

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto

LUT School of Energy Systems

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jami Palander

Vetokaapin säätöjärjestelmän lisäominaisuuksien kehittäminen

Työn tarkastaja: Prof. Pertti Silventoinen

Työn ohjaaja: DI Mikko Harmanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto

LUT School of Energy Systems

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jami Palander

Vetokaapin säätöjärjestelmän lisäominaisuuksien kehittäminen

Diplomityö

2021

23 sivua, 10 kuvaa ja 2 taulukkoa

Työn tarkastajat: Prof. Pertti Silventoinen

DI Mikko Harmanen

Hakusanat: Vetokaappi, laboratorion säätöjärjestelmä

Vetokaappi on laboratorioissa käytettävä ilmanvaihtoon liitetty suojalaite, jonka tarkoituksena on suojella käyttäjiänsä haitallisten aineiden kulkeutumiselta hengitysvyöhykkeelle. Vetokaappien toiminnasta on mahdollista tehdä vielä turvallisempaa, käyttäjäystävällisempää ja ekologisempaa lisäämällä niihin säätöjärjestelmä, jonka tehtävänä on pitää vetokaapin otsapintanopeus toivottuna. Fanison Oy:llä on pitkä historia vetokaappien säätöjärjestelmien toteuttamisessa. Näin ollen vetokaappeja valmistavan Visu Kaluste Oy:n ostettua Fanison Oy:n mahdollistui uudenlainen synergiaetu. Tämän työn tavoitteena on selvittää uusia ominaisuuksia, joita Visu-vetokaapin ja Fanison-säätöjärjestelmän integroituminen on mahdollistanut. Ominaisuuksien lisäarvoa pohditaan käyttäjän turvallisuuden ja taloudellisuuden näkökulmista. Työssä käsitellään lisäominaisuuksien tarvitsemia komponentteja, mutta varsinainen prototyypin kokoaminen jää tämän diplomityön ulkopuolelle.

ABSTRACT

LUT University
School of Energy Systems
Degree Program in Electrical Engineering

Jami Palander

Development of additional features for the fume cupboard control system

Master's Thesis

2021

23 pages, 10 figures and 2 tables

Examiners: Prof. Pertti Silventoinen
D.Sc. Mikko Harmanen

Keywords: Fume cupboard, laboratory control system

A fume cupboard is a protective device connected to ventilation used in a laboratory, the purpose of which is to protect its user from the introduction of harmful substances into the respiratory zone. It is possible to make the operation of the fume cupboards even safer, more user-friendly, and more ecological by adding a control system to keep the frontal velocity of the fume cupboard desirable. Fanison Oy has a long history in implementing fume cupboard control systems. Thus, the acquisition of Fanison Oy by Visu Kaluste Oy, a manufacturer of fume cupboards, enabled a new kind of synergy advantage. The aim of this thesis is to elucidate the new features made possible by the integration of the Visu fume cupboard and the Fanison control system. The added value of the features is considered from the perspective of user safety and economy. The thesis deals with the components needed for additional features, but the assembly of the actual prototype is excluded from this thesis.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	6
1.1	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	6
1.2	Työn rakenne	7
1.3	Fanison Oy ja Visu Kaluste Oy	7
2	VETOKAAPIN SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ.....	8
2.1	Fanison-säätöjärjestelmä.....	8
2.2	Säätö- sekä ohjausjärjestelmien toiminnallisuudet eri valmistajilla	10
2.2.1	Erilaisia järjestelmien toimintoja	10
2.2.2	Yhteenvedo toiminnoista	11
3	ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN AVULLA.....	13
3.1	Tutkimuksia vetokaappien käytöstä.....	14
3.2	Automaattisesti sulkeutuvan luukun taloudellinen vaikutus talvella.....	16
4	JÄRJESTELMÄSUUNNITTELU.....	18
4.1	Järjestelmään vaikuttavat standardoinnit	18
4.1.1	Yleiset vetokaappistandardit	18
4.2	Automaattisesti sulkeutuva luukku	19
4.2.1	Riskien analysointi ja -hallinta	19
4.2.2	Moottorin mitoitus.....	19
4.2.3	Valosensori.....	20
4.3	Luukun laskemisen toteutustapoja	22
4.3.1	Mekaaninen kytkin	22
4.3.2	Sähkömagneettinen kytkin	23
4.3.3	Vääntömoottori.....	23
4.4	Pistorasiat ohjauksella.....	23
4.5	Valon värin vaihtuminen hätätilanteessa	24
4.6	Toteutussuunnitelma	25
5	YHTEENVETO.....	26
	LÄHDELUETTELO	27

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

<i>Q</i>	ilmamäärä
<i>A</i>	pinta-ala
<i>v</i>	nopeus
<i>l</i>	leveys
<i>h</i>	korkeus
<i>E</i>	energia
<i>P</i>	teho
<i>t</i>	aika
<i>T</i>	vääntömomentti
<i>F</i>	voima
<i>r</i>	säde

1 JOHDANTO

Vetokaappi on laboratorioissa käytettävä ilmanvaihtoon liitetty suojalaite, jonka tarkoituksena on suojella käyttäjänsä haitallisten aineiden kulkeutumiselta hengitysvyöhykkeelle. Vetokaapin käyttämisestä saadaan turvallisempaa, käyttäjäystävällisempää sekä energiatehokkaampaa asentamalla vetokaapin ilmanvaihdon yhteyteen säätöjärjestelmä, jonka avulla vetokaapin luukun virtausnopeus pidetään vakiona luukun avauksesta riippumatta. Ilman säätöjärjestelmää luukun virtausnopeus saattaa kasvaa liian suureksi. Näin voi käydä etenkin luukun ollessa pienellä avauksella. Tällöin riskinä on, että esimerkiksi paperit vetokaapin sisällä saattavat lähteä lentoon ja vetokaapin sisälle voi muodostua haitallisia pyörteitä. Ilmavirran kasvaessa myös äänitaso vetokaapin luukulla nousee ilmavirran ahtautuessa pienemmästä aukosta. Vetokaapin säätöjärjestelmä hälyttää ilmavirran ollessa liian matala, jolloin käyttäjä tiedostaa mahdollisen vaaran. Vetokaappeja valmistavan Visu Kalusteen ostettua vetokaappien ja laboratorioiden ilmanvaihdon säätöjärjestelmiä toteuttava Fanison Oy mahdollistui entistä parempi yhteensulautuminen näiden kahden osa-alueen välille. Tässä tutkimuksessa pyritään kehittämään Fanison-säätöjärjestelmän ja Visu® vetokaapin integraatiota sekä kehittämään uusia ominaisuuksia.



Kuva 1.1 Visu® vetokaappi (Visu Kaluste 2020)

1.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää Fanison-säätöjärjestelmän ja Visu-vetokaapin integraatiota sekä löytää uusia ominaisuuksia kokonaisuuteen. Yksi osa integraation kehittämistä on standardien mukaisuuden todentaminen sekä mahdollisten epäkohtien löytäminen ja ratkaiseminen. Tutkimuksessa pyritään luomaan jo olemassa olevaan järjestelmään paitsi parannuksia myös täysin uusia ominaisuuksia.

Tutkimuskysymyksiä ovat

- Millaisia ominaisuuksia nykyiseen järjestelmään voisi lisätä
 - Millaisia ominaisuuksia on muilla valmistajilla
 - Uusien ominaisuuksien lisäarvo ja riskit
- Mitkä standardit vaikuttavat laitteistoon?

1.2 Työn rakenne

Diplomityön toisessa luvussa käydään läpi vetokaappien säätöjärjestelmien sekä ohjausjärjestelmien ominaisuuksia. Kolmannessa luvussa tarkastellaan säätöjärjestelmien mahdollistamaa energiansäästöä. Neljännessä luvussa syvennyttään järjestelmäsuunnitteluun kyseisen laitteiston osalta ja tarkastellaan suunniteltua laitteistoa.

1.3 Fanison Oy ja Visu Kaluste Oy

Fanison on suomalainen laboratorioiden ja puhdastilojen erikoisilmanvaihdon säätöjärjestelmiä toteuttava yritys. Yrityksellä on yli kahden vuosikymmenen kokemus vetokaappien säätöjärjestelmien sekä painesäätöisten tilojen toteuttamisesta. Yritys käyttää säätöjärjestelmissään omia tuotteitaan, joita yhdistelemällä saadaan muodostettua erilaisia kokonaisuuksia.

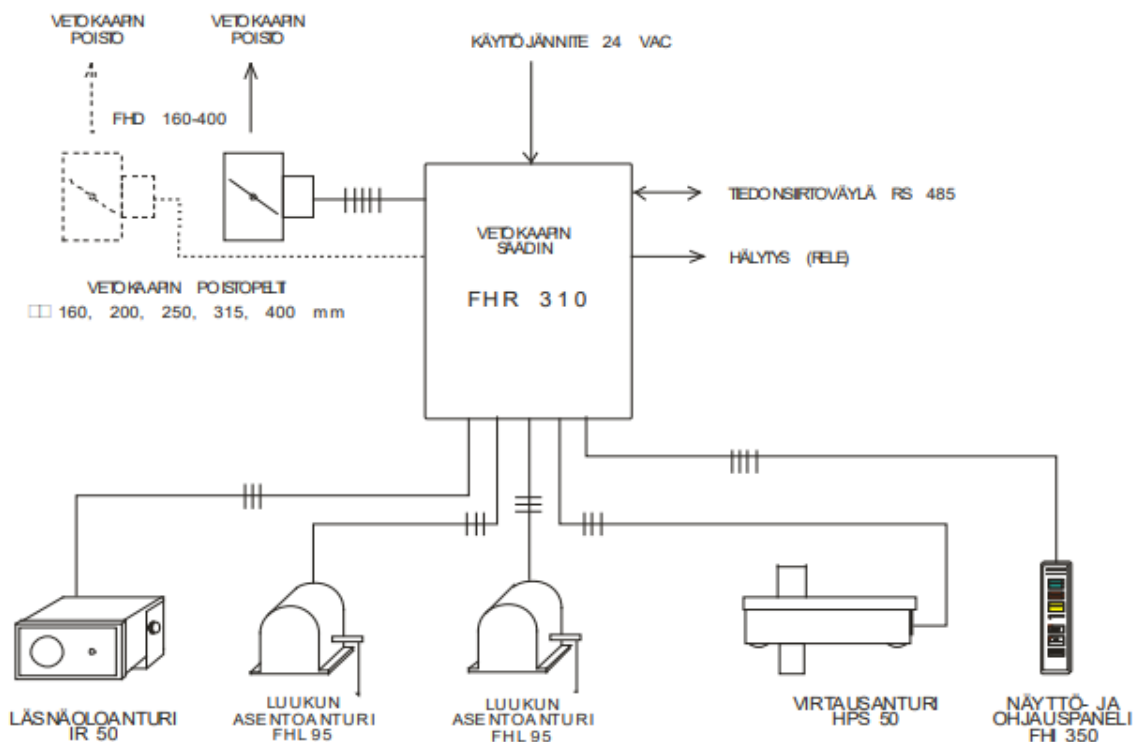
Visu Kaluste Oy on suomalainen perheyritys, jolla on vuosikymmenten kokemus laboratorioiden kalustamisesta ja vetokaappien valmistuksesta. Visu Kaluste toimii myös laboratoriotuotteiden maahantuojana tarjoten asiakkailleen kokonaisratkaisuja. Kansainvälistyvä Visu Kaluste on alansa markkinajohtaja Suomessa.

2 VETOKAAPIN SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ

Vetokaappeihin on saatavilla monia erilaisia säätö- ja ohjausjärjestelmiä. Jokaisella valmistajalla on erilaisia toteutuksia järjestelmissään, mutta myös yhteneväisyyksiä löytyy. Tässä kappaleessa käydään läpi eri valmistajilta löytyviä ominaisuuksia ja pohditaan niiden järkevyyttä liitettynä nykyiseen Fanison järjestelmään. Tavoitteena on löytää uusia ominaisuuksia, joita voidaan lisätä nykyiseen Visu-vetokaapissa olevaan Fanison-säätöjärjestelmään. Samalla tarkastellaan ominaisuuksien taloudellisia vaikutuksia aiemmin tehtyjen tutkimusten pohjalta.

2.1 Fanison-säätöjärjestelmä

Vetokaapin säätöjärjestelmän toiminta perustuu luukun aukosta virtaavan ilman ilmavirran otsapintanopeuden pitämiseen halutulla vakionopeudella. Tämä vakionopeus on normaaleissa vetokaapeissa 0,5 m/s. Tässä työssä käsitellään Fanison FL 105 -vetokaapin säätöjärjestelmää, joka löytyy lisävarusteineen kuvasta 2.1. FL 105 -vetokaapin säätöjärjestelmässä on otsapintanopeuden mittausta varten alipaineanturi HPS 50, jonka avulla ilman nopeustieto saadaan selville vetokaapin seinällä olevasta aukosta. (Fanison 2019). Tämän lisäksi vetokaappiin on liitetty luukun asentoanturi FHL 95, joka mittaa luukun avausta. Luukun asentotiedon avulla vetokaappisäätimestä FHR 310 saadaan tieto vetokaapin poistoilmamäärästä kuutioina tunnissa (Fanison 2016). Luukun ilmavirran säätäminen tapahtuu vetokaapin poistokanavan moottoroidulla FHD-säätöpölyllä (Fanison 2008).



Kuva 2.1 FL 105 vetokaapin säätöjärjestelmän komponentit (Fanison 2016)

Yleisimmissä asennuksissa säätöjärjestelmä sisältää kuvasta 2.1 poiketen yhden asentoanturin, virtausanturin, poistopellin, näyttö- ja ohjauspaneelin sekä vetokaappisäätimen. Säätöjärjestelmä on mahdollista asentaa vetokaappiin, jossa on useita erillisiä luokkuja, jolloin kaikissa luukuissa täytyy olla erillinen luukun asentoanturi. Lisävarusteena säätöjärjestelmään on mahdollista hankkia läsnäoloanturi IR 50, joka asettaa vetokaapin energiansäästötilaan silloin, kun se ei havaitse vetokaapin luona ihmisiä.

Kaikkien kuvassa 2.1 esiintyvien antureiden tiedot siirtyvät vetokaappisäätimelle FHR 310, joka käsittelee tiedot ja ohjaa niiden avulla FHD-peltiä. Säätöjärjestelmä opettelee FHD-säätöpellin asennon luukun eri avauksilla, mikä mahdollistaa nopean säädön lähelle optimaalista virtausnopeutta. Samalla järjestelmä seuraa HPS 50-anturilla virtausnopeutta ja tekee hienosäädön halutun nopeuden saavuttamiseksi. (Fanison 2016)

Vetokaapin käyttäjälle säätöjärjestelmästä näkyy vain kuvan 2.2 näyttö- ja ohjauspaneeli FHI 350, joka ilmoittaa vetokaapin toiminnan sekä varoittaa toimimattomuudesta valo- ja äänimerkein. Ohjauspaneelista saadaan tarvittaessa pakko-ohjattua vetokaapin FHD-peltiä. Käyttöpaneeli on tehty käyttäjäystävälliseksi: se sisältää vain kolme näppäintä, joita ei optimaalisessa tilanteessa tarvitse koskaan painaa.



Kuva 2.2 Säätöjärjestelmän näyttö- ja ohjauspaneeli FHI 350

Näyttöpaneelissa on liikennevalojen tapaan kolme erilaista tilaa: normaali-, hälytys- ja säästötilat. Normaali-tilan vihreä valo palaa silloin, kun vetokaapin otsapinnan virtausnopeus on raja-arvojen sisällä. Hälytysvalo syttyy ilmavirran nopeuden tippuessa raja-arvon alapuolelle. Samalla myös äänimerkki ilmoittaa käyttäjälle virtausnopeuden alhaisuudesta. Keltainen säästövalo palaa ainoastaan silloin, kun järjestelmään on asennettuna liiketunnistin IR 50, ja järjestelmä on siirtynyt energiansäästötilaan tiputtamalla virtausnopeutta. Lisäksi näytöstä löytyy kaksi erillistä merkkivaloa, joista toinen ilmaisee huollon tarvetta/ ilmoittaa

huollon tarpeesta. Toinen, erillinen virtausvaroitussvalo varoittaa rajoitetusta poistoilmamäärästä aiheutuvasta otsapintanopeuden pienenemisestä.

Vetokaapin säätöjärjestelmä, huonesäädin SAR 410 ja ACU-moottoripellit muodostavat yhdessä FL 205 -järjestelmän. Tässä järjestelmässä hallitaan huoneen tulo- sekä poistoilmoja. Kaikki samassa huoneessa olevat vetokaappisäätimet ovat yhteydessä huonesäätimeen RS 485 tiedonsiirtoväylän välityksellä. Huonesäätimen avulla huonepaine ja ilmanvaihtokerroin saadaan pidettyä haluttuina.

2.2 Säätö- sekä ohjausjärjestelmien toiminnallisuudet eri valmistajilla

Fanison on yksi Suomen suurimmista vetokaappien säätöjärjestelmien toteuttajista. Se ei kuitenkaan ole alansa ainoa toimija. Tässä työssä käydään lyhyesti läpi muiden yritysten tarjoamia säätöjärjestelmiä ja niiden lisäosia. Työssä ei kuitenkaan tarkastella järjestelmien säätötapoja, vaan tutkimuskohteena ovat muut toiminnallisuudet vetokaapin yhteydessä. Tarkoituksena on löytää uusia ominaisuuksia, joita Fanison-järjestelmään voitaisiin lisätä. Suomen markkinoilta ei tällä hetkellä löydy kaikkia tutkimuksessa läpikäytäviä säätöjärjestelmiä. Tutkimuksen kohteena on ollut neljä erilaista säätöjärjestelmien valmistajaa. Joitain esiteltävistä ominaisuuksista ja järjestelmistä ei ole mahdollista integroida kuin valmistajan omiin vetokaappeihin. Esittelyssä on koostettu ominaisuuksia valmistajien eri järjestelmistä, ja näin ollen kaikkia ominaisuuksia ei välttämättä saa integroituna samaan järjestelmään.

2.2.1 Erilaisia järjestelmien toimintoja

Ensimmäinen tässä tutkimuksessa tarkasteltava yritys valmistaa itse vetokaapit sekä ohjausjärjestelmät niihin. Näyttöpaneeli ja ohjausjärjestelmä on suunniteltu vain valmistajan omiin vetokaappeihin, joten se poikkeaa muista vertailtavista tuotteista. Kaapin ominaisuuksiin saa lisäosana säätöjärjestelmän, mutta tässä tutkimuksessa läpikäytävät ominaisuudet löytyvät vetokaapista myös ilman säätöjärjestelmää. Vetokaappeihin on integroitu kosketusnäyttö, joka kertoo muun muassa vetokaapin tilan sekä ilmannopeuden vetokaapin luukussa. Näytöltä on mahdollista käynnistää ja sammuttaa puhallin sekä ohjata valaistusta ja pistorasioita. Lisäominaisuutena järjestelmään saa automaattisesti sulkeutuvan luukun. Tämä tarkoittaa, että kaappiin on asennettu liiketunnistin ja käyttämättömänä olevan vetokaapin luukku suljetaan automaattisesti. Vetokaapin erikoisominaisuutena on kaapin valaistuksen vaihtuminen punaiseksi ongelmatilanteessa. Esimerkkinä tällaisesta ongelmatilanteesta voisi mainita vetokaapin otsapintanopeuden laskemisen asetetun rajan alapuolelle.

Toisen tutkimuksen kohteena olevan valmistajan järjestelmän ominaisuuksiin kuuluu kaksi eri näyttö- ja ohjauspaneelia, jotka asennetaan vetokaappiin. Toinen näistä paneeleista ohjaa ja kertoo käyttäjälleen kaapin perusominaisuuksista, kuten ilmannopeudesta ja kaapin tilasta. Se myös ilmoittaa hälytyksistä äänimerkein. Toinen paneeli sisältää kosketusnäytön,

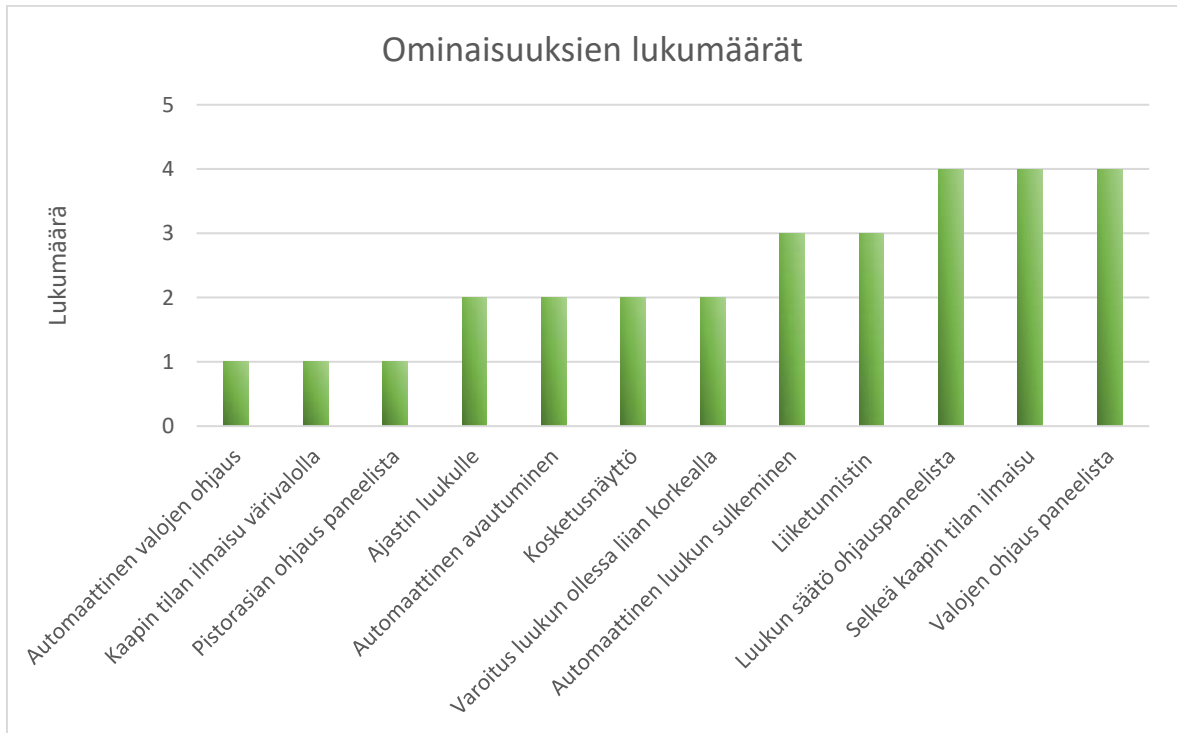
jonka avulla hallitaan lisäominaisuuksia. Järjestelmän yksi lisäominaisuus on vetokaapin sisävalojen säätö, jonka ansiosta valot saadaan toimimaan automaattisesti liiketunnistimen avulla. Tällöin säästytään valojen sytyttämisen ja sammuttamisen vaivalta. Toinen ominaisuus on kosketusnäyttöpaneelin kautta toimiva vetokaapin luukun sähköinen korkeuden säätö. Luukku voidaan avata, sulkea tai pysäyttää automaattinen sulkeutuminen tarvittavaksi ajaksi. Tällöin luukku ei sulkeudu, vaikka järjestelmä ei havaitsisi ihmisiä vetokaapin edustalla. Näytössä on myös ajastin, joka ilmoittaa, milloin luukku sulkeutuu itsestään. Mikäli luukun välissä on jotain, joka estää sen sulkeutumisen, alkaa näytöllä vilkkua punainen varoitusvalo. Varoitusvalo pitää kuitata, jotta luukun automaattinen sulkeutuminen alkaa jälleen toimia.

Kolmas valmistaja on toteuttanut ohjauspaneelin isokokoisilla fyysisillä painikkeilla. Painikkeista pystyy ohjaamaan vetokaapin valoja sekä valitsemaan vetokaapin eri toimintatilojen välillä. Vetokaapin luukku on moottorivavustettu, mikä tarkoittaa, että luukku nostettaessa se ajaa moottorin avulla itsensä ennalta määritellyyn avaukseen. Luukku suljettaessa moottori avustaa luukun kiinni jo pienellä luukun laskemisella. Järjestelmä mahdollistaa myös automaattisen luukun sulkeutumisen, kun se ei havaitse ketään kaapin lähetyvillä.

Neljäs yritys on suuntautunut ilmanvaihdon hallintaan. Yrityksen valmistama vetokaapin säätöjärjestelmä on integroitavissa kaikkien valmistajien vetokaappeihin. Järjestelmän ohjauspaneelista löytyy yksinkertainen liikennevalo, joka kertoo kaapin tilan. Tämän lisäksi paneelissa on pieni näyttö, jolta on mahdollista nähdä otsapintanopeus metreinä sekunnissa tai ilmanvirtaus kuutioina tunnissa. Lisäksi ohjauspaneelissa on painikkeet puhaltimen ja valaistuksen ohjaukseen sekä luukun korkeuden sähköiseen säätämiseen. (Trox, Mott Manufacturing, Topair, Waldner)

2.2.2 Yhteenveto toiminnoista

Vetokaappien ohjausjärjestelmiä on monenlaisia. Niiden avulla pystytään helpottamaan kaapin käyttäjän työtä sekä lisäämään ekologisuutta ja mikä tärkeintä, myös turvallisuutta. Tässä työssä on tarkoitus löytää uusia ominaisuuksia, jotka olisi mahdollista integroida Fanison-Visu-järjestelmään. Kuvassa 2.3 on esitetty edellä mainittujen ohjausjärjestelmien ominaisuuksien lukumääriä. Vaaka-akselilla on esitetty ominaisuus, ja pystyakselilla kerrotaan, kuinka monelta valmistajalta kyseinen ominaisuus löytyy.



Kuva 2.3 Vetokaappien ominaisuuksia ja kuinka monelta yritykseltä kyseinen ominaisuus löytyy

Kuvasta 2.3 huomataan, että on kolme ominaisuutta, jotka löytyvät kaikilta valmistajilta: selkeä kaapin tilan ilmaiseminen, sähköinen luukun korkeuden säätö sekä vetokaapin valaisuksen ohjausmahdollisuus paneelista. Selkeällä ilmaisulla tarkoitetaan esimerkiksi liikennevalomenetelmää, jossa palaa selkeästi vihreä valo kaapin toimiessa oikein ja punainen häiriötilanteissa. Valmistajien järjestelmissä sähköisen luukun toiminta perustui joko ainoastaan painikkeilla suoritettavaan luukun liikuttamiseen tai käden avulla liikkeelle lähtevään ja ääriasentoon automaattisesti ajavaan luukkuun. Toiseksi yleisimmät ominaisuudet olivat liiketunnistin ja sen yhteydessä toimiva luukun automaattinen sulkeutuminen. Edellä mainitulla tarkoitetaan tarkoittaa luukun sulkeutumista määritetyn ajan kuluttua, kun käyttäjä on poistunut vetokaapin läheisyydestä.

3 ENERGIANSÄÄSTÖMAHDOLLISUUDET SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN AVULLA

Tässä kappaleessa käydään läpi erilaisia mahdollisuuksia pienentää vetokaappien energiankulutusta. Säättöjärjestelmän avulla vetokaappien energiankulutusta on mahdollista pienentää melko vaivattomasti, mutta säästöjen saavuttamiseksi käyttäjän on käsiteltävä vetokaappia oikein. Säättöjärjestelmällisen vetokaapin energiankulutuksen suuruus riippuu luukun korkeudesta, mikä tarkoittaa, että säästöjen saavuttamiseksi käyttäjän pitäisi pitää luukkuja aina mahdollisimman matalalla. Ideaalinen luukusta kulkeva ilmamäärä pystytään laskemaan kaavan

$$Q = Av = l * h * v \quad (1)$$

avulla, missä

$$Q = \text{poistoilmamäärä [m}^3/\text{s]}$$

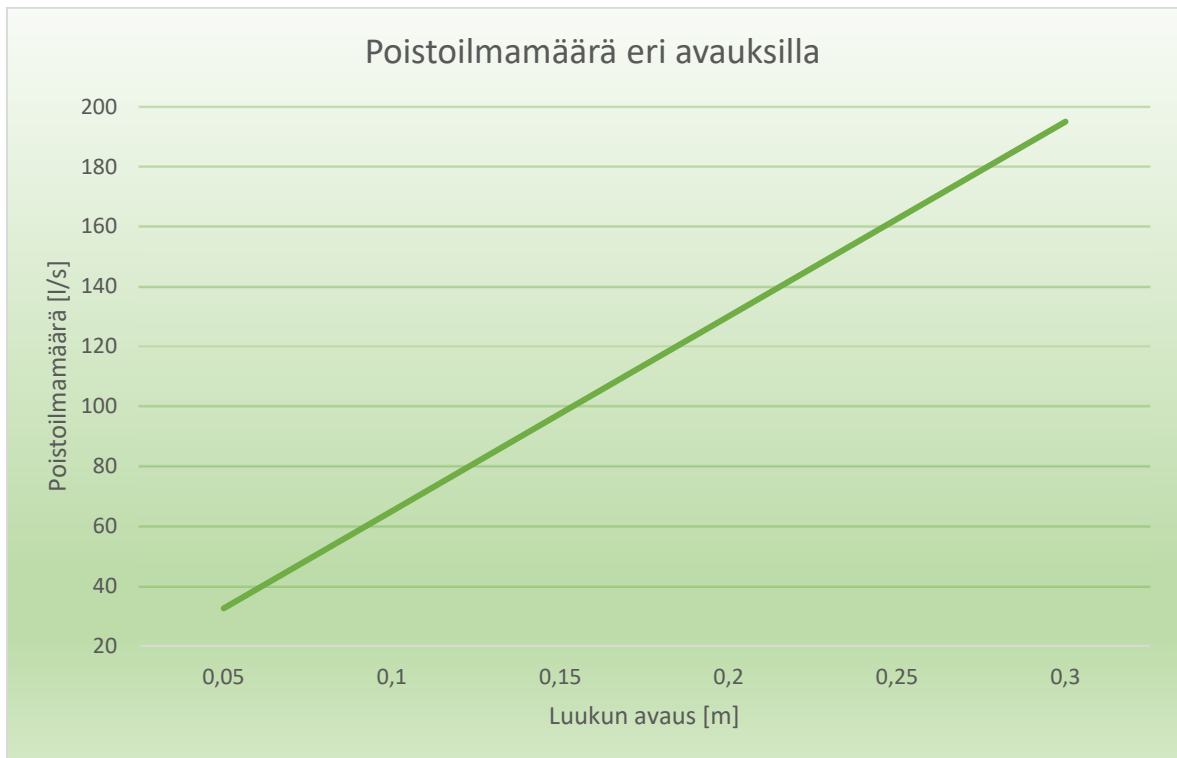
$$A = \text{aukon pinta-ala [m}^2\text{]}$$

$$v = \text{otsapintanopeus [m/s]}$$

$$l = \text{luukun leveys [m]}$$

$$h = \text{avauksen korkeus [m]}$$

Laskemalla poistoilmavirta Q kaavan 1 mukaisesti luukun leveyden ollessa 1300 mm, saadaan kuvaajan 1 lineaarinen käyrä. Kuvaajassa luukun avaus on pienimmillään viisi senttimetriä ja suurimmillaan 30 senttimetriä, jota käytetään usein suuren ilmamäärän mitoitusarvona. Käytännössä luukun otsapintanopeus vaihtelee aukon eri kohdissa, eikä se pysy vakiona edes yhdessä mittauspisteessä.



Kuva 3.1 Ideaalinen poistoilmamäärä eri luukun korkeuksilla, leveyden ollessa 1300 mm. Vaaka-akselilla on kuvattu luukun avauksen korkeus ja pystyakselilla ilmamäärä

Kuvasta 3.1 voidaan havaita, että luukun avauksen ollessa viisi senttimetriä ilmamäärä on noin 33 l/s, kun taas luukun avauksen ollessa 30 cm se on 195 l/s. Tämä merkitsee 162 litran eroa sekunnissa, mikä tarkoittaa tunnissa noin 583 kuutiometriä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että 2-kerroksisen 140 m² suuruisen asunnon poistoilmavirta on tehostustilanteessa 85 l/s (Finvac, 2017). Käytännössä moni käyttäjä ei tyydy avaamaan luukua ainoastaan mitoitettun 30 cm verran, vaan luukua avataan niin paljon, ettei käyttäjän tarvitse katsoa lasin läpi. On siis tärkeää, että luukua pidetään mahdollisimman matalalla varsinkin silloin, kun vetokaappi ei ole aktiivisessa käytössä.

3.1 Tutkimuksia vetokaappien käytöstä

Vuonna 2003 Työterveyslaitos toteutti yhdessä Fanison Oy:n ja Senaatti-Kiinteistöjen kanssa vuoden kestävä seurantatutkimuksen, jossa tarkkailtiin läsnäolotunnistimella varustellun vetokaapin säätöjärjestelmän ilmamääriä. Työterveyslaitoksen laboratorio-osassa oli noin 100 vetokaappia, joihin on asennettu liiketunnistimen sisältävä säätöjärjestelmä. Tutkimus on vanha, mutta säätöjärjestelmän toiminta ei ole muuttunut vuosien varrella merkittävästi, joten tutkimusta on mahdollista pitää pätevänä vielä tänä päivänäkin. Taulukossa 1 on esitelty erilaisten säätöjärjestelmien keskimääräisiä poistoilmavirtoja. Vertailussa on neljä erilaista järjestelmää, joista kahden tietoja voidaan hyödyntää tässä tutkimuksessa. Järjestelmät kaksi ja neljä ovat normaaleja vetokaapin säätöjärjestelmiä, joiden ainoa eroavuus on läsnäoloanturi. Järjestelmä kaksi toimii ilman läsnäoloanturia ja järjestelmä neljä hyödyntää läsnäoloanturia pienentämällä ilmavirtoja käyttäjän poistuessa vetokaapin läheisyydestä.

Järjestelmän neljä arvo on todellinen vuoden aikana mitattu tulos, mutta muiden järjestelmien ilmavirrat on saatu simuloinnin avulla.

Taulukko 1 Vetokaappien säätöjärjestelmien vertailu (mukaiillen Sisäilmayhdistys, 2008)

Järjestelmä	Säädön kuvaus	Vetokaapin keskimääräinen poistoilmavirta l/s
Järjestelmä 1	2-portainen, 8 h työaikana 160 l/s, työajan ulkopuolella 40 l/s (simuloitu)	68
Järjestelmä 2	Poistoilman säätöjärjestelmä pitää luukun otsapintanopeuden vakiona avauksesta riippumatta (simuloitu)	44
Järjestelmä 3	Otsapintanopeus 0,3 m/s, kun luukun avaus on alle 100 mm (simuloitu)	35
Järjestelmä 4	Järjestelmä 2 varustettuna läsnäoloanturilla (todellinen)	27

Tutkimuksen mukaisesti läsnäolotunnistimella mahdollistetaan ilmavirran väheneminen 17 litralla sekunnissa, mikä tarkoittaa 39 % muutosta. Tämä on mahdollistettu pienentämällä ilman nopeutta luukussa silloin, kun vetokaapin edessä ei ole työntekijää. Tutkimuksessa keskimääräinen vetokaapin käyttöaika vuodessa oli 377 tuntia, mikä tarkoittaa, että niiden käyttöaste oli todella pieni. Lisäksi käyttäjät muistivat sulkea vetokaapin silloin, kun he eivät käyttäneet sitä. (Sisäilmayhdistys, 2008)

Luukun sulkeminen on helppo ja turvallinen tapa vähentää energiankulutusta, mikäli käytössä on tarpeiden mukaisesti muuttuva ilmanvaihto. Harvardin yliopisto on tehnyt tutkimuksen, jossa seurattiin vetokaappien luukkujen aukioloaikoja sekä laskettiin niistä aiheutuvia kuluja. Tutkimuksessa esitetyssä laboratoriossa sähkönkulutuksesta 44 % muodostui ilmanvaihdosta (Harvard 2015). Tarpeenmukainen ilmanvaihto säätää vetokaappien ja muiden poistojen lisäksi huoneen tuloilmaa. Ilmanvaihto saadaan jatkuvan säädön avulla optimaaliseksi kaikissa tilanteissa. Vähentämällä vetokaapeista meneviä ilmamääriä pystytään vähentämään myös tuloilmanvaihtoa turvallisesti.

Harvardin tutkimuksen pohjana toimi kampanja, jossa painotettiin sulkemaan vetokaapin luukku silloin, kun sitä ei käytetä. Kampanja toteutettiin laboratoriossa, jossa oli tarpeenmukainen ilmanvaihto. Kampanjassa saatuja ilmamäärätietoja verrattiin vetokaappeihin, joissa oli automaattisesti sulkeutuvat luukut. Tietoja verrattiin myös säätöjärjestelmällä varustettujen vetokaappien normaaliin käyttöön. Tutkimuksessa kävi ilmi vetokaapin käyttäjien vastahakoinen asenne luukun sulkemista kohtaan. Tämä selvisi tutkittaessa viikon verran vetokaappien aukioloaikoja. Eräissä normaalikäytöllä olleessa laboratoriossa luukun

aukiolojaksojen mediaani oli 69 tuntia. Toisessa laboratoriossa vastaava luku oli 33 tuntia. Vastaavat arvot sekä kampanjassa että automaattisesti sulkeutuvalla luukulla varustetuilla vetokaapeilla olivat alle 5 tuntia. (Harvard 2015)

3.2 Automaattisesti sulkeutuvan luukun taloudellinen vaikutus talvella

Laskelmassa käytetään todellista, nimettömänä pysyvää laboratoriorakennusta. Rakennus on valmistunut vuonna 2020. Rakennuksen vetokaapillisiin huoneisiin on asennettu Fanisonin säätöjärjestelmä. Säätöjärjestelmän avulla hallitaan vetokaappien otsapintanopeuksia. Lisäksi tilojen tuloilmaa säädetään vastaamaan poistoilmamäärää. Rakennuksen yleisilmanvaihdossa on lämmöntalteenotto, mutta vetokaapeista poistuvaa ilmaa ei hyödynnetä. Laboratoriossa on noin 60 eri kokoista vetokaappia. Vetokaappien ollessa käyttäjien jättämissä asennoissa niistä menee 7,5 m³/s enemmän ilmaa kuin luukkujen ollessa suljettuina. Tämä tarkoittaa, että myös tuloilmaa tulee rakennukseen yhtä paljon. 7,5 m³/s ilmapirran lämmittämiseen +20 °C:seen kyseisessä rakennuksessa menee 180 kW ulkolämpötilan ollessa 0 °C. Pakkasen ollessa -15 °C lämmittämiseen tarvitaan tehoa jo 315 kW. Rakennuksen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö, jonka energian hinta on noin 68 €/MWh. Vetokaappien jäädessä avoimiksi viikonlopun yli perjantai klo 16 - maanantai klo 7 tunteja kertyy yhteensä 63. Arkipäivinä vetokaapit ovat käytössä kymmenen tuntia ja poissa käytöstä 14 tuntia. Viikon aikana vetokaapit ovat poissa käytöstä 133 tuntia. Lämmittämiseen tarvittava energia saadaan kaavalla 2.

$$E = Pt = 0,180 \text{ MW} * 133 \text{ h} = 23,94 \text{ MWh} \quad (2)$$

, missä

$$E = \text{Tarvittava energia [MWh]}$$

$$P = \text{Lämmitysteho [MW]}$$

$$t = \text{Aika [h]}$$

Kun tarvittava energia kerrotaan energian hinnalla, saadaan selville viikossa syntyneet lämmityskulut. Taulukkoon 2 on laskettu viikossa muodostuvia kuluja.

Taulukko 2 Viikossa muodostuvat hukka kustannukset

Vetokaapit poissa käytöstä viikon aikana	133 h
Tuloilman lämmittämiseen tarvittava teho, ulkolämpötila 0 °C	0,180 MW
Tuloilman lämmittämiseen tarvittava teho, ulkolämpötila -15 °C	0,315 MW
Hukkaan menevä energian määrä viikossa, ulkolämpötila 0 °C	24 MWh
Hukkaan menevä energian määrä viikossa, ulkolämpötila -15 °C	42 MWh
Energian hinta	68 €/MWh
Viikossa muodostuvat kulut 0-astetta	1 628 €
Viikossa muodostuvat kulut -15-astetta	2 849 €

Taulukon 2 mukaisesti viikossa muodostuvat kulut ovat ulkolämpötilasta riippuen 1600 € - 2850 €. Neljän viikon nollakelin aikana kulut ovat jo yli 6500 €. Suomessa vuoden keskilämpötila vuonna 2020 oli alustavien tilastojen mukaan 4,8 °C, mikä on aikaisempia vuosia huomattavasti korkeampi (Ilmatieteen laitos 2020). Keskilämpötila on historiallisesta ennätyksestä huolimatta niin matala, että Suomessa joudutaan lämmittämään tuloilmaa lähes ympäri vuoden. Taloudelliselta kannalta tästä tulee merkittävä menoerä, johon on mahdollista vaikuttaa sulkemalla luukut silloin, kun vetokaapit eivät ole käytössä.

4 JÄRJESTELMÄSUUNNITTELU

Edellisessä kappaleessa käytiin läpi kilpailevilta valmistajilta löytyviä ominaisuuksia. Näistä mahdollista lisäarvoa tuottavat valikoitiin jatkokehitykseen. Energiansäästön näkökulmasta lisäarvoa saadaan automaattisesti sulkeutuvalla luukulla. Turvallisuuteen lisäarvoa tuovat vetokaapin sisällä olevien pistorasioiden ohjaus paneelista sekä hälytystilanteessa kaapin sisällä syttyvä punainen huomiovalo. Tässä kappaleessa käydään läpi järjestelmän standardeja ja toteutettavaan järjestelmään tarvittavia ominaisuuksia.

4.1 Järjestelmään vaikuttavat standardoinnit

Tässä työssä käsiteltävät standardit koskevat normaaleja vetokaappeja, joita ei ole tarkoitettu erityiskäyttöön, kuten radioaktiivisen materiaalin käsittelyyn. Työssä käsiteltävät standardien lainaukset on tehty Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n luvalla.

4.1.1 Yleiset vetokaappistandardit

Tavallisia vetokaappeja käsittelee 7-osainen standardi EN 14175. Standardi on jaettu eri osaluokkiin seuraavanlaisesti:

- Osa 1: Sanasto
- Osa 2: Turvallisuutta ja suorituskykyä koskevat vaatimukset
- Osa 3: Tyyppitestit
- Osa 4: On-site-testimenetelmät
- Osa 5: Suositukset asennusta ja huoltotoimintaa varten
- Osa 6: Vetokaapit, joissa ilman aerostaattinen tilavuus vaihtelee
- Osa 7: Vetokaapit, joissa kuumat lämpötilat sekä happoja.

Tämän työn kannalta tärkeimpänä osana toimii standardin osa 2, joka käsittelee vetokaapin turvallisuutta ja suorituskykyä. Osa 2 käsittelee pääosin pelkästään vetokaappia ja sen rakennetta, mutta siinä on annettu myös lyhyesti ohjeistuksia esimerkiksi moottoriorjatuille luukulle sekä pistorasioiden asettelulle vetokaapissa. Standardissa SFS-EN 14175-2 moottoriorjatu luukun maksiminopeudeksi on määritetty 0,5 m/s. Lisäksi standardissa on määritetty, että luukun täytyy pysähtyä, jos liikkeen tiellä on jokin este. Myös läpinäkyvät esteet tulee huomata. (SFS 2003)

Samassa standardissa määritellään myös, että pistorasioiden tulisi sijaita vetokaapin ulkopuolella, mikäli se on mahdollista. Mikäli pistorasioiden sijoittaminen vetokaapin sisälle on välttämätöntä, niiden täytyy olla suojausluokaltaan vähintään IP44. Vetokaapin sisällä

olevien pistorasioiden ja pistorasiasarjojen päälle ja pois kytkeminen täytyy olla mahdollista myös kaapin ulkopuolelta. (SFS 2003)

4.2 Automaattisesti sulkeutuva luukku

Vetokaapin luukku eli etulasi on Visu-kaapeissa käsin nostettava ja laskettava. Luukun aukeaminen tapahtuu liu'uttamalla lasia pystysuoraan ylöspäin. Tätä kutsutaan standardeissa liukuluukuksi. Kaapin takana oleva vastapaino helpottaa luukun avaamista ja mahdollistaa luukun pysäyttämisen haluttuun korkeuteen.

4.2.1 Riskien analysointi ja -hallinta

Automaattisesti sulkeutuvassa luukun käytössä on lisäarvon ohella myös riskejä, jotka täytyy huomioida. Vetokaappien tehtävänä on suojella käyttäjää haitallisilta aineilta, joten automaattisesti sulkeutuva luukku ei saa vaarantaa turvallisuutta. Vaarana automaattisesti sulkeutuvan luukun toiminnassa on, että esimerkiksi kemikaalipullo on jäänyt luukun alle ja sulkeutuessaan luukku kaataa tai rikkoo pullon. Tämän estämiseksi luukun alareunaan lisätään valoverho, joka tunnistaa väliin jäävän kappaleen ajoissa ja pysäyttää moottorin liikkeen.

Toinen vaaranpaikka on kaapin sisältäessä jotain paljon vaarallista höyryä tuottavaa kemikaalia tai tilanne, jossa keitetään esimerkiksi happoa. Jotta vetokaapeista menevä ilmamäärä on näissä tilanteissa tarpeeksi suuri, ei luukku saa olla täysin suljettuna. Tämän johdosta luukku ei saa sulkeutua edes silloin, kun käyttäjä ei ole paikalla. Turvallisuuden takaamiseksi käyttäjällä täytyy olla painike, jonka avulla automaattisesti sulkeutuva luukku poistuu käytöstä, eli se ei sulkeudu ennen painikkeen painamista uudelleen. Tämän avulla käyttäjä pystyy tarvittaessa jättämään luukun avoimeksi.

4.2.2 Moottorin mitoitus

Moottorin valinta aloitetaan vaatimusmäärittelystä. Vetokaapin liukuluukun liikuttamiseen tarvittavalle voimalle on määritelty standardissa EN 147175-2 raja-arvoksi 30 Newtonia ja liukuluukkusarjalle 50 Newtonia. Mitoituksessa käytetään liukuluukkusarjaa, jotta samaa järjestelmää voidaan käyttää erimallisissa vetokaapeissa. Rissapyörä, jonka päällä luukun vajeri kulkee, on halkaisijaltaan 100 mm. Rissapyörän säteen ja luukun liikuttamiseen tarvittavan voiman avulla pystytään laskemaan rissapyörän pyörittämiseen tarvittava vääntömomentti yhtälön 3 mukaisesti.

$$T = Fr = 50 \text{ N} \times 0,05 \text{ m} = 2,5 \text{ Nm} \quad (3)$$

, missä

T = vääntömomentti [Nm]

F = luukun liikuttamiseen tarvittava voima [N]

r = pyöritettävän rissapyörän säde [m].

Tämä tulos on ideaalinen minimi. Siinä ei ole huomioitu lepokitkan voittamiseen tarvittavaa voimaa. Vetokaappiin lisätään myös akseli, jonka hitausmomentin voittamiseen tarvitaan voimaa. Prototyyppeä varten moottori ylimitoitetaan, jotta laitteisto saadaan varmasti toimimaan. Moottorin vääntömomentti mitoitetaan niin, että se pystyy tuottamaan hetkellisesti viisinkertaisen vääntömomentin laskelmaan nähden. Tällöin vääntömomentin arvo on 10 Nm. Luukun sulkeutumiselle on standardissa annettu maksiminopeus 0,5 m/s. Käytännössä haluttu luukun sulkeutumisnopeus on huomattavasti matalampi, maksimissaan 0,2 m/s. Tällaisella nopeudella pystytään laskemaan rissapyörän pyörimisnopeus n yhtälön 4 avulla.

$$n = \frac{60 * v}{2\pi r} = \frac{60 * 0,2 \frac{m}{s}}{2\pi * 0,05m} = 38 \text{ rpm} \quad (4)$$

, missä

v = luukun nopeus [m/s]

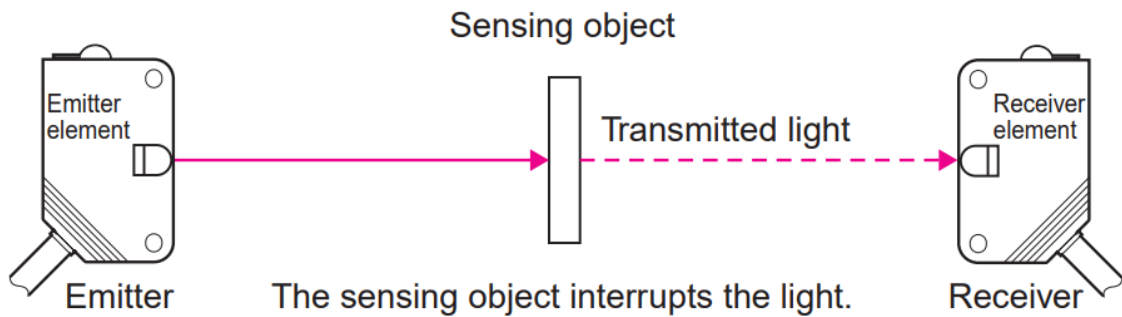
r = rissapyörän säde [m].

Tässä tapauksessa vaatimukset moottorille ovat seuraavat:

- Moottorin täytyy tuottaa hetkellisesti vähintään 10 Nm vääntömomentti
- Kierrosnopeus maksimissaan 38 rpm
- Moottorin täytyy olla kooltaan vetokaapin rakenteisiin soveltuva

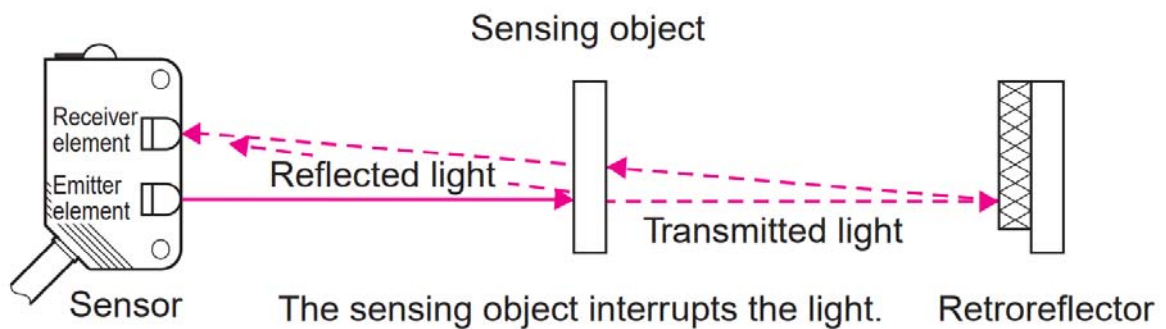
4.2.3 Valosensori

Valosensorin tehtävänä on havaita väliin jäävät esineet. Valosensorilla tarkoitetaan esimerkiksi erivärisillä ledeillä, infrapunalla tai laserilla toteutettua valonsädettä ja sen vastaanotinta, joka havaitsee valonlähteen edessä olevan kappaleen. Tässä kappaleessa käydään läpi valosensoreiden kolme yleistä toimintaperiaatetta. Kuvassa 3.1 on esitelty kahdella anturilla toimivan järjestelmän toimintaperiaate.



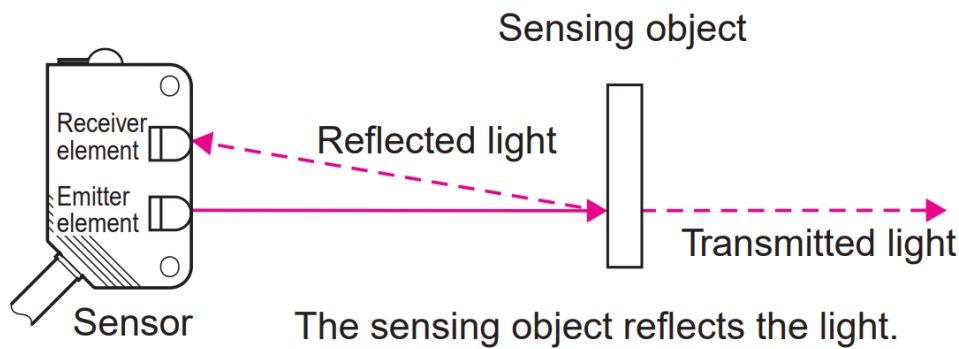
Kuva 4.1 Kahden anturin toimintaperiaate (Omron 2017)

Kuvan 4.1 mukaisesti järjestelmässä on kaksi erillistä anturia, joista toinen lähettää valonsäteen (emitter) ja toinen vastaanottaa sen (receiver). Kappale antureiden välissä katkaisee valonsäteen, ja tieto kappaleesta lähtee toimilaitteelle. Kuvassa 4.2 on esitelty toimintaperiaate anturille, jossa valonsäde heijastetaan peilin avulla takaisin lähettimen yhteydessä olevaan vastaanottiin.



Kuva 4.2 Yksi anturi sisältää sekä lähettimen että vastaanottimen. Valonsäde heijastetaan takaisin peilin avulla. (Omron 2017)

Kun valon heijastuminen katkeaa, anturilta lähtee tieto eteenpäin. Tämä anturijärjestelmä ei havaitse kappaletta, jossa on peilaava pinta anturin puolella. Kolmas erilainen toteutustapa sisältää anturin, jossa on sekä vastaanotin että lähetin. Erona muihin järjestelmiin on, että kappale huomataan siitä heijastuvan valon avulla. Valo ei heijastu takaisin, kun anturin edessä ei ole kappaletta. Kuvassa 4.3 esitellään anturin toiminta.



Kuva 4.3 Yksi anturi sisältää sekä lähettimen että vastaanottimen. (Omron 2017)

Erilaisista anturivaihtoehdoista tähän työhön valitaan anturityyppi, jossa on erillinen lähetin ja vastaanotin. Tämä valinta poissulkee riskin mahdollisista valon heijastumisesta väliin jäävästä kappaleesta.

4.3 Luukun laskemisen toteutustapoja

Luukun sulkeutumisen täytyy tapahtua automaattisesti, kun päätelaitteelta tulee tieto veto-kaapin käyttäjän poissaolosta. Luukku laskeva moottori ei saa aiheuttaa vastusta, kun luukku käytetään käsin. Pienen pyörimisnopeuden ja halutun vääntömomentin takia suurin osa moottoreista vaatii alennusvaihteiston toimiakseen. Vaihteisto tuottaa kuitenkin liikaa vastusta, kun se on kytketty mekaanisesti luukun järjestelmään. Ajatuksen tasolla suunniteltuja toimintatapoja järjestelmän toteuttamiseen ovat mekaaninen kytkin, sähkömagneettinen kytkin sekä vääntömoottori.

4.3.1 Mekaaninen kytkin

Ensimmäisessä vaiheessa ongelman ratkaisemiseksi suunniteltiin erilaisia mekaanisia kytkimiä, joiden avulla sähkömoottori kytketään luukun vaijereihin tarvittaessa. Lepotilassa moottori oli mekaanisesti erotettuna vaijerista. Tässä ratkaisussa vaijerin ja sitä liikuttavan rattaan välillä tuli olla tarpeeksi kitkaa, jotta vaijeri ei kuluisi ennakoitua nopeammin. Lisäksi moottorin täytyi olla joko molemmilla puolilla luukku sijaitsevilla vaijereissa, tai veto-kaapissa piti olla yhdysakseli tasaamassa luukun reunojen laskeutumista. Kahta moottoria käytettäessä niiden keskinäisen synkronoinnin täytyi olla tasapainossa, jotta ne pyörivät samanaikaisesti ja samalla kierrosnopeudella. Luukun laskeutuessa vinosti se saattaa kiilautua uraan ja jumittua. Siitä huolimatta ilman turvalaitteistoa toimiva moottori pyrkii laskemaan luukku, jolloin vaihtoehtoina ovat moottorin ylikuormittuminen tai vaijerin hankautuminen. Aikaisemmin yksittäisissä veto-kaapeissa on käytetty yhdysakselia, joten tässäkin tapauksessa päätettiin hyödyntää kyseistä ratkaisua. Vaatimuksena järjestelmälle oli, että se olisi mahdollisimman yksinkertainen ja luotettava. Vaijeriin kohdistuvat voimansiirrot tarvitsevat monia toimintoja, jotka sisältävät tarvittavaan työhön nähden liikaa riskejä.

Yhdysakselin pyörittäminen on luotettavampi vaihtoehto, joten vajereiden liikuttaminen yhtäaikaisesti täytyy tapahtua akseliin liitetyn moottorin avulla.

4.3.2 Sähkömagneettinen kytkin

Laitteistoon suunniteltiin myös sähkömagneettista kytkintä mekaanisen kytkimen korvauksiksi. Sähkömagneettisessa kytkimessä tapahtuu myös mekaaninen kytkeytyminen, kun kytkimelle syötetään sähköä. Ilman sähköä kytkimen eri puolet ovat mekaanisesti erottuina toisistaan, minkä ansiosta luukku on mahdollista nostaa ilman ylimääräistä vastusta. Sähkömagneettinen kytkin vaatii lisäksi sähkömoottorin sopivalla vaihteistolla. Tällä hetkellä sähkömagneettiset kytkimet ovat vielä harvinaisia, joten niiden hinnat ovat liian korkeita käytännön toteutuksen näkökulmasta.

4.3.3 Vääntömoottori

Sähkömagneettisista kytkimistä tietoa selvittäessä esiin nousi kolmas toteutusvaihtoehto. Tässä vaihtoehdossa käytetään vääntömoottoria, jonka pyörimisnopeus ja vääntömomentti ovat tarpeeksi pieniä ilman vaihteita. Näitä löytyy tällä hetkellä vain muutamalta valmistajalta. Vääntömoottorin roottori on toteutettu kestopagneeteilla, minkä ansiosta moottori on harjaton ja huollon tarve vähenee. Harjattoman tasavirtamoottorin ohjaus on monimutkaisempaa kuin harjallisen moottorin johtuen siitä, että se tarvitsee ohjauselektroniikkaa toimiaukseen. Ohjauselektroniikalla ohjataan virtaa oikea-aikaisesti vuoroin moottorin kolmelle vaiheelle, mikä synnyttää pyörivän magneettikentän, jota roottori pyrkii seuraamaan. Ohjauksen tarkkuutta parantaa hall-sensori, jonka avulla tiedetään roottorin reaaliaikainen asento. Roottorin asentotiedolla helpotetaan moottorin liikkeelle lähtöä ohjaamalla virta oikein sen hetkiseen asentoon nähden.

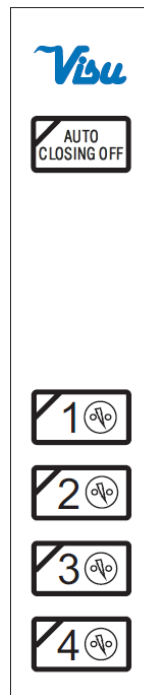
Vääntömoottoria on mahdollista ohjata sekä vaihto- että tasajännitteellä. Vaihtojännitettä käytettäessä ohjaimena täytyy olla servo-ohjain, joka on ominaisuuksiltaan ylimitoitettu pelkästään sulkemaan vetokaapin luukku. Servo-ohjaimet ovat tällä hetkellä myös taloudellisesti kannattamattomia kyseiseen tarkoitukseen. Tasajännitettä käytettäessä harjattoman kestopagneettimoottorin ohjaus on yksinkertaisempaa ja markkinoilla on olemassa taloudellisesti kannattavia ohjaimia. Tasajännitteen muodostamiseksi tarvitaan tasajännitelähde, joka pystyy antamaan tarvittavan tehon. Simuloinnin perusteella piikkiteho on kyseisellä moottorilla noin 1200 W.

4.4 Pistorasiat ohjauksella

Vetokaappien sisäpuolella on toisinaan laitteita, jotka tarvitsevat verkkovirtaa. Johdon liittäminen vetokaapin ulkopuolella olevaan pistorasiaan voi aiheuttaa turvallisuusriskin ja häiritä työskentelyä johtuen siitä, että kaapelin täytyy kulkea luukun aukosta, jossa

työskennellään. Kaapeli voi liikahtaessaan kaataa vetokaapin sisällä olevan näytteen ja tuhota kuukausien työn. Turvallisuuden ja toiminnan varmistamiseksi pistorasioita on toisinaan hyvä asentaa myös vetokaapin sisäpuolelle. Tällöin pistorasioiden kytkemisen päälle ja päältä pois tulee tapahtua selkeästi vetokaapin ulkopuolelta.

Pistorasioiden ohjaus tehdään kuvan 4.4 ohjauspaneelistä, jonka avulla on mahdollista kytkeä päälle ja päältä pois eri pistorasiaryhmiä. Pistorasiaryhmiä on maksimissaan neljä kappaletta, joissa jokaisessa on kaksi pistorasiaa. Jokaiselle ryhmälle on näyttöpaneelissa oma painikkeensa, jonka kulmaan syttyy valo ryhmän ollessa päällä. Ohjauspaneelin painikkeella ohjataan 24 VAC jännitteellä toimivaa impulssirelettä, joka vaihtaa tilaa aina saadessaan pulssin painikkeelta.



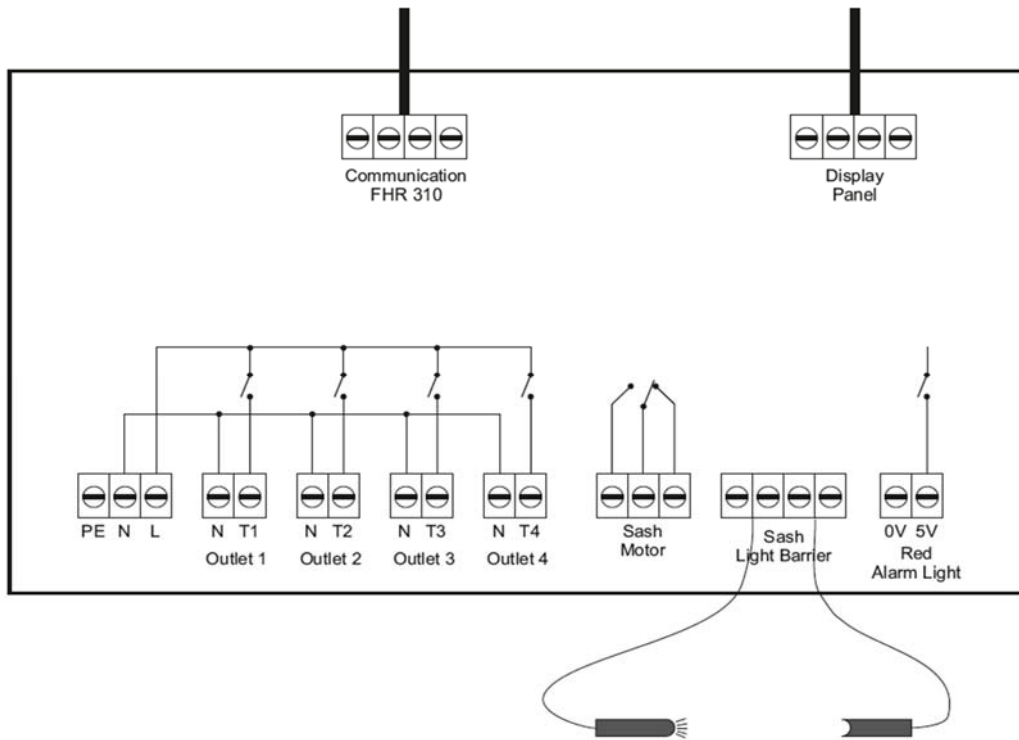
Kuva 4.4 Käyttöpaneelistä ohjataan luukun sulkeutumista sekä numeroituja pistorasiaryhmiä.

4.5 Valon värin vaihtuminen hätätilanteessa

Lisävarusteeksi vetokaappiin lisätään punainen led-valonauha, jonka avulla vetokaapin sisäpuolen valaistus muuttuu punaisen sävyiseksi, kun säätöjärjestelmän hälytys on aktiivinen. Valon sijainti on vetokaapin katolla normaalin vetokaapin valaistuksen vieressä, joten sen ei tarvitse olla tekemisissä kemikaalien kanssa ja suojaukseen riittää IP20-luokitus. Punainen valo sammuu painettaessa äänimerkin kuittauspainiketta tai vastaavasti vetokaapin tilan muuttuessa hälytyksestä normaaliksi.

4.6 Toteutussuunnitelma

Aikaisemmin läpikäydyistä komponenteista muodostetaan kokonainen järjestelmä kuvassa 4.5 esitetyn lisäosan avulla.



Kuva 4.5 Fanison järjestelmän lisäosa.

Lisäosa sisältää releitä, joiden avulla ohjataan moottoria, pistorasioita sekä hälytyksessä sytytvää punaista valoa. Järjestelmässä oleva moottorin rele antaa kärkitietona käyntiluvan moottorinohjaimelle. Luukun haluttu pysähtymiskorkeus määritetään säätöjärjestelmän kautta tietokoneella. Säätöjärjestelmän asentotietoa hyödyntäen rele vaihtaa tilaa saavutettuaan halutun korkeuden tai valoverhon huomattaessa alle jäävä kappale.

5 YHTEENVETO

Tämän diplomityön tarkoituksena oli kehittää Fanison-säätöjärjestelmän sekä Visu-vetokaapin integraatiota ja löytää uusia ominaisuuksia kokonaisuuteen. Tutkimuksessa käytiin läpi vetokaappien energiankulutusta sekä niistä aiheutuvia kuluja rakennuksissa, joissa on paljon vetokaappeja. Vetokaapin vääränlainen käyttötapa, erityisesti luukun jättäminen yläasentoon päivän päätteeksi, lisää energiankulutusta merkittävästi. Tutkittavassa kohteessa 0-keleillä luukkujen auki jättämisestä muodostui viikossa tuhansien eurojen ylimääräiset lämmityskulut. Nämä kulut olisi helposti ehkäistävissä sulkemalla luukut joko käsin tai automaattisesti. Käyttäjät eivät kuitenkaan usein muista tai halua sulkea luukua pois lähdettäessä. Tämän seurauksena vetokaapin luukun automaattisella sulkeutumisella on mahdollista vähentää rakennuksen turhia lämmityskuluja.

Työssä käydään läpi ominaisuuksia ja laitteita, joita nykyiseen Fanison järjestelmään tarvitsee lisätä, jotta sen avulla pystytään säästämään enemmän energiaa turvallisesti. Tutkimuksen perusteella lisäarvoa järjestelmään tuovat vetokaapin automaattisesti sulkeutuva luukku, vetokaapin sisälle sijoitettujen pistorasioiden ohjaus paneelista sekä punainen huomiovalo valaisemaan vetokaapin sisälle ilmapirran ollessa riittämätön. Olemassa on jo paljon valmiita järjestelmiä, joiden avulla on mahdollista rakentaa automaattisesti sulkeutuva luukku vetokaappiin, mutta taloudellisesti katsoen nämä eivät ole vielä kannattavia tähän tarkoitukseen.

Työn pohjalta oli tarkoitus tehdä prototyyppi, jossa järjestelmän toiminta testataan, mutta aikataulullisista syistä prototyypin rakentaminen ja testaaminen jäivät pois tästä diplomityöstä.

LÄHDELUETTELO

- (Fanison, 2019) Fanison Oy, 2019. Datalehti, alipaineanturi HPS 50. [verkkodokumentti]. [Viitattu: 9.4.2020]. Saatavilla: <https://www.fanison.fi/pdf/HPS50C2.pdf>
- (Fanison, 2016) Fanison Oy, 2016. Datalehti, luukun asentoanturi FHL 95. [verkkodokumentti]. [Viitattu: 9.4.2020]. Saatavilla: <https://www.fanison.fi/pdf/FHL95C3.pdf>
- (Fanison, 2016) Fanison Oy, 2016. Datalehti, vetokaapin säätöjärjestelmä FL105. [verkkodokumentti]. [Viitattu: 9.4.2020]. Saatavilla: https://www.fanison.fi/pdf/FL_105_koko_040716.pdf
- (Finvac, 2017) O. Seppänen, S. Lönnqvist, J. Säteri, J. Railio, T. Strand, M. Ahola. Raportti, ilmanvaihdon mitoituksen perusteet. FINVAC ry
- (Harvard,2015) Quentin Gilly, Validating Cost Energy Savings from Harvard's Shut the Sash Program. Harvard University. [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.5.2020]. Saatavilla: <https://green.harvard.edu/sites/green.harvard.edu/files/FumeHoodWhitePaper.pdf>
- (Ilmatieteen laitos,2020) Ilmatieteen laitos, 2020. Tiedote, Vuosi 2020 oli Suomen mittaushistorian lämpimin. [verkkodokumentti] [Viitattu 8.3.2021] Saatavilla: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/EltRuXy4rGloH-FEAnWTXx>
- (Mott Manufacturing,2017) Mott Manufacturing, 2017. Datalehti, INTEGRATED VARIABLE air volume system.
- (Niemelä, 2008) R. Niemelä, E. Tanner, K. Nieminen, S. Vainiotalo, K. Kakkonen, J. Eloranta, J. Muttilainen, 2008. Raportti, Läsnaölo-ohjatulla ilmavirtojen säätötavalla varustetun laboratoriorakennuksen toimivuus pitkällä aikavälillä. Sisäilmastoseminaari.

- (Omron, 2017) Omron, 2017. Tekninen opas, Technical Explanation for Photoelectric Sensors.
- (SFS, 2003) Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2003. Standardi, SFS-EN 14175-2.
- (Topair, 2020) Topair, 2020. Datalehti. VAV- Auto Air Velocity Control System.
- (Trox, 2015) Trox, 2015. Datalehti. LABCONTROL, Air management with EASYLAB Design manual
- (Waldner, 2018) Waldner, 2018. Secuflow laboratory fume cupboards. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.8.2020]. Saatavilla:
<https://www.waldner-inc.com/LinkClick.aspx?fileticket=TeESz6MCAj8%3d&tabid=763&mid=4134>