



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# OPINNÄYTETYÖ

Selvitys erään lipeäruiskutelinetyypin soveltuvuudesta  
Andritz Oy:n stantarditelineeksi

TE - Jyri Kainu  
KIJÄ : EK15ss

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Jyri Kainu	
Työn nimi Selvitys erään lipeäruiskutelinetyypin soveltuvuudesta Andritz Oy:n standarditelineeksi	
Päiväys	26.04.2019
Sivumäärä/Liitteet	28
Ohjaaja(t) Savonia Mikko Nissinen, Andritz Oy Kari Osmala, Tero Nokka	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työ suoritettiin Andritz Oy:lle keväällä 2019. Työssä oli tarkoituksena selvittää erään jo olemassa olevan lipeäruiskutelineen soveltuvuus standarditelineeksi. Työ tehtiin käyttämällä Autodesk Inventor ja Autodesk AutoCAD -ohjelmistoja.</p> <p>Työssä käytettiin valmista 3D-mallia telineestä. Tutkimuksessa käytettiin neljää eri lipeäsuutin mallia. Näillä kaikilla tutkittiin telineen käyttäytymistä, kun lipeäsuuttimien syvyyttä, korkeutta ja kulma-asemaa muutettiin. Lisäksi huomioitiin telineen soveltuvuus lipeäsuuttimien ulosvetoon kattilasta.</p> <p>Tutkimuksen lopputuloksena on tieto siitä, voidaanko teline standardoida vai pitääkö sitä suunnitella uudelleen.</p>	
Avainsanat Soodakattila, lipeäruisku, teline, lipeä	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Jyri Kainu			
Title of Thesis Determining the suitability of a liquor gunrack as a standard rack for Andritz Ltd			
Date	26.04.2019	Pages/Appendices	28
Supervisor(s) Savonia Mikko Nissinen, Andritz Oy Kari Osmala, Tero Nokka			
Client Organisation /Partners Andritz Oy			
<p>Abstract</p> <p>The Thesis was done for Andritz Ltd during spring 2019. The aim of the thesis was to determine if an existing liquor gunrack is suitable for a standardized rack. The Study was made by using softwares made by Autodesk, Inventor and Autocad.</p> <p>The Study was done by using a 3d-model of the rack. The 3d-models of the liquorguns were added to the assembly. By changing height, depth and angle attributes it was possible to study how the rack works in different situations.</p> <p>As a result of this study we could determine if this rack can be standardized or if it needs new designing</p>			
<p>Keywords</p> <p>Liquor, rack, recovery boiler</p>			

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TAUSTATIEDOT .....	7
2.1	Andritz-konserni.....	7
2.2	Andritz Oy .....	7
2.3	Savonia-ammattikorkeakoulu .....	7
3	SOODAKATTILA .....	8
3.1	Soodakattilan tehtävät .....	8
3.2	Mustalipeä.....	9
3.2.1	Mustalipeän poltto.....	10
3.3	Soodakattilan rakenne.....	10
3.3.1	Tulipesä .....	11
3.3.2	Höyrylieriö .....	14
3.3.3	Ekonomaiserit .....	14
3.3.4	Tulistimet .....	15
3.3.5	Liutinsäiliö .....	16
4	LIPEÄSUUTIN.....	17
4.1	Lipeäsuutinmallit.....	17
4.1.1	Lusikkasuutin .....	17
4.1.2	Jäähdytetty lusikkasuutin.....	18
4.1.3	Purkkisuutin.....	18
4.1.4	Jäähdytetty purkkisuutin.....	19
5	TOTEUTUS.....	20
5.1	Giljotiini.....	20
5.2	Lipeäsuuttimen syvyys .....	21
5.3	Lipeäsuuttimen korkeus.....	21
5.4	Lipeäsuuttimen kulma-asema .....	21
6	TUTKIMUSTULOKSET .....	21
6.1	Lipeäsuuttimen syvyys .....	21
6.2	Lipeäsuuttimen korko ja kulma-asetat .....	23

7	TULOSTEN YHTEENVETO .....	25
8	LÄHDELUETTELO.....	26

## 1 JOHDANTO

Lipeäruiskutelineen tarkoitus on toteuttaa eri operaatioita, jotka vaikuttavat mustalipeän syötön toimivuuteen polttoprosessissa. Telineen tulisi pystyä suoriutumaan syvyyden, kulma-asteen ja korkeuden muutoksista. Näillä jokaisella on tärkeä rooli mustalipeän polttoprosessissa, jotta sitä voidaan syöttää tulipesään parhaalla mahdollisella tavalla.

Tässä tutkimuksessa keskitytään erääseen Andritz Oy:n lipeäruiskutelineeseen. Tutkimuksessa tul-  
laan selvittämään, soveltuisiko tämä erääseen projektiin suunniteltu lipeäruiskuteline Andritz Oy:n  
standarditelinemalliksi. Tarve tutkimukselle on syntynyt, sillä kyseisestä lipeäruiskumallista ei ole  
tehty tällaista tutkimusta ja tarkoitus on tulevaisuudessa siirtyä tämän tyyppiseen telineratkaisuun.  
Tutkimuksella selvitetään, pystyykö teline toteuttamaan vaaditut muutokset mitta-alueiden sisällä ja  
millaisia muutoksia telineeseen tulee tehdä, että se saadaan selviämään näistä operaatioista.

## 2 TAUSTATIEDOT

### 2.1 Andritz-konserni

ANDRITZ on yksi kansainvälisesti johtavista laitosten, laitteistojen ja palveluiden toimittajista vesivoimateollisuudelle, sellu- ja paperiteollisuudelle, metalli- ja terästeollisuudelle sekä kunnallisiin ja teollisiin kiinteä-neste-erotusteknologiaratkaisuihin. Muita tärkeitä toimialoja ovat eläinravinnon ja biomassan pelletointi sekä automatisointi, missä ANDRITZ tarjoaa laajan valikoiman innovatiivisia tuotteita ja palveluita. ANDRITZ:in tärkeimmät arvot ovat innovaatio teknologiaan, täydellinen fokus asiakkaaseen, luotettavuus sekä rehellisyys. ANDRITZ on pörssi-yhtiö, jonka pääkonttori sijaitsee Itävallan Grazissa. Maailmanlaajuisesti ANDRITZ:illa työskentelee 29000 työntekijää ja toimipaikkoja on yli 280 yli 40:ssä maassa. ANDRITZ on luotettava ja asiantunteva yhteistyökumppani ja ANDRITZ auttaa asiakkaitaan saavuttamaan heidän yrityksensä tavoitteet. (Andritz, Oy, 2018)

### 2.2 Andritz Oy

ANDRITZ Oy on yksi maailman johtavista sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittajista. Sen tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Lisäksi ANDRITZ Oy tarjoaa erilaisia biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia energian tuotantoon. Tampereella sijaitseva ANDRITZ HYDRO Oy toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluja vesivoimateollisuudelle. Suomessa ANDRITZ-yhtiöiden henkilöstön määrä on noin 1300. Osaamiskeskukset ovat Kotkassa, Lahdessa, Lappeenrannassa, Savonlinnassa, Tampereella ja Varkaudessa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. ANDRITZ Oy:n hallituksen puheenjohtajana toimii Wolfgang Leitner (ANDRITZ AG) ja toimistusjohtajana Kari Tuominen. Yhtiön omistaa itävaltalainen ANDRITZ AG. (Andritz, Oy, 2018)

### 2.3 Savonia-ammattikorkeakoulu

”Savonia-ammattikorkeakoulu on yksi Suomen suurimmista ja monipuolisimmista ammattikorkeakouluista. Asiantuntijaorganisaatiomme kouluttaa vahvoja osaajia kuudella eri koulutuslallalla. Monipuoliset koulutuksemme tarjoavat mahdollisuuden opiskella tutkinto päiväopiskeluna tai työn ohessa sekä joustavasti avoimessa ammattikorkeakoulussa. Koulutusyksikkömme ovat Kuopiossa, Iisalmessa ja Varkaudessa. Yhteensä Savoniassa työskentelee n. 500 työntekijöitä, opiskelijoita on lähes 6000.” (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2019)

### 3 SOODAKATTILA

”Soodakattilaksi sanotaan kemiallisen puunjalostuksen sivutuotteena syntyvän mustalipeän polttoon suunniteltua kattilaa. Soodakattila on sellunvalmistusprosessin tärkein ja kallein yksittäinen osa ja sen toimintavarmuus on tärkeää koko sellutehtaan toiminnan kannalta.” (Suomen soodakattilayhdistys, 2019)

Soodakattilassa mustalipeän poltossa syntyy lämpöä, jota käytetään tuottamaan korkeapaineista höyryä. Höyryn avulla tuotetaan sähköä turbiineilla. Turbiineista saatavaa välihöyryä käytetään esimerkiksi nuohouksessa ja haihdutuksessa. (Vakkilainen, 2007, ss. 1-2)

#### 3.1 Soodakattilan tehtävät

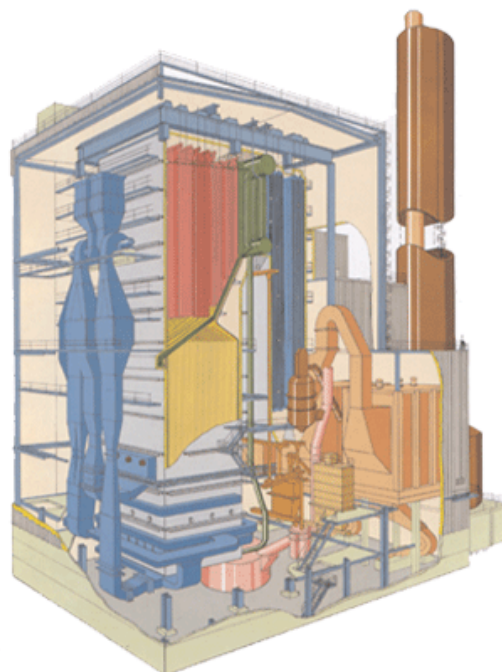
Soodakattilan tärkeimmät tehtävät ovat kemikaalien talteenotto ja mustalipeäpoltton yhteydessä syntyvän lämmön talteenotto. Poltossa mustalipeästä vapautuvat rikki ja natrium laitetaan jatkokäsittelyyn ja lämpöenergia hyödynnetään höyryn tuottamiseen. Koska soodakattilalla on nämä kaksi tärkeää tehtävää, on sen rakenne ja käyttö paljon monimutkaisempaa kuin perinteisten voimalaitoskattiloiden. (KnowPulp, 2019)

Soodakattilalla on myös muita pienempiä käyttötarkoituksia, jotta voidaan taata jatkuva kierrätyksen rinki. Mustalipeässä oleva suopa voidaan poistaa ja tuottaa mäntyöljyä. Lisäksi soodakattila polttaa hajukaasuja. (Vakkilainen, 2007, ss. 1-1)



## Soodakattilan tehtävät

- Keittokemikaalien talteenotto ja regenerointi
- Orgaanisen aineksen ympäristöystävällinen poltto
- Lämmön talteenotto



Kuva 1. Soodakattilan tärkeimmät tehtävät. (KnowPulp, 2019)

### 3.2 Mustalipeä

Mustalipeä koostuu useista orgaanisista ja epäorgaanisista yhdisteistä. Mustalipeän määrä ja koostumus vaihtelevat puulajin ja keittomenetelmien mukaan. (Vakkilainen, 2007, ss. 4-1)

Sulfaattiselluliosprosessissa syntyy mustalipeää, kun valkolipeän alkalit vaikuttavat lämmön kanssa puuhun. Tällöin ligniini, joka on sitoutuneena puuhun, liukenee keittonesteseen. Massa pestään, jotta mustalipeä saadaan massasta talteen. (KnowPulp, 2019)

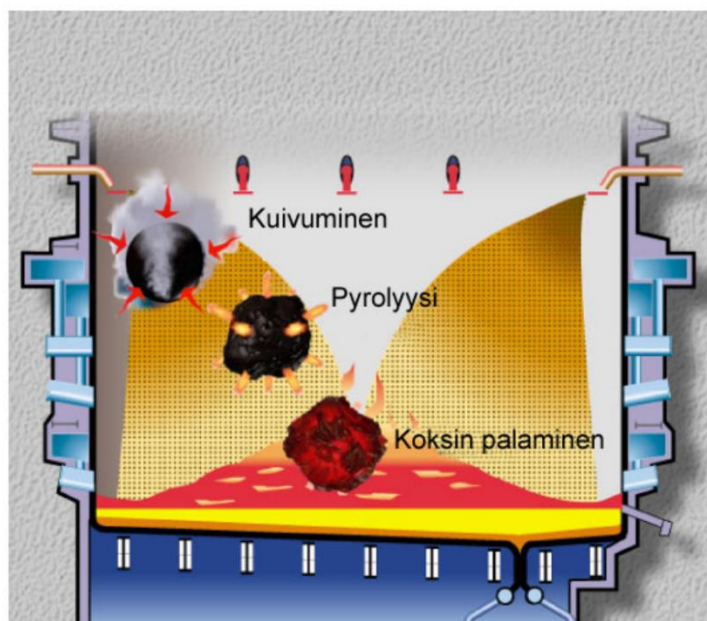
Mustalipeän alkuaineanalyysi on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mustalipeän koostumusanalyysi. (KnowPulp, 2019)

Aine	Määrä (% kuiva-aineesta)
Na (Natrium)	19.3
K (Kalium)	3.34
S <sub>tot</sub> (Rikki)	5.50
Cl <sub>tot</sub> (Kloori)	0.41
C (Hiili)	31.9
O (Happi)	36.14
H (Vety)	3.33
N (Typpi)	0.08

### 3.2.1 Mustalipeän poltto

Mustalipeä palaa tulipesässä kolmessa eri vaiheessa, kuva 2. Ensimmäinen vaihe on kuivuminen, joka alkaa saman tien, kun mustalipeä ruiskutetaan tulipesään. Tässä vaiheessa lipeässä oleva vesi haihtuu kokonaisuudessaan. Toinen vaihe on pyrolyysi. Siinä lipeässä olevat orgaaniset aineet hajoavat. Hajoamisen yhteydessä muodostuu kaasumaisia hiilivetyjä ja muita palavia yhdisteitä. Pyrolyysivaiheessa pisara paisuu 20 – 30 kertaiseksi. Kuivumisvaihe ja pyrolyysivaihe tapahtuvat ennen kuin lipeä saavuttaa keon tulipesän pohjalla. Kolmas ja viimeinen vaihe on koksen palaminen. Kolmannessa vaiheessa rikki pelkistyy natriumsulfaatista natriumsulfidiksi hiilen avustuksella. Kolmas vaihe tapahtuu keon pinnalla. (KnowPulp, 2019).



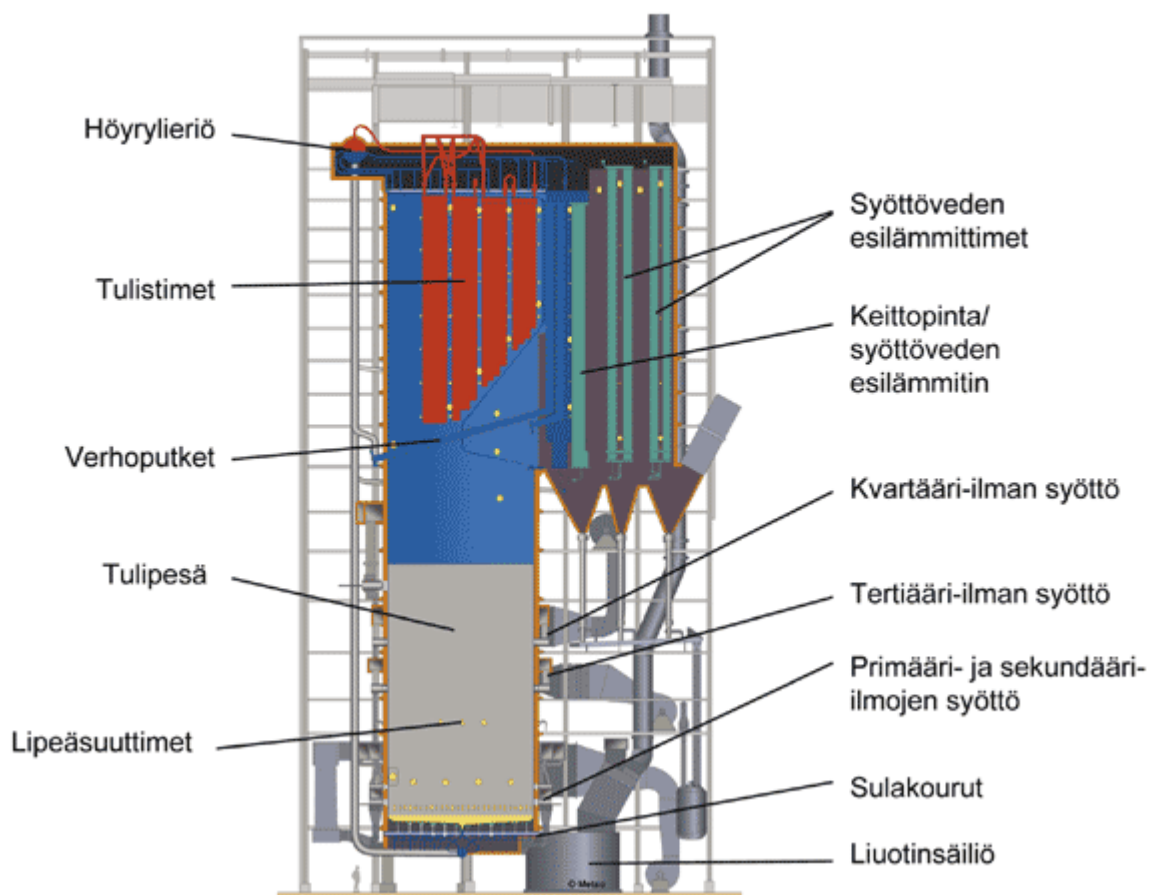
Kuva 2. Mustalipeän palamisen vaiheet. (KnowPulp, 2019)

### 3.3 Soodakattilan rakenne

Soodakattilat ovat luonnonkiertoon perustuvia suurtehokattiloita. Nykyisin soodakattiloissa on käytössä yksilieriörakenne. Tällä muutoksella on saatu korkeampi käytettävyyssaste, korkeampi turvallisuus sekä parempi hallinta vedenkiertoon. (KnowPulp, 2019). Soodakattilan rakenne nähdään kuvasta 3.

Yksilieriöiset soodakattilat voidaan rakentaa kestävämpään paremmin korkeita painetiloja. Niiden avulla myös saadaan suurempi tilavuus. Koska yksilieriörakenteessa on vähemmän putkiliitäntöjä, soodakattilan rakentaminen on halvempaa kuin kaksilieriörakenteen. (Teir, 2003, s. 205)

## Soodakattilan osat



Kuva 3. Soodakattilan osat ja rakenne (KnowPulp, 2019)

### 3.3.1 Tulipesä

Tulipesän rakenne voidaan jakaa kolmeen osaan: ala- ja yläosaan sekä kattoon. Näissä eri osissa on käytössä eri materiaalit johtuen syövyttävistä aineista ja lämpötiloista. Pohjalta katsottuna tertiääri-ilma-aukkojen (kuva 3) kohdalle materiaalina käytetään compound-materiaalia sekä primääriaukkoihin (kuva 3) asti voi olla Sanicro-materiaali. (Andritz, Oy, 2008)

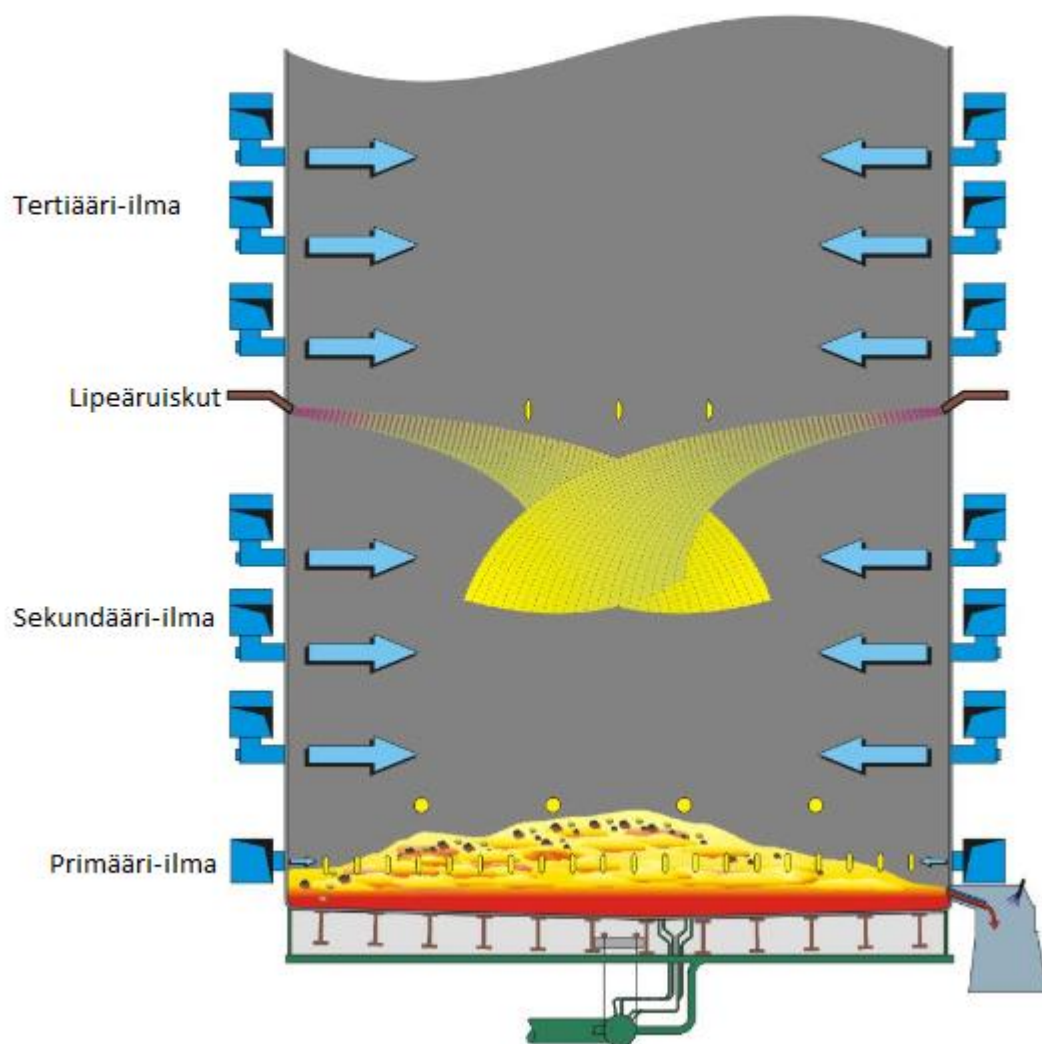
On erittäin tärkeää suojata tulipesän pohjaputkisto (kuva 4) korkeilta lämpötiloilta. Lämpötilasuojaus hoidetaan veden kierron hyvällä suunnittelulla. (Teir, 2003, s. 203)



Kuva 4. Havainnekuva tulipesän pohjan rakenteesta. (Andritz, Oy, 2008)

Tulipesän alaosassa on keko, johon syötetään mustalipeää lipeäsuuttimien (kuva 2) avulla ja samaan aikaan sinne lisätään ilmaa palamista varten. Tässä vaiheessa mustalipeän orgaaninen aines palaa ja epäorgaaninen aines sulaa valuen sulakourujen kautta liuotinsäiliöön (kuva 2). (KnowPulp, 2019)

Lipeäruiskujen tulee sijaita symmetrisesti. Niitä tulee myös olla riittävä määrä, jotta lipeä saadaan jakaantumaan tasaisesti. Lipeän syöttö tapahtuu kuvan 5 mukaisesti. (Andritz, Oy, 2008)



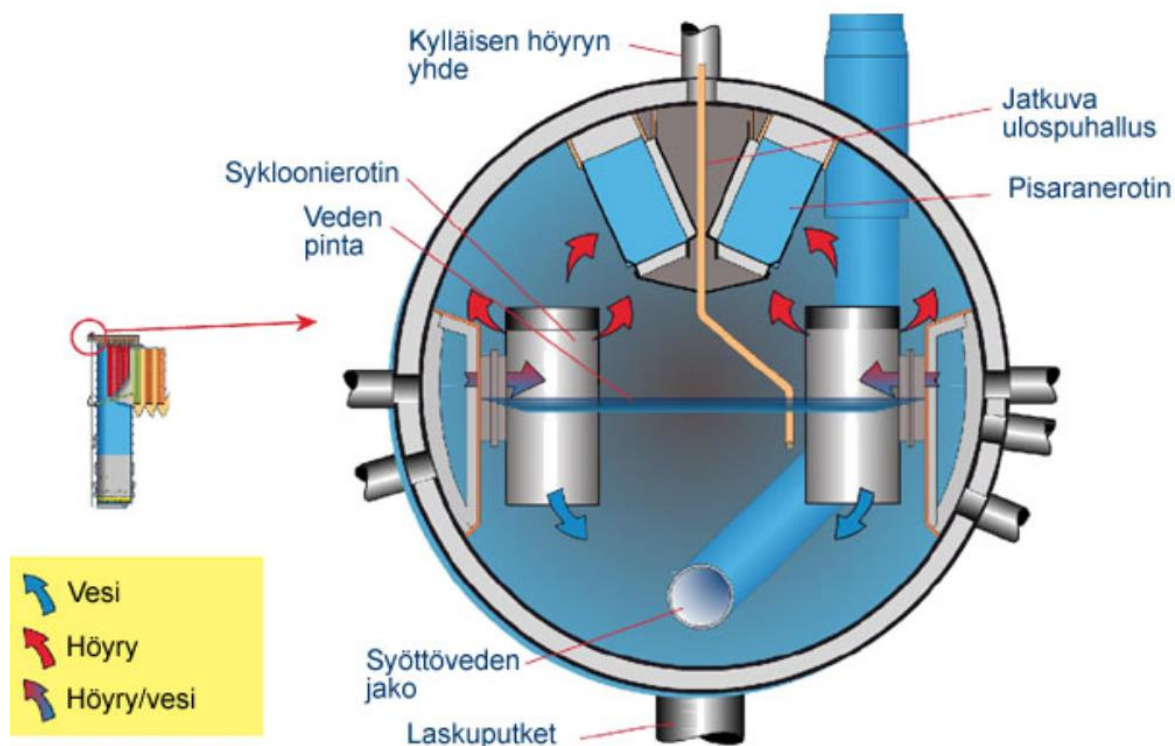
Kuva 5. Lipeän ruiskutus tulipesään (Andritz, Oy, 2008)



### 3.3.2 Höyrylieriö

Kuvassa 2 olevan höyrylieriön tehtävä on erottaa höyry vedestä. Erotus tapahtuu gravitaation ja sykloonierottimien avulla. Tämän jälkeen höyry virtaa tulistimien läpi, josta höyry virtaa pähöyrylinjan kautta turbiiniin. (Vakkilainen, 2007, ss. 7-9)

Kuvassa 6 on höyrylieriön läpileikkaus, josta nähdään höyryn ja veden kierto.



Kuva 6. Höyrylieriön rakenne. (KnowPulp, 2019)

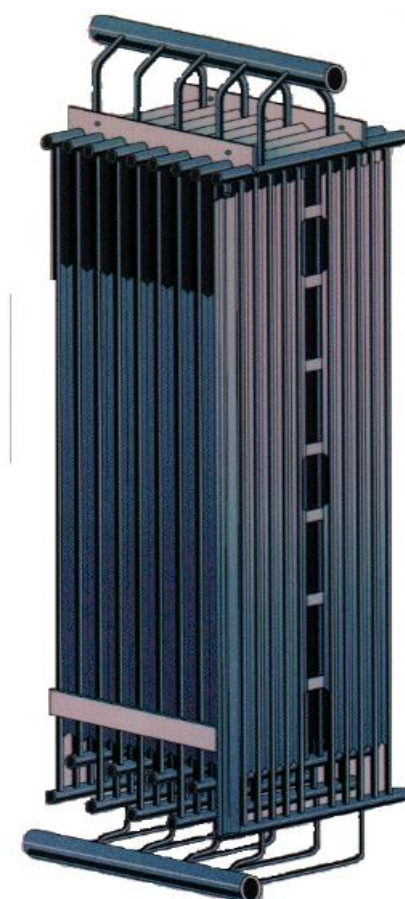
### 3.3.3 Ekonomaiserit

Ekonomaisereissa vesi esilämmitetään lähes kiehumispisteeseen. Tämä lämpö saadaan otettua kanavistossa kulkevista kaasuista. Tyypillisesti nykyisissä soodakattiloissa on käytössä vertikaalinen kaasujen virtaus. Käytössä on vastavirta menetelmä, missä kuumat kaasut menevät ylöspäin ja

kylmä syöttövesi alas. Ekonoaistereista tulevasta vedestä tehdään lämpöä tai tulistettua vettä, jonka jälkeen vesi menee hörylieriöön. (Vakkilainen, 2007, ss. 7-8 - 7-9)



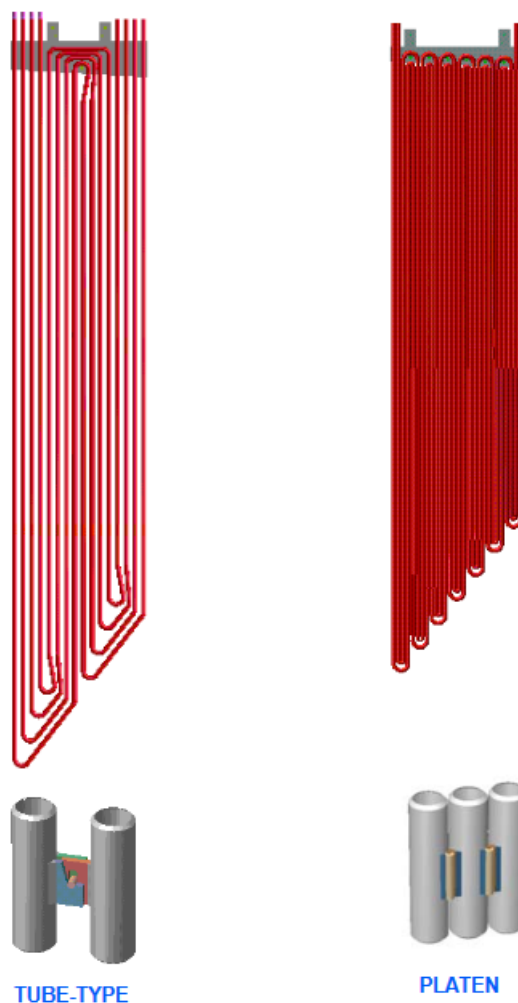
Kuva 7. Ekonoaiseri. (Andritz, Oy, 2008)



Kuva 8. Ekonoaiseri pystyssä. (Andritz, Oy, 2008)

### 3.3.4 Tulistimet

Hörylieriöstä höyry virtaa tulistimille. Tulistimien tehtävänä on tulistaa saapuva höyry. Tulistettu höyry siirtyy tämän jälkeen turbiineille. Ruiskuvesijäähdyttimillä kontrolloidaan tulistetun höyryn lämpötilaa. Jäähdyttimissä käytetään kondensoitua höyryä tai syöttövetä. (Vakkilainen, 2007, ss. 7-9)



Kuva 9. Tulistimien kaksi tyyppiä: putki- ja paneelityyppi. (Andritz, Oy, 2008)

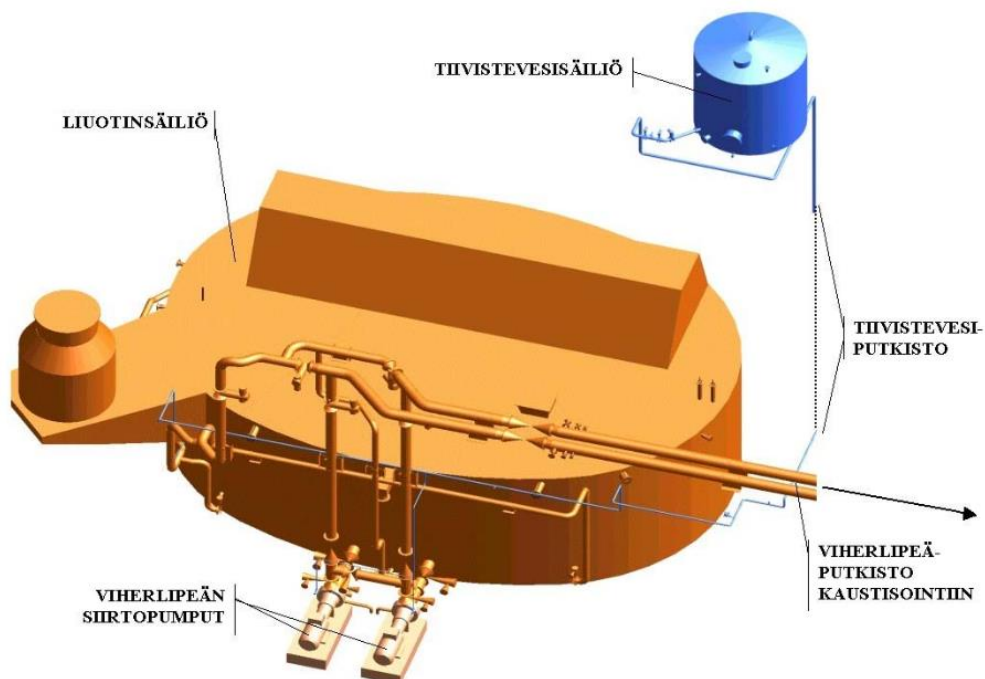
### 3.3.5 Liutinsäiliö

Liutinsäiliö rakennetaan kahdeksikon, soikion tai lieriön muotoiseksi ja siinä on vaakasuora katto ja pohja. Yleensä säiliö rakennetaan mustasta teräksestä ja sisäpuoli vuorataan betonilla. Vaihtoehtoisesti betoni korvataan haponkestävällä levyllä. (KnowPulp, 2019)

Tulipesästä saatava sula valuu sulakourujen kautta liutinsäiliöön. Veteen liotettuna sulasta saadaan viherlipeää. Säiliön neste- ja alkalitasoja ylläpidetään pumppaamalla sinne heikkoa valkolipeää poistuneen viherlipeän tilalle. (Vakkilainen, 2007, ss. 7-20)

Liotuksen yhteydessä syntyy kovia ääniä, lämpöä ja tärinää. Tämä johtuu siitä, että sulapisara on huono lämmönjohdin. Kun jännitys pisarassa käy liian isoksi, poksahdaa se auki, joka synnyttää äänen. Näiden äänihaittojen pienentämiseksi on liutinsäiliö yleensä vuorattu betonilla. (Vakkilainen, 2007, ss. 7-20)





Kuva 10. Liuotinsäiliö ja siitä lähtevät putkistot. (Andritz, Oy, 2008)

## 4 LIPEÄSUUTIN

Lipeäsuuttimia käytetään mustalipeän ruiskuttamiseksi soodakattilaan. Tyypillinen suuttimen malli on lusikkamalli. Käytännössä tulleiden kokemusten mukaan parhaimmat suutinmallit ovat U- ja V-malli sekä purkkimalli. Käytettävä malli vaihtelee soodakattilasta toiseen. Suuttimien ruiskutusominaisuudet vaihtelevat valtavasti, mutta jokaisella mallilla on oma optimitoimintansa. Malli valitaan projekti-kohtaisesti, jotta kattilan poltto-operaatiosta saadaan toimiva ja mustalipeän pisanan koko saadaan optimaaliseksi. (Vakkilainen, 2007, ss. 10-1,10-2)

Lipeän osuessa suuttimen päässä olevaan levyyn hajoaa se pisaroiksi, joiden koko on 1-2 mm. Nämä pisarat satavat leveänä suihkuna soodakattilaan. Pisanan kokoa pystytään säätämään lipeän lämpötilalla. Lipeää ruiskutetaan 1-2 bar:in paineella. (Huhtinen;Kettunen;Nurminen;& Pakkanen, 2004)

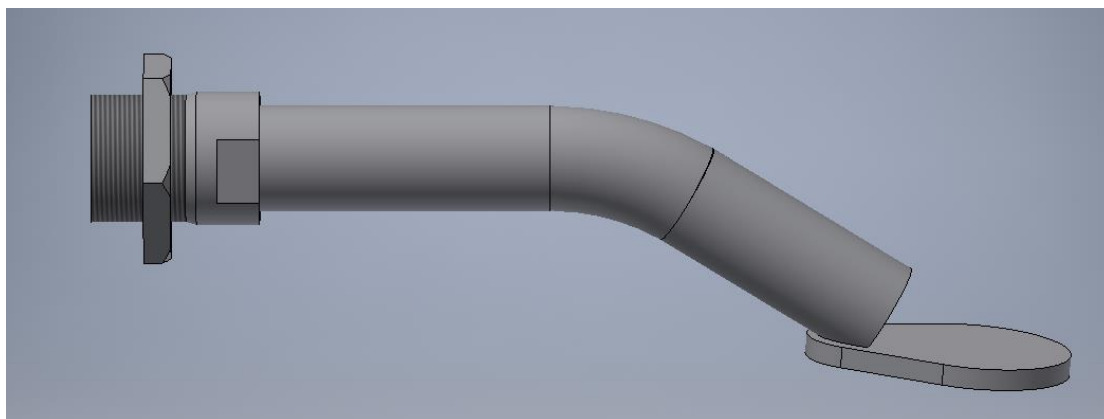
### 4.1 Lipeäsuutinmallit

#### 4.1.1 Lusikkasuutin

Lusikkasuuttimia on monia eri kokoja ja lusikastakin on muutama eri versio. Koko ja tyyppi valitaan jokaiseen projektiin parhaiten soveltuvaksi. Lusikkamallisen suuttimen toimintaperiaate on, että se

hajottaa lipeän ensiksi ohueksi verhoksi. Tämän jälkeen verho hajoaa pisaroiksi. Lusikkamallinen suutin on yleisin käytössä olevista suuttimista.

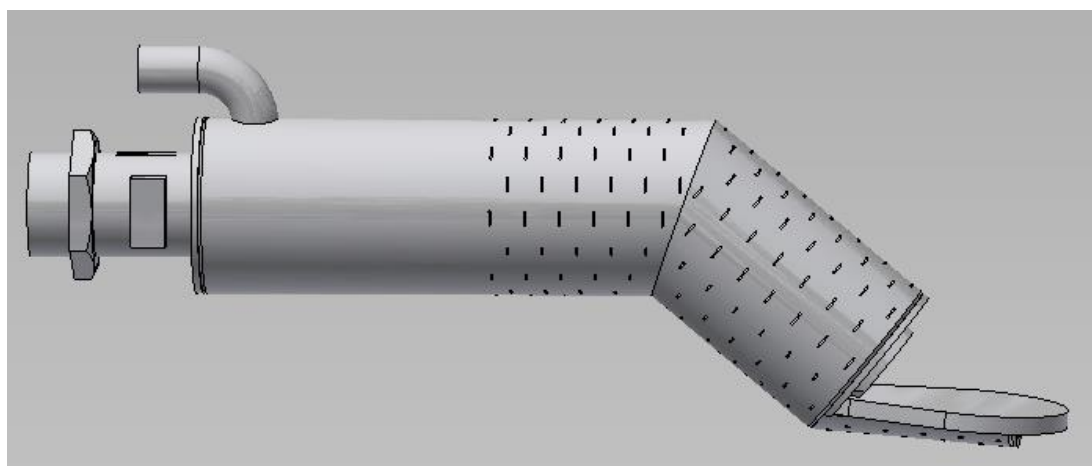
(KnowPulp, 2019)



Kuva 11. Lusikkasuutin

#### 4.1.2 Jäähdytetty lusikkasuutin

Jäähdytetty lusikkasuutin on toimintaperiaatteeltaan täysin sama kuin perinteinen lusikkasuutin. Erona on suuttimen jäähdyttäminen. Suuttimen ympärille on rakennettu vaippa, jossa on reikiä. Suuttimen ja vaipan välissä kulkee vesihöyry-emulsio, joka jäähdyttää ruiskua ja tuo sille pidemmän käyttöiän.



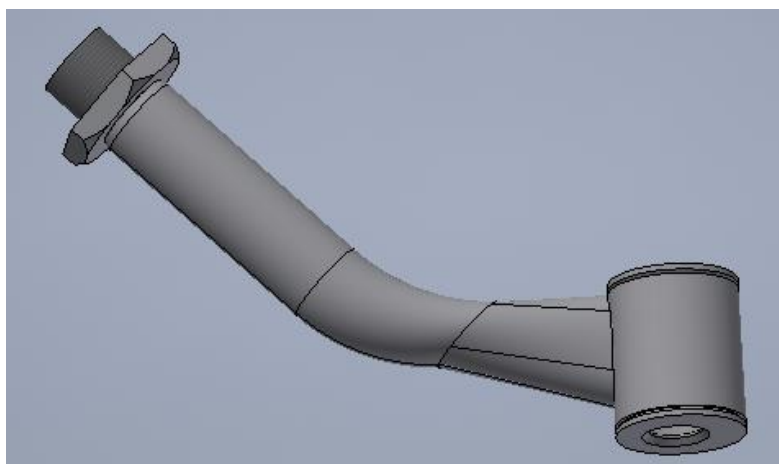
Kuva 12. Jäähdytetty lusikkasuutin

#### 4.1.3 Purkkisuutin

Purkkisuutin on yksi yleisimmistä suutintyypeistä lusikkasuuttimen ohella. Purkkisuuttimessa lipeä pakotetaan pyörimisliikkeeseen ennen kuin se pääsee ruiskuttumaan purkista ulos. Tästä johtuen pyöriävä virtaus ja keskipakovoimat johtavat suuttimen ulostulossa rengasmaisen nesteverhon syntyyn, jolla on kaasumainen keskusta. Seuraavaksi säteittäin ulospäin laajentuva neste muodostaa onton kartiomaisen suihkun, kuva 13. (Laurila, ym., 2018)



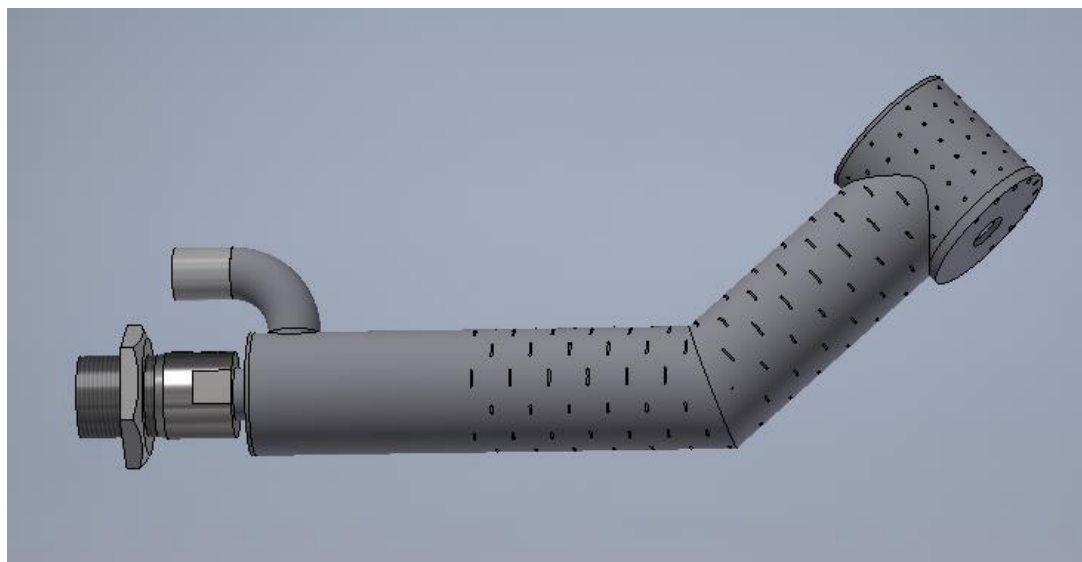
Kuva 13. Purkkisuuttimen muodostama suihku. (Laurila, ym., 2018)



Kuva 14. Purkkisuutin

#### 4.1.4 Jäähdytetty purkkisuutin

Jäähdytetty purkkisuutin on toiminnaltaan täysin samanlainen kuin ei-jäähdytetty. Erona on ainoastaan se, että itse suuttimen päälle on lisätty vaippa. Vaipan sekä suuttimen välissä kulkee vesihöyry-emulsio viilentämässä ruiskua.



Kuva 15 Jäähdytetty purkkisuutin

## 5 TOTEUTUS

Tutkimus toteutettiin eräällä Andritz Oy:n lipeäsuutintelineellä. Tutkimus tehtiin Autodesk Inventor -ohjelmalla ja tutkimuksesta syntyneet piirustukset käännettiin AutoCAD-ohjelmalle sopiviksi piirustuksiksi. Tutkimuksen loputtua tuloksena oli tieto siitä, soveltuuko kyseinen teline Andritz Oy:n standarditelineeksi vai onko telineeseen tehtävä muutoksia sen standardoimiseksi. Tutkimuksessa käytetty teline on 3D-mallinnettu tämän opinnäytetyöntekijän aikaisemmassa projektissa. Tutkimuksessa käytettiin neljää eri lipeäsuutinta, sillä näillä neljällä saatiin tarvittavat tulokset aikaiseksi. Tutkimukseen otettiin mukaan, purkkisuutin, jäähdytetty purkkisuutin, lusikkasuutin sekä jäähdytetty lusikkasuutin. Laittamalla suuttimet eri asentoihin ja syvyyksiin saatiin selville, kuinka teline käyttäytyi.

### 5.1 Giljotiini

Giljotiiniksi kutsutaan turvalaitetta, joka sulkee poltinaukon silloin kun suutin on vedetty ulos tulipesästä. Tässä tutkimuksessa käytetty giljotiini on poltinaukon eteen kääntyvä pelti. Peltiin on asennettu tunnistin, joka kertoo giljotiinin olevan kiinni tai auki.

Laitetta käytetään projekteissa, joissa on käytössä BLRBAC:in antamat suositukset. BLRBAC on yhteisö, joka jakaa tietoa, kehittää ja ylläpitää suosituskäytäntöjä. Nämä käytännöt helpottavat ylläpitämään turvallisia ja luotettavia soodakattilalaitoksia. (BLRBAC, 2019)

## 5.2 Lipeäsuuttimen syvyys

Tutkimuksessa tutkittiin, pystyykö kyseessä oleva lipeäsuutinteline asettamaan suuttimen tarpeeksi syvälle tulipesään. Samalla telineen pitää pystyä myös vetämään suutin pois tulipesästä niin, että sen vaihtaminen on turvallista. Tässä vaiheessa piti myös huomioida, onko giljotiinille riittävästi tilaa. Erikoistumisprojekti 1:n aikaan tutkittiin syvyydelle mitta-alueen reunaehdot ja telineen pitäisi pystyä toteuttamaan nämä. Lusikkamallilla ja purkkimallilla on omat mitta-alueensa syvyydelle. Optimaalinen syvyyden asetus on tärkeää soodakattilan toiminnan kannalta.

## 5.3 Lipeäsuuttimen korkeus

Lipeäsuuttimen korkeudellakin on tärkeä rooli soodakattilan toimivuudessa. Korkeusasema selvitetiin tutkimuksessa katsomalla ruiskujen alimman ja ylimmän pisteen väliä ja vertaamalla sitä valuuaukon keskilinjaan. Korkeudellekin on löydetty suuntaa-antava mitta-alue tämän opinnäytetyön tekijän tekemässä erikoistumisprojekti 1:ssä.

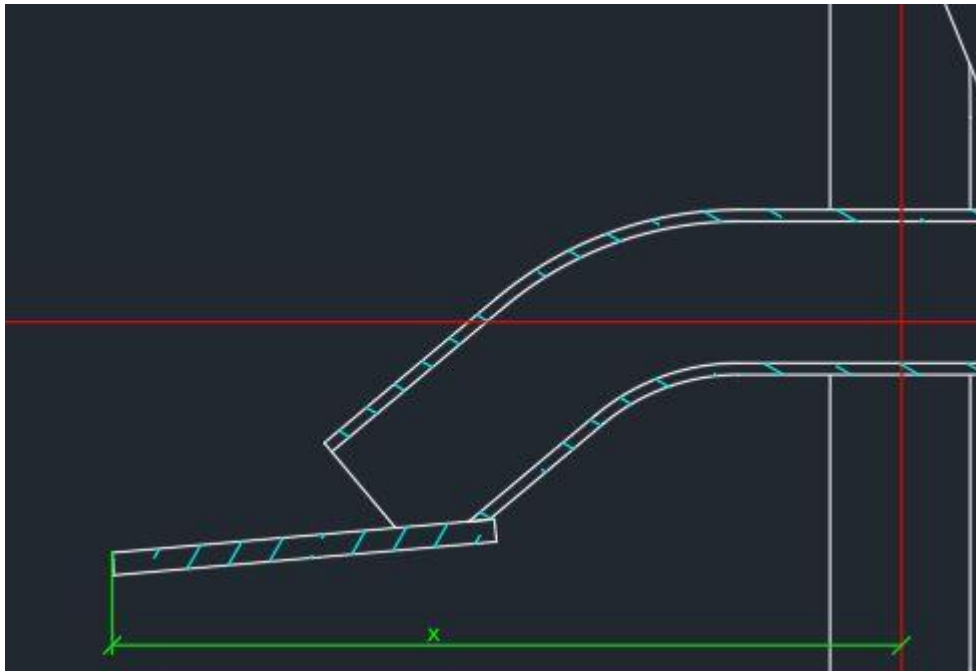
## 5.4 Lipeäsuuttimen kulma-asema

Kulma-aseman muutoksia tutkittaessa tutkimuksessa käytettiin  $0^{\circ}$  -  $-20^{\circ}$  kulma-asteen muutosalueita. Tällä kulma-asteen vaihteluvälillä saatiin tarvittava tieto telineen käyttäytymisestä.

# 6 TUTKIMUSTULOKSET

## 6.1 Lipeäsuuttimen syvyys

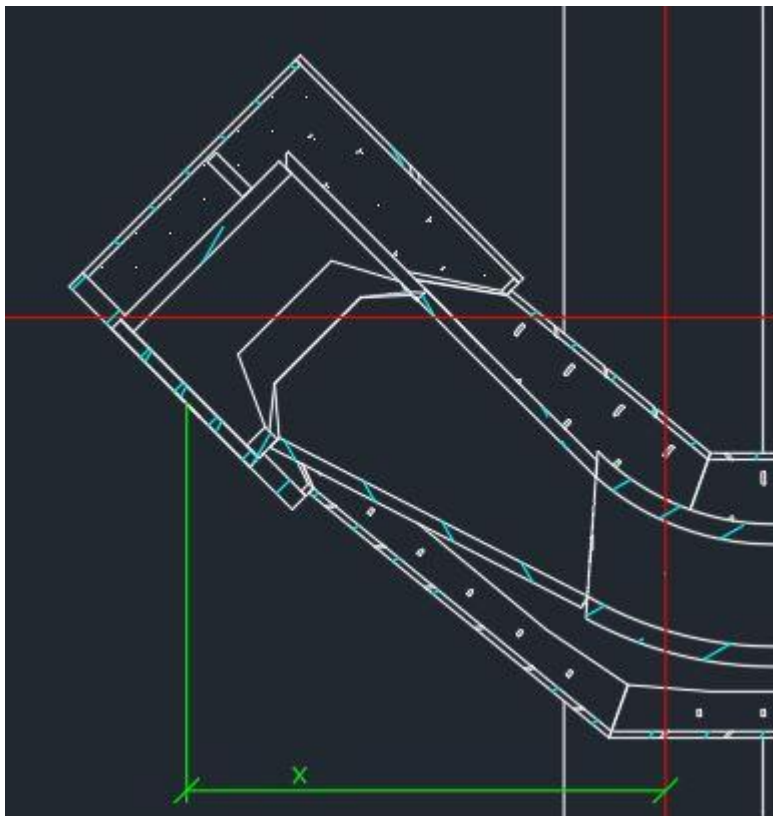
Tutkimuksessa käytettiin neljää eri mallista suutinta. Kaikilla näillä suuttimilla tutkittiin, pystyykö teline syöttämään ruiskut tarpeeksi syvälle tulipesään. Erikoistumisprojekti 1:ssä määriteltiin syvyyden mitta-alueeksi 50-300 mm. Se, kuinka syvälle suutin pitää saada, riippuu suuttimen mallista. Lusikkasuuttimilla maksimisyvydeksi määriteltiin 300 mm ja purkkisuuttimella 150 mm. Syvyys mitattiin tulipesän seinälinjan keskilinjasta lusikkasuuttimen lusikan päähän, kuva 16. Purkkisuuttimilla syvyys mitattiin lipeän poistuloaukon keskipisteeseen. Sekä jäähdytetyllä että normaalilla lusikkasuuttimella pystytään saavuttamaan maksimisyvyys eli 300 mm. Tämän syvyyden saavuttaminen vaatii sen, että poltinputki asemoidaan oikein telineeseen. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa se, että jäähdytetty ja normaali lusikkasuutin ovat eripituisia. Tästä johtuen poltinputkea ei ole mahdollista asemoida aina samaan kohtaan. Kun poltinputki on asemoitu oikein, pystyy teline vetämään suutinta ulospäin tulipesästä siten, että pystytään saavuttamaan myös minimisyvyys lusikkasuuttimille.



Kuva 16. Jäähdytetyn ja normaalin lusikkasuuttimen syvyyden mittausperiaate.

Purkkisuuttimen syvyyden tutkimisen aikana huomattiin, että vaikka poltinputken asemoi niin syvälle kuin on mahdollista, ei purkkisuutinta pysty asentamaan sen maksimisyvyyteen. Tämä johtuu siitä, että purkkisuutin on kaikista lyhyin näistä suutinmalleista. Syvyyttä tarkastellessa normaali purkkisuutin oli ainoa, jota ei pystytä asentamaan tarvittavan syvälle. Tämän takia telineeseen tulisi tehdä muutoksia, jotta normaali purkkisuutin voitaisiin asemoida oikein.

Jäähdytetty purkkisuutin voidaan asemoida maksimisyvyyteen. Asemointi tosin vaatii poltinputkelle eri aseman kuin lusikkasuuttimien kanssa. Koska maksimisyvyys pystytään saavuttamaan, voidaan telineellä asettaa suutin myös sen minimisyvyyteen. Kuvasta 17 nähdään periaate, kuinka jäähdytetyn ja normaalin purkkisuuttimen syvyys mitataan.



Kuva 17. Jäähdytetyn ja normaalin purkkisuuttimen syvyyden mittaaminen.

Kulma-asemien muutokset piti myös huomioida tutkittaessa syvyydasemaa. Kulmaa kasvattaessa suuttimen mittapiste tulee aina lähemmäksi seinälinjaa. Tästä ja telineen rakenteesta johtuen kävi ilmi, että kulma-aseman muutoksella oli suuri vaikutus maksimisyvyyden säätämiseen. Kaikilla suuttimilla ei ollut mahdollisuutta päästä maksimisyvyyteen tietyllä kulmalla.

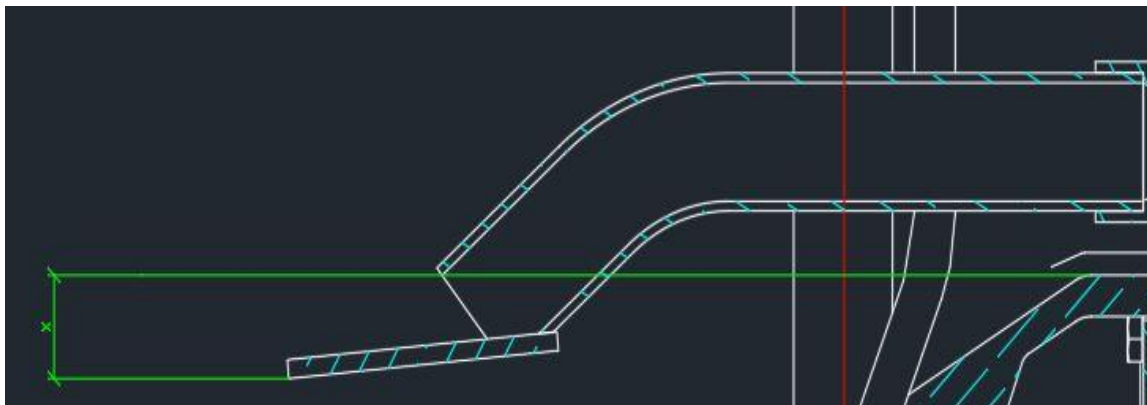
Kulma-asemien muutokset piti myös huomioida tutkittaessa syvyydasemaa. Kulmaa kasvattaessa suuttimen mittapiste tulee aina lähemmäksi seinälinjaa. Tästä ja telineen rakenteesta johtuen kävi ilmi, että kulma-aseman muutoksella oli suuri vaikutus maksimisyvyyden säätämiseen. Kaikilla suuttimilla ei ollut mahdollisuutta päästä maksimisyvyyteen tietyissä kulmissa.

Syvyyttä tutkiessa tuli myös huomioida suuttimien ulosveto. Ulosvedon yhteydessä on työturvallisuustekijöistä johtuen saatava suutinaukko peitettyä. Aukon peittämiseen on yleisesti käytetty giljotiiniä. Telineen rakenteesta johtuen se pystyy vetämään suutinta ulos tulipesästä vain tietyn matkan. Tutkimuksessa kävi ilmi, että giljotiinipelti mahtui sulkeutumaan vain yhden suuttimen kohdalla. Muiden suuttimien kohdalla suuttimet eivät päässeet tarpeeksi ulos, jotta giljotiinipelti olisi mahtunut sulkeutumaan. Ulosvetoa tutkiessa täytyi myös huomioida, tulevatko suuttimet tarpeeksi ulos vaihtamista varten. Tästä teline suoritui kaikkien suuttimien kanssa. Tutkimuksessa huomattiin, että kaikki suuttimet pitää asettaa nollakulmaan ulosvetämistä ja vaihtamista varten.

## 6.2 Lipeäsuuttimen korko ja kulma-asetat

Suuttimien korkoasema tutkittiin kulmilla  $0^\circ$ ,  $-10^\circ$  ja  $-20^\circ$ . Korkoaseman määrittää valuuaukon ylä- ja alareuna. Suuttimien mikään osa ei saa mennä näiden rajojen ali eikä yli. Mikäli jokin osa ylittää

nämä rajat, kierto häiriintyy, eikä viilennysilma ei pääse enää viilentämään osia. Telineen kiinnittämiseksi piti tehdä hieman muutoksia, jotta korkoaseman tutkimiseen saatiin mahdollisimman hyvä lähtöasema. Telineessä on suhteellisen pieni nostovara. Tämä aiheutti tilanteita, joissa suuttimien asemointi on hankalaa. Korkeusasemaa mitattiin suuttimien alimmasta pisteestä valuaukon alareunaan nähden, kuva 18. Tällä saatiin selville tarvittavat nostorajat minimille ja maksimille.



Kuva 18. Korkeusaseman mittaaminen.

Kulman ollessa  $0^\circ$  saatiin suuttimet asetettua suutinaukon ylä- ja alalinjan väliin. Tällöin pystyttiin myös etsimään suuttimille optimaalista asemaa. Teline pystyi toteuttamaan tarvittavat muutokset koron suhteen tällä kulmalla. Kun kulmaksi asetettiin  $-10^\circ$ , alkoi teline näyttämään merkkejä siitä, että kulma-asema alkaa tuottaa hankaluuksia. Jäähdytetty purkkisuutin ja normaali purkkisuutin voitiin asettaa  $-10^\circ$  kulmaan samalla käyttäen telineestä saatavaa maksiminostoa. Tällöin purkkisuuttimet eivät rikkoneet alarajaa. Lusikkasuuttimia käytettäessä telineen nostovara ei enää riittänyt nostamaan suutinta tarpeeksi, vaan suuttimet jäivät alarajan alapuolelle. Kun kulmaksi asetettiin  $-20^\circ$ , yhtään suutinta ei pystytty asettamaan enää rajan yläpuolelle. Tämän aiheutti se, että telineen nostovara loppui.



## 7 TULOSTEN YHTEENVETO

Teline pystyi hyvin säätämään kaikkien muiden suuttimien syvyyttä paitsi normaalin purkkiruiskun. Kaikilla muilla suuttimilla päästiin niiden vaatimaan maksimisyvyyteen, jonka jälkeen telineen mahdollistamaa kelkan liikettä käyttäen suuttimia pystyi säätämään ulospäin pesästä käsin. Teline ei siis tältä osin vaatisi lisäsuunnitelmia. Toisaalta, kun otetaan huomioon että aina kun suutinta vedetään ulos, tulisi giljotiinin pystyä sulkemaan suutinaukko, ei tutkimuksessa käytetyssä telineessä ole tarpeeksi ulosvetovaraa suutinten saamiseksi tarpeeksi ulos tulipesästä. Tämä aiheuttaa automaattisesti sen, että telineen ulosvedon mahdollistavaa liikettä tulisi lisätä.

Telineen suurimmat ongelmat tulivat esiin tutkittaessa kulmia. Tällöin telineen nostovara loppui hyvin nopeasti, eikä suuttimia pystytty asettamaan haluttuun kulmaan ja syvyyteen. Eräs ratkaisu tähän olisi, että koko telinettä nostettaisiin ylöspäin. Toinen mahdollinen ratkaisu olisi, että telineeseen suunniteltaisiin toisenlainen nostomekanismi, joka antaisi lisää nostovaraa.

Tutkimuksessa havaittiin myös muutamia törmäyskohtia poltinputken ja telineen rakenteen välillä sekä jäähdytettyjen suuttimien ja telineen rakenteen välillä. Nämä törmäyskohdat saataisiin korjattua, kun näitä telineen osia suunniteltaisiin hieman uudelleen.

## 8 LÄHDELUETTELO

- Andritz, Oy. (2008). *Yhtiön sisäinen koulutusmateriaali*. Haettu 2019
- Andritz, Oy. (2018). *Yhtiön sisäinen verkko*. Haettu 2019
- BLRBAC. (2019). *Black Liquor Recovery Boiler Advisory Commitee*. Haettu 2019 osoitteesta <http://www.blrbac.org/>
- Huhtinen, M.;Kettunen, A.;Nurminen, P.;& Pakkanen, H. (2004). *Höyrykattilatekniikka*. Helsinki: Edita Prima Oy.
- KnowPulp. (2019). *KnowPulp 17.0 Sellutekniikan ja automaation oppimisympäristö*.
- Laurila, E.;Roebby, J.;Maakala, V.;Peltonen, P.;Kahila, H.;& Vuorinen, V. (2018). *Analysis of viscous fluid flow in a pressure-swirl atomiser using large-eddy simulation*. International Journal of Multiphase Flow.
- Savonia-ammattikorkeakoulu. (2019). *Savonia*. Haettu 21. 02 2019 osoitteesta Savonia:  
<https://portal.savonia.fi/amk/fi/tutustu-savoniaan>
- Suomen Riskienhallintayhdistys. (2019). *Suomen Riskienhallintayhdistys PK-RH-riskienhallinta*. Haettu 22. 02 2019 osoitteesta <https://www.pk-rh.fi/riskienhallinta.html>
- Suomen soodakattilayhdistys. (2019). *Suomen soodakattilayhdistys*. Haettu 12. Helmikuu 2019 osoitteesta <http://www.soodakattilayhdistys.fi/soodakattila>
- Teir, S. (2003). *STEAM BOILER TECHNOLOGY*. Helsinki: Picaset.
- Vakkilainen, E. (2007). *Vakkilainen, Esa*. Helsinki: Helsinki University of Technology, Energy Engineering and Environmental Protection.