

Juuso Alm

PIKASULJETTAVAT LAUHDUTTIMEN SÄILÖNTÄLUUKUT

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2016

Pikasuljettavat lauhduttimen säilöntäluukut

Alm, Juuso
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2016
Ohjaaja: Zenger, Pekka, Teemu Santanen
Sivumäärä: 24
Liitteitä: 1

Asiasanat: lauhdutin, luukku, voimalaitos

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella Fortum Power and Heat Oy:n Meri- Porin voimalaitokselle uudet lauhduttimen säilöntäluukut. Lauhduttimen kyljessä olevat luukut avataan kun laitos ei ole enää käynnissä, jotta ilma pääsisi kiertämään lauhduttimessa ja kuivaamaan sen. Luukut suljetaan ennen ylös ajoa, jotta lauhdutin pysyisi tiiviinä, ettei sen sisällä oleva tyhjiö kärsisi.

Työssä vertailtiin kahta erilaista luukkutyyppeä, jotka voisivat korvata vanhat pulteilla kiristettävät luukut. Vertailuun otettiin siipimutterikiristeinen luukku ja pyörivä luukku. Päätavoitteena oli, että uusi luukku olisi nopeampi käyttää ja yksinkertainen toteuttaa ja huoltaa tarvittaessa.

Lopulliseksi luukkutyypiksi valittiin siipimuttereilla kiristettävä luukku.

Fast closable condenser's preservation hatches

Alm Juuso

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical engineering

June 2016

Supervisor: Zenger Pekka, Teemu Santanen

Number of pages: 24

Appendices: 1

Keywords: condenser, hatch, power plant

The purpose of this thesis was to design new condenser's preservation hatches to Fortum Power and Heat Oy's Meri- Pori power plant.

These hatches are located on the side of the condenser and they are opened when the power plant is not running anymore. Hatches are opened to let the air flow to the condenser and dry it. Hatches are closed before power plant is started to maintain vacuum inside the condenser.

In this thesis two types of hatches, that could replace the old bolt tightened hatches were compared. Comparison was made between a wing nut tightened type hatch and a rotating hatch. Main goal was that the new hatch would be quicker to use, simpler to carry out and easier to maintain.

The final solution was the wing nut type hatch.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn tarkoitus.....	5
1.2	Fortum Power and Heat Oy.....	5
1.3	Meri- Porin voimalaitos	5
2	MERI- PORIN VOIMALAITOS.....	6
2.1	Toiminnan pääperiaate	6
2.2	Meri- Porin voimalaitoksen prosessikaavio	7
2.3	Lauhdutin.....	8
3	ONGELMAN ESITTELY.....	9
3.1	Nykyinen ratkaisu	9
3.2	Vaihtoehtojen tarkastelu.....	12
3.2.1	Pyörivä kehä.....	12
3.2.2	Siipimuttereilla kiristettävä luukku	14
3.3	Tiivistys	15
3.3.1	FPM nauha	15
4	UUDEN RATKAISUN VAATIMUKSET	16
5	LUJUUSLASKENNAT	17
5.1	Luukun mitat.....	17
5.2	Lujuuslaskelmat alipaineelle	17
5.3	Lujuuslaskelmat ylipaineelle	18
5.3.1	Ylipaineen vaikutus siipimuttereilla kiristettävään luukkuun.....	19
6	UUSI RATKAISU	21
7	LOPPUTARKASTELU	22
	LÄHTEET.....	23
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Tämän Satakunnan ammattikorkeakouluun tehdyn opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Fortum Power and Heat Oy:n Meri- Porin voimalaitoksen lauhduttimeen uudet pikasuljettavat säilöntäluukut vanhojen pulttikiinnitteisten luukkujen tilalle.

Työssä tarkastellaan kahta luukkutyyppiä, jotka rakenteeltaan sopisivat lauhduttimen säilöntäluukuiksi. Kriteerinä oli päästä eroon hitaasta pulttikiinnityksestä, käsikäyttöisen avausmekanismin avulla. Luukkujen tuli olla myös käytön kannalta yksinkertaiset ja helpot toteuttaa.

Suunnittelussa laskettiin lujuusopin kaavoja käyttäen ylipaine ja alipaine tilanteissa luukkuihin ja niiden kiinnityspultteihin vaikuttavat voimat. Pultteihin kohdistuvista voimista voitiin päätellä, voisiko uusi ratkaisu toteutua pienemmällä määrällä kiinnityspisteitä. Kuvat luukuista piirrettiin AutoCad piirustusohjelmalla.

1.2 Fortum Power and Heat Oy

Fortum Power and Heat Oy on pörssiyhtiö, johon kuuluu Meri- Porin voimalaitos Porissa, Inkoon voimalaitos ja Suomenojan voimalaitos Espoossa, lisäksi Fortum Power and Heatiin kuuluu Turbines yksikkö.

1.3 Meri- Porin voimalaitos

Porin Tahkoluodossa sijaitseva Meri- Porin voimalaitos otettiin käyttöön vuonna 1994 ja se on suomen tehokkain kivihiiltä polttoaineenaan käyttävä voimalaitos. Laitos on samalla tontilla Pohjolan Voiman Tahkoluodon voimalaitoksen kanssa. Projektina Meri- Porin voimalaitos oli nopea, sillä aikaa esisuunnittelusta kaupalliseen käyttöön kului noin 50 kuukautta. Laitoksen omistavat Fortum ja Teollisuuden Voima Oy. Voimalaitos on tyypiltään hiililauhde voimalaitos ja se tuottaa vain sähköä. Laitoksen nettosähköteho on 565 megawattia ja polttoaineteho 1300 megawattia.

Polttoaineena Meri- Porin voimalaitos käyttää kivihiiltä. Laitoksen hyötysuhde on yli 43 prosenttia, tähän on laskettu mukaan rikinpoisto ja NOx katalyytti. (Mandatum & Co 2005)

2 MERI- PORIN VOIMALAITOS

2.1 Toiminnan pääperiaate

Meri- Porin voimalaitos on tyypiltään hiililauhdevoimalaitos, jossa hiiltä polttamalla tuotetaan sähköä. Voimalaitos ei siis tuota lainkaan kaukolämpöä, vaan turbiinin jälkeä höyry lauhdutetaan jäähdytysvedellä ja lasketaan mereen.

Polttoaineena käytettävä kivihiili viedään hiilikentältä hihnakuljettimilla voimalaitoksen hiilisiiloihin, joista hiili pudotetaan hiilisyöttimien kautta hiilimyllyihin, joissa se murskataan pölyksi joka puhalletaan kattilaan.

Kattila on Tampella Powerin valmistama Benson tyyppinen höyrykattila. Benson kattilassa höyrystetään syöttövesipumpulla paineistettu vesi. Vesi ohjataan jakotukien kautta kattilaan jossa se höyrystetään, koska Benson kattilassa ei ole lieriötä, vesi höyrystyy kokonaan kattilan höyryputkistossa.

Kattilan tulistimilla höyry tulistetaan 540°C lämpötilaan ja ohjataan 240 bar paineella korkeapaineturbiinille. Korkeapaineturbiinilta höyry pala takaisin kattilaan välitulistukseen, josta se ohjataan välipaineturbiinille. Välipaineturbiinilta osa höyrystä ohjataan syöttövesisäiliöön ja sieltä turbiinikäyttöiselle syöttövesipumpulle, joka pumppaa paineistettua vettä kattilan jakotukeille. Osa välipaineturbiinilta tulevasta höyrystä ohjataan matalapaineturbiinille josta höyry siirtyy lauhduttimeen jossa se jäähdytysvedellä lauhdutetaan takaisin vedeksi ja pumpataan mereen. Meri- Porin voimalaitoksessa kaikki turbiinit ovat samalla akselilla ja ne pyörittävät generaattoria joka tuottaa nettosähkötehon 565 megawattia.

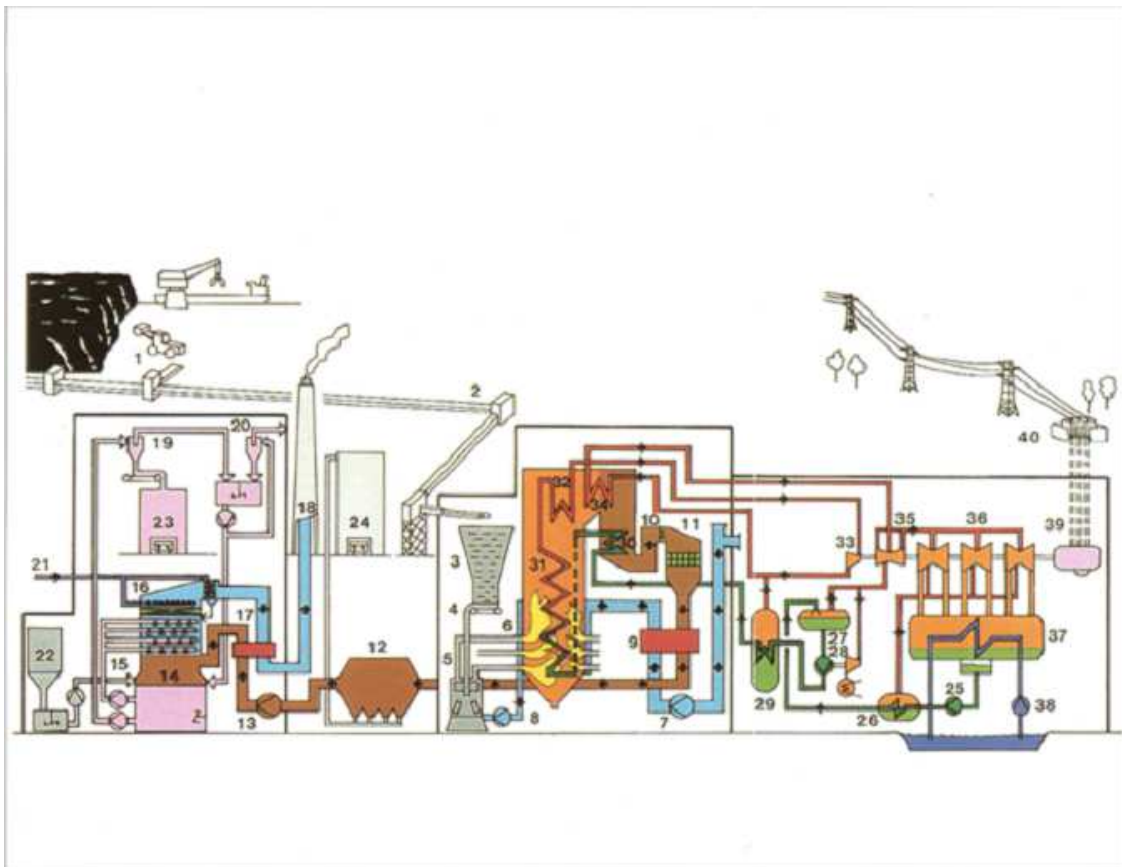
Kattilassa syntyvät savukaasut virtaavat kattilasta NOx katalyyttiin, joka on osa savukaasun puhdistusta. NOx katalyytillä poistetaan savukaasusta typen oksidit. Seuravaksi savukaasu virtaa ilman esilämmittimen eli luvon läpi lämmittäen kattilaan puhallettavaa palamisilmaa. Luvon jälkeen savukaasu kulkee sähkösuodattimien läpi,

sähkösuodattimilla poistetaan savukaasusta hiukkaset käyttämällä korkeaa jännitettä. Sähkösuodattimilla erotetut hiukkaset ja tuhka ohjataan tuhkasiiloihin. Kun hiukkaset on poistettu, savukaasu puhalletaan savukaasupuhaltimilla jälkilämmityksen eli gävön läpi rikinpoistolaitoksella olevaan rikinpoistopesuriin, jossa kalkkia käyttämällä puhdistetaan savukaasusta rikki. Kun rikki on poistettu puhdistettu savukaasu ohjataan gävöön jossa se lämmitetään ja puhalletaan piipusta ulos.

Rikinpoistopesurin pohjalle kerääntynyt kipsiliete ohjataan pumpuilla kipsin vedenerotukseen ja kuiva kipsi tiputetaan kipsisiiloon. (Mandatum & Co 2005)

2.2 Meri- Porin voimalaitoksen prosessikaavio

Tässä prosessikaaviossa on kuvattu Meri- Porin voimalaitoksen prosessin pääperiaatte.



kuva 1. Meri- Porin voimalaitoksen prosessikaavio (MP kalvosarja Mandatum & Co 2005)

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Hiilikenttä | 22. Kalkkisiilo |
| 2. Hiilikuljetin | 23. Kipsisiilo |
| 3. Hiilisiilo | 24. Tuhkasiilo |
| 4. Hiilisyötin | 25. Päälahdepumppu |
| 5. Hiilimylly | 26. Matalapaine- esilämitin |
| 6. Hiilipolttimet | 27. Syöttövesisäiliö |
| 7. Palamisilmapuhallin | 28. Turbiinikäyttöinensyöt-
tövesipumppu |
| 8. Kantoilmapuhallin | 29. Korkeapaine- esilämmitin |
| 9. Ilmanesilämmitin (luvo) | 30. Ekonomaiseri |
| 10. Ammoniakin syöttö | 31. Höyrystin |
| 11. Nox- katalyytti | 32. Tulistin |
| 12. Sähkösuodatin | 33. Korkeapaineturbiini |
| 13. Savukaasupuhallin | 34. Välitulistin |
| 14. Rikinpoistopesuri | 35. Välipaineturbiini |
| 15. Pesulietteen kierto | 36. Matalapaineturbiini |
| 16. Pisaranerotimet | 37. Lauhdutin |
| 17. Jälkilämmitys (gavo) | 38. Jäähdytysvesipumppu |
| 18. Savupiippu | 39. Generaattori |
| 19. Kipsin vedenerotus | 40. Päämuuntaja |
| 20. Jätevesi | |
| 21. Prosessivesi | |

2.3 Lauhdutin

Voimalaitoksen lauhdutin on lämmönsiirrin, jossa siirretään lämpöenergiaa fluidista toiseen, tässä tapauksessa höyrystä veteen. Meri- Porin voimalaitoksessa lauhdutin on sijoitettu suoraan turbiinin alle. Lauhduttimen putkistoissa virtaa kylmää jäähdytysvettä, kun matalapaineturbiinilta tuleva höyry osuu kylmään jäähdytysvesiputkeen, se lauhtuu. Painovoima vetää lauhdekalvoa alaspäin ja lauhdepumput pumpaavat sen mereen. Turbiinin sähkötehon parantamiseksi lauhduttimessa pyritään pitämään mahdollisimman alhainen paine.

Ilma täytyy saada lauhduttimesta pois, sillä se toimii eristeenä, näin huonontaen lauhduttimen lämmönsiirtokykyä ja nostaen kokonaispainetta. Ilma poistetaan yleen-

sä höyrykäyttöisillä ejektoreilla. Ejektorilla imetään ilmaa ja höyryä lauhduttimesta. Imu tapahtuu höyryn avulla, kun höyryä syötetään Laval- suuttimen läpi kovalla paineella ejektorin kuristuskohtaan, se imee lauhduttimesta ilmaa ja höyryä pienentäen painetta lauhduttimessa.

Käynnistyksessä ja normaalissa ajossa käytetään eri ejektoreja. Käynnistyksessä käytettävä ejektori omaa suuren kapasiteetin, mutta sen ei tarvitse tuottaa kovinkaan suurta alipainetta. Käynnistys ejektori on yleensä yksivaiheinen. Pääejektorit tuottavat normaalissa ajossa vaadittavan suuren 0,02bar alipaineen lauhduttimeen. Pääejektorit voivat tuottaa pienemmän kaasuvirran ja niitä voidaankin käyttää kolmivaiheisina, eli kolme sarjaan kytkettyä ejektoria joiden välissä lauhdutin, josta otetaan talteen vedeksi tiivistynyt höyry.

Lauhduksen ilmanpoistoon ja alipaineen tekoon käytetään myös vesirengaspumppeja. vesirengaspumpussa on epäkeskeinen siipipyörä joka pumpun pyöriessä muodostaa pesän ulkoreunalle tiivistävän vesirenkaan. Imu ja poistoyhteiden väliin vesirengaspumppu imee ilmaa ja puristaa sen pienempään tilavuuteen. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2008, 100.)

3 ONGELMAN ESITTELY

3.1 Nykyinen ratkaisu

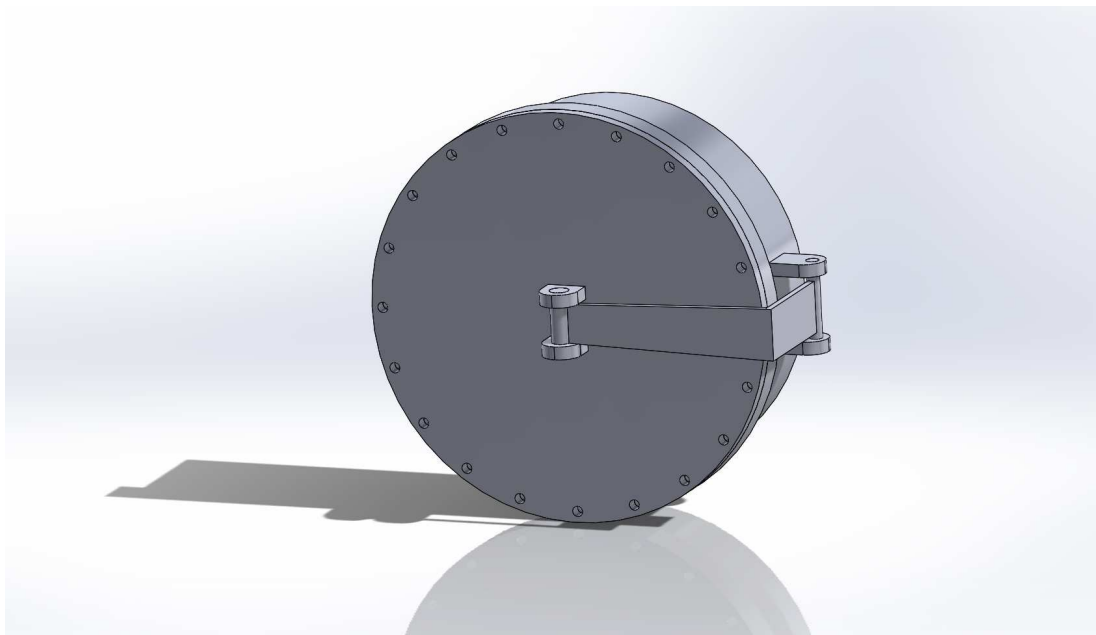
Lauhduksen säilöntäluukut ovat lauhduksen kyljessä olevia luukkuja, jotka avataan kun laitos on ajanut alas, eli ei enää ole käynnissä. Tässä tilanteessa lauhdutin on säilönnässä ja luukut avataan, jotta ilma pääsisi kiertämään lauhduttimessa ja kivaamaan sen. Kun laitosta aletaan ajaa ylös, säilöntä puretaan ja luukut suljetaan, jotta lauhduksen ejektorit tuottaisivat mahdollisimman hyvän alipaineen lauhduttimeen.

Nykyisessä ratkaisussa luukun kansi kiinnitetään putken päässä olevaan kehään pulteilla, tästä johtuen luukkujen sulkeminen aiheuttaa kiirettä laitoksen käyttöhenkilökunnalle. Luukut pitäisi saada suljettua mahdollisimman nopeasti ylösajotilanteessa. Pulttikiinnitteinen luukku on erittäin hidas vaihtoehto ja ylösajon nopeuttamiseksi

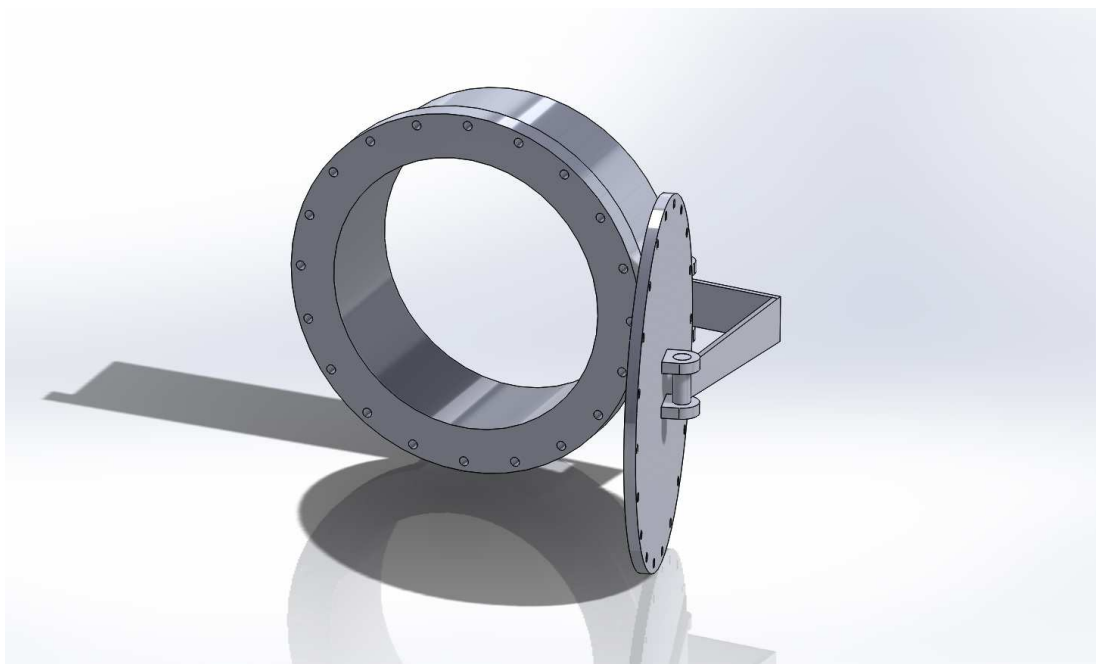
tulisi pulttikiinnitteiset luukut vaihtaa pikasuljettavaan ja –avattavaan malliin. Myös luukun tiivisteet pitää vaihtaa jokaisen sulkemisen yhteydessä. Pulttikiinnitteisen luukun heikkous pikasuljettavaan malliin verrattuna hitaan toiminnan lisäksi on myös mahdollinen pulttien putoaminen ja liiallisesta kiristysmomentista johtuva pulttien katkeaminen.



Kuva 2. Lauhduttimen säilöntäluukku avattuna, kuvassa näkyy pulttikehän reiät ja tiivistepintaa. (Alm 2014)



kuva 3. 3D malli säilöntähuukusta suljettuna. (Alm 2015)



kuva 4. 3D malli säilöntähuukusta avattuna. (Alm 2015)

3.2 Vaihtoehtojen tarkastelu

Uutta luukkutyyppeä valittaessa tulee tarkastella eri vaihtoehtoja tiivistyksen, käyttönopeuden, huollon ja kustannustehokkuuden näkökulmasta.

Tässä työssä otettiin tarkasteluun kaksi vaihtoehtoa ja vertailtiin niiden sopivuutta lauhduttimen säilöntäluukuiksi.

3.2.1 Pyörivä kehä

Ensimmäisenä vaihtoehtona on luukku, jossa kannen pyörivä kehä tiivistää luukun. Luukun kehällä on hampaat ja vastakappaleen kehällä kolot, joihin hampaat uppoavat kiristäen luukun kannen kiinni vastakappaleeseen. Mahdollisimman yksinkertaisen konstruktion saavuttamiseksi, kannattaa tämän tyyppinen luukku toteuttaa niin, että koko luukun kansi pyörii keskellä olevan akselin ympäri.

Toimiva esimerkki tämän tyyppisestä luukusta on Tampereella Bodycote Finland Oy:llä pinnoitusuunnissa. Schmetzin valmistamassa uunissa vaihtelee kova ylipaine ja alipaine. Uunin luukku tiivistyy vastakappaleeseensa, kun luukun kehällä olevat hampaat liukuvat vastakappaleen koloihin. Tässä raskaassa luukussa avaaminen ja sulkeminen toteutetaan toimilaitteen avulla.



Kuva 5. Schmetz pinnoitusuunin luukku ja kehän hammastus. (Alm 2015)



Kuva 6. Luukun vastakappaleen hammastus ja tiivisteiden ura. (Alm 2015)

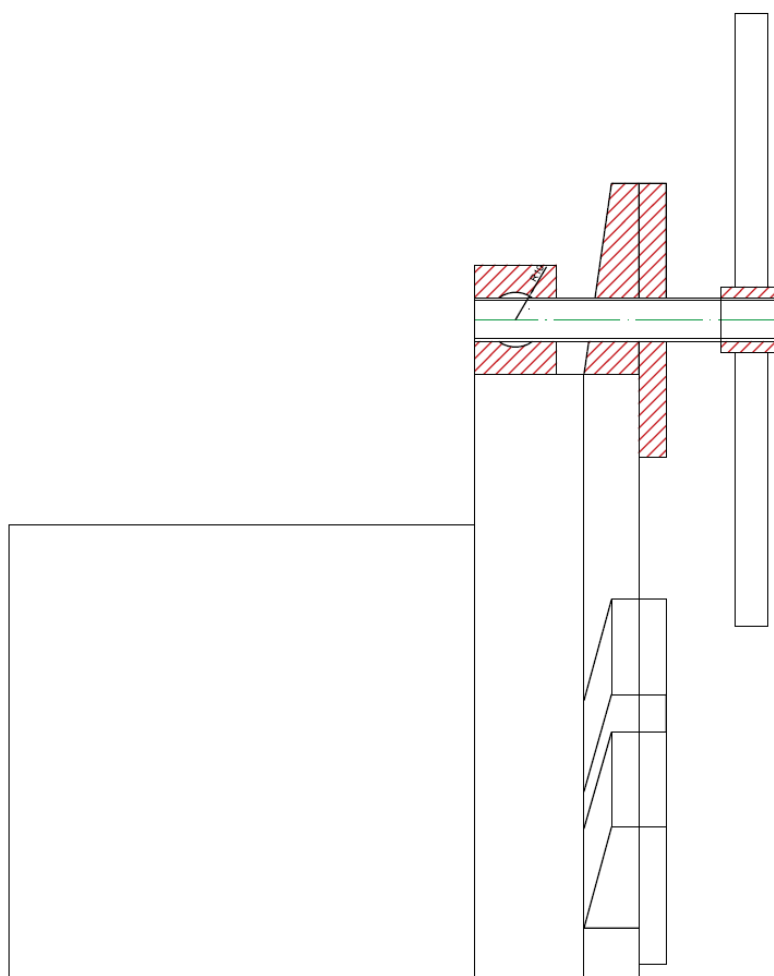
Pyörivällä kehällä toteutettava luukku on ratkaisultaan yksinkertainen ja helppo valmistaa toimilaitteelliseksi, tai käsikäyttöiseksi. Keskellä pyöreää luukkuja olevan akselin päähän voidaan asentaa käsikäyttöä varten kahva tai pyörä, tai toimilaitte kuten servomoottori. Keskiakseli pyörii laakeroinnin varassa ja kehän hammastuksen yli-
pyöräminen voidaan estää lauhduttimen pään kehällä olevien hahlojen päihin hitsattavilla stopparipaloilla, joihin luukun hampaat pysähtyvät. Yli-
pyörämisestä voidaan toteuttaa myös luukun keskellä, lähellä keskiakselia olevilla hahloilla, jotka ääri-
asennon saavuttaessaan pysähtyvät luukun kannatin kappaleeseen hitsattuihin stoppareihin.

Luukku ei saa myöskään pyörähtää auki itsellään, joten sen lisäksi, että kehällä olevat hampaat kiilaavat luukun kiinni, on luukun pysyminen kiinni varmistettava. Varmistus voidaan toteuttaa esimerkiksi lukitsemalla luukun käyttökahva paikalleen sokkatapilla.

Luukun avaaminen ja sulkeminen on nopeaa, mutta vikatilanteiden kannalta pyörivä luukku ei kuitenkaan ole kaikkein paras ratkaisu. Mikäli esimerkiksi luukun keski-
laakeri hajoaa, vie sen vaihtaminen aikaa.

3.2.2 Siipimuttereilla kiristettävä luukku

Säilöntäluukun kiristys voidaan toteuttaa myös siipimuttereita käyttäen. Siipimutteri-kiinnitteisen luukun kansi on saranoitu lauhduttimesta tulevan putken kylkeen, aivan kuten tällä hetkellä käytössä oleva luukkukin, mutta pultit eivät läpäise luukkua ja putken pään laippaa, vaan ovat sijoitettu putken pään ulkokehälle hitsattuihin ulokkeisiin. Pultit kiinnittyvät ulokkeessa olevaan pyörivään niveleen, joka sallii pulttien pystysuuntaisen liikkeen, jotta pultti voidaan nostaa pois luukun kehän hahlostasta, kun siipimutteri on kierretty löysälle avaamista varten.



Kuva 7. Siipimutterikiristyksellä toteutettu luukun kiristys. (Alm 2016)

Siipimuttereilla kiristytävä luukku on käytön kannalta erittäin hyvä toteutus, joskaan ei niin nopea avata ja sulkea, kuin pyöriväkehäinen luukku, myöskään toimilaitteellisen mallin toteuttaminen ei ole tässä tapauksessa vaihtoehto. Mahdollisten vikatilanteiden, kuten pulttien katkeamisen kannalta kyseinen ratkaisu on hyvä, sillä luukun vastakappaleeseen hitsattuun nivelkappaleeseen kierretty pultti voidaan irroittaa ja

vaihtaa uusi tilalle. Mikäli siipimutteri rikkoutuu, voidaan siihen tilalle nopeasti vaihtaa uusi, tai kiertää tilalle väliaikaisesti tavallinen mutteri.

Verrattuna pyörivä kehäiseen luukkuun, on siipimuttareilla kiristettävä malli yksinkertaisempi toteuttaa ja huoltaa, sekä suurella todennäköisyydellä myös edullisempi.

3.3 Tiivistys

Tiivistysmateriaalia valittaessa on huomioitava lauhduttimessa olvea ajotilanteesta riippuva paine, joka voi luukusta riippuen olla joko yli- tai alipainetta, eli valittavan tiivistysratkaisun on kestävä molempien aiheuttama rasitus. Tiivisteiden valintaan vaikuttaa myös luukun tyyppi.



Kuva 8. Luukun tiiviste. (Alm 2014)

3.3.1 FPM nauha

Tiivistekekus Oy suositteli tiivistemateriaaliksi FPM nauhaa. Nauhan paksuuden tulisi olla 6mm tai paksumpi ja puristuman 30% nauhan paksuudesta. Eli 6mm nau-

halle pesän syvyyden tulee olla 4,2mm ja leveyden sellainen, että O- rengasnauhan poikkipinta täyttää 95% pesän leveydestä. Pesän reunoilla kaikissa nurkissa pitäisi olla 0,4mm säteet. Tiivisteen kontaktipinnoilla pinnankarheudeksi Tiivistekeskus ohjeistaa Ra= 0,8 ja reunojen pinnankarheudeksi Ra= 1,6. (Tiivistekeskus sähköposti 2015)

4 UUDEN RATKAISUN VAATIMUKSET

Uudelta luukuratkaisulta vaaditaan helppokäyttöisyyttä ja nopeutta, verrattuna vanhaan ratkaisuun, uuden tulisi olla selvästi nopeampi ja yksinkertaisempi käyttää. Uusi ratkaisu voidaan heti rajata siten, että luukun kiinnitys tulee tapahtua käyttämällä sulkumekanismia, koska ajatuksena on päästä eroon hitaasta pulttikiinnityksestä. Luukun täytyy myös kiinnittyä tiiviisti paikalleen, eikä se saa vuotaa. Uuden avaus- ja sulkemismekanismin tulisi kiristää luukku yhtä tiukasti kuin pulttikehä kiristää tämänhetkisen ratkaisun.

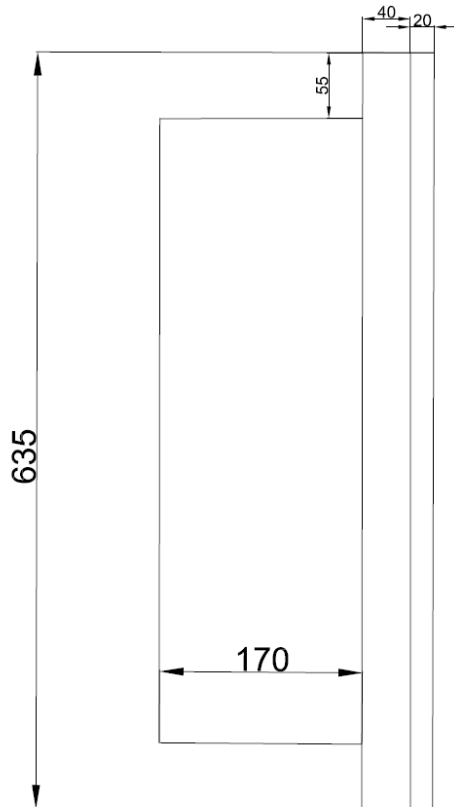
Tiivistyksen suhteen uudesta ratkaisusta helppokäyttöisemmän tekisi se, että tiivistettä ei tarvitsisi vaihtaa luukun jokaisella käyttökerralla.

Uutta ratkaisua etsiessä voidaan alkaa tarkastella olemassa olevia luukuratkaisuja, joita käytetään esimerkiksi laivoissa ja sukellusveneissä ja erilaisissa teollisuusuuneissa. Kaikissa näissä sovelluksissa on yhteistä se, että luukun sisä, tai ulkopuolella on kova paine. Lauhduttimen luukuissa haasteena onkin juuri paine, riippuen luukusta, sen takana on joko alipaine tai ylipaine. Luukku ei saa lommahtaa paineen vaikutuksesta, eikä tiivistys saa vuotaa.

Luukun avaus- ja sulkumekanismi tulisi olla helposti käytettävissä käsin, tai toimilaitteella. Käsikäyttöistä mekanismia voidaan ajatella käytettävän jonkinlaisella kahvasysteemillä, jota kääntämällä luukku lukittuu, tai aukeaa. Mikäli esimerkiksi erittäin ahtaassa tilassa olevaan luukkuun valitaan toimilaitteellinen malli, tulisi luukun tilasta saada anturilta tieto valvomoon.

5 LUJUUSLASKENNAT

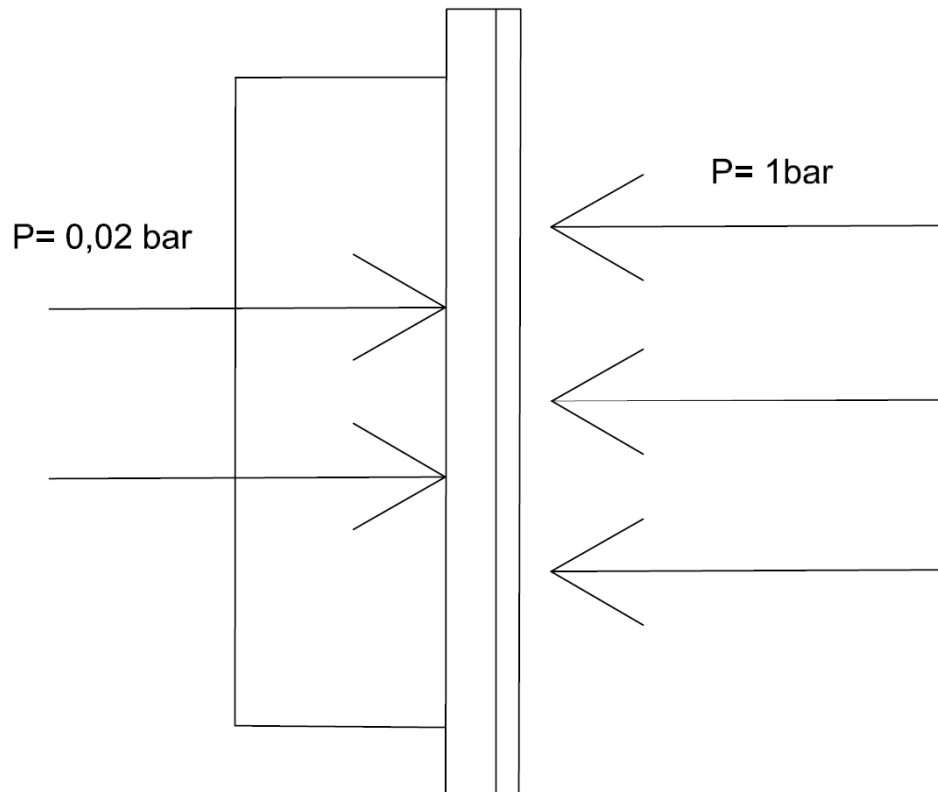
5.1 Luukun mitat



Kuva 9. Luukun mitat. (Alm 2016)

5.2 Lujuuslaskelmat alipaineelle

Oletetaan, että lauhduttimessa vallitsee 0,02 bar paine ja lauhduttimen ulkopuolella ilmakehän paine 1 bar. Näin ollen lauhduttimessa on 0,98 bar alipainetta ilmakehän paineeseen nähden, eli luukkuun kohdistuu $0,098 \text{ N/mm}^2$.



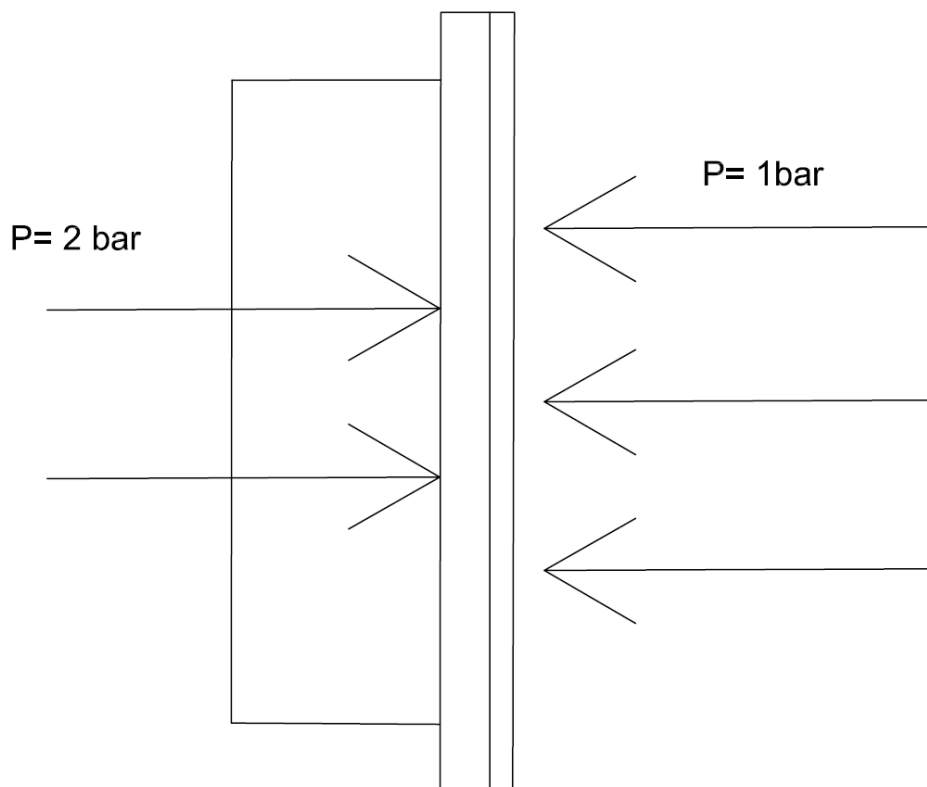
Kuva 10.. Alipaineen vaikutus luukkuun. (Alm 2016)

$$F = \sigma A = 0,098 \frac{N}{mm^2} \cdot \frac{\pi 635^2 mm^2}{4} = 31036 N$$

- Luukkuun kohdistuvan voiman suuruus on siis 31,036 kN.
- Pultteihin kohdistuva kiristysmomentin aiheuttama jännitys pienenee, kun lauhduttimen sisällä oleva paine laskee ja ulkopuolinen paine työntää luukun kantta lauhdutinta kohti.
- Kiristysmomentin ja paineen laskun aiheuttamaa jännitystä ei ole syytä laskea, sillä luukun pultit kiristetään pulttipyssyllä, eikä kiristysmomentti ole tarkka.

5.3 Lujuuslaskelmat ylipaineelle

Ylipainetilanteessa lauhduttimen sisällä vallitsee 2bar paine, joka painaa luukkuja ulospäin lauhduttimesta, ulkopuolella oletetaan edelleen olevan normaali ilmakehän paine, eli 1bar. Tällöin luukun sisäpuoleen kohdistuu $0,2N/mm^2$.



kuva11. Ylipaineen vaikutus luukkuun. (Alm 2016)

$$F = \sigma A = 0,2 \frac{N}{mm^2} \cdot \frac{\pi 635^2 mm}{4} = 63338N$$

- Luukkuun kohdistuvan voiman suuruus on 63,4kN
- Yhteen pulttiin kohdistuvan voiman suuruus on siis:

$$F = \frac{63,4kN}{20} = 3,17kN$$

- Tässäkään tapauksessa ei ole tarpeen laskea kiristysmomentin ja paineen nousun aiheuttamaa jännitystä pulteissa pulttien epätarkan kiristystavan vuoksi.

5.3.1 Ylipaineen vaikutus siipimuttereilla kiristettävään luukkuun

Siipimuttereilla kiristettävän luukun kehän halkaisija on sama, kuin nykyisessäkin ratkaisussa, joten luukkuun vaikuttavat samanlaiset voimat. Kiristystavasta johtuen, kannattaa kuitenkin pulttien määrää vähentää.

- Yhteen pulttiin kohdistuva voima, jos pultteja on kuusi

$$F = \frac{63,4kN}{6} = 10,6kN$$

Jos kiinnitys toteutetaan kuudella m16 10,9 lujuusluokan pultilla, niin:

- M16 pultin nimellinen jännityspoikkipinta-ala on 157mm²

- Pulttiin kohdistuva veto

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{10600N}{157mm^2} = 67,5N/mm^2$$

10,9 lujuusluokan pultille kohdistuva paine, ei ylitä myötörajaa, eikä murtolujuutta.

Lujuusluokka	3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,8	8,8	10,9	12,9
alin murtolujuus Rm N/mm ²	330	400	420	500	520	600	800	1040	1220
myötöraja Re / Rp 0,2 N/mm ²	190	240	340	300	420	480	640	940	1100
murtovenymä A %	25	22	16	20	12	9	12	9	8

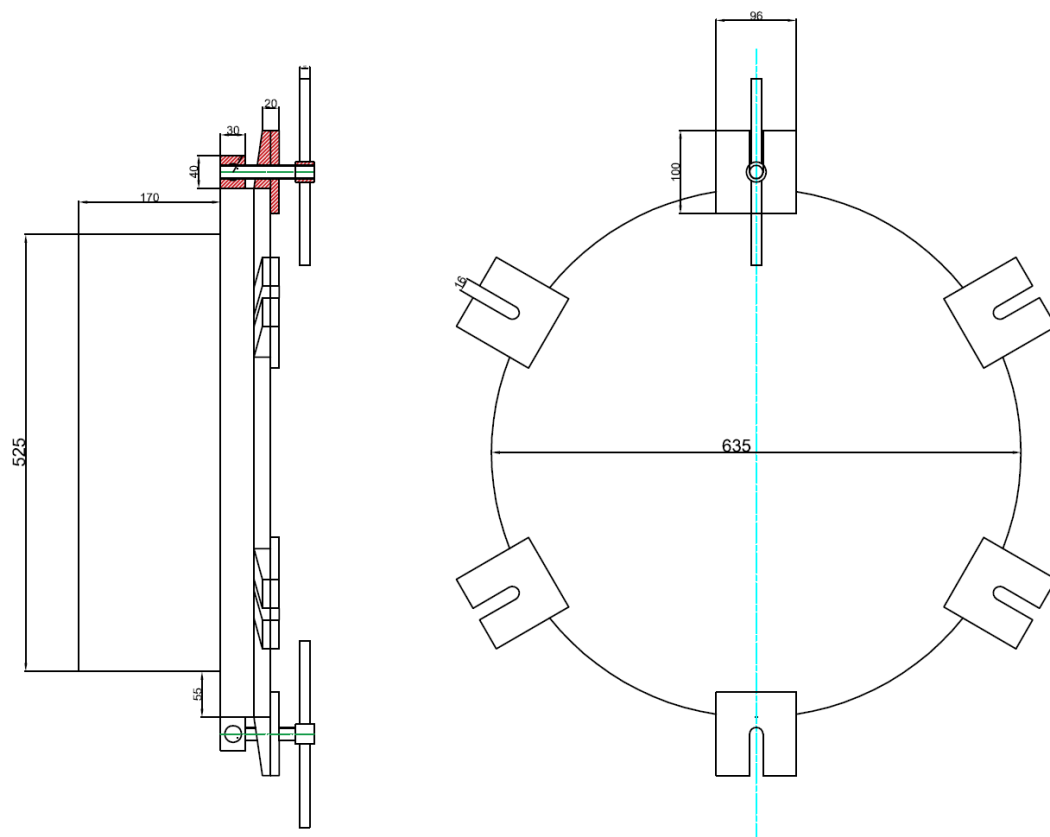
Taulukko 1. Teräsruvien lujuusluokat. DIN-EN ISO 898-1 (1999/11).

6 UUSI RATKAISU

Etsittäessä helpommin käytettävää luukkutyyppiä, uudeksi ratkaisuksi valitaan siipimuttereilla kiristettävä luukku. Ratkaisuun pääsymisen pääsyy on yksinkertainen toteuttaminen ja käyttövarmuus verrattuna pyöriväkehäiseen luukkuun.

Uudessa ratkaisussa voidaan käyttää saman kokoista luukun kantta, kuin vanhassakin ja luukun saranointi lauhduttimen kyljestä tulevaan putkeen voidaan pitää entisellään, kuten voidaan pitää myös putken pään kehä, johon hitsataan pulttien nivelletyt kiinnikkeet.

Käytettäessä samanlaista 635mm kehällä olevaa 20mm paksuista s355 rakenneteräksestä valmistettua luukkua, voidaan olla varmoja, että rakenne kestää lauhduttimessa vallitsevien paineiden aiheuttamat voimat. Riittävästi ylimitoitettuihin 10,9 lujuusluokan m16 pultteihin ei myöskään aiheudu muodonmuutosta voimista.



Kuva 12. Siipimutterikiristeinen luukku. (Alm 2016)

7 LOPPUTARKASTELU

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin kahta voimalaitoksen lauhduttimeen sopivaa luukkutyyppejä. Yksinkertainen toteutus, helppokäyttöisyys ja huoltoystävällisyys vikatilanteiden varalta nousivat päällimmäisiksi arvoiksi työtä tehdessä. Lyhyellä vertailulla lopulliseen tulokseen päätyminen oli helppoa, sillä siipimuttereilla kiristettävän luukun käyttövarmuus ja helppohuoltoisuus ohittivat pyöriväkehäisen luukun vastaavat ominaisuudet.

Työssä olisi voinut myös tarkastella muitakin mahdollisia luukkutyyppejä ja käyttää enemmän aikaa vaihtoehtojen tutkimiseen, mutta kun vertailuun otettiin kaksi sopivaa mallia, oli helpompi rajata kummankin tyyppin hyviä ominaisuuksia ja pohtia, mitkä ominaisuudet ovat tärkeimpiä. Esimerkiksi siipimutteri mallin yksinkertaisuus meni vertailussa pyöriväkehäisen luukun käyttönopeuden edelle.

Mallinnukseen olisi voinut käyttää enemmän aikaa ja tehdä tarkemmat lujuuslaskelmat Solid Worksin FEM ominaisuutta käyttäen. Solid Worksin 3D mallinnusta käyttämällä, olisi saanut myös paljon havainnollistavia kuvia kummastakin luukkutyypistä.

LÄHTEET

Fortum Meri- Pori kalvosarja

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen. S. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otava.

Tiivistekeskus

Bodycote Finland Oy Jouni Ruohola

DIN-EN ISO 898-1 (1999/11).

