmityksestä tulee myös suoraan pääkoneista, jotka ovat esilämmitetyt.

Castorissa konetehontarve vaihtelee ja siten myös konehuoneen ilmantarve. Täyttä tehoa tarvitaan kuitenkin vain hetkellisissä työtilanteissa, jolloin esimerkiksi siirtymäajotilanteissa konehuone tulee merkittävästi ylipaineiseksi käytettäessä molempia ilmanvaihtopuhaltimia suurella teholla. Tätä pyritään siirtymäajoissa ja muissa osatehokäyttötilanteissa vähentämään käyttämällä vain toista puhallinta. Lisäksi SB-puolen puhaltimessa on osatehokäyttömahdollisuus.

Ilmamääristä huolimatta voidaan kuitenkin todeta, että aina koneiden käytössä konehuoneen tulee olla ylipaineinen, jotta turboille riittäisi ilma ja lämmityskattilan hormi vetäisi hyvin (Rautanen 2019).

Myös paineilmakompressoreiden toiminta edellyttää ilmansaantia, ja konehuoneessa työskentelevä henkilöstö, mutta niiden merkitystä ei tässä yhteydessä tarkastella.

1.3 Konehuoneen luukut

Kansirakennelman takaosassa on kölilinjaan nähden symmetrisesti kaksi luukua, joiden kautta konehuoneen tuulettimet imevät ilmaa. Konepäällikkö Kimmo Rautasen mukaan näiden luukkujen sulkeminen tai sulkematta jättäminen ei todennäköisesti ole merkityksellistä normaaleissa käyttötilanteissa. Rakenne on sellainen, ettei luukkujen kautta pääse kulkeutumaan lunta tai sadetta konehuoneeseen. Myös lämpöhävikki lienee pieni, sillä luukkujen takana yhteys konehuoneen ilmaan kulkee monimutkaisen kanaviston kautta. Normaalisti Castorilla vallitsevien käytänteiden mukaisesti näitä ilmanottoluukkuja pidetäänkin aina auki, sulkeminen tulee kysymykseen lähinnä huolto-, telakka- tai tulipalotilanteissa.

Ylimääräisen ilman poistuminen konehuoneesta on toteutettu korsteenirakennelmiin sijoitettujen poistoluukkujen kautta. Kuten edellä mainittiin, toimeksiantajan intresseissä oli nimenomaan näiden poistoluukkujen muuttaminen etäkäyttöisiksi. Toimeksiantajan intresseissä oli myös tutkia mahdollisuutta, voisivatko nämä ilmaa poistavat luukut toimia siten, että ne avautuisivat vain osittain. Tällöin konehuoneen pitäminen ylipaineisena olisi helpompaa pienemmilläkin puhaltimien kierrosluvuilla. Pienemmät puhaltimien kierrosluvut vähentäisivät melua ja apukoneiden kuormitusta. Toimeksiantajan intresseissä oli lisäksi tutkia mahdollisuutta ohjata luukkuja myös palohälytyksen ja konehuoneen puhaltimien toiminnan perusteella. (Rautanen 2019.) Tätä asiaa on analysoitu tarkemmin luvun 7 kappaleessa 3.



Kuva 3. Castorin kansirakennelman takaosa. Etualalla näkyvät kaksi ilmanottoluukkuja. Taustalla näkyy SB-puolen korsteeniluukku, josta ilma poistuu. Kuva: Harju 2019.

2 SUUNNITTELUN TAVOITTEITA JA LÄHTÖKOHTIA

Sähkösuunnittelija Stephen Herman (2013, 421) toteaa kirjassaan:

Mieheltä kerran kysyttiin, kuinka hän aikoo syödä elefantin?

-yksi pala kerrallaan, hän vastasi.

Sama totuus pätee myös (teollisuusjärjestelmien) suunnittelussa. Älä yritä tehdä kaikkea kerralla.

Kyseessä oli yksittäisen, jo olemassa olevan aluksen muutostyön suunnittelu. Kovin perinpohjaista tarkastelua tai virallisia suunnitelmia piirustuksineen ei projektin toteutuksessa todennäköisesti tarvita. Edellä mainitut asiat saattaisivat tulla kyseeseen esimerkiksi uudisrakennusta tai kokonaista alussarjaa suunniteltaessa. Opinnäytetyössä pitäydytään nimenomaan hinaaja Castorissa. Tiedetään, että Castor on alun perin rakennettu ukrainalaisella telakalla, ja täten alkuperäisiä rakennepiirustuksia ei ollut saatavilla muina kuin venäjänkielisinä. Niiden laaja hyödyntäminen opinnäytetyössä oli haastavaa, joten niitä ei tässä yhteydessä tarkastella enempää.

Ilmanvaihtoluukkujen etäkäytön suunnittelusta pyrittiin tekemään toteuttamiskelpoinen suunnitelma projektista, joka olisi yhtä laadukas kuin mikä tahansa

muukin vastaava projekti. Ongelmaa lähestyttiin perehtymällä aiheeseen, ottamalla selvää eri ratkaisumalleista ja analysoimalla eri vaihtoehtoja. Erilaisten valintojen myötä suunnitelmat yksityiskohtaistettiin. Hyvien suunnitelmien perusteella itse toteutus tulee olemaan selkeän suoraviivaista ja laadukasta. Projektissa kohdattuja ongelmia lähestyttiin punnitsemalla erilaisia vaihtoehtoja Castorin konehenkilökunnan kanssa keskustelemalla. AS Alfons Håkans -yhtiön teknistä johtoa tiedotettiin ja heiltä saatiin asiantuntijalausuntoja.

Yhtenä projektin osana laadittiin instrumentointikaavio sen tyyppisestä toteutuksesta, johon päädytään, alan kirjallisuuden ja käytännön kokemusten perusteella. Ohjausjärjestelmästä tarvitaan melko spesifinen suunnitelma. Opin näytetyössä laaditaan esimerkiksi kytkentöjä ja osien mitoitusta selventäviä piirroksia soveltuvien CAD-ohjelmistoin.

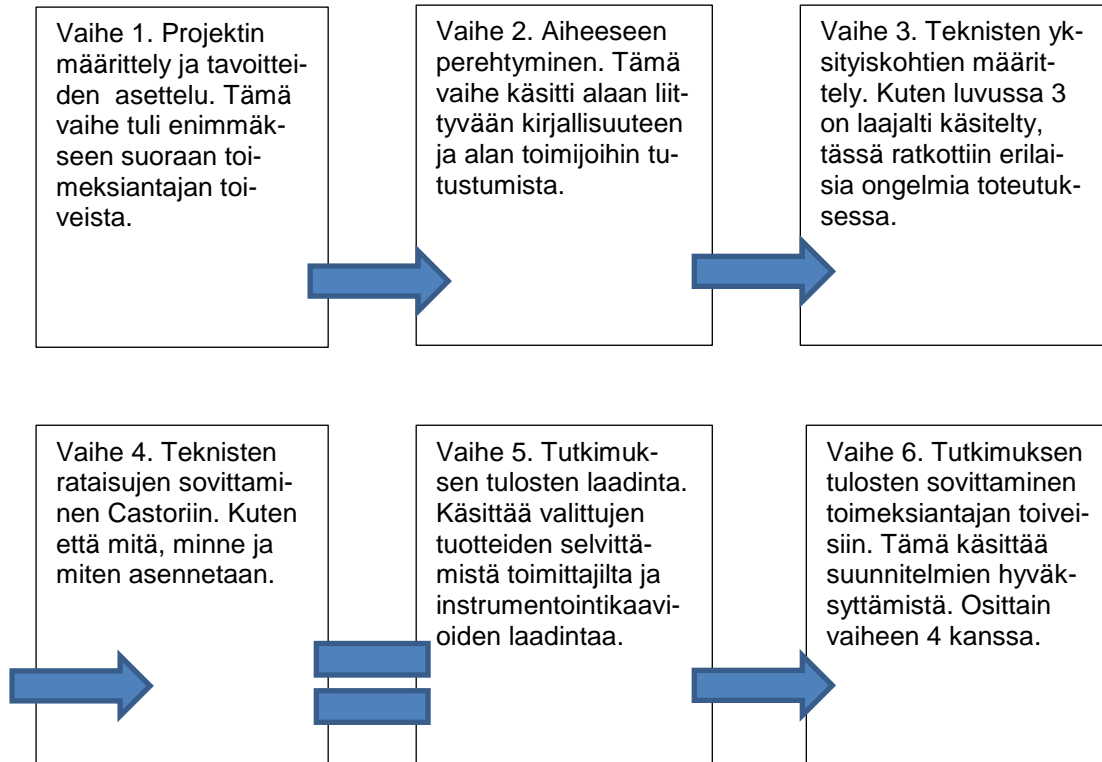
Laitetoimittajia laivatekniikan saralla on kosolti, joten laitetoimittajia valitessa painotetaan laitteiden saatavuutta, tarkoituksenmukaisuutta, hintaa, asennusteknisiä seikkoja, varaosien saatavuutta ynnä muita sellaisia asioita.

Työ käsittää myös jonkin verran teoreettista tarkastelua, nimittäin yksinkertaisella matematiikalla saatiin mitoitettua esimerkiksi luukkujen avaamiseen vaa-dittava voima.

Erilaisia epäkohtia ratkottiin vähitellen. Pohdittiin aiemmin hyväksi todettuja menetelmiä. Esimerkkinä ilmalinjojen polyuretaaniletku, joka oli laitetoimittajan mielestä sopiva robustisuuden, edullisuuden ja helpon asennuksen takia, mutta AS Alfons Håkans -yhtiön johdon mielestä ei välttämättä hyvä, sillä tulipalotilanteessa letku voisi palaa poikki lisäten ilmaa tulipaloon (Rautalin 2019).

2.1 Suunnitteluprosessikaavio

Tässä kappaleessa on esitelty suunnitteluprosessia kaavion muodossa, joka havainnollistaa suunnittelun eri vaiheita ja niiden kehitystä.



Kuva 4. Suunnitteluprosessikaavio.

Kuten oheisesta kaaviosta havaitaan, suunnitteluprosessi on jaettu kuuteen portaaseen, joita on kuvailtu laatikoissa. Vaikka suunnitteluprosessi eteni vaihe vaiheelta, asioita tapahtui myös osittain päällekkäin. Esimerkiksi budjetia oli ajateltu jo ihan alkutilanteessa tavoitteiden määrittelyn ohella. Koko suunnitteluprosessin ajan tehtiin muistiinpanoja, jotka talletettiin päiväkirjatyypisessä ylös.

Tällainen produktiivinen opinnäytetyö voitaneen mieltää tutkimustyybiltään tapaustutkimukseksi. Opinnäytetyössä on sovellettu IMRAD-metodia, joka koostuu englanninkielisistä termeistä Introduction, Methods, Results and Discussion. Opinnäytetyössä IMRAD -metodi konkretisoituu teknisen toteutuksen yksityiskohtia vaihe vaiheelta esittelemällä, analysoimalla ja pohtimalla.

2.2 Käyttövoiman valinta

Oletetaan, että hinaajan käyttöikä tulee olemaan alukseksi pitkäikäinen. AS Alfons Håkans -yhtiöllä on käytössään lukuisia hinaajia, jotka ovat useita kymmeniä vuosia vanhoja ja edelleen hyvässä toimintakunnossa. Hinaajan käyttö laivojen avustuksessa on luonteeltaan sellaista, jossa toimintavarmuuden merkitys korostuu. Täten tässäkin ilmanvaihtoluukkujen etäkäyttöisiksi muuttamisessa pitkäikäisyys ja toimintavarmuus ovat perusedellytyksiä.

Hydraulista toteutusta harkittiin ajatustasolla. Kirjassaan Keinänen kuitenkin listasi hydrauliiikan haittapuoliksi muun muassa kaikkien hydraulijärjestelmien vuotavan ainakin hiukan, kalleuden ja erityisesti hydraulinesteiden olevan palavia ja ympäristöä likaavia. Nämä seikat miellettiin niin merkittäviksi, ettei hydraulinen toteutus Castorin konehuoneen ilmanvaihtoluukkujen toimilaitteissa tullut kyseeseen. (Keinänen & Kärkkäinen 2005, 171.)

Sähköisiä aktuaattoreita tutkittiin, mutta olosuhteet oletettiin todennäköisesti liian vaativiksi ja saatavilla olevat kokemusperäiset tiedot osoittautuivat liian niukoiksi.

Paineilmaa käytetään pääasiassa energiana erilaisten toimilaitteiden liikkeiden tuottamiseksi. Liikkeet aikaansaadaan sylintereillä ja erilaisilla paineilmamootoreilla. Niiden ohjaamiseksi tarvitaan erilaisia venttiilejä, joita ohjataan yleisesti mekaanisesti, pneumaattisesti (ohjausilmakäyttö) tai sähköisesti. Paineilmalaitteet ovat yksinkertaisia ja kestäviä. Ihmiselle vaarattomin energiamuoto on paineilma (Keinänen & Kärkkäinen 2005).

Jo olemassa olevan pneumatiikkajärjestelmän hyödyntäminen oli myös toimeksiantajan intresseissä. Kohdealuksessa merkittävin käyttötarkoitus paineilmalle on pää- ja apukoneiden paineilmakäyttöiset käynnistinmoottorit. Niiden lisäksi Castorin kiinteä paineilmajärjestelmä on käytössä lukuisissa työilmalinjan käyttöpisteissä, hinauslaitteiden laukaisimessa ja erilaisten pumppujen siemenvesijärjestelmissä.

Koska myös turvallisuus on toimeksiantajan arvostama asia, oli perusteltua valita pneumatiikkaa hyödyntävä systeemi tähän projektiin.

2.3 Sähkön valinta ohjausjärjestelmään

Tiedettiin, että sähköisellä ohjauksella pystytään nykypäivänä toteuttamaan valtavasti monenlaisia ratkaisuja. Näin ollen sähkö oli jo lähtökohtaisesti perusteltu ratkaisu myös ilmanvaihtoluukkujen ohjausjärjestelmään. Kohdealuksessa on hollantilainen Praxis -konevalvontajärjestelmä. Luukkujen ohjauksen liittäminen tähän ei kuitenkaan tullut kyseeseen tarpeettoman teknisen monimutkaisuuden takia. Kyseeseen ei myöskään tullut tarvetta PLC-logiikkapiirien soveltamiselle tähän projektiin.

Konevalvontajärjestelmän 24 VDC -virransyöttö akkuineen oli valmiina Castorin konevalvomossa, joten oli perusteltua käyttää sitä sellaisenaan ohjausjärjestelmän virroittamiseen. Akustolla varmistettu 24 VDC -virransyöttö oli myös linjassa toimeksiantajan tavoitteisiin turvallisesta, yksinkertaisesta ja luotettavasta systeemistä, jota voisi ohjata käyttäjän napinpainalluksen lisäksi myös palohälytyksellä tai taajuusmuuttajan kärkitiedolla. Toimeksiantajan aiemminkin käyttämän sähköliikkeen, LSK Oy:n, valikoimista löytyy runsaasti 24 V jännitteisiä komponentteja (Kunnas 2019).

Erilaiset releisiin perustuvat ohjausjärjestelmät ovat perusteltuja yksinkertaisissa ohjauspiireissä ja niillä on lukuisia hyviä puolia. Täten 24 VDC -releohjaus oli toteutus, jonka ympärille luukkujen käyttölaitteiden ohjausjärjestelmää ryhdyttiin suunnittelemaan (Herman 2019).

2.4 Toimilaitteiden mitoitus ja valinta

Päädyttiin siis kappaleessa 2.2 kuvatuista syistä johtuen valitsemaan paineilmasylinterit ilmanvaihtoluukkuja siirtäviksi elimiksi. Tiedettiin, että konehuoneen ilma poistuu korsteeniluukuista vähintäänkin riittävästi, joten ei ollut tarvetta muuttaa luukkujen suurinta avautumaa. Molempien tuulettimien käydessä täydellä teholla konehuone pysyy selvästi ylipaineisena myös pääkoneiden käydessä täydellä teholla. Konehuoneen ovesta on havaittavissa pelkin ihmisaisteinkin ylipaineisuus.

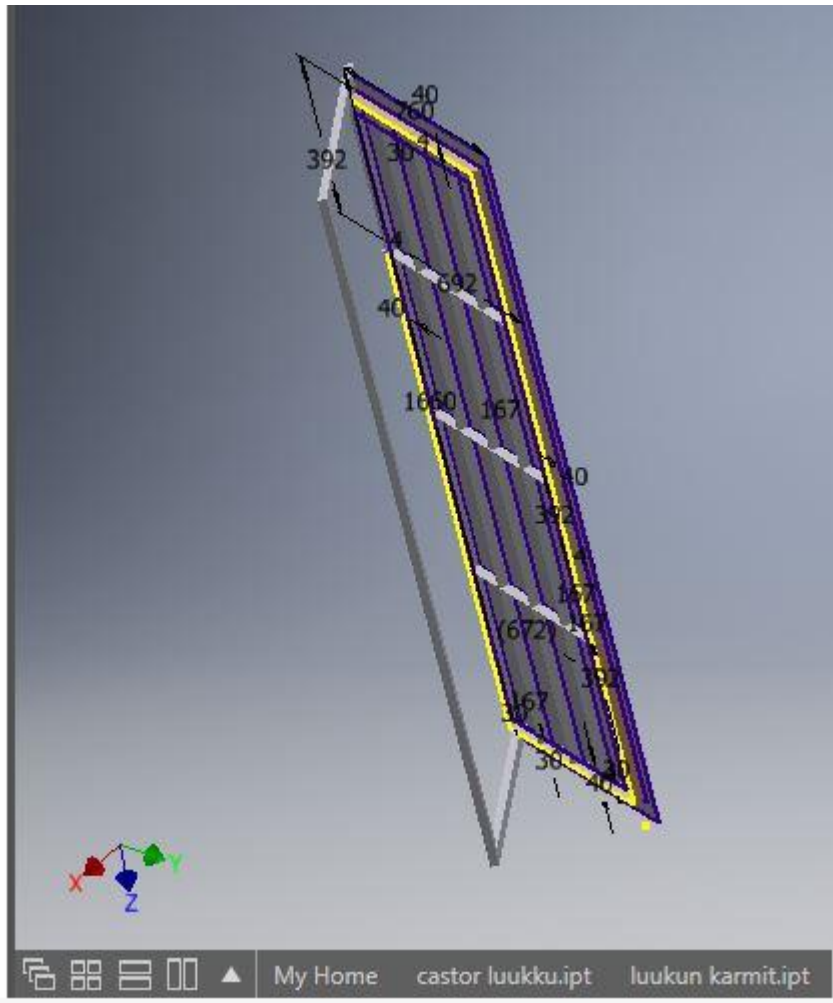
Päädyttiin mitoittamaan luukkuja avaavat paineilmasylinterit iskunpituudeltaan sellaisiksi, että hinaajan rakentaneen telakan määrittelemä suurin avautuma ei

muutu. Yksinkertaisen geometrisen tarkastelun perusteella päädyttiin tulokseen, että 300 mm:n iskunpituudella toimiva sylinteri sijoitettuna siten, että männän varsi on 150 mm luukun reunasta riittää avaamaan luukkuja tavoitellun määrän.



Kuva 5. BB-puolen korsteeniluukku. Huomaa alkuperäinen, mekaaninen aukipitotanko ja sangen pieni avauma. Kuva: Harju 2019.

Sylinterin tuottamaa voimaa mitoitettaessa ongelmaa lähestyttiin geometrian ja vektorilaskennan keinoin. Luukkujen rakenne on erityisesti sisäosaltaan sangen monimutkainen jäykkääjien ja palkistojen takia. Luukuista mitattiin työntömitalla erilaisten rakenteiden materiaalivehvyys ja rullamitalla mitattiin rakenteiden pituudet ja pinta-alat. Saadut tilavuudet kerrottiin teräksen tiheydellä, joka on taulukkoarvon mukaan noin $7,8 \text{ kg/dm}^3$ (Valtanen 2013, 378). Tällä metodilla saatiin luukun painoksi noin 58,7 kg. Edelleen määriteltiin luukun asento suhteessa vaakatasoon, ja huomioimalla aiemmin määritelty sylinterin sijoittelu suhteessa luukun saranaan, saatiin vektorilaskentaa hyödyntäen määriteltyä suurin luukun avaamiseen vaadittava voima, joka on suuruudeltaan 100 N. Laskelmissa miellettiin irrelevanteiksi saranoiden vastus, maalien paino, dynaamiset voimat (aluksen liikkeit) ja ilmvirran painevaikutus, joten niitä ei tarkasteltu.



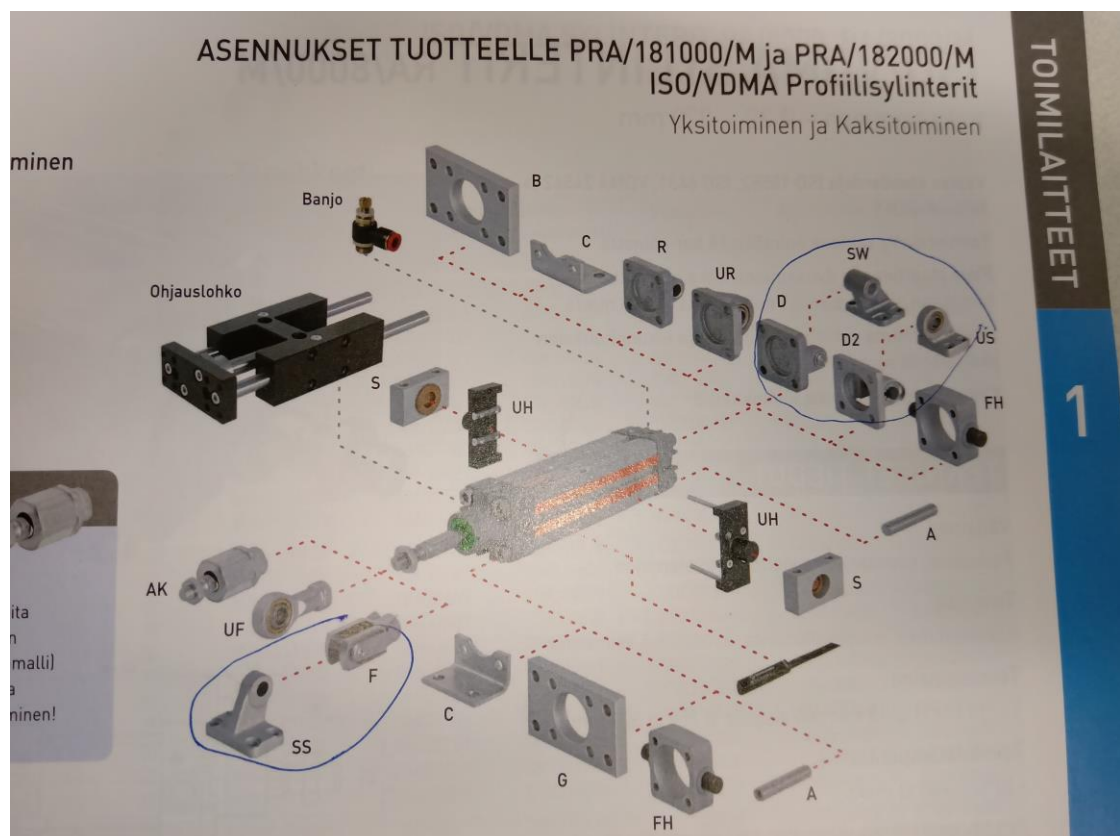
Kuva 6. Luukkujen 3D-hahmottelua Inventor-ohjelmalla mitoitusta varten. Kuva: Harju 2019.

Tarkasteltaessa laitetoimittajien taulukoita havaittiin, että paineilmasylinteriltä edellytetty voima Castorin ilmanvaihtoluukkujen avaamisessa on suhteellisen pieni, sillä esimerkiksi Norgren sylinteri malli PRA/802032/M/3002 on mitoitettu kehittämään 1178 N voima 6 baarin ilmanpaineella. Tällainen huomattava ylimitoitus miellettiin hyväksi seikaksi, etenkin kun laskelmissa oli tehty edellä mainittuja yksinkertaistuksia. Mitoitettu voimantarve on sylinterin kapasiteettiin suhteutettuna pieni, ja luukkujen saranoinnin takia sylinterin kuormitus on likimain pelkästään sylinterin liikkeen suuntaista, joten todennäköisesti sylinterin mekaaninen kestävyys nurjahduksen osalta on turvallisella alueella asiaa sen tarkemmin mitoittamatta. Lisäksi mainittakoon, että Castorin systeemissä on mahdollisuus hallita sylintereille syötettävän ilman painetta, ja täten vaikuttaa sylintereiden voimiin, etteivät liikkeet olisi tarpeettoman aggressiivisiä. Toimilaitteiden käyttöä on kuvattu tarkemmin kappaleessa 6.2.

Kun edellä kuvatun kaltaisilla metodeilla oli selvitetty tarvittavat parametrit paineilmasylintereille, lähestyttiin laitetoimittajaa komponenttien tarkempaa valintaa varten. Auser Oy:n Ami Kumpulainen todennäköisesti omaa laajan tiedon

paineilmasyylintereistä, joten häntä konsultoimalla päädyttiin valitsemaan vaa- ditut parametrit täyttävän Norgren -valmistajan sylinterin PRA/802032/M/3002. Kumpulaisen kanssa keskusteltaessa selvisi myös sekundaarisia valintakritee- reitä, joita ei aiemmin osattu huomioida. Esimerkiksi toimintaolosuhteiden ol- lessa nykyisiä kylmemmät, kyseeseen olisi saattanut tulla erittäin mataliin läm- pötiloihin suunnatut niin sanotut pakkasmallit, mutta arvioitiin perusmallin ole- van riittäviä. Pakkasmalli on mitoitettu toimimaan -40 °C lämpötiloissa kun va- litun perusmallin alin toimintalämpötila oli -20 °C (Kumpulainen 2019).

Auser Oy:n Kumpulainen myös ohjeisti valitsemaan sylintereiden käyttämi- seen kaksikelaiset Norgren V61B511A-A313J 5/2 -magneettiventtiilit. Sylinte- reiden lisävarusteeksi asennetaan suoraan sylinterin kylkeen kiinnitettävät Reed-tyyppiset lähestymiskytkimet. Lähestymiskytkimien ohjaamiksi tulee merkkilamput, jotka indikoivat luukkujen kiinnioloa. (Kumpulainen 2019.)



Kuva 7. Norgrenin sylinteri PRA/802032/M/3002 päätykappaleineen. Kuva: Norgren tuote-esite s.a.

2.5 Suunnitelman sovittaminen toimeksiantajan toiveisiin

Suunnitteluprosessikaavion mukaisesti saavutettuja tuloksia lähetettiin Castorin konepäällikkö Kimmo Rautaselle ja Alfons Håkans -yhtiön tekniselle ylitarkastajalle Kari Rautalinille. Heiltä saatiin kommentteja, ohjausta ja myös lisävaatimuksia prosessin edetessä

Mainittavimpia toimeksiantajan edustajien tuomia teknisiä nyansseja ovat Rautasen vaatimat tutkimukset korsteeniluukkujen ohjaamisesta myös palohälytyksen ja ilmanvaihtopuhaltimien taajuusmuuttajien perusteella. Myös Rautalinin näkemys paloturvallisuuteen liittyvistä teknisistä ratkaisuksista ja työturvallisuuden nostamisesta kaikkein tärkeimmäksi lähtökohdaksi projektille oli merkittävä, sillä ne osoittavat, miten tutkimusmenetelmät toimivat ongelman ratkaisemisessa.

Toimeksiantajan näkemyksen mukaan aluksen luokituslaitos edellyttää, että konehuoneen luukut on saatava kaikissa tilanteissa suljettua. Luukkujen lukitussalpoihin ei tässä projektissa puututa, ja pneumaattiset toimilaitteet eivät todennäköisesti voi jäädä jumiin, vaikka systeemi vikaantuisikin. Nykyinen, mekaaninen aukipito-systeemi jätetään sellaisenaan paikoilleen tankojen päät irroitettuna. Näiden lähtötietojen valossa muutostöiden suunnittelu ei tarvitse luokituslaitoksen lausuntoa. Valmis muutostyö on kuitenkin määrä esitellä aluksen luokituslaitokselle (Rautalin 2019).

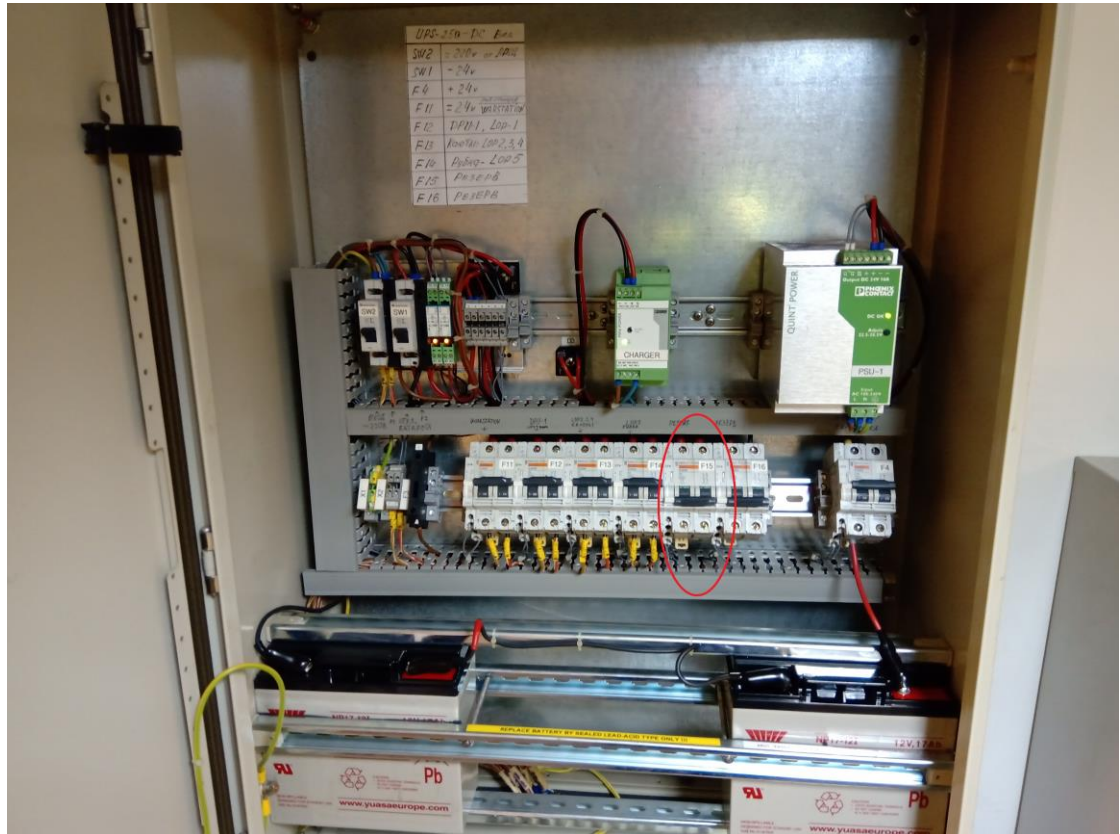
3 ASENNUSSUUNNITELMA

Tässä kappaleessa kuvataan eri osa-alueittain asennus- ja muutostöitä, jotka on määrä suorittaa luukkujen etäkäyttöisiksi muuttamisessa. Suunnitelmat ovat soveltuvien osien tieteellisiä, mutta Castorin ja AS Alfons Håkans -yhtiön käytänteiden mukaisia. Tällä tarkoitetaan sitä prosessia, jolla muutostyö suunniteltiin, tehtiin ja raportoitiin.

3.1 Systeemin sähköistys

Päädettiin valitsemaan 24 voltin jännitteinen tasasähkö kappaleen 3.3 mukaisesti. Käytännössä sopiva 24 VDC -syöttö ilmanvaihtoluukkujen ohjausjärjes-

telmälle löytyy Castorin konevalvontajärjestelmästä, joka on varmistettu häätäkuilla. Fyysisesti tämä jännitesyöttö sijaitsee konevalvomon UPS250-DC-kaapissa konevalvomon keulaseinässä. Siellä on kaksi ylimääräistä johdonsuojakytkintä ”pe3epb” (ven. reserve). Käytettäväksi valittiin johdonsuojakytkin F15. Sieltä on yleismittarilla todettu tasasähköä 24 V.



Kuva 8. Konevalvomon UPS250-DC -sähkökaappi. Johdonsuojakytkin F15 on ympyröity. Kuva: Harju 2019.



Kuva 9. Konevalvomon UPS250-DC -sähkökaappi. Punainen viiva kuvaa järjestelmän syöttökaapelin reittiä konevalvomosta konetopille. Kuva: Harju 2019.

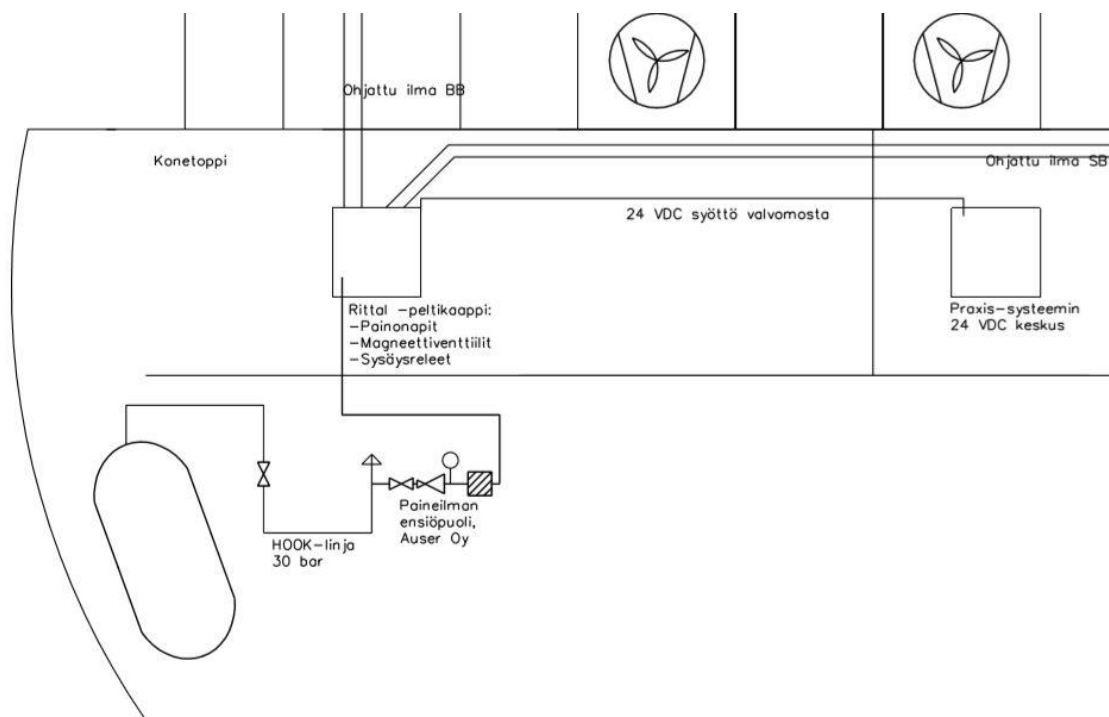
Tasa- ja vaihtovirran erottaminen toisistaan voi olla yleismittarilla haastavaa. Sähkötekniikkaa käsittelevien opintojaksojen tuoman tietotaidon perusteella löydettiin tasasähköä siten, että kokeiltiin vaihtaa mittarin positiivisen ja negatiivisen koettimen paikkaa keskenään, jolloin yleismittarin näytölle ilmestyvä miinus -etumerkki indikoi virran kulkua toiseen suuntaan. Vaihtosähkön ollessa kyseessä tätä ei tapahtuisi.

3.2 Systemin käyttövoimana paineilma

Castorin paineilmajärjestelmän pääkomponentit sijaitsevat konetopin alla BB-puolella, pois lukien kompressorit, jotka ovat konetopin yläpuolella. On luontevaa sijoittaa korsteeniluukkujen järjestelmän paineilmakomponentit konetopin läheisyyteen, jolloin putkistovedot jäävät lyhyemmiksi.

Asennettava paineilmajärjestelmä koostuu Auser Oy:n toimittamasta 3/2 pääventtiilistä, jonka jälkeen seuraa Fairchild -merkinen paineenalennin, painemittari ja suodatin/vedenerotinlaite mallia Norgren Excelon B84G-3GK-QP3-RMG.

Nämä paineilman ensiöpuolen komponentit pultataan BB-puolen pääkoneen eteen, konekopin lattiarakenteen takaosaan kyseessä oleville laitteille tarkoitettuun omaan telineeseen. Ilma pääventtiilille syötetään 8 baarin putkilinjasta, joka on paineilmapullojen yhteydessä olevan paineenalennusventtiilin syöttämä. Paineeltaan alennettu, 40 mikroniin puhdistettu paineilma johdetaan kupariputkella Control center -kaappiin magneettiventtiileille.



Kuva 10. Laitteiden ja putkilinjojen sijoittelun hahmottelu. Kuva: Harju 2019.



Kuva 11. Paineilman ensiöpuolen komponenttien sijoittelu konetopin takareunaan. Ympyrän sisällä näkyy laitteiden telineen sijoituspaikka. Kuva: Harju 2019.

3.3 Control center – Rittal-peltikaappi komponentteineen

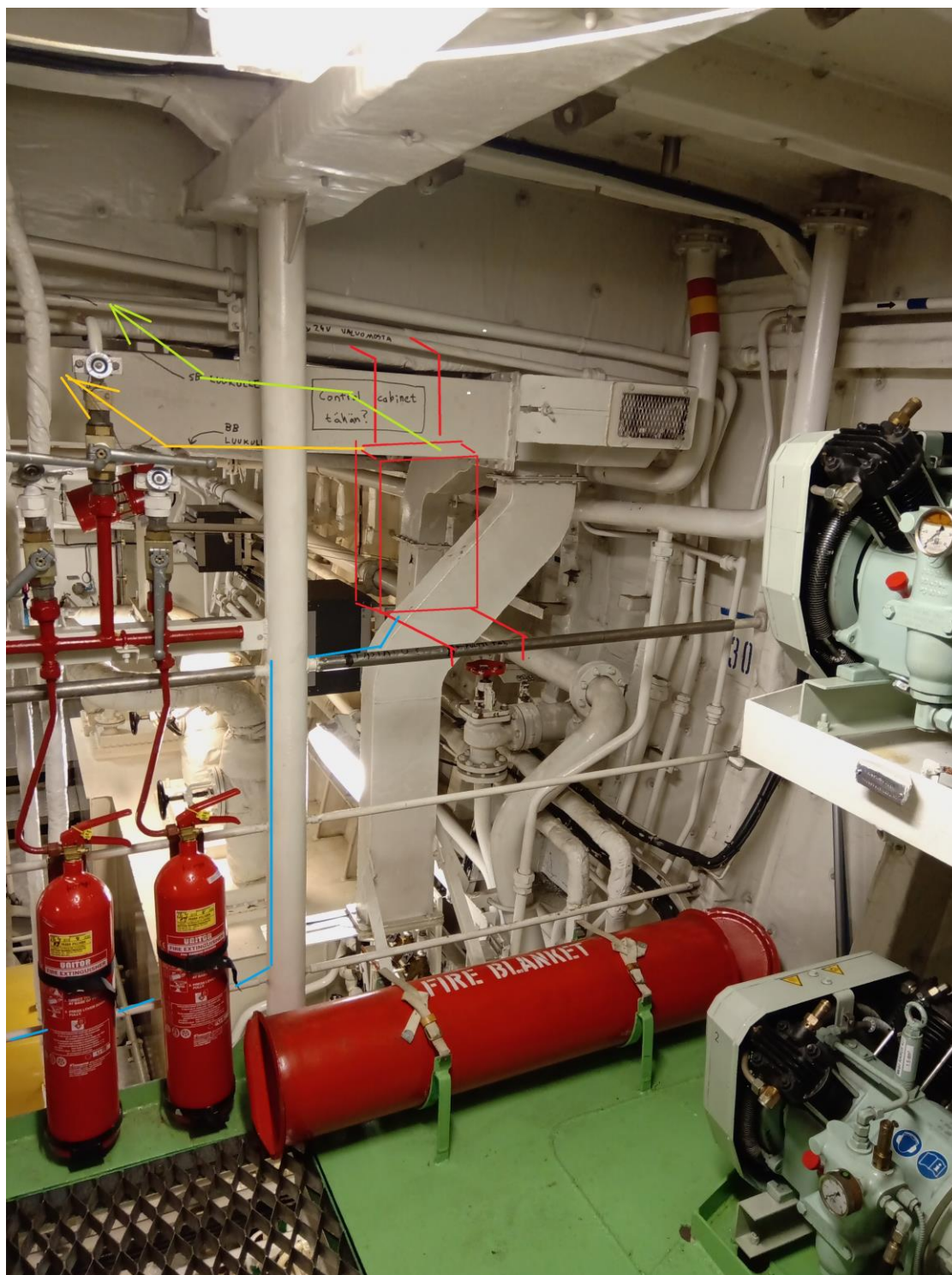
Alfons Håkans -yhtiön kokoelmista löytynyt vahvistettu teräksinen kaappi asennetaan soveltuvista rhs-teräspuikpalkeista tehtyyn yksinkertaiseen telineeseen. Teline pultataan kompressoreiden läheisyyteen, alapäästään konetopin kaiteeseen ja yläpäästään lähellä sijaitsevaan ilmanvaihtokanavaan. Asennuksessa käytetään peltiruuveja, sillä kanavan seinämä vaikuttaa sopivan paksulta.

Control center -kaappiin kiinnitetään DIN-sähköasennuskisko. Kiskoon kiinnitetään järjestelmän sähköreleet, 5/2 -magneettiventtiilit ja lähestymiskytkimien virransyöttöön liittyvät komponentit.

Kaapin alapintaan tehdään läpiviennit sähkökaapeleille ja paineilman syöttölinjalle. Vastaavasti kaapin yläpintaan tehdään läpiviennit ohjatuille paineilma-
linjoille ja ylhäällä korsteeneissa sijaitseville lähestymiskytkimille.



Kuva 12. Rittal-peltikaappi, systeemin magneettiventtiileiden, sysäysreleiden ja muiden sähkötekniisten komponenttien sijoituspaikka. Kuva: Harju 2019.

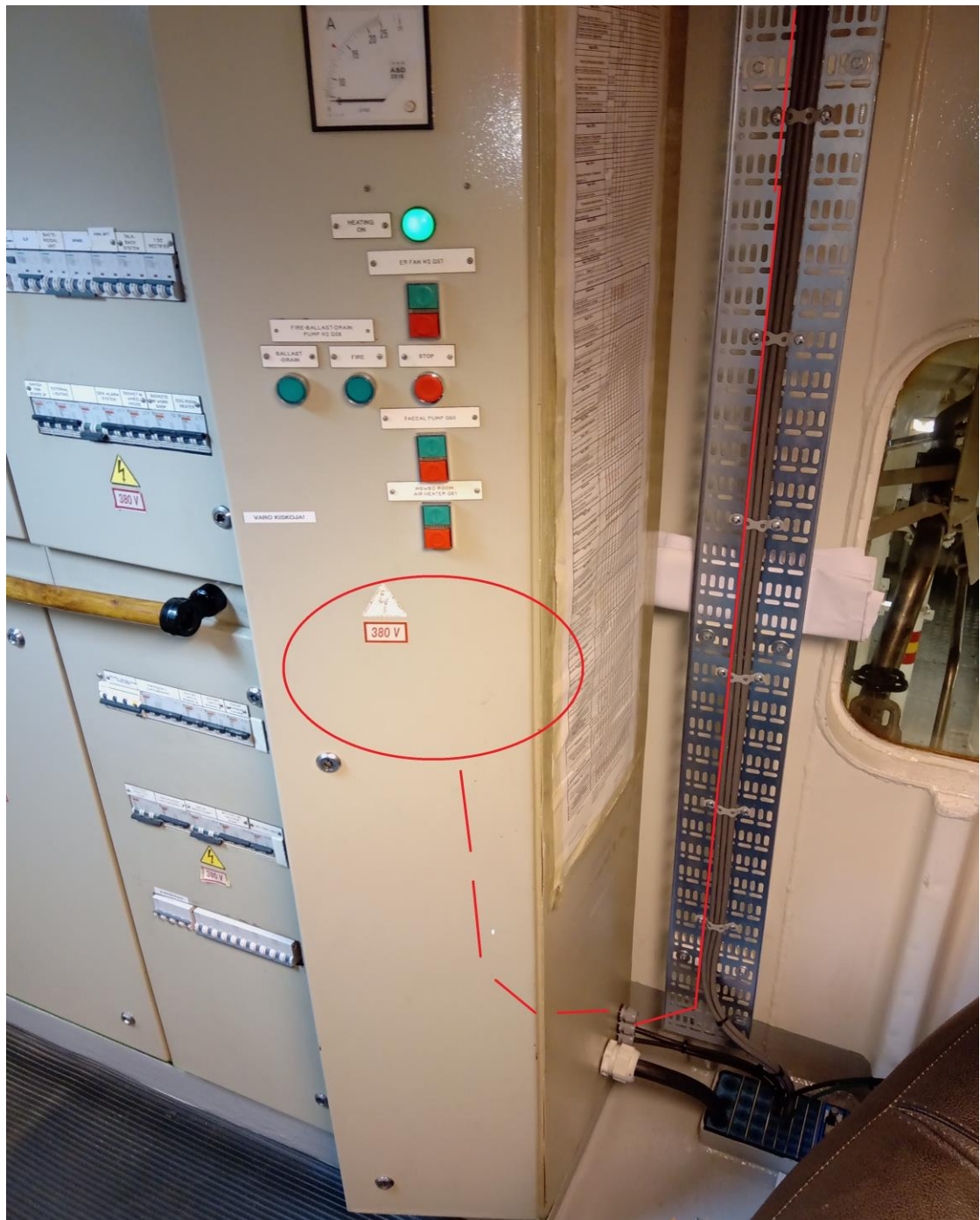


Kuva 13. Control centerin sijoittelu konetopille. Sininen viiva kuvastaa tulevaa paineilman syöttölinjaa ja keltainen ja vihreä ovat ohjatut paineilmat korsteeneihin asennettaville paineilmasylintereille. Kuva: Harju 2019.

3.4 Käyttöpaikat

Konepäällikön toiveiden mukaisesti ilmanvaihtoluukkujen käyttöpainikkeet sijoitellaan päätauluun ja komentosillan takana sijaitsevalle niin sanotulle vene-kannelle korsteenien välittömään läheisyyteen, pultattuna BB-korsteeniin.

Näin luukkujen operointi käy vaivattomasti aluksen päätaulusta normaalien käynnistysproseduurien yhteydessä. Päätauluun sijoitetaan myös ohjausjärjestelmän tilaa ja ilmanpoistoluukkujen asentoa indikoivat merkkilamput. Vihreät merkkilamput, joiden yhteydessä lukee AVAUS, on virroitettut, kun systeemin tilana on AVAUS ja sysäysrele on vetäneenä. Punaiset merkkilamput, joiden yhteydessä lukee LUUKKU KIINNI, ovat lähestymiskytkimien virroittamat ja täten indikoivat, ovatko ilmanpoistoluukut kiinni. Systeemissä vallitsevan tilan näkee yhdellä silmäyksellä juuri oleellisesta paikasta, eli konehuoneen puhaltimeiden käyttönappejen vierestä päätaulusta.



Kuva 14. Ilmanvaihtoluukkujen etäkäyttösystemin käyttöpainikkeiden ja merkkilamppujen sijoittelu päätaulun yhteyteen. Punainen viiva kuvaa kaapelointia. Kuva: Harju 2019.

BB-puolen korsteeniin asennetaan toinen Rittal-peltikaappi, josta voidaan kätevästi esimerkiksi painepesuria satamassa käytettäessä sulkea luukut ilman tarvetta mennä konehuoneeseen. Paineilmasyntereitä tai luukkuja huollettaessa korsteenin välittömässä läheisyydessä on kätevää olla käyttöpainikkeet (Rautanen 2019).



Kuva 15. Käyttöpainikkeet sisältävän laitekaapin sijoittelu BB -puolen korsteeniin.
Kuva: Harju 2019.

3.5 Laitetoimittaja

Auser Oy:n Ami Kumpulainen todennäköisesti omaa erittäin laajan tietotaidon teollisuusautomaatiosta, ja häntä konsultoimalla päädyttiinkin valitsemaan korsteeniluukkujen etäkäytön pneumatiikan osat. Auser Oy:lta tilataan lisäksi systeemissä käytettävät lähestymiskytkimet, jotka ovat Norgren -sylintereiden lisävaruste. Auser Oy:n valitseminen on myös toimeksiantajan aiemmin hyväksi havaittujen käytänteiden mukaista. Yrityksen Kotkan myymälän sijainti ja varaosien hyvä saatavuus olivat omiaan puoltamaan valintaa. (Kumpulainen 2019.)

LSK Group -yhtiö on aluksen konepäällikkö Kimmo Rautasen suosituksesta valittu toimittamaan projektiin tarvittavat sähkötekniset osat. LSK Oy:n edustaja Jukka Kunnas kertoi, että tarvittava sähkömekaaninen sysäysrele tyypiltään Hager EPN524 on tilattavissa LSK Oy:n kautta. Projektiin tarvittavat painonapit, DIN-kiskot, merkkilamput ja kytkentöihin tarvittavat tarvikkeet on budjetoitu hankittavaksi suoraan LSK Oy:n Kotkan myymälästä. (Kunnas 2019.)

Projektissa tarvittavat paineilmalinjojen putkiosat mukaan lukien sylintereille kytkettävät kupariputket tarvikkeineen tilataan Onninen Oy:lta AS Alfons Håkans -yhtiön käytänteiden mukaisesti.

AS Alfons Håkans -yhtiön omista kokoelmista hyödynnetään projektissa merkittävät Rittal -valmistajan teräksiset laitekaapit. Korroosiota kestävän materiaalin ja rakenteen puolesta kaapit ovat tarkoituksenmukainen, hyvä ja pitkäikäinen vaihtoehto laitteiden sijoitteluun niin koneosastolla kuin aluksen ulkotiloissakin. Aiemmin aluksien hinaustoiminta erosi nykyisistä käytänteistä siten, että oli tyypillistä käyttää avustettavan laivan omia köysiä. Kyseiset köydet toisinaan katkeilivat, ja katkeava köysi saattoi vahingoittaa hinaajien kannella olevia laitteita. Mekaanisesti vahvat Rittal -kaapit olivat perusteltu ratkaisu hinaajien kansikoneiden käyttöpainikkeiden, merkkilamppujen, vipujen ynnä muiden sellaisten komponenttien sijoitteluun. Nykyisin hinaajan omien köösyien käyttö on vähentänyt köösyien katkeilua ja Rittal -kaappien menekkiä AS Alfons Håkans -yhtiössä. Näiden jo olemassa olevien komponenttien hyödyntäminen on linjassa AS Alfons Håkans -yhtiön ympäristöystävällisten kierrätyskäytänteiden kanssa. (Rautalin 2019.)

4 BUDJETTI

Kaupallisen toiminnan tuomat taloudelliset realiteetit huomioitiin projektia suunniteltaessa. Laadukkaalla toteutuksella on väistämättä hintansa, joten alustavia rahasummia listattiin arvioitavaksi koko projektin toteutuskelpoisuutta kartoitettaessa. Laadittu kustannusarvio oli AS Alfons Håkans -yhtiölle mielekäs. Kustannusarvio hyväksyttiin Castorin konepäällikkö Kimmo Rautasella ja yhtiön teknisellä ylitarkastajalla Kari Rautalinilla.

Taulukko 1. Pääkomponenttien hinnat listattuna. Loppusumma 1795,60 EUR.

Objekti	Toimittaja	Hinta	Huomioita
Paineilman 10 bar ensiöpuoli	Auserin tarjous + haaroitus 22,	234,08	Sulkuvent, nippa, paineenalennin, suod/sääd, mittari, yms
Sähkökaappilaitteille	Viikarin varasto, Rittal-peltikaappi		Näiden evakuoiminen säästää runsaasti rahaa, ja joutuvat Viikarista kyllä.
Sähkökaapelit, LKM-kaapelia	LSK Group	100	1-2 e/m LKM Helkama-laivakaapeli. Metrejä 10 m valvomo-konetoppi, 7 m BB korsteeni, 17 m SB-korsteeni. Tätä on olemassa jo...
Kiinnitystarvikkeet laitekaapille	Kymen metallituote/Motonet Oy	30	Lattarautaa, kiinnitys konetopille
Katkaisijat + sähkökaapin hilppeit	LSK	140	LSK: sysäysrele 28 e/kpl, lisäksi painonap. yms 86 e
Magneettiventtiilit, SB ja BB	Auser V61B511A	243,34	2-kelainen 5/2 magneettiventtiili 24 VDC
Sylinterit, SB ja BB	Auserilta PRA/802032/M/3200	242,18	
Sylinterien kiinnikkeet	Auser	290	Päätykappaleet, hinnat Auser.
Letkut BB	Onninen löijätty kupari 8 mm	34	2,43 e/metri, 7 metriä * 2
Letkut SB	Onninen löijätty kupari 8 mm	83	2,43 e/metri, 17 metriä * 2
Ilmoin liittyviä putkituksia	Etra/Onninen/omat kokoelmat	100	
Paineilman liittimet	Auser, nikaleet noin 4 e kpl	60	Paineenalentimelta magn. venttiileille, sieltä korst.
Asennustarvikkeita, kuten hitsipuikkoja, nippusiteitä, läpivientejä,		150	(lattarautaa ja maalia yms löytynee jotain jo valmiinakin)
Lähestymiskytkimet luukkuihin, SB ja BB		63	Vain suljettu-puolelle. Integroidut 10 ja 20 m kaapelit
Merkkivalot		20	LSK, vain päätäuluun laitettaessa.
Yhteensä		1795,6	EUR

Tässä kappaleessa ei enempää käsitellä projektin kustannuksia. Projektin taloudellisia vaikutuksia aluksen käytössä on käsitelty tarkemmin luvun 7 kappaleessa 1.

5 TOTEUTUS

Tässä kappaleessa on käsitelty projektin käytännön asennustöiden suunnittelua. Tarkoituksena on suorittaa toteutukseen liittyvät asennustyöt luvussa 3 kuvattujen yksityiskohtaisten suunnitelmien perusteella. Työ voitaneen suorittaa eri vaiheissa.

Ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan soveltuvasta teräspalkista teline Control Center -kaapille. Kaikki laitteet kasataan kaappiin, ja asennetaan paineilman ensiöpuolen komponentit ja vedetään paineilman syöttö konetopin alta ja sähkönsyöttö kaappiin valvomosta.

Seuraavassa vaiheessa sylinterit asennetaan korsteenien yhteyteen. Auser Oy:n Ami Kumpulaisen mukaan sylinterien asentaminen on todennäköisesti nopeaa ja vaivatonta. Valitut osat ovat pulttikiinnitteisiä, joten hankalia tulitöitä aluksessa ei tarvita. (Kumpulainen 2019.)

Viimeinen vaihe käsittää etäkäyttösystemin käyttöönoton. Tämä todennäköisesti sisältää toiminnan kokeilua ja säätelyä, asennuksien viimeistelyä, kuten esimerkiksi paikkamaalausta ynnä muuta sellaista. Tärkeää on myös sovittaa systemin olemassaolo Castorin normaaleihin käyttö- ja huolto-ohjeisiin. Tätä on käsitelty enemmän luvussa 6.

Putki- ja sähkövetoja aluksen henkilökunta osaa suorittaa ilman mitään ongelmia, sillä työ satamahinaajassa käsittää toisinaan myös asennustöitä. Paloturvallisuuden takia asennuksissa tulee käyttää halogeenivapaita kaapeleita, jotka tulevat olemaan Helkama LKF HF -laivakaapelia, pois lukien lähestymiskytkimien kaapelit. Ne tulevat olemaan M8 -tyypin liittimellä varustettuja KD-U-M8-3A-P1-100-DP -välikaapeleita, jotka Auser Oy toimittaa. Putkimateriaaleissa sama paloturvallisuusaspekti on lisäksi täydennetty niin, että poikki palava ilmajohto voi haitallisesti lisätä ilmaa tulipaloon, ja tästä syystä asennuksissa käytetäänkin tulta paremmin kestävää hehkutettua 8 mm:n kupariputkea. Putket kytketään sylintereihin joustavalla teräspunosletkulla. Tämä sallii sylinterien pienen liikkeen, jota toiminnan geometriasta johtuen väistämättä esiintyy.

Sähköasennuksien pätevyysvaatimuksia käsittelevän SFS-6002-standardin mukaisesti käyttöjännite Castorin korsteeniluukkujen ohjausjärjestelmän 24 VDC -käyttöjännite ei aseta vaatimuksia sähköasennuksiin liittyviin pätevyysiin. Maallikolle sallittuja asennustöitä ovat vaihtojännitteeltään alle 50 voltin ja tasajännitteeltään alle 120 voltin kytkennät (SFS 6002: 2015).

Aikataulujen ja työmäärien arviointi ei ole relevantti kysymys, sillä satamahiinaajan käyttö, huolto ja kyseessä olevan kaltaisten parannusten toteutus on jatkuva ja pitkäjänteinen prosessi.

6 LAITTEISTON KÄYTTÖ JA HUOLTO

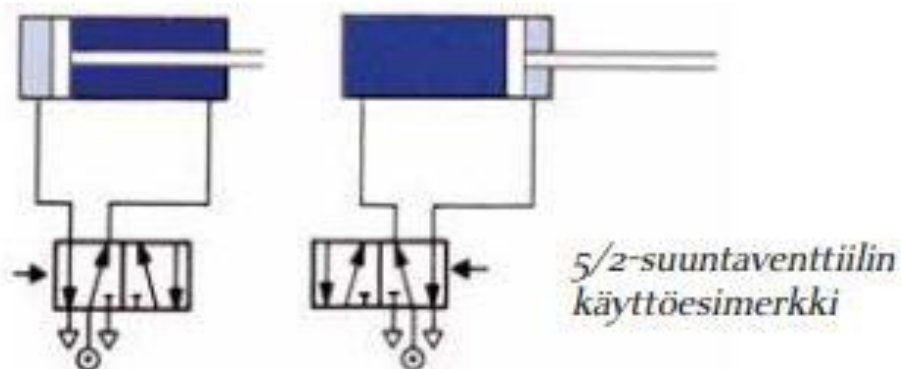
6.1 Ohjauksen ideologia eli Control centerin toiminta

Molemmille luukuille on omat releensä, nappinsa ja magneettiventtiilinsä. Painettaessa AVAUS-SULKU -painonappia kerran, vallitseva tilanne vaihtuu. Kun systeemi on AVAUS -tilanteessa, on sysäysrele Hager EPN524 vetäneenä, ja sen sulkeutuva (Normally Open -toiminta) kärki on kiinni. Magneettiventtiili saa virtaa kelaan A, joka avaa venttiilin ja johtaa ilmaa sylinterille plusliikkeen suuntaan eli sylinteri työntää ja luukku aukeaa. Samanaikaisesti magneettiventtiilin toisen kanavan kautta sylinterin miinusliikkeen puolella on poistokanava auki ulkoilmaan.

Sysäysreleen samalta sulkeutuvalta kärjeltä otetaan virtaa myös vihreälle merkkilampulle, jonka yhteydessä lukee AVAUS. Tämä kytkentä on siksi, että käyttäjä näkee siitä merkkilampusta yhdellä silmäyksellä, että systeemin sähköistys toimii suunnitellusti ja luukulle käsky on auki-asennossa. Tämä ei kerro kuitenkaan totuutta täysin, sillä luukkuhan voi olla esimerkiksi jumissa.

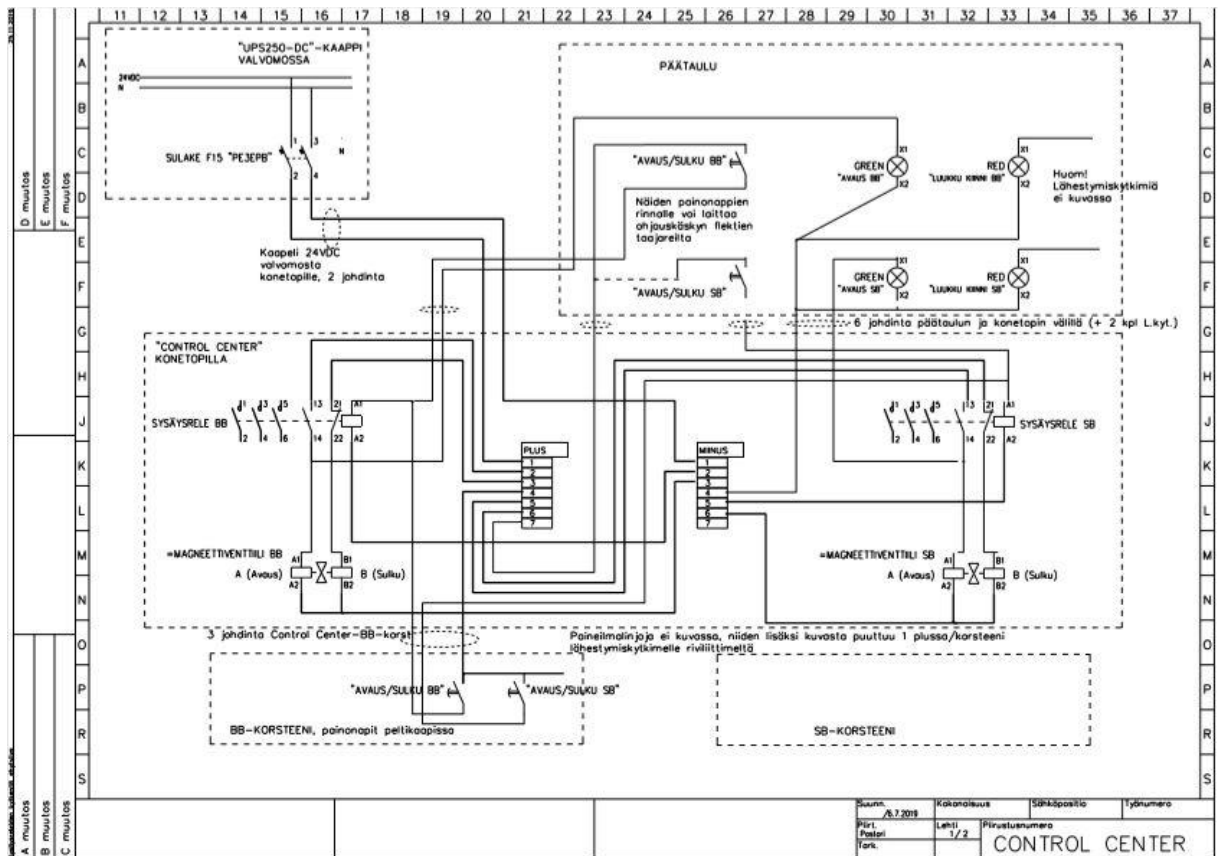
Painettaessa AVAUS-SULKU -painonappia uudemman kerran, sysäysrele vaihtaa tilansa, sulkeutuva kärki aukeaa, magneettiventtiilin kela A menee virrattomaksi, avaava ilmanpaine katoaa 5/2 magneettiventtiilin toiminnan mukaisesti. Myös AUKI -merkkilamppu sammuu, sillä se on virroitettu sysäysreleen sulkeutuvalta kärjeltä. Edelleen sysäysreleen toinen kärki (Normally Closed -toiminta) vastaavasti menee kiinni. Tällöin magneettiventtiili saa virtaa kelaan B, joka johtaa sylinteriin sulkevan, miinusliikkeen ilmanpaineen, ja luukku

sulkeutuu. Sulkeutuminen tapahtuu todennäköisesti vähän nopeamminkin, sillä painovoima pyrkii sulkemaan luukkuja. Sylintereiden yhteyteen asennettavat Reed -tyyppiset lähestymiskytkimet viritetään siten, että ne sytyttävät punaiset, LUUKKU KIINNI -merkkilamput silloin kun luukut ovat todellisesti kiinni. Letkuja on mahdollista kuristaa omalla osallaan, jolloin liikkeet hidastuvat. Painetta alentamalla voima laskee.



Kuva 16. 5/2 -magneettiventtiilin kytkentä. Kuva: Hulkkonen.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa lehtorina työskentelevän Kalle Suoniemen mukaan releisiin perustuva magneettiventtiilien ohjausjärjestelmä kytkentäkaavioineen on selkeä, toimiva ja asianmukainen (Suoniemi 2019). Täten ohjausjärjestelmän suunnitteluun liittyviä ongelmia voidaan pitää ratkaistuina.



Kuva 17. Ohjausjärjestelmän kytkentäkaavio. Kuva: Harju 2019.

6.2 Sylinterin paineensäätö

Paineilmasyylinterin tuottama voima on suoraan verrannollinen sylinteriin syötettävän ilman paineeseen. Luvun 2 kappaleessa 4 todettiin teoreettisen tarvittavan voiman olevan suhteellisen pieni, vain 100 N:n suuruinen.

Systemi on kuitenkin mitoitettu siten, että luukut saadaan auki myös esimerkiksi lumi- ja jääkerrostumien esiintyessä. Toisaalta luukut tulee saada myös kiinni kumitiivistettä vasten, joten myös sulkevaa voimaa tarvitaan.

Luukkuja avaavaa voimaa on helppo säädellä, sillä systeemiin on suunniteltu säädettävä paineenalennin, joka säätää tarkasti magneettiventtiileille syötettävän ilman paineen. Toimeksiantajan tavoitteina oli kehittää systeemi, jota voidaan säätää niin tarkasti, että korsteeniluukut olisivat vain osittain auki konehuoneen pitämiseksi ylipaineisena myös aluksen osatehokäytössä. Tällöin konehuoneen tuloilmapuhaltimet pyörivät normaalia pienemmillä kierrosluvuilla.

Tätä on tavoiteltu sähköenergian kulutuksen ja erityisesti puhaltimien tuottaman melun vähentämiseksi. Tarkempi säätö ja paine selvitetään systeemin käyttökokemusten perusteella (Rautanen 2019).

Paineilmasyylintereiden liikkeet voivat olla myös erittäin nopeita, jopa liiallisuuksiin asti ilmanvaihtoluukkujen sovelluksen ollessa kyseessä.

Auser Oy:n Ami Kumpulaisen mukaan paineilmasyylintereiden liikkeitä voidaan kuitenkin hidastaa sylinterien yhteyteen asennettavilla kuristimilla, jotka rajoittavat ilman virtausnopeutta ja täten hidastavat sylinterin liikettä lopullisen voiman kuitenkaan muuttumatta, sillä sylinterin kehittämä voima on riippuvainen vain paineesta eikä ilman virtausnopeudesta (Kumpulainen 2019).

6.3 Toiminta vikatilanteissa

Vajaatoiminta todennäköisesti havaitaan siitä, että päätaulun merkkilamppu LUUKKU KIINNI palaa, vaikka sysäysreleen tilaksi olisi painonapilla valittu luukun avaus, jolloin merkkilamppu AVAUS palaa. Tämä voi johtua esimerkiksi järjestelmän paineilman ensiöpuolen ongelmasta. Ilmanpaine voidaan todentaa konehuoneeseen paineenalentimen yhteyteen asennettavasta painemittarista. Mikäli luukku on jään tai lukitussalpojen takia kiinni, on ongelma tietysti poistettava ensin.

Letkurikkotilanteessa sylinteri ei välttämättä kehitä riittävää voimaa luukun avaamiseen, jolloin luukku ei aukea tästä syystä. Letkurikko todennäköisesti havaitaan vuotavan ilman sihisevästä äänestä. Tarkempi paikannus suoritetaan kuten muutkin vuodonetsinnät aluksessa. Ilman paineilmaa sylinterit eivät mene jumiin, vaan luukut todennäköisesti saadaan avattua ja suljettua manuaalisesti.

Sähkönsyötön katketessa luukut todennäköisesti jäävät siihen asentoon, jossa ne viimeiseksi olivat, sillä valituissa Norgren V61B511A-A313J 5/2 -magneettiventtiileissä ei ole palautusjousia. Tuote-esitteen mukaan magneettiventtiileissä on manuaalisen käytön mahdollisuus (Norgren 2019).

Systeemin pääventtiilin toisiopoisto, 3/2 -kytkentä, on eräs hyvä ominaisuus. Vikatilanteissa systeemi menee pääventtiilin sulkemalla täysin passiiviseksi 5/2 -magneettiventtiilien ollessa aina auki jompaankumpaan suuntaan. Plusliikkeen suunnan ollessa vetäneenä, on miinusliikkeen eli luukun sulkemisen suuntainen poistokanava auki magneettiventtiilissä. Edelleen, jos sysäysrele tai magneettiventtiili olisi esimerkiksi jumissa tai viallinen, sylinterillä on miinusliikkeen poistokanavan kautta yhteys auki ulkoilmaan. Sama pätee myös toiseen suuntaan tarkasteltuna, jos sysäysrele tai magneettiventtiili olisi jumissa luukkuja sulkevassa tilassa, on sylintereillä tällöin plusliikkeen poistokanavan kautta yhteys ulkoilmaan. Täten systeemi ei voi jäädä pneumaattisesti jumiin pääventtiilin toisiopoiston ollessa päällä eli pääventtiili suljettuna. Tällöin ilma pääsee vapaasti liikkumaan sylintereissä pääventtiilin toisiopoiston ja magneettiventtiilin jommankumman auki olevan poistokanavan kautta.

Mikäli sylintereissä itsessään ilmenee jotain jumiutumista aiheuttavia ongelmia, esimerkiksi jäätyksiä, voidaan sylinterit irrottaa luukusta käyttämällä männän varren kiinnityksessä läpipultin sijasta nopeasti irrotettavaa sokkaa. Sokan poistamalla luukkuja voi operoida manuaalisesti.

6.4 Huolto ja hoito

Tässä kappaleessa on käsitelty ilmanvaihtoluukkujen käyttölaitteiston huoltoon liittyviä toimenpiteitä.

Tiedetään, että hyvällä huollon suunnittelulla laitteiston ikää voidaan pidentää merkittävästi. Ilman sisältämä kosteus aiheuttaa ongelmia paineilmalla toimivissa järjestelmissä. Käyttöhäiriöiden ja vikojen ehkäisemiseksi tämä vesisältö tulee poistaa paineilmajärjestelmästä. Kuivaaminen on siten keskeinen osa kompressoreiden tuottaman paineilman jälkikäsitelyä (Keinänen & Kärkäinen 2005).

Pneumatiikan osalta avaintekijöitä systeemin kunnossapidossa ovatkin vedenpoisto ja ilman puhtaudesta huolehtiminen. Tämä asia on huomioitu käytettäessä Auser Oy:n toimittaman suodin-vedenerotin yhdistelmässä, jossa on paineilmasta vettä poistava rakenne. Tämän suodin-vedenerotinyhdistelmän manuaalinen vesitys tulee suorittaa säännöllisesti. Toimenpide on määrä liittää

osaksi Castorin konehuoneen vahtirutiineihin kuuluvaan paineilmapullojen vesitystä. Suodin-vedenerotin-huoltolaitteen 40 mikronin suodinosa on vaihdettava tarpeen mukaan. Tukkeutuminen todennäköisesti havaitaan systeemin toiminnan hidastuessa.

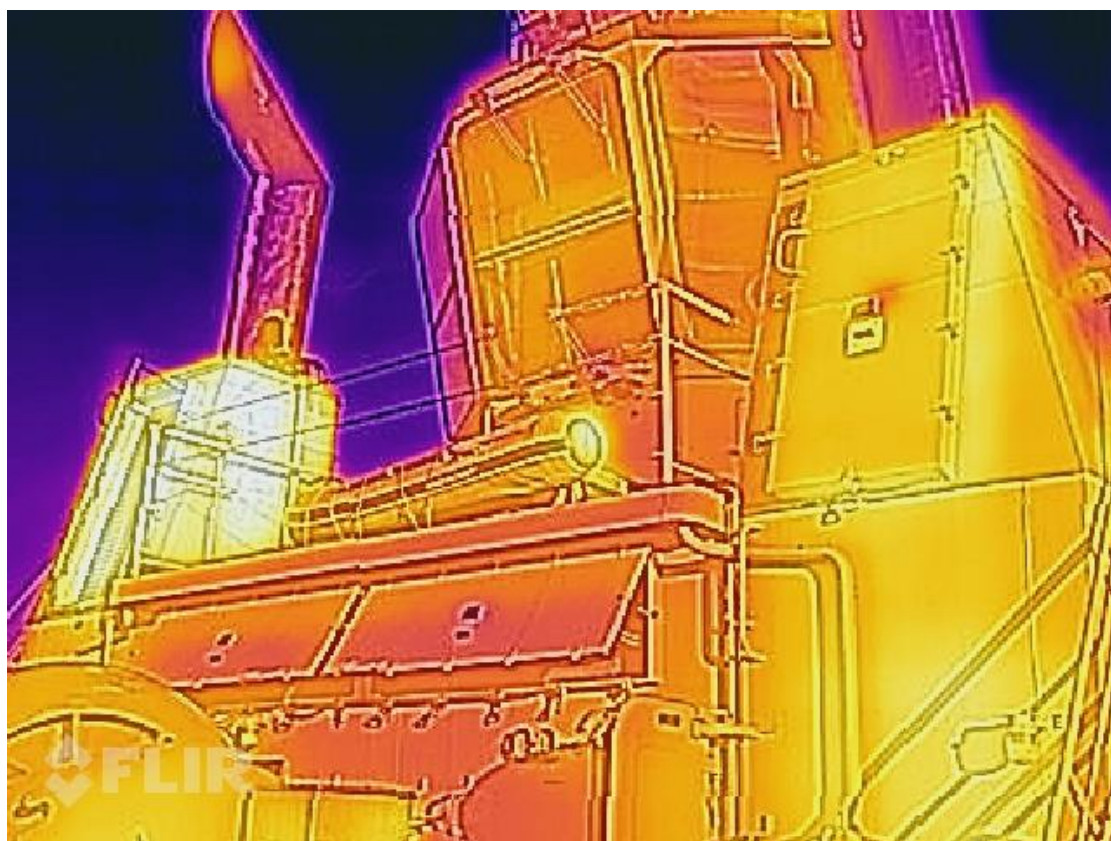
Mekaanisten osien osalta huoltotoimenpiteiksi riittänee luukkujen saranoiden ja paineilmasylintereiden nivelien rasvaus soveltuvin, jo käytössä olevin menetelmin. Toimenpiteet on määrä liittää Castorin kuukausittaiseen kansirasvauskierrokseen.

Putkivetojen osalta huoltotoimenpiteiksi riittänee kannakointien, ulkoisten kulumien ja tiiviiden seuranta.

Ohjauksjärjestelmän osalta systeemi ei edellytä huoltotoimenpiteitä.

7 PROJEKTIN MERKITYKSET

7.1 Taloudelliset ja ympäristölliset vaikutukset



Kuva 18. Castorin korsteeniluukut lämpökameralla kuvattuna, kun koneisto on pysäytettyinä.
Kuva: Rautanen 2019.

Kappaleessa 4 on käsitelty konehuoneluukkujen muutostyön välittömiä kustannuksia ja budjettia. Tässä kappaleessa tarkastellaan projektin taloudellisia vaikutuksia hinaaja Castorin operoinnissa. Kuten työssä toisaalla on mainittu, tarpeettomasti avonaisten luukkujen kautta hukkaan kulkeutuvan lämpöenergian määrä ei ole tiedossa, mutta se lienee merkittävä. Luukkujen sulkeminen ja sulkematta jättäminen on käyttäjän harkinnan varassa. Kuvasta 18 havaitaan, että auki olevasta BB-puolen korsteeniluukusta kulkeutuva lämmin ilmvirta lämmittää tarpeettomasti ympäristöä ja kiinni olevasta SB-luukusta lämpöpölvikki on pienempi.

Castorin käyttö satamahinaajatehtävissä on luonteeltaan lukemattomia koneiston käynnistyksiä ja sammutuksia sisältävää. Luukkujen ollessa etäkäyttöisiä ne todennäköisesti tulisivat suljetuiksi lyhyitäkin pysähdyksiä varten. On selvää, että avonaisten luukkujen kautta ulkoilmaan kulkeutuva ilmvirta talvoin pysähtyisi. Tarkasteltaessa kokonaista hinaajaa lämmitysenergian kannalta, havaitaan että kaikki lämpöenergia on tuotu alukseen AS Alfons Håkans-yhtiön maksaman sähköenergian tai dieselöljyn muodossa. Täten on perusteltua sanoa, että vähentämällä lämpöenergian kulkeutumista pois aluksesta yhtiölle syntyy kustannussäästöjä. (Rautanen 2019).

Todennäköisesti ulkoilmaan kulkeutunut lämpöenergia on aina ilmastolle vähemmän hyvä kuin se, mikä jää kulkeutumatta, etenkin kun valtaosa aluksen lämmitysenergiasta on tuotettu omalla lämmityskattilalla. Lämmityskattilat kehittävät toimiessaan hiilidioksidia (Lindberg ym. 1959, 393).

7.2 Turvallisuusnäkökohdat

AS Alfons Håkans -yhtiön tekninen ylitarkastaja Kari Rautalinin (2019) näkemysten mukaan työturvallisuuden todennäköinen parantuminen voidaan nostaa koko projektin tärkeimmäksi lähtökohdaksi.

Turvallisuus on kokonaisuutena vaikeasti mitattava ja analysoitava kohde. Luukkujen manuaaliseen operointiin liittyy työturvallisuusriskejä liukastumisen, kaatumisen, putoamisen ja sormien ja muiden jäsenien luukkujen väliin jäämisen muodossa. Kuten kuvasta 19 voidaan havaita, työturvallisuus on kaltevalla pinnalla. Luukkujen ollessa etäkäyttöisiä tämä työvaihe jäisi tarpeettomaksi.



Kuva 19. Luukkujen manuaalista operointia. Kuva: Harju 2019.

Johtopäätöksenä todettakoon, että työssä käytetyt monitahoiset menetelmät toteutuksen suunnittelemisesta ovat ratkaisseet tutkimusongelman lisäksi myös mahdollisen työturvallisuusongelman, joka olikin toimeksiantajan priorisoinnissa korkealla. Voidaan lisäksi olettaa projektista olevan merkittävän hyödyn toimeksiantajalle (Rautalin 2019).

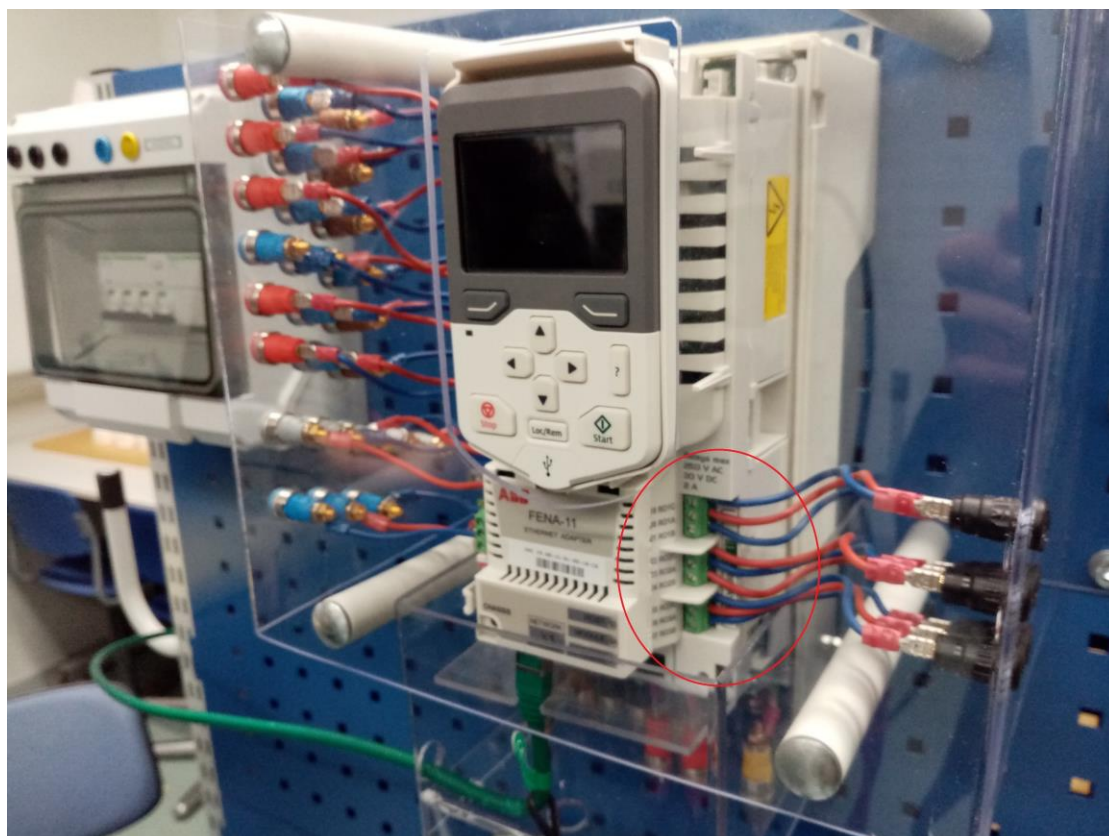
7.3 Optiot

Ilmanvaihtoluukkujen etäkäyttöisyys mahdollistaa monia asioita myös jatkokehitystä silmällä pitäen. Nostettakoon esille mahdollinen tulevaisuuden muutostyö Castorissa: taajuusmuuttajakäyttö konehuoneen puhaltimille. Tätä mahdollisuutta silmällä pitäen myös ilmanpoistoluukkuihin on kaavailtu optiota toimia automaattisesti. Nykyaikaisesta taajuusmuuttajasta saataisiinkin ohjaustieto myös luukuille. Ilman taajuusmuuttajia skenaariota on vaikea analysoida, mutta suunnitelmassa kuvatun kaltainen sysäysrelekytkentä on omiaan myös käyttöpainikkeiden ulkopuolisille kärkitieto-ohjauksille, sillä se ei vaadi muuta kuin 24 VDC -sysäyksen ja luukut toimivat. Lähestymiskytkimiltä voidaan kytkeä myös taajuusmuuttajalle tieto vallitsevasta luukun asennosta.

Vastaavanlainen integrointi myös palonhallintajärjestelmän osalta voidaan todennäköisesti toteuttaa releohjaukseen perustuvana, jolloin Castorin konehuoneen luukut sulkeutuisivat automaattisesti kiinteän aerosolisammutusjärjestelmän toimiessa.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun lehtori Kalle Suoniemen asiantuntijalausunto taajuusmuuttajakäyttöistä on yhtenevä edellä mainittujen optioiden kanssa. Suoniemen kanssa on esimerkkinä tarkasteltu ABB FENA 11 -taajuusmuuttajaa. Laitteessa on mahdollisuus kytkeä parametreilla ohjattavia releohjauksia (Suoniemi 2019).

Koko Castorin konehuoneen etäkäyttöiseksi muuttaminen tulee ajankohitaiseksi tulevaisuudessa. Hinaajan toimiessa erityisesti jäänmurtotehtävissä on havaittu tarvetta tällaiselle muutostyölle. Aiheeseen liittyvät jatkotutkimukset tällaisten muutoksien suunnittelusta todennäköisesti tarjoavat aiheita esimerkiksi tuleviin opinnäytetöihin (Rautanen 2019).



Kuva 20. ABB FENA-11 -taajuusmuuttaja. Kuvassa on ympyröitynä ohjelmoitavat releohjauslähdöt X6, X7 ja X8. Kuva: Harju 2019.

7.4 Yleistettävyyys

Suunnitelma konehuoneen luukkujen etäkäytöstä lienee yleistettävissä muihin vastaaviin aluksiin sellaisenaan - ainakin se toiminee hyvänä pohjana pienin muutoksin. Tutkimuksen tulokset analyysineen ovat todennäköisesti käyttökelpoisia, sillä muissakin alusten konehuoneissa vallitsevat samanlaiset lähtökohdat ja periaatteet. Myös tavoitteet yksinkertaisuudesta, toimintavarmuudesta ja turvallisuudesta ovat linjassa muissakin AS Alfons Håkans -yhtiön aluksissa.

Aikanaan, Castorin muutostöiden valmistuttua, saadaan kokemusperäistä tietoa tästä pilottiprojektista. Myös luukkujen toiminnan laajentaminen täysin automaattisesti toimiviksi esimerkiksi taajuusmuuttajakäytön yleistyessä tulee todennäköisesti relevantiksi kysymykseksi tulevaisuudessa.

8 YHTEENVETO

Tutkimusmenetelmien onnistumista pohdittaessa havaitaan, että tapaustutkimus voidaan mieltää onnistuneeksi. Tutkimuksen tuloksena saatiin kehitettyä hyvä ja kattava suunnitelma ilmanvaihtoluukkujen muutostöistä, jotka ratkaisivat toimeksiantajan esittämät ongelmat. Tutkimuksen tulokset lienevät myös yleistettävissä muihin vastaaviin projekteihin.

Suunnitelma Castorin muutostöistä onnistui hyvin. Lopputuloksesta saatiin toteuttamiskelpoinen ja yleistettävä. Projektin vaikutukset todennäköisesti tiedetään ja tekniset yksityiskohdat lienevät määritelty riittävällä laajuudella. Kriittisesti tarkasteltuna projektin suunnitelmat olisivat voineet tarkentua entisestään suorittamalla enemmän käytännön mittauksia erilaisissa olosuhteissa.

Produktiivinen, hyvin läheiset kytkennät käytännön työelämään meriklusterissa omaava tapaustutkimus oli tekijälle mieluisa opinnäytetyö. Työ oli haasteellisuudessaan ja laajuudessaan mielenkiintoinen tehtävä.

Monipuolinen alusten teknisen laadun ajanmukaisena ylläpitäminen ja kohottaminen esimerkiksi tällaista manuaalista ihmistyötä keventävillä muutostöillä on linjassa AS Alfons Håkans -yhtiön käytänteisiin, etenkin kun projektia voidaan perustella myös työturvallisuus- ja ympäristöaspekteilla. Muutostyöt Castorin ilmanvaihtoluukkuihin toteutetaan todennäköisesti 2020-luvun aikana.

LÄHTEET

Herman, S. 2013. Understanding Motor Controls. 2. painos. USA: Delmar

Hulkkonen, V. 2008. Fluidkliinikka. Pneumatiikka. Kotisivusto. Kuva 15. Saatavissa: <https://asiakas.kotisivukone.com/files/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/16.pneumatiikka-venttiilit.pdf> [viitattu 4.11.2019].

Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2005. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. 1. painos. Helsinki: WSOY

Kumpulainen, A. 2019. Myynti-insinööri. Henkilökohtainen tiedonanto 26.6. - 13.9.2019. Auser Oy

Kunnas, J. 2019. Tuotemyyjä. Henkilökohtainen tiedonanto 5.7.2019. LSK Group.

Lindberg, N., Ahonen, V., Ahtola, A., Ebeling, O., Granlund, O., Hakkarainen, P., Hilska, M., Holmström, J.-E., Huber, C., Kajanti, C., Kotilainen, P., Kuisma, H., Luhr, H., Mattila, E. & Sassi, K. 1959. Lämpö- ja vesijohto- sekä tuuletustekniikan käsikirja. 1. painos. Helsinki: Kustannus-Aitta Oy

Rautalin, K. 2019. Tekninen ylitarkastaja. Sähköpostikeskustelu 1.4.- 13.9.2019. AS Alfons Håkans, suomen sivuliike.

Rautanen, K. 2019. Aluekonepäällikkö. Sähköpostikeskustelu 1.4. -13.9.2019. AS Alfons Håkans, suomen sivuliike.

SFS 6002: 2015. Sähkötyöturvallisuus.

Suoniemi, K. 2019. Lehtori. Sähköpostikeskustelu 26.8.-16.11.2019. Kaakois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Vakuuttavaa liikkeen ja virtauksen hallintaa. Auser Oy. s.a. Norgren tuotesite.

Valtanen, E. 2013. Tekniikan taulukkokirja. 20. painos. Hyvinkää: Genesis-Kirjat Oy.