

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TUTKINTOTYÖ

Petri Kellokoski

LIUOTINSÄILIÖN SUUNNITTELUN KEHITYS

Työn valvoja

Työn teettäjä

Tampere 2005

DI Harri Laaksonen

Kvaerner Power Oy, valvojana DI Jukka Ylitalo

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys

Petri Kellokoski	Liutinsäiliön suunnittelun kehitys
Tutkintotyö	45 sivua
Työn ohjaaja	DI Harri Laaksonen
Työn teettäjä	Kvaerner Power Oy, valvojana DI Jukka Ylitalo
Toukokuu 2005	
Hakusanat	soodakattila, liutinsäiliö, laitesuunnittelu

TIIVISTELMÄ

Liutinsäiliö on merkittävä laite soodakattilalaitoksen kemikaalien talteenottojärjestelmässä. Kattilan tulipesän pohjalle jäävä kemikaalisula valuu sulakouruja pitkin liutinsäiliöön. Sula sekoittuu heikkovalkolipeään, jolloin syntyy viherlipeää. Viherlipeästä talteen otetut kemikaalit viedään uudelleen käytettäviksi sellunvalmistusprosessissa.

Tässä työssä on pyritty kehittämään menetelmiä liutinsäiliön suunnittelun nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi. Työssä perehdytään liutinsäiliön merkitykseen soodakattilan kemikaalien talteenottojärjestelmässä sekä säiliön rakenteeseen ja suunnitteluun. Säiliön suunnittelussa keskitytään etenkin hankalimpiin suunnittelukohteisiin ja pyritään keksimään ratkaisuja suunnittelun helpottamiseksi.

Työn tuloksina syntyi hyvät lähtökohdat liutinsäiliön tulevaa standardointia varten. Tuloksina saatiin ratkaisuja etenkin säiliön päämitoituksen ja kansirakenteen selkeyttämiseksi. Myös standardointia pidemmälle ajoittuvaa suunnittelun kehitystä ollaan mietitty, sillä työssä käsitellään myös erilaisia vaihtoehtoja liutinsäiliön mallintamisen helpottamiseksi.

Tulevaisuudessa liutinsäiliön säiliökoot tullaan standardoimaan sellaisiksi, että ne sopivat Kvaerner Powerin uudelle soodakattilatyyppille. Myös liutinsäiliön suunnittelusäännöt tullaan päivittämään.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Product development

Petri Kellokoski

Developing of Dissolving Tank Design

Engineering thesis

45 pages

Thesis supervisor

Harri Laaksonen (M.Sc)

Commissioning company

Kvaerner Power Oy, supervisor Jukka Ylitalo (M.Sc)

May 2005

Keywords

recovery boiler, dissolving tank, equipment design

ABSTRACT

Dissolving tank is a significant part of chemical recovery process of the recovery boiler. The dissolving tank is one of the items, which takes the biggest amount of working hours in equipment design of recovery boilers. The objective of this work is to develop methods that ease the design of the dissolving tank and therefore also reduce the amount of working hours spent on design work. This work introduces also the dissolving tank's structure and how the design process of the tank happens. As a result of this work came out the basis to start standardizing dissolving tank's structure. The results are dealing mostly with the main dimensioning and modelling methods. The eventual standardizing will take place in the future.

ALKUSANAT

Tämä tutkintotyö on tehty Kvaerner Power Oy:n painerunkosuunnitteluosastolla. Työn tarkoituksena oli kehittää ja nopeuttaa liuotinsäiliön suunnittelua. Tampereen ammattikorkeakoulusta työn ohjaajana toimi DI Harri Laaksonen.

Haluan kiittää Jukka Ylitaloa mielenkiintoisesta tutkintotyön aiheesta sekä neuvoista työn aikana. Myös Ari Saarela, Kari Haaga, Seppo Kangas, Jouni Kaikuranta sekä Heikki Järvinen ansaitsevat kiitokset ammattimaisista neuvoista sekä innokkaasta avusta työn aikana. Kiitän myös kaikkia muita työssä avustaneita henkilöitä.

Tampereella, 19. toukokuuta 2005

Petri Kellokoski

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo

1.	Johdanto.....	7
1.1	Yleistä	7
1.2	Työn tavoitteet	7
2.	Yritys ja tuotteet.....	9
2.1	Aker Kvaerner-konserni	9
2.2	Kvaerner Power	9
3.	Tuotteet.....	11
3.1	HYBEX®-kattilat	11
3.2	CYMIC®-kattilat	14
3.3	RECOX™-kattilat	16
3.4	Haihduuttamat	17
3.5	Ympäristönsuojelulaitteet.....	18
3.6	Service	18
4.	Liutinsäiliö.....	19
4.1	Yleistä	19
4.2	Säiliön rakenne	20
5.	Liutinsäiliön suunnittelu	25
5.1	Yleistä	25
5.2	Suunnitteluprosessi	25
5.3	Vaativimmat suunnittelukohteet	30
5.4	Liutinsäiliöiden käytössä havaittuja ongelmia	31
6.	Liutinsäiliön suunnittelun kehittäminen	33
6.1	Yleistä	33
6.2	Säiliön vakiointi	34
6.2.1	Yleistä	34
6.2.2	Kansirakenne.....	35
6.2.3	Räjähdyiskanava	35
6.2.4	Sula-aukot.....	36

6.2.5	Säiliön muoto	37
6.2.6	Seinämärakenteet.....	39
6.3	Liutinsäiliön mallinnusmenetelmät	40
6.3.1	Yleistä	40
6.3.2	Parametrinen malli.....	40
6.3.3	Liutinsäiliöalue	42
6.3.4	Suunnittelukonfiguraattori	43
7.	Tulosten tarkastelu	45
8.	Yhteenveto.....	46
	LÄHDELUETTELO.....	47

1. JOHDANTO

1.1 Yleistä

Kvaerner Power Oy toimittaa laitteita ja järjestelmiä selluteollisuudelle sekä energiantuotantoon. Päätuotteita ovat soodakattilat, voimakattilat sekä ympäristönsuojelulaitteet. Kvaerner Power on maailman johtava soodakattiloiden toimittaja.

Liutinsäiliö on yksi merkittävä laite soodakattilalaitoksessa. Soodakattilan tulipesän pohjalle muodostunut kemikaalisula valuu kattilan takaseinässä olevien sulakourujen kautta liutinsäiliöön, jossa se sekoittuu heikkovalkolipeään. Syntyvää liuosta nimitetään viherlipeäksi. Liutinsäiliöstä talteen otetut kemikaalit viedään uudelleen käytettäviksi sellunvalmistus- prosessissa.

Liutinsäiliön suunnitteluun kuuluvien työtuntien määrä on merkittävä koko soodakattilan laitesuunnittelussa. Useat säiliön suunnittelukohteet on tähän mennessä suunniteltu tapauskohtaisesti, sillä säiliön suunnittelussa ei ole juurikaan ollut käytössä vakiopiirustuksia tai -mittoja. Säiliön rakenneperiaatteet ovat kuitenkin pysyneet lähes samanlaisina jo useiden vuosien ajan.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän insinöörityön tavoitteena on löytää ratkaisuja, jotka vähentäisivät liutinsäiliön suunnitteluun käytettävän työn määrää. Pää tavoitteena on etenkin löytää mahdollisimman paljon vakioitavia kohteita ja toimintatapoja, jotka helpottavat suunnittelutyötä jatkossa ja joiden pohjalta suunnittelua voidaan edelleen kehittää.

Työssä tarkastellaan toteutettujen liuotinsäiliöiden rakennepiirustuksia sekä tähän mennessä käytössä olleita suunnittelusääntöjä, joiden perusteella pyritään löytämään vakioitavia kohteita. Nykyiset suunnitteluohjeet ovat myös ehtineet vanhentua niin paljon, että ne vaativat päivitystä.

Työssä pohditaan myös muita menetelmiä liuotinsäiliön suunnittelun kehittämiseksi ja tuodaan esille erilaisia vaihtoehtoja.

2. YRITYS JA TUOTTEET

2.1 Aker Kvaerner-konserni

Aker Kvaerner on maailmanlaajuisesti toimiva suunnittelu- ja rakennuspalveluiden, teknologiatuotteiden ja integroitujen ratkaisujen toimittaja. Konserni toimii useilla teollisuuden eri alueilla mm. öljy- ja kaasualalla, prosessiteollisuudessa, lääketeollisuudessa, metalliteollisuudessa, voimateollisuudessa, selluteollisuudessa sekä ympäristöteknologia-alalla. Aker Kvaernerilla on paikallisia toimintoja ympäri maailmaa, liikevaihto on noin 5 miljardia euroa ja henkilöstöä noin 22 000 yli 30 eri maassa. /10/

2.2 Kvaerner Power

Kvaerner Power vastaa Aker Kvaernerin maailmanlaajuisesta kattila-, haihdutin- ja ympäristönsuojelulaiteosaamisesta. Yhtiö on soodakattiloiden ykköstoimittaja maailmassa ja sillä on 300 soodakattila- ja 300 haihduttamoreferenssiä eri puolilla maailmaa. Myös leijupolttotekniikassa sekä vaativien polttoaineiden hallinnassa Kvaerner Power on edelläkävijä. Sillä on eri puolella maailmaa yli 200 toiminnassa olevaa kattilaa.

Kvaerner Powerin kattilaliiketoiminnan liikevaihto on 350 miljoonaa euroa, ja viennin osuus myytävistä tuotteista on noin 80 %.

Päämarkkina-alueet ovat:

- Skandinavia
- Eurooppa
- Pohjois- ja Etelä-Amerikka
- Kaakkois-Aasia.

Kvaerner Powerilla on henkilöstöä 1300, josta noin puolet työskentelee Suomessa. Valmistusyksiköitä yhtiöllä on viisi, joista Tampereen yksikkö on keskittynyt uusien kattiloiden valmistukseen. Kolme yksikköä (Lapua, Göteborg, Williamsport USA) valmistaa kattiloiden modernisoinneissa ja kunnossapidossa tarvittavia osia, mutta myös uusien kattiloiden komponentteja. Yksi valmistusyksikkö (Savsjö) on keskittynyt ainoastaan pienien kattilapakettien valmistukseen. /10/

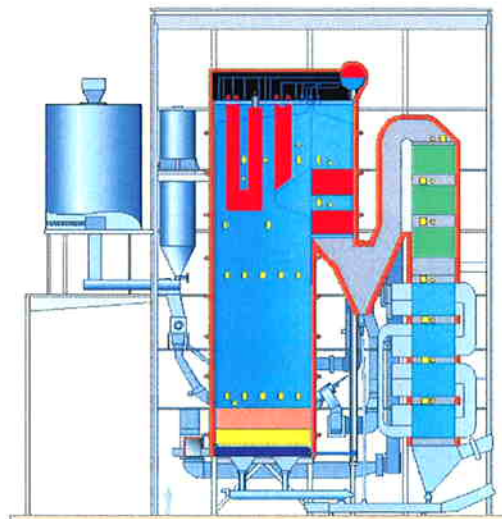


Kuva 1. Kvaerner Powerin toimipisteet maailmalla /10/

3. TUOTTEET

3.1 HYBEX[®]-kattilat

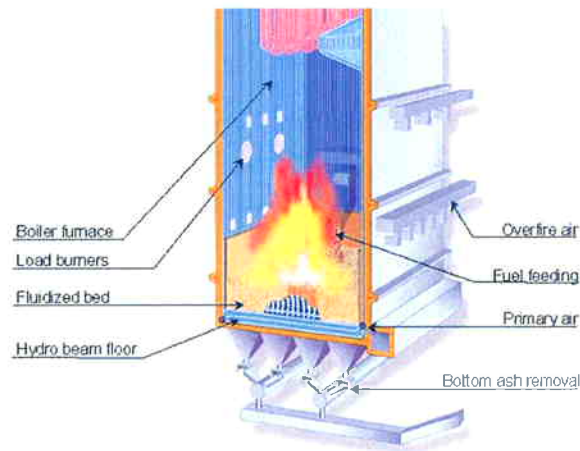
HYBEX[®] on tuotenimi Kvaerner Powerin BFB-leijupetikattiloille (bubbling fluidized bed). HYBEX[®]-kattiloita (kuva 2) on toimitettu yli 120 eri puolille maailmaa. Leijupetikattilan polttoaineina käytetään biopolttoaineita ja kierrätyspolttoaineita. Polttoaineiksi soveltuvat hyvin myös kosteat polttoaineet. Kattilan tehoalue on 20 – 300 MW. Lukuisten polttoainemahdollisuuksiensa lisäksi BFB-kattilan ominaisuuksia ovat sen korkea hyötysuhde, luotettavuus, vähäinen huollontarve sekä vähäiset päästöt.



Kuva 2. HYBEX[®]-kattila

Ennen varsinaista polttoprosessia HYBEX[®]-kattilan tulipesässä (kuva 3) oleva, 0,4 – 0,8 m korkuinen hiekkapeti kuumennetaan starttipolttimien avulla palamislämpötilaan (750° - 950°C). Hiekkapetiä leijutetaan palkkiarinan päällä leijutusnopeuden ollessa 0,7 – 2,0 m/s. Kun palamislämpötila on saavutettu, lasketaan tulipesään polttoainetta, jossa se palaa kuumen hiekan pinnalla ja sen seassa. Polttoaineen syöttöputkia on useita, jotta polttoaine saataisiin jakautumaan koko petin alueelle.

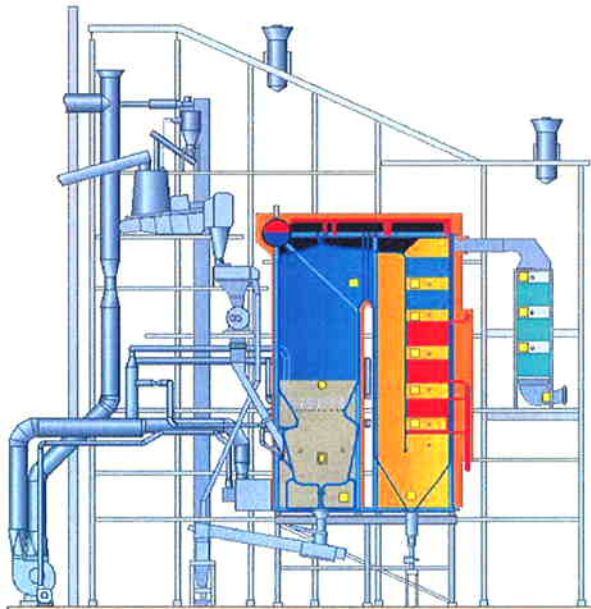
Petin suuren lämpökapasiteetin ansiosta menetelmä soveltuu mainiosti myös kosteille polttoaineille. Kun petiä leijutetaan, kostea polttoaine sekoittuu kuumaan hiekkaan ja kuivuu nopeasti. Korkea lämpökapasiteetti tasaa myös polttoaineen laatueroja, ja palaminen on tasaista koko tulipesän alueella. Palamisen tasaisuutta ja tehoa lisätään myös tulipesän seinissä olevilla ilmasuuttimilla, joista puhalletaan palamisilmaa tulipesään.



Kuva 3. HYBEX®-kattilan tulipesä

Tulipesän alaosan putket on vuorattu tulenkestävällä massalla. Massaus suojaa putkia kulumiselta ja ylikuumentumiselta. Tulipesän pohja on ilmanjakoarina, joka koostuu teräslevyyn tai jäähdytysputkistoon hitsatuista suuttimista. Kvaerner Power on kehittänyt vesijäähdytetyn HydroBeamTM-palkkiarinapohjan, jonka ansiosta tulipesässä voidaan polttaa rakenteeltaan huonolaatuista polttoainetta. HydroBeamTM-pohjassa 30% tulipesän pohjasta on avoinna, jolloin tuhka sekä polttoaineen seassa oleva palamaton kiinteä aines valuvat arinan raoista tulipesän alle. Tulipesän alta ne kulkeutuvat vesijäähdytetyn ruuvikuljettimen sekä kolakuljettimen avulla omaan säiliöönsä. HydroBeamTM-pohjan ansiosta tuhka ja palamaton aines eivät estä hiekkapetin leijuttamista, ja palaminen on tasalaatuista. Ennen kuin HydroBeamTM-pohja otettiin käyttöön, jouduttiin kattila usein ajamaan alas ja karkea aines poistamaan tulipesän pohjalta keräämällä.

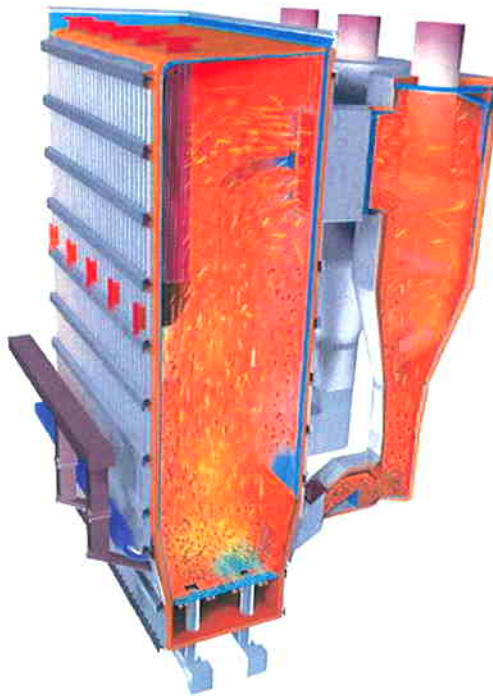
Aiemmin omana tuotteenaan esiintynyt jätteenpolttokattila (kuva 4) aiotaan lähitulevaisuudessa integroida HYBEX[®]-kattiloihin. Se eroaa hieman rakenteeltaan ja polttoaineiltaan muista leijupetikattiloista. Jätteenpolttokattila soveltuu keveille kierrätyspolttoaineille, kuten yhdyskuntajätteelle. Usein jätteenpolttokattilan polttoaineet eivät ole tasalaatuisia, vaan sisältävät karkeita epäpuhtauksia, kuten raskasmetallia. Kattilan tekniikka on samanlainen kuin leijupetikattilassa, mutta sitä on modifioitu vastaamaan keveitä polttoaineita. Jätteenpolttokattilan tulipesään on muotoiltu kaksoisnokka, jonka tarkoituksena on rajata paloaluetta ja näin tehostaa polttoprosessia. Kaksoisnokan avulla hallitaan myös palamisilmaa sekä savukaasuvirtoja. /2/



Kuva 4. Jätteenpolttokattila

3.2 CYMIC[®]-kattilat

CYMIC[®]-kattiloilla (kuva 5) tarkoitetaan Kvaerner Powerin CFB-kiertoleijukattiloita (circulating fluidized bed). CYMIC[®]-kattiloita on toimitettu maailmalle yli 60 kappaletta. CYMIC[®]-kattilalla on laajempi polttoainevalikoima kuin HYBEX[®]-kattilalla ja sen tehoalue on laajempi, 50 – 600 MW. CYMIC[®]-kattilassa voidaan polttaa esimerkiksi pelkkää kivihiiltä.

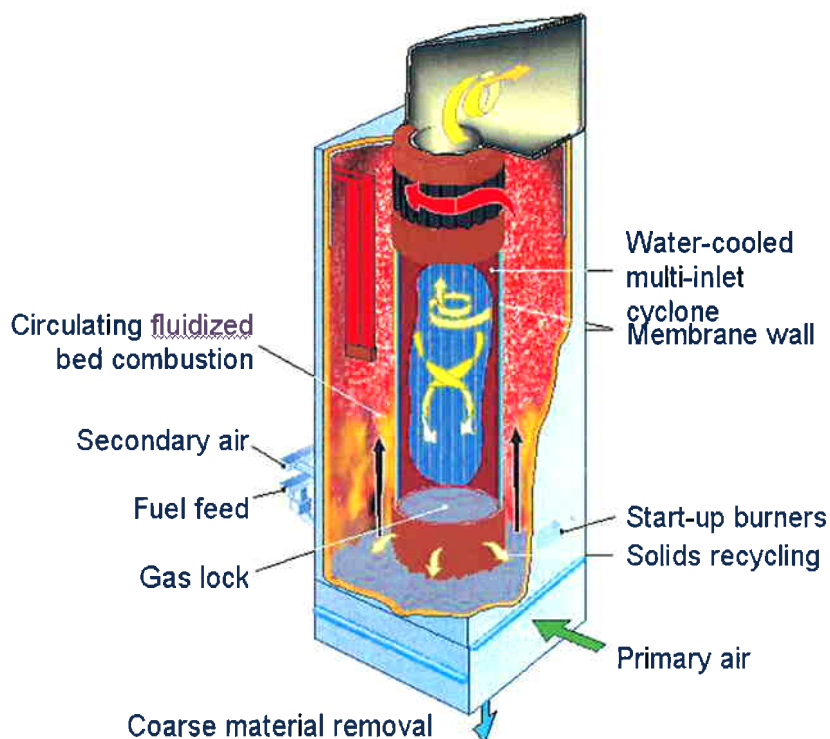


Kuva 5. CYMIC[®]-kattila

CYMIC[®]-kattilassa hiekkapetin leijutusnopeus on suurempi, jopa yli 3 m/s. Suuren leijutusnopeuden takia petyssä ei ole havaittavissa selkeää pintaa, vaan hiekkaa leijuu koko tulipesän korkeudella. Kasvaneen leijutusnopeuden myötä myös polttoaineen sekoittuminen on tehokkaampaa. Hiekkaa kulkeutuu myös pois tulipesästä savukaasujen mukana. Hiekka erotetaan savukaasuista sykloneissa. Kun savukaasut päätyvät sykloniin, ne joutuvat suuren nopeuden ja syklonin sylinterimäisen muodon takia pyörteeseen. Tällöin hiekka raskaampana aineksena valuu syklonin seiniä pitkin takaisin tulipesään. Syklonista savukaasu jatkaa savukaasukanavaan, jossa sijaitsee pääosa

tulistimista sekä veden ja ilman esilämmittimet. CYMIC®-kattilan pohja on myös varustettu HydroBeam™-rakenteella.

Kvaerner Powerilla on tuotevalikoimassaan myös kiertoletijukattila, jossa sykloni sijaitsee tulipesän sisällä (kuva 6). Tällaisessa rakenteessa ei ole lämpöliikkeitä tulipesän ja syklonin välillä ja se ei vie paljon tilaa. Tämäntyyppinen ratkaisu voi tulla kysymykseen esim. kattilan modernisoinnissa. /3/



Kuva 6. Sykloni tulipesän sisällä

3.3 RECOX™-kattilat

Kvaerner Powerilla on noin 300 soodakattilaa ympäri maailmaa. Soodakattilan tuotenimike on RECOX™-kattila (kuva 7). Kiinaan rakennettu Kvaerner Powerin soodakattila on tällä hetkellä maailman suurin ja sen teho on 5000 t ds/24h, joka tarkoittaa poltetun kuiva-aineen määrää vuorokautta kohden.

Soodakattilassa poltetaan mustalipeää, jota syntyy kun sellua keitetään sulfaattimenetelmällä. /10/



Kuva 7. RECOX™-kattila

Sellua keitetäessä puun sidosaineet liukenevat keittokemikaaleihin. Keitossa syntyvään jäteliemeen on liuennut mm. ligniiniä, joka on puukuitujen sidosaine ja josta myös lipeä saa mustan värinsä. Ennen päätymistään soodakattilan tulipesään mustalipeä kulkee haihduttamon läpi, jossa sen kuiva-ainespitoisuus nousee 60 – 80 %:iin. Syntynyt vahvalipeä sisältää sellunkeiton aikana puusta liuenneen orgaanisen aineksen sekä muut keitossa käytetyt kemikaalit, jotka otetaan mustalipeän poltossa talteen ja regeneroidaan aktiiviseen muotoon, uutta keittoa varten. Haihduttamon läpi voidaan viedä muitakin jäteliemiä, joita pystytään polttamaan soodakattiloissa, kuten biolietettä ja jätehappoja.

Soodakattilassa ei ole leijupetikattiloista tuttua palkkiarinapohjaa. Mustalipeää ei leijuteta, vaan sitä poltetaan kekona tulipesän pohjalla. Kekona ollessaan mustalipeä ei pala täydellisesti, vaan sen savukaasujen mukana kulkeutuu runsaasti palamattomia yhdisteitä. Tulipesän yläosissa palamista tehostetaan apupolttimilla ja palamisilman puhaltamisella. Toinen selvä rakenteellinen ero leijupetikattiloihin nähden on tulipesän nokan kohdalla kulkevat verhoputket, jotka tasaavat savukaasuvirran lämpötilaa ennen niiden kulkeutumista tulistimille.

Soodakattilan päätehtävä on erottaa mustalipeän orgaaninen ja epäorgaaninen aines toisistaan. Mustalipeästä poltetaan sen palava orgaaninen aines, ja siitä vapautuva lämpöenergia otetaan talteen. Mustalipeän palamaton epäorgaaninen aines jää sulana tuhkan sekaan tulipesän pohjalle. Soodakattilan takaseinässä olevia kouruja myöten sula valutetaan liuotinsäiliöön, jossa se sekoitetaan viherlipeäksi. Tällä tavoin soodakattilassa otetaan talteen sekä sen tuottama lämpöenergia että kemikaalit. /3/

3.4 Haihduttamot

Yksi Kvaerner Powerin tuote on haihduttamo (kuva 8), jossa mustalipeää ja muita jäteliemiä tiivistetään tehokkaamman polton aikaansaamiseksi. Haihduttamon avulla pyritään rajoittamaan ympäristöön päätyvän jäteveden määrää. Haihdutettu vesi jalostetaan siten, että sitä voidaan käyttää tehtaan muissa prosesseissa tai pesuvetenä. Haihduttamon vedentuotanto on kokoluokasta riippuen alkaen 500 t/h. /10/



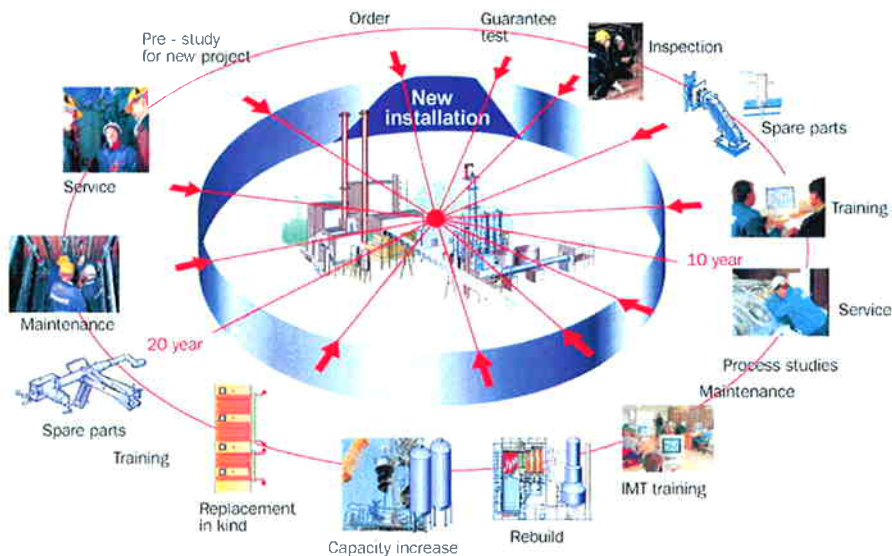
Kuva 8. Haihduttamolinja

3.5 Ympäristönsuojelulaitteet

Kvaerner Powerin valmistamat ympäristönsuojelulaitteet ovat kattilalaitoksen savukaasuja puhdistavia laitteita. Tällaisia laitteita ovat savukaasupesurit sekä erilaiset hönkäpesurit. Ympäristönsuojelulaitteiden ansiosta kattiloiden päästöt pysyvät kontrollissa. /10/

3.6 Service

Kvaerner Powerin Service-toiminta (kuva 9) tarjoaa asiakkaalle koko kattilalaitoksen iän kestävää tukea. Servicen tehtäviä ovat mm. erilaiset kattilan huollot, modernisoinnit, tehonnostot sekä varaosien toimitukset. Service hoitaa myös haihuttamoiden modernisointeja sekä huoltoja. Service ei modernisoi ainoastaan Kvaerner Powerin kattiloita, vaan myös muiden kattilavalmistajien tuotteita. /10/

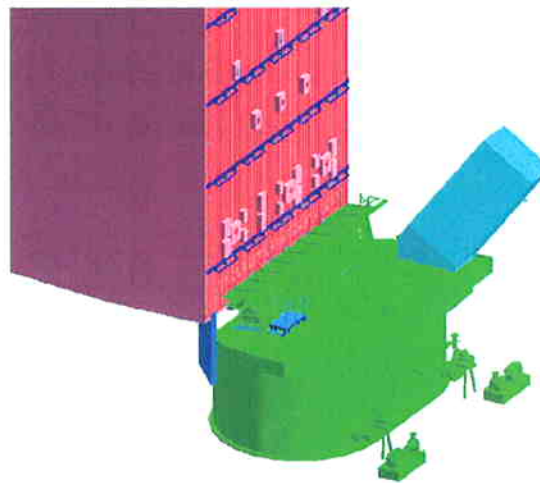


Kuva 9. Servicen toiminta kattaa koko kattilalaitoksen elinkaaren mittaisen ajan

4. LIUOTINSÄILIÖ

4.1 Yleistä

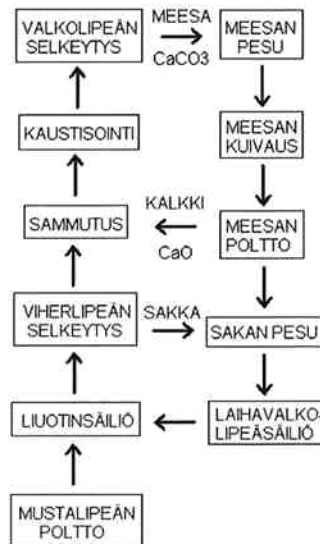
Kun soodakattilassa poltetaan mustalipeää, jää sen palamaton epäorgaaninen aines sulana tulipesän pohjalle. Tulipesän takaseinässä olevista aukoista sula pääsee valumaan sulakouruja pitkin liuotinsäiliöön (kuva 10). Liuotinsäiliössä sula-aines sekoittuu heikkovalkolipeään, jolloin syntyneitä liuosta kutsutaan viherlipeäksi. /1/



Kuva 10. Soodakattilan tulipesä ja liuotinsäiliö

Liuotinsäiliö on tärkeä laite soodakattilan kemikaalien talteenottojärjestelmässä (kuva 11). Liuotinsäiliöstä viherlipeä pumpataan eteenpäin selkeytysäiliöön, jossa liuoksesta erottuu viherlipeän sisältämä sakka eli kovettunut ainesosa. Selkeytyksen jälkeen viherlipeään sekoitetaan poltettua kalkkia, minkä jälkeen lipeä kulkeutuu kaustisointilaitokselle. Kaustisoinnissa poltettu kalkki eli kalsiumoksidi reagoi viherlipeän sisältämän natriumkarbonaatin kanssa. Tuloksena syntyy natriumhydroksidia, joka on sellunkeitossa käytettävä kemikaali. Kaustisointilaitokselta lähtevää liuosta kutsutaan valkolipeäksi. Reaktioiden sivutuotteena syntyy myös kalsiumkarbonaattia eli meesaa. Kaustisoinnissa muodostunut valkolipeä viedään selkeytinsäiliöön, jossa siitä erotetaan meesa. Meesa viedään meesanpolttouuniin, jossa siitä saadaan jälleen poltettua kalkkia. Viherlipeästä erotetun sakan sekä valkolipeästä erotetun meesan pesuun käytetty pesuvesi kulkeutuu takaisin liuotinsäiliöön.

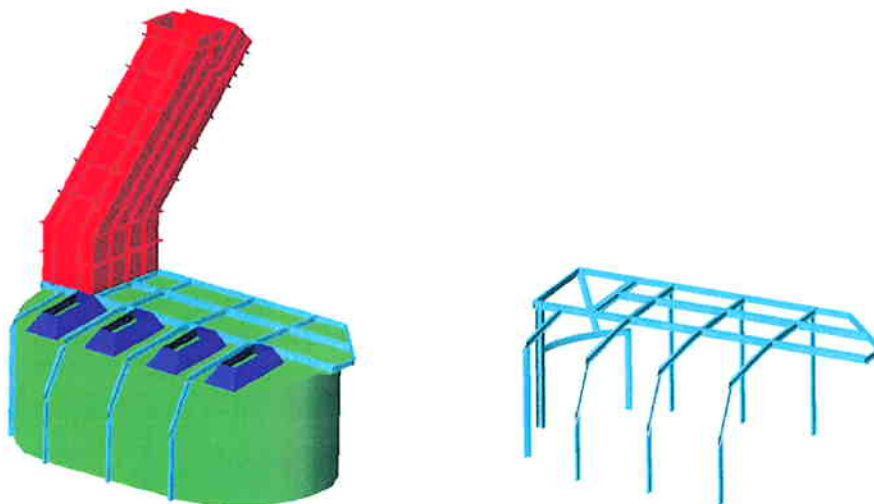
Säiliöön kulkeutuvaa vettä kutsutaan heikkovalkolipeäksi, ja sillä pyritään säätelemään säiliössä olevan viherlipesän tiheyttä. /11/



Kuva 11. Kemikaalien talteenotto prosessi

4.2 Säiliön rakenne

Säiliön runko on hitsattu palkkirakenne (kuva 12), jossa on käytetty HEB200-palkkia. Tämän I-palkin materiaali on S235JRG2. Runkorakenne tukee säiliön vaippaa nesteen painetta vasten ja estää seinämän lommahtamisen. Säiliön kansi laskee kahdessa kulmassa sula-aukkojen puolella. Kallistusten ansiosta säiliötä voidaan viedä mahdollisimman pitkälle kattilan pohjan alle, jolloin säiliö ei vie niin paljoa tilaa.



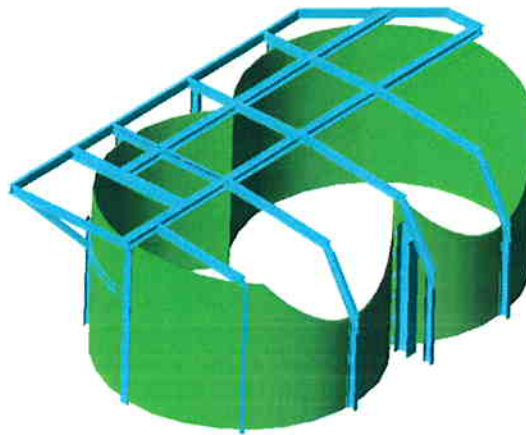
Kuva 12. Liuotinsäiliö ja sen runkorakenne

Säiliön pohjalevy on samaa materiaalia kuin vaippalevyt. Pohjalevyn alla säiliön alustana on 150 mm paksu betonilaatta, jonka päälle liuotinsäiliö on asennettu pitkillä ankkuripulteilla (kuva 13). Nykyisten suunnitteluohjeiden mukaan säiliön leveys on sama kuin kattilan takaseinän leveys ja korkeus on 3650 mm. Korkeus voi kuitenkin joissakin tapauksissa poiketa suunnitteluohjeista. Säiliö voi esimerkiksi olla korkeampi, jos kattilakoko on suuri. Betonointia ei oteta huomioon korkeuden mitoituksessa, vaan korkeus määräytyy säiliön pohjalevyn ja kansilevyn välisestä etäisyydestä.



Kuva 13. Liuotinsäiliö on ankkuroitu alla olevaan betonilaattaan

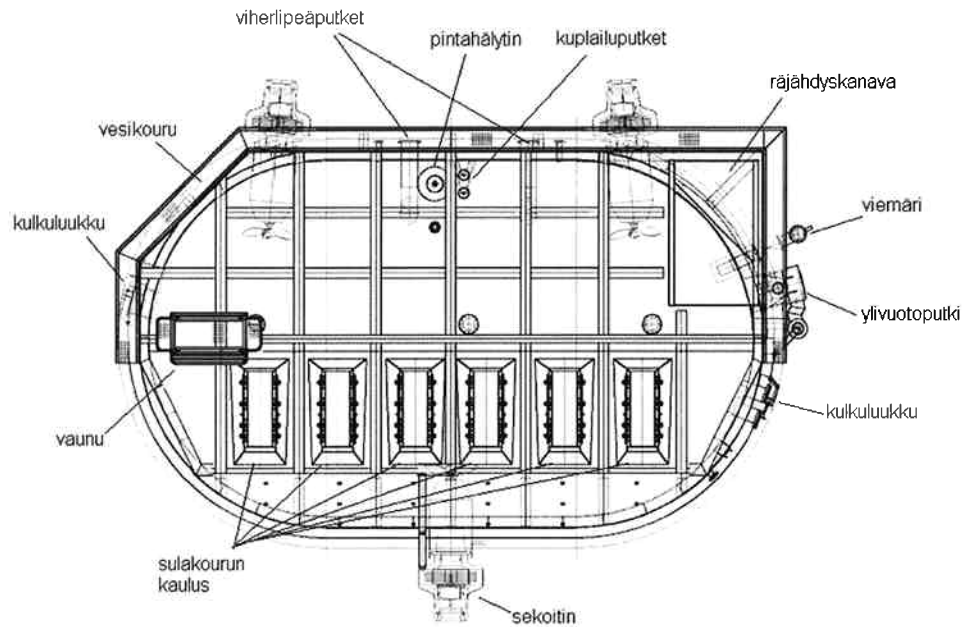
Kvaerner Powerin valmistamat liuotinsäiliöt ovat olleet muodoltaan kahdeksikon muotoisia (kuva 14). Pyöreä seinämän muoto tuo lisää jäykkyyttä rakenteelle ja kestää hyvin nesteen painetta. Säiliö on vuorattu 150 mm paksuisella betonikerroksella joko sisältä tai ulkoapäin. Kun betonointi tehdään säiliön ulkopuolelle, on säiliön seinälevy ruostumatonta terästä. Seinän ja betonoinnin väliin asetetaan myös 50 mm paksu kerros villaa. Betonoinnin ollessa säiliön sisäpuolella käytetään seinälevyn materiaalina hiiliterästä. Tällöin kansilevy on kuitenkin vuorattu sisältäpäin 1,5 mm paksulla ruostumattomalla teräksellä.



Kuva 14. Kahdeksikon muotoinen liuotinsäiliö ja sen palkkirakenne

Kansirakenteessa betonointi on aina kansilevyn päällä, ja sen alla oleva villakerros monikertainen seiniin verrattuna. Betoni- ja villakerroksen tarkoitus on eristää säiliön sisältä kantautuvaa melua, joka syntyy sulan aiheuttamista räjähdyksistä. Suunnittelusäännöissä villa- ja betonikerroksen paksuudella säiliön kannessa ei ole tarkkaan määriteltyä mitta, mutta sopiva kerrospaksuus on 450 mm. Kannen betonointiin valetaan kallistukset, jotta vesi valuisi kannelta sitä ympäröivään kouruun, jota pitkin jätevedet valuvat viemäriin.

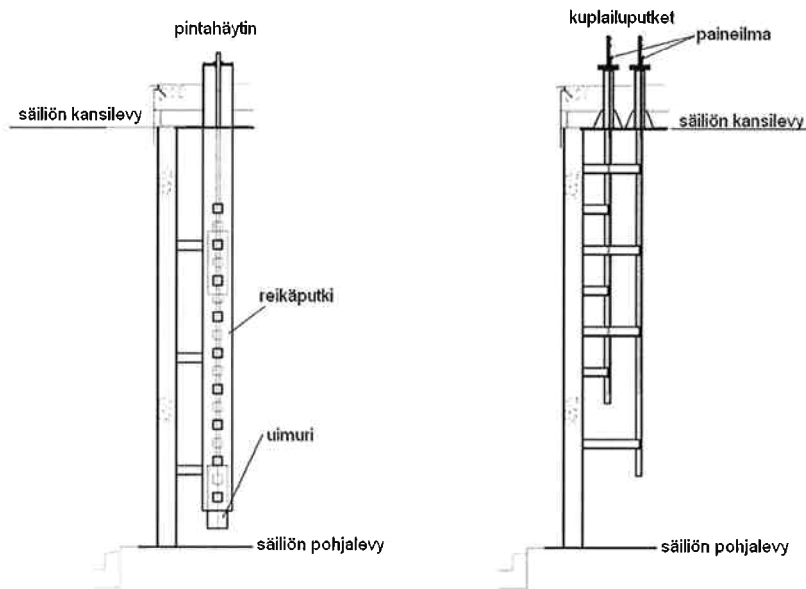
Kansirakenteeseen (kuva 15) kuuluvat myös sularännien kaulukset, jotka on sijoitettu siten, että kuumennuttuaan kattilan takaseinässä olevat sulakourut laskeutuvat lämpölaajenemisen myötä suoraan säiliön sula-aukkoihin. Kauluksissa on huuhteluputket, joissa olevista suuttimista suihkuava vesi puhdistaa kauluksia ja pyrkii estämään sulan kovettumisen niihin kiinni. Kansi on yleensä kauluksien kohdalla 5 - 7 asteen kulmassa. Sularännit on suojattu huuvilla, jotka estävät sulan roiskumisen säiliön kannelle. Sularännien kaulusten edessä säiliön kannella on liikuteltava huoltovaunu, jonka päältä voi tarkkailla primääri-ilmasuuttimien näkölasien läpi. Vaunun raiteiden ja sularännien kaulusten välissä on suojaermejä suojaamassa ränneistä roiskivalta sulalta. /5/



Kuva 15. Säiliön rakenne ja laitteet

Säiliön kannella olevaa räjähdyskanavaa pitkin poistuvat viherlipeästä nousevat höyryt. Räjähdyskanavan alkupäässä olevat huuhteluputket pesevät höngän mukana nousevia kiinteitä aineksia, jotta ne eivät päätyisi pesurille. Räjähdyskanava haarautuu sisältäpäin räjähdystorveksi ja hönkäkanavaksi. . Räjähdystorvi suuntaa mahdollisen räjähdysen ja sen mukana lentävän kuuman viherlipeän turvalliselle alueelle. Hönkäkanava sen sijaan johtaa hönkäpesurille, joka puhdistaa liuotinsäiliöstä nousevat höngät. Pesurin läpi kulkeneet höngät voidaan päästää ympäristöön tai ohjata soodakattilan tulipesään, jossa ne palavat.

Säiliön kanteen kiinnittyvät myös säiliön sisäiset mittalaitteet. Kuplailuputket (kuva 16) mittaavat viherlipeän pinnankorkeutta sekä tiheyttä. Kuplailuputket ovat erimittaiset, ja molempiin johdetaan yhtä suurella paineella ilmaa. Pinnankorkeus määräytyy painemittauksen tuloksena, ja tiheys määräytyy putkien välisestä paine-erosta. Kuplailuputkien vieressä on myös pintahälytin, joka on yksinkertaisempi pinnankorkeuden mittauslaite. Pintahälytin on nesteen pinnalla kelluva uimuri, jolla pinnankorkeus on luettavissa säiliön kannella olevasta asteikosta. /1/



Kuva 16. Pintahälyttimen ja kuplailuputkien rakenne

Sulan sekoittumista heikkovalkolipeään tehostetaan säiliöön asennetuilla potkurityyppisillä sekoittimilla, joiden lukumäärä vaihtelee kahdesta neljään säiliökoon mukaan. Sekoittimet kiinnittyvät säiliön seiniin, ja niiden tarkat sijoituspaikat saadaan sekoittimien toimittajalta. /5/

Säiliöstä lähtee tavallisesti kaksi viherlipeän putkilinjaa. Toista putkea pitkin viherlipeä pumpataan kaustisointilaitokselle, ja toista pitkin heikkovalkolipeä pumpataan takaisin liuotinsäiliöön. Linjojen suuntaa vaihdetaan välillä, jotta viherlipeästä jääneet kerrostumat liukenisivat heikkovalkolipeään eivätkä tukkisi putkistoja. /1/

Säiliön seinässä on myös yhteitä pesuvedelle sekä jäähdytysvedelle. Seinässä olevan kulkuluukun on oltava tarpeeksi iso, jotta siitä mahdutaan sisään säiliön puhdistamisessa tarvittavalla kalustolla. /5/

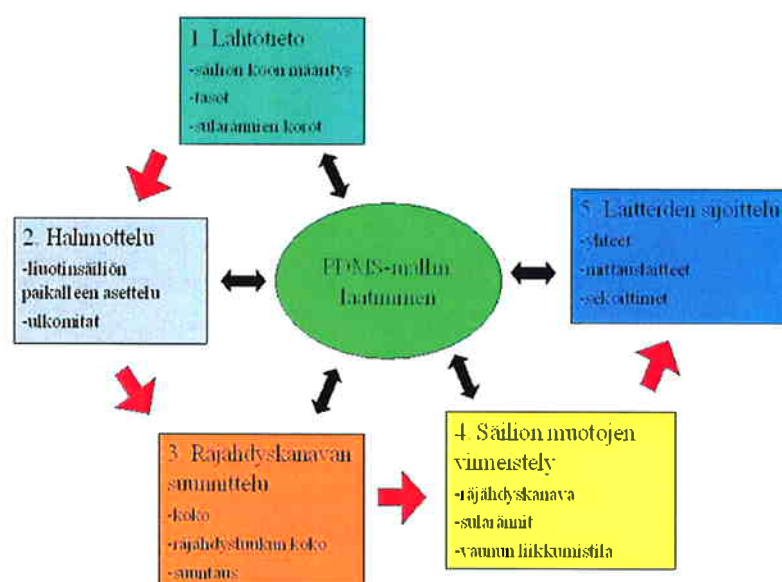
5. LIUOTINSÄILIÖN SUUNNITTELU

5.1 Yleistä

Kvaerner Powerin liuotinsäiliöt suunnitellaan yleensä alihankintana. Liuotinsäiliön suunnitteluun on kulunut työtunteja runsaasti enemmän kuin muihin kohteisiin. Tämän tutkintotyön yhtenä tavoitteena on kartoittaa ne liuotinsäiliön kohteet, joihin työtunteja kuluu eniten.

5.2 Suunnitteluprosessi

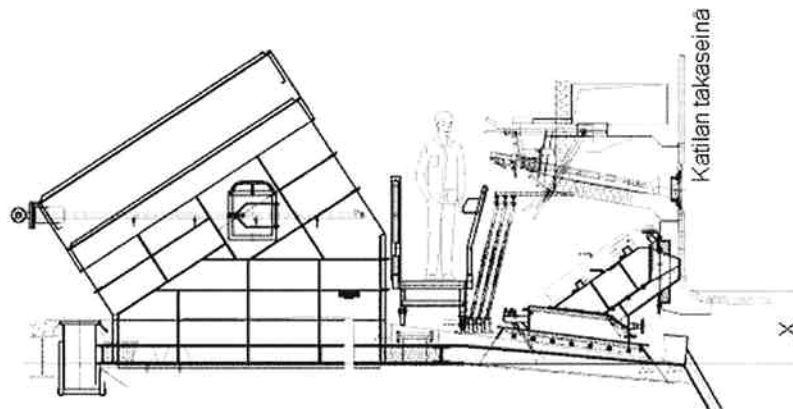
Liuotinsäiliön suunnittelu on pitkäaikainen prosessi, jossa on useita huomioitavia asioita. Liuotinsäiliön suunnitteluprosessin (kuva 17) alkaessa soodakattilan suunnittelu on jo niin pitkällä, että liuotinsäiliöalueen perusratkaisut ovat määriteltä. Suunnittelussa tärkeä vaihe on lähtötietojen hankkiminen ja käsittely, sillä lähtöaineiston avulla määräytyvät kaikki säiliön tärkeimmät ominaisuudet. Liuotinsäiliön suunnitteluun liittyy vahvasti myös prosessisuunnittelu. Prosessisuunnittelija määrittää säiliöön kiinnittyvien putkiyhteiden koot ja sijainnit sekä sekoittimien paikat. /9/



Kuva 17. Liuotinsäiliön suunnitteluprosessi

Säiliön sijainti ja päämitat määräytyvät suunnitteluohjeista löytyvien sääntöjen mukaan. Säiliö on 150 mm korkean betonilaatan päällä, ja säiliön korkeus pohjasta kansilevyyn saadaan suunnittelusäännöistä. Säiliön kansilevyn taso määräytyy näiden tietojen mukaan, ja sen perustella määritellään edelleen kattilan tulipesän korkeusasema sekä koko kattilalaitoksen korkeus.

Tulipesän leveys vaikuttaa suoraan säiliön leveyteen sekä säiliön kanteen tulevien sula-aukkojen määrään. Säiliön kansilevyn ja tulipesän pohjaputkien kulmapisteen välille jäävä etäisyys kattilan ollessa kuuma saadaan suunnittelusäännöistä (kuva 18). Tällä mitalla varmistetaan, että sularännillä ja sen huuvalla on riittävästi liikkumavaraa säiliön päällä. Sularänni ja huuva laskeutuvat lämpöliikkeiden mukana liuotinsäiliön sula-aukkoihin.

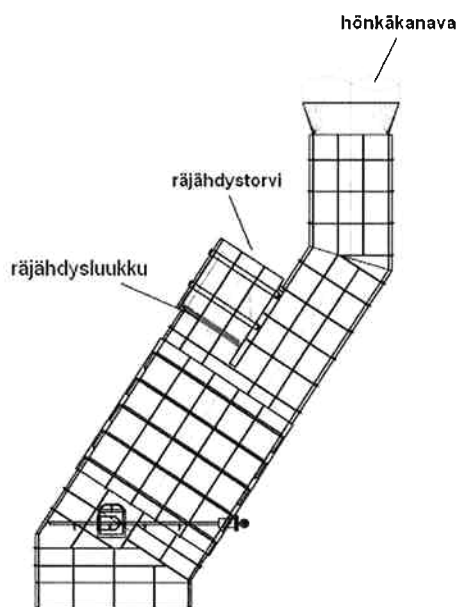


Kuva 18. Säiliön kansi ja kattilan takaseinän ja pohjan putket

Kun säiliön tarkka sijainti on selvillä, suunnitellaan liuotinsäiliön räjähdyskanava (kuva 19). Räjähdyskanavan suunnittelu vie suuren osan ajasta liuotinsäiliön suunnittelussa. Räjähdyskanava sijoitetaan säiliön kannelle siten, että räjähdys pystytään suuntaamaan turvalliselle alueelle. Alueella ei saa olla kulkuteitä tai kattilan toiminnan kannalta tärkeitä laitteita. Yleensä torvi suunnataan betonitason alle. Liuotinsäiliön yhteydessä suunniteltava räjähdyskanava sisältää sekä räjähdystorven että hönkätorviosuuden. Hönkätorviosuudesta eteenpäin hönkäpesurille kulkeva osuus on erikseen suunniteltavaa hönkätorvea.

Räjähdyiskanavan sisällä olevassa räjähdystorvessa on luukku, jonka pinta-ala on mitoitettu kattilan tulipesän pinta-alan mukaan. Säiliön sisällä tapahtuvan voimakkaan räjähdysten aiheuttama paine aukaisee luukun, jolloin räjähdyspaine poistuu räjähdystorven kautta.

Hölkätorviosuuden kokoon vaikuttaa hönkävirran nopeus, jonka mukaan kanava mitoitetaan. Hönkäpesurin toiminnan kannalta ihanteellinen nopeus on 8 – 10 m/s. Räjähdyiskanavan lähtöaukon pinta-ala säiliön kannella on höyrykanavan ja räjähdystorven pinta-alat yhteenlaskettuna. Lähtöaukon sijainnin on oltava tarpeeksi kaukana sularänneistä, jotta räjähdyskanava ei vie rännien huoltoon vaadittavaa tilaa.

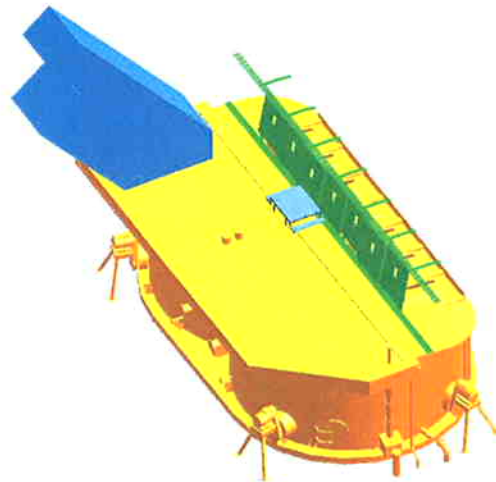


Kuva 19. Räjähdyiskanavan rakenne

Kun tiedossa on tarkka säiliön koko ja räjähdyskanavan lähtöaukon sijainti, aletaan viimeistellä säiliön ulkomuotoja. Säiliön muoto etuseinän ja kansilevyn osalta suunnitellaan sellaiseksi, että säiliö mahtuu osittain kattilan alle. Kun säiliön muodot ovat kohdallaan, sijoitetaan sularännien kaulukset kanteen. Kuten edellä on jo mainittu, sularännit laskeutuvat säiliön kannen aukkoihin lämpöliikkeiden myötä, joten sula-aukkojen ja kaulusten tarkan sijainnin määrittäminen on tärkeää. Säiliön muotojen viimeistelyn myötä viimeistellään

myös räjähdyskanavan lopullinen muoto. Kanavaa joudutaan joskus suuntaamaan moneen suuntaan hönkäpesurin tai turva-alueiden huonojen sijaintien takia.

Sularännien kauluksien takana kulkevalla huoltovaunulla on oltava riittävästi tilaa, jotta sillä päästään liikkumaan kattilan takaseinän koko leveydeltä. Räjähdyiskanava ja sularännien kaulukset on aseteltava säiliön kanteen siten, että vaunun kulkuradalle jää riittävästi tilaa (kuva 20). Räjähdyiskanavan ja kauluksen väliin on jätävä ainakin 1000 mm etäisyyttä, sillä kanavan pintaan tulee vielä eristekerros ja kaulusten eteen mahdollisesti suojasermejä. Kaulukset ovat kiinni säiliön kansilevyssä ja ne peittyvät suurelta osin betonoinnin alle. Huoltovaunu taas kulkee betonikerroksen päällä, joten tilaa on kuitenkin hieman enemmän miltä kannen layout-kuvassa näyttää.



Kuva 20. Liutinsäiliön kansi

Säiliön ulkomuotojen ollessa valmiit suunnitellaan säiliöstä lähtevien putkien yhteiden paikat sekä laitteiden ja kulkuluukkujen sijainnit. Säiliöön kiinnittyvien sekoittimien lukumäärä riippuu säiliön koosta. Parhaan mahdollisen sekoittumisen aikaansaamiseksi sekoittimet on sijoitettava tarkkaan määritellyille paikoille.

Säiliön luukkujen, laitteiden ja putkiyhteiden sijainteihin voivat vaikuttaa prosessisuunnittelijan antamat ohjeet, säiliön huoltoon liittyvät asiat, liuotinsäiliöalueen rakenne tai kulkuyhteydet. Esimerkiksi säiliön puhdistuksessa käytettävää isoa kulkuluukku sijoitettaessa on otettava huomioon kattilalaitoksen sisäiset kulkuyhteydet, jolloin säiliön huollot voidaan toteuttaa mahdollisimman sujuvasti.

Prosessisuunnittelija määrittää putkiyhteiden koot ja paikat. Putkiyhteet sijoitetaan alustavasti paikoilleen, mutta suunnittelijan on otettava huomioon tiettyjä asioita. Esimerkiksi heikkovalkolipeän paluuputki ei saa olla viherlipeän imuputken välittömässä läheisyydessä, sillä heikkovalkolipeän on tarkoitus jäädä säiliöön. Yhteiden lopulliseen paikkaan voivat kuitenkin vaikuttaa myös putkistosuunnittelijan ratkaisut. /9/

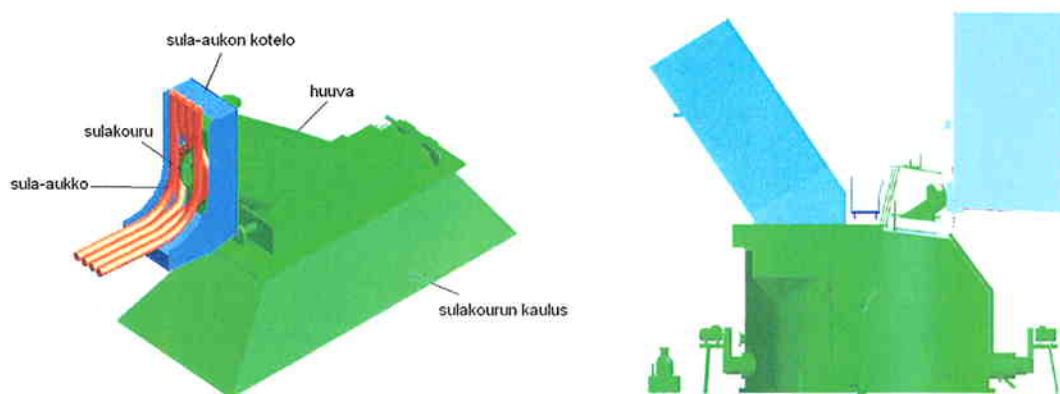
Kvaerner Power ja sen liuotinsäiliötä suunnittelevat alihankkijat käytettävät suunnittelussa apuna AutoCad- ja PDMS-ohjelmistoja (Plant Design Management System). Kvaerner Power käyttää PDMS-järjestelmää kattilalaitoksen 3D-mallinnuksessa. Malli on tärkeä kattilan suunnittelussa, sillä sama malli päivittyy jokaiselle projektissa mukana olevalle suunnittelijalle ja alihankkijalle ympäri maailmaa. Mallin pohjalta tehdään myös työpiirustukset. Ohjelmistosta löytyy eri moduuleja, kuten laitesuunnittelu, kanavistosuunnittelu, putkistosuunnittelu ja kannakesuunnittelu. Liuotinsäiliön mallinnus suoritetaan laitesovellusta käyttämällä. 3D-mallin rakentaminen edistyy yhdessä muun suunnittelun kanssa, ja suunnittelun aikana malliin joudutaan tekemään usein muutoksia. Kaikki liuotinsäiliötä koskevat työpiirustukset tehdään AutoCadilla.

Liuotinsäiliön suunnittelutunnit jakautuvat eri alueille seuraavasti:

- Lähtötieto 10 %
- Layout-suunnittelu 30 %
- Detaljisuunnittelu 60 %. /9/

5.3 Vaativimmat suunnittelukohteet

Sulakourujen kauluksien alue on ollut liuotinsäiliön suunnittelussa yksi eniten pohdintaa aiheuttavista vaiheista. Soodakattilan kokoisessa laitoksessa lämpöliikkeit ovat erittäin suuria. Sulakourut (kuva 21) ovat kiinni kattilan takaseinässä, ja ne laskeutuvat lämpöliikkeiden mukana liuotinsäiliön kannessa oleviin sula-aukkoihin. Sulakourujen päällä on huuva, jonka tehtävänä on estää sulan roiskuminen ympäristöön sekä tiivistää liuotinsäiliön kantta. /4/

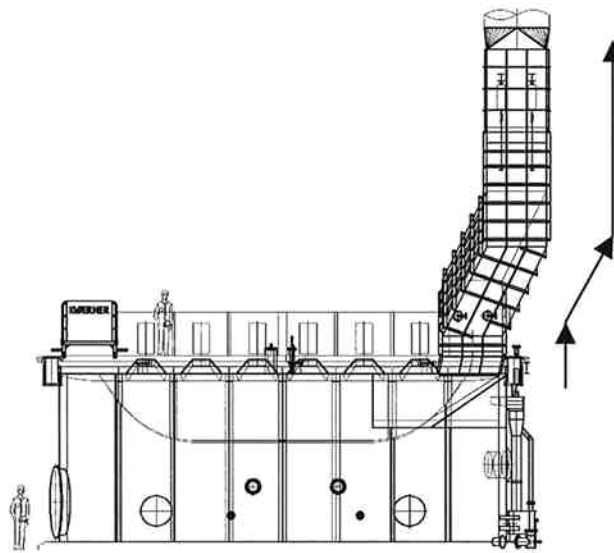


Kuva 21. Sulakourun kiinnittyminen takaseinään

Hankaluuksia kauluksien kanteen sovittamisessa on aiheuttanut kansirakenteen tilanahtaus. Liuotinsäiliön koko kansirakenne tulee suunnitella siten, että säiliön osat eivät ole toistensa tiellä, eivätkä näin vaikeuta säiliön huoltoa tai vaaranna säiliön kanssa työskentelevien turvallisuutta. Kaulukset on hankala sijoittaa kanteen siten, että tilaa jää räjähdyskanavalle sekä kauluksien takana kulkevalle vaunulle. Kannen layout-kuvassa on oltava nähtävissä, että osat ovat järkevästi sijoitettu.

Säiliön kansi laskee kauluksien kohdalla n. 5 – 7 asteen kulmassa. Toteutuneissa projekteissa kauluksien tasoa on säädelty kannen kulman sekä kauluslevyjen korkeuden avulla. Tämä on aiheuttanut ylimääräistä päänvaivaa, sillä sulakouru ja sen huuva ovat vakiomittaisia, jolloin myös säiliön kansirakenne olisi täysin mahdollista vakioida.

Myös räjähdyskanavan suunnittelu voi viedä suuren osan suunnitteluun käytetyistä työtunneista. Jos hönkäpesuri sijaitsee huonossa paikassa räjähdyskanavaan nähden, joudutaan räjähdyskanavaa suuntaamaan siten, että hönkätorvi on helppo jatkaa sen luo. Tällöin räjähdyskanavaa joudutaan suuntaamaan moneen suuntaan, ja myös sijainnin määrittäminen hankaloituu (kuva 22). /9/



Kuva 22. Räjähdyskanavan suuntaus

5.4 Liuotinsäiliöiden käytössä havaittuja ongelmia

Kun säiliö otetaan käyttöön, saattaa siinä ilmaantua myöhemmin ongelmia, joita on hankala täysin poistaa. Yleisin ongelma on kerrostumien muodostuminen ja kovettuminen säiliön sisällä. Kerrostumia syntyy etenkin sekoittimien läheisyyteen sekä säiliön sisällä olevien laitteiden pinnoille. Välillä säiliö joudutaankin tyhjentämään kovettumien poistamiseksi.

Sulakourujen tukkeutumisen myötä säiliössä muodostuva viherlipeä ei ole tasalaatuista. Jos esimerkiksi toisen puolen kourut ovat tukkeutuneet, ei sula pääse kunnolla sekoittumaan heikkolipeään säiliön sisällä. Sulakouruja joudutaan jatkuvasti rassaamaan käsivoimin liuotinsäiliön kannelta.

Tukkeutumia syntyy myös viherlipesäputkistoihin, joita auotaan kattilan alasajon aikana tehtävän säiliön tyhjennyksen yhteydessä.

Kerrostumien lisäksi työtä säiliön kunnossapidossa aiheuttaa myös korrosio. Syöpymistä esiintyy etenkin sulakourujen kaulusten läheisyydessä. Kauluksien pesuputkiin kerääntyy myös usein kerrostumia, joka tukkii putkien suuttimet. Suuttimien tukkeutuessa kaulukset eivät puhdistu kunnolla. Pitkälle edenneen korroosion ansiosta kauluspelteihin tulee usein reikiä. Kun säiliössä on sisäpuoleinen betonointi, on säiliön seinämämateriaali hiiliterästä. Silloin kansilevy on verhoiltu sisäpuolelta 1,5 mm paksulla ruostumattomalla teräslevyllä, joka suojaa kantta roiskeilta. Myös tämä levy voi käytössä kulua puhki asti, jolloin se joudutaan vaihtamaan.

Säiliön sisäpuoleinen betonointi kärsii myös kulumisesta. Betonointi halkeilee ja murenee aikojen kuluessa, ja se joudutaan uusimaan vuosien käytön jälkeen. Säiliössä voi kulumisen myötä aiheutua myös vuotoja pohjalevyn ja seinän välisestä hitsisaumasta. Sauma väsyä käytön aikana, minkä seurauksena se saattaa vuotaa.

Harvinaisempia, mutta pahimpia ongelmia säiliöiden käytössä ovat tavallista voimakkaammat räjähdykset, joita voi syntyä jos paine säiliön sisällä kasvaa liian suureksi. Jos nesteen pinta säiliössä on korkealla ja säiliöön valutetaan sulaa kovalla vauhdilla, voi säiliössä tapahtua voimakas räjähdys. Jos paine on niin suuri, että se ei ehdi poistua räjähdyskanavan kautta ulos, voi säiliö esimerkiksi haljeta räjähdysvoimasta. /6/

6. LIUOTINSÄILIÖN SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN

6.1 Yleistä

Liuotinsäiliön suunnittelu on yksi soodakattilalaitoksen laitesuunnittelussa eniten työtunteja vievistä suunnittelukohteista. Tässä työssä on kartoitettu säiliön kohteita, jotka vaativat eniten työtä, sekä pyritty kehittämään keinoja suunnittelun helpottamiseksi. Lähdeaineistona on käytetty toteutuneiden projektien liuotinsäiliön rakennepiirustuksia. Projektit valittiin kattiloiden kokoluokkien mukaan, jotta tarkasteltavaksi saataisiin mahdollisimman erikokoisia säiliöitä.

Lähdeprojektien liuotinsäiliöiden suunnittelutunnit

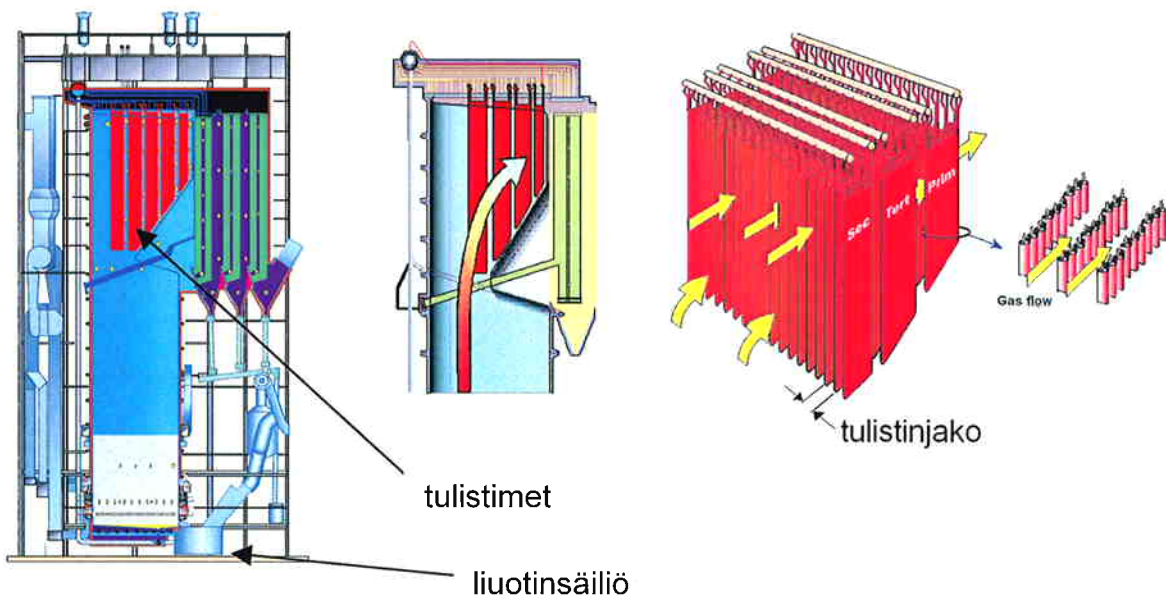
	Suunnittelutunnit
Burgo	500
ValdiRB	750
SKHSP5	830
ItataRB	592
YPRB1	915

Liuotinsäiliön suunnittelun kehittämiseen on tarjolla useita mahdollisuuksia. Suunnittelun tämänhetkistä tilannetta tarkastelemalla tässä työssä ollaan päädytty käsittelemään säiliön vakiointia ja standardisointia. Edellytykset standardisoinnille on hyvät, sillä standardisoitavat kohteet ovat rakenteeltaan vakioita eikä niihin vaikuttavia muutoksia ole odotettavissa. Tässä työssä käsitellään myös liuotinsäiliön mallinnukseen liittyviä kehitysmenetelmiä. Mallinnusmenetelmät ovat pidemmälle tähtääviä kehityskeinoja joiden käyttöönottoa voidaan miettiä säiliön standardisoinnin jälkeen.

6.2 Säiliön vakiointi

6.2.1 Yleistä

Yksi varimmista keinoista helpottaa liuotinsäiliön suunnittelua on vakioida säiliökokoja ja säiliön päämitoitusta. Nykytilanteessa vakioinnille on hyvä tilaisuus, sillä soodakattilan tulipesäkoot ovat muuttuneet. Tulipesän koolla on suora vaikutus liuotinsäiliön kokoon, sillä kattilan leveys vaikuttaa suoraan säiliön leveyteen sekä sula-aukkojen määrään. Tässä työssä on toteutuneiden projektien liuotinsäiliöiden rakennepiirustuksia tutkimalla kartoitettu mahdollisesti vakioitavia kohteita sekä kerätty aineistoa tulevaa vakiointia varten.



Kuva 23. Soodakattilan tulistimet

Soodakattilan tulipesäkokojen muutoksiin on johtanut kattilan tulistinjaon vaihtuminen (kuva 23). Tulistimet ovat kattilan yläosassa sijaitsevia elementtejä, joissa kylläinen höyry tulistetaan ennen sen kulkeutumista höyryturbiiniin. Tulipesästä nousevat kuumat savukaasut ohjataan tulistimille, jolloin ne kuumentavat tulistimien sisällä kulkevia höyryvirtoja. Mitä kuumempina höyry saadaan turbiinille, sitä enemmän siitä saadaan liike-energiaa. Uuteen soodakattilaan on lisätty tulistimien määrää, jolloin niiden jako on tiheämpi kuin ennen. Kasvaneella tulistinpinta-alalla saavutetaan korkeampi tulistinlämpötila,

minkä johdosta kattilan sähköntuotantoteho paranee. Tulistinjaon pienenemisen myötä tulipesän leveys ja koko pinta-ala pienenee. Myös tulipesän korkeus pienenee. Tulipesän mittojen muuttuminen vaikuttaa myös liuotinsäiliön päämittoihin.

Soodakattilan kokovalikoima muuttuu siten, että yhdelle tulipesän leveydelle on valittavana kaksi eri tulipesän pituutta. Jotta liuotinsäiliöitä päästäisiin vakioimaan, on niiden kokovalikoimaa supistettava. Säiliökoot luokitellaan jatkossa siten, että yksi säiliökoko käy kahdelle eri tulipesän leveydelle, joten yksi liuotinsäiliö sopii siis neljälle erikokoiselle tulipesälle.

6.2.2 Kansirakenne

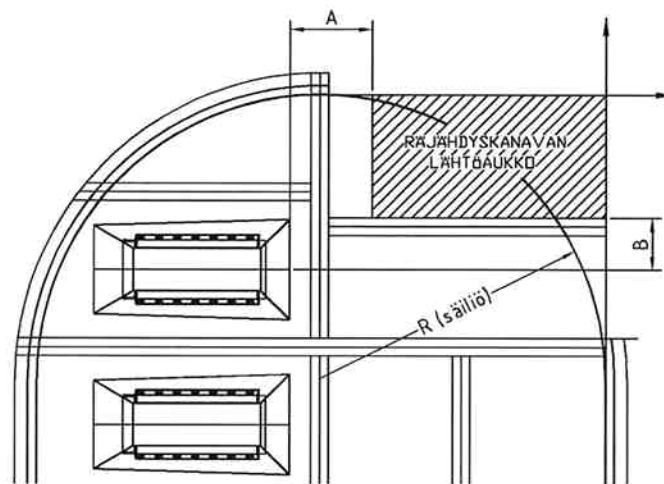
Kansirakenteen vakioinnilla vältetään suunnittelun myöhemmässä vaiheessa tulevat ongelmat kansialueen ahtauden kanssa. Ongelmia on esiintynyt sula-aukkojen ja räjähdyskanavan sijoittamisessa kannelle, koska räjähdyskanava vie usein sulakourujen huoltoon tarvittavaa tilaa. Myös takaseinän primääri-ilmasuuttimien huoltovaunun raiteiden on mahduttava kanavan ja sulakourun kauluksien väliin.

Säiliön kansirakenne tullaan vakioimaan siten, että sula-aukkojen paikat ja määrä sekä räjähdyskanavan paikka ja koko ovat aina vakioita yhdellä säiliökoolla. Yksi säiliökoko käy kahdelle eri tulipesäleveydelle, ja sen kansirakenne suunnitellaan suuremman tulipesän mittojen mukaan. Sula-aukkojen paikat vakioidaan ensin säiliön kanteen, minkä jälkeen tulipesän takaseinään tulevat sula-aukot sijoitetaan vastaaville paikoille.

6.2.3 Räjähdyskanava

Räjähdyskanavan koko lasketaan isoimman tulipesäkoon mukaan, joka sopii kyseiselle säiliölle. Räjähdyskanavan kokojen vakioinnilla suunnittelijan ei tarvitse erikseen laskea säiliön kannessa olevan lähtöaukon kokoa. Kun kanava

on aina vakio yhdellä säiliökoolla, saattaa se pienemmille tulipesävaihtoehdoille olla lievästi ylimitoitettukin. Myös kanavan lähtöaukon paikka säiliön kannella tullaan vakioimaan. Kanavaa ei ole mahdollista sijoittaa kokonaan kannen alueelle, vaan osa siitä on säiliön ääriviivojen ulkopuolella. Jatkossa räjähdyskanavan lähtöaukon seinämät kulkevat samassa linjassa säiliön pyöreän seinämän tangenttien kanssa, jolloin räjähdyskanavan paikka on aina vakio (kuva 24). Lähtöaukon vakio koko kullekin säiliökoolle määritetään uudelleen. Räjähdyskanavan lähtöaukon kokoon vaikuttavat tulipesän pinta-ala sekä hönkävirran nopeus.

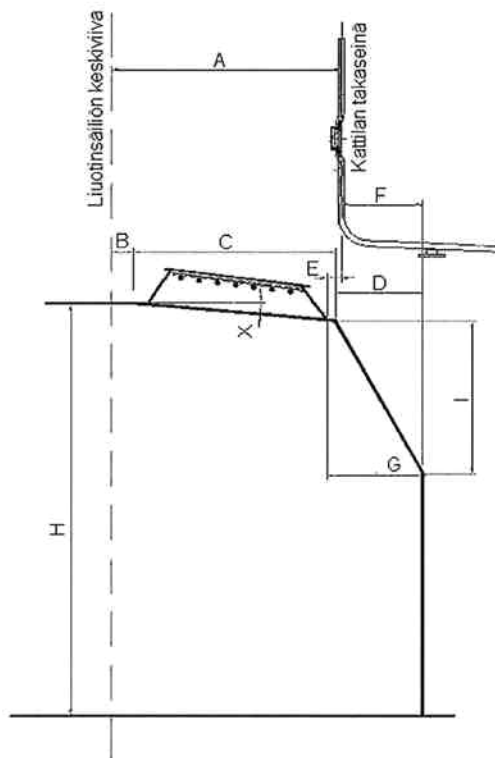


Kuva 24. Räjähdyskanavan sijainti säiliön kannella

6.2.4 Sula-aukot

Sula-aukkojen mitoitus on ollut yksi liuotinsäiliön suunnittelun mielenkiintoisimmista vaiheista. Puuttuvien vakiomittojen myötä sulakourujen kaulukset on usein mitoitettu jokaiselle säiliölle sopivaksi. Sula-aukkojen kohdalla myös kannen kulma on vaihdellut. Sula-aukkojen paikat tulipesän takaseinässä on tähän asti määritelty tulipesän leveydestä laskettavien prosenttisääntöjen avulla. Jatkossa kun siirrytään vakiokansirakenteeseen, liuotinsäiliön sula-aukkojen paikat vakioidaan, jolloin ne ovat heti tarkasti tiedossa. Myös sulakourujen kauluksien mitoitus on syytä hoitaa kuntoon. Koska sulakouru ja sen huuva ovat jo vakioittaisia ja säiliön kannen kulma tullaan myös vakioimaan, voidaan jatkossa käyttää samankokoisia kauluksia joka säiliössä. Lähtöaineistona tutkituissa liuotinsäiliössä kauluksien mitat

poikkesivat toisistaan varsinkin, kun säiliöiden kansien kulmat olivat erilaiset. Säiliön kansirakenne tullaan vakioimaan kuvan 25 mukaan.

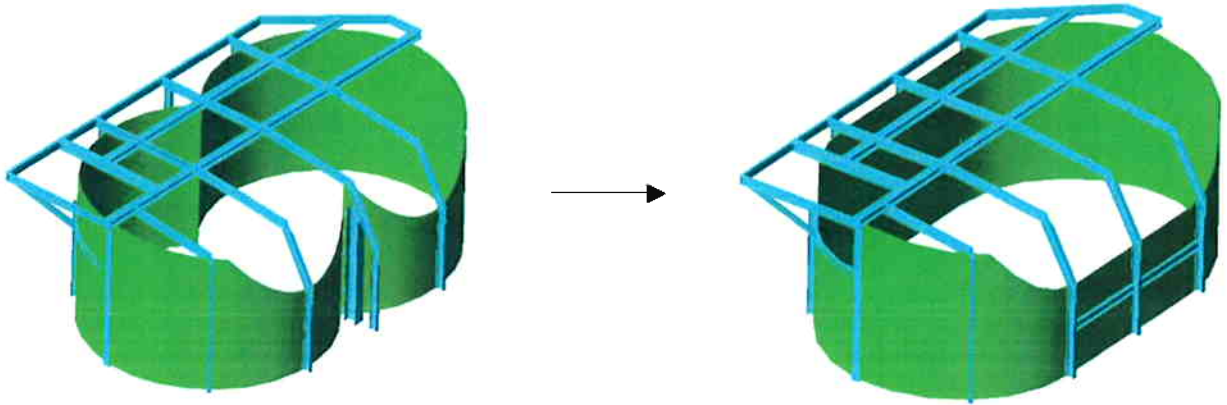


Kuva 25. Säiliön kansirakenteen vakiointi

6.2.5 Säiliön muoto

Tähän mennessä Kvaerner Powerin toteuttamat soodakattilan liuotussäiliöt ovat olleet kahdeksikon muotoisia. Liuotinsäiliön kaltaiselle säiliölle pyöreät seinämänmuodot sopivat parhaiten. Pyöreää seinämä kestää parhaiten seinämiin suuntautuvaa nesteen painetta.

Kvaerner Powerin liuotinsäiliöt tulevat jatkossa kuitenkin olemaan ovaalin muotoisia (kuva 26). Ovaalimuotoon siirrytään sen parempien sekoittumisominaisuuksien takia. Sekoitinlaittevalmistajan esittämissä CFD-mallituksissa havaittiin, että ovaalin muotoisella säiliöllä viherlipeän sekoittuminen on parempaa kuin kahdeksikolla. CFD-mallituksella tarkoitetaan laskennallisesti simuloitua virtausmekaniikkaa (Computational Fluid Dynamics).



Kuva 26. Säiliön muodon ja palkkirakenteen muutos

Kahdeksikon muotoisella säiliöllä sekoittuminen tapahtuu erikseen säiliön molemmilla puoliskoilla. Puoliskojen liittymäkohta muodostaa pienet esteet säiliön sisälle, jolloin lipeä ei pääse kiertämään kunnolla koko säiliötä, vaan pysyy pyörivässä liikkeessä säiliön molemmilla puolilla. Ovaalin muotoisen säiliön sisällä ei mikään estä lipeän kiertoa, jolloin sekoittuminen on tehokkaampaa. Myös sekoittimien sijainneille on ovaalin muotoisessa säiliössä enemmän mahdollisuuksia, sillä sekoittimia voidaan asentaa myös säiliön keskikohdalla kulkevalle suoralle seinämäosuudelle. Kahdeksikolla ainoat vaihtoehdot sekoittimien lukumääriin ovat kaksi tai neljä, kun taas ovaalilla vaihtoehtoja on enemmän. Neljän sekoittimen sijasta voidaan asentaa kolme sekoitinta, jolla säästetään jo kustannuksissakin.

Ovaalimuoto tuo mukanaan hyvän sekoituvuuden ohella kuitenkin joitakin heikkouksia. Muutos aiheuttaa säiliön runkorakenteeseen pieniä muutoksia. Suorat seinämäpinnat eivät kestä samalla tavalla nesteiden painetta kuin pyöreä seinämä, vaan mahdollisuus seinämän lommahtamiselle on suurempi. Suoria seinämiä onkin tuettava ulkoapäin runkorakenteeseen hitsattavilla poikittaisilla U-palkeilla. Palkit sijoitetaan seinämien alaosiin, joissa paine on suurin. Vaakasuuntaisten palkkien asentaminen vaatii myös yhteiden ja muiden säiliöön kiinnittyvien osien tarkempaa sijoittamista. Joissain tapauksissa myös sekoittimien paikoille joudutaan ehkä tekemään erikoisratkaisuja säiliön palkkirakenteessa. Ovaalin muotoisessa säiliössä yksi sekoittimista saattaa joissain tapauksissa sijaita suoralla seinämällä kattilan pohjan alla. Pohjan alla

sijaitsevan sekoittimen paikka on kuitenkin hieman vaarallinen työturvallisuutta ajatellen.

6.2.6 Seinämärakenteet

Liutinsäiliön seinämärakennevaihtoehdot tullaan jatkossa rajoittamaan kolmeen seuraavaan:

- sisäpuoleinen betonointi
- ulkopuoleinen betonointi
- kaksoisvaipparakenne.

Säiliön seinämän rakenteeseen on asiakas voinut vaatimustensa mukaan vaikuttaa. Kolmea rakennevaihtoehtoa tarjoamalla vältytään mahdollisilta erikoisratkaisuilta.

Säiliön sisäpuolelle tehtävä betonointi on yleisin ja halvin ratkaisu.

Sisäpuoleisen betonoinnin omaavassa säiliössä seinälevyn materiaali on hiiliterästä. Seinälevyn sisäpintaan hitsataan ankkuritappeja, joiden avulla betonikerros pysyy paikoillaan.

Säiliön ulkopuolelle tehtävä betonointi on äänieristykseltään ja kestävyydeltään sisäpuoleista betonointia parempi, mutta kalliimpi ratkaisu. Säiliön seinälevy on tällöin ruostumatonta terästä ja betonointi tehdään sen ulkopuolelle.

Vaipppalevyn ulkopintaan hitsataan ankkuritappeja vastaavalla tavalla kuin sisäpuoleisessa betonoinnissa.

Kaksoisvaipparakenne on muita harvinaisempi ratkaisu. Säiliön seinämä koostuu kahdesta eri seinälevystä, joiden väliin jäävään tilaan betonointi tehdään. Ankkuritapit hitsataan kumpaankin seinälevyyn. Molemmat seinälevyt ovat ruostumatonta terästä, ja ne on kiinnitetty toisiinsa hitsatuilla tappiliitoksilla. Seinälevyjen väliin, koko säiliön ulkokehän pituudelle, asetetaan tasaisin välein pystysuuntaisia U-palkkeja vahvistamaan rakennetta.

6.3 Liuotinsäiliön mallinnusmenetelmät

6.3.1 Yleistä

Liuotinsäiliön mallintaminen aloitetaan heti projektin alussa. Mallintaja saa säiliön päämitat ja sijainnin selville kattilalaitoksen tarjouslayout-piirustuksista, joihin liuotinsäiliö on piirretty suunnittelusääntöjen mukaan. Projektin alussa, ennen kuin säiliön varsinainen suunnittelu on alkanut, kattilalaitosmalliin yleensä laitetaan jonkin aikaisemman projektin liuotinsäiliömalli. Tätä mallia käytetään korvaavana tilanvarausmallina siihen asti, kunnes liuotinsäiliön suunnittelu alkaa. Korvaavan mallin on oltava samankokoinen kuin suunniteltava säiliö, sillä säiliön ympärille sijoiteltavat laitteet, kuten sekoittimet sekä viherlipeäpumput, asetetaan paikoilleen heti mallintamisen alkuvaiheessa. Laitosmalli on saatava pitkälle heti projektin alkuvaiheessa, sillä hoitotasojen rakennetehtäväpiirustukset tehdään mallin pohjalta, ja isompien laitteiden sijoittelun on oltava niissä näkyvissä.

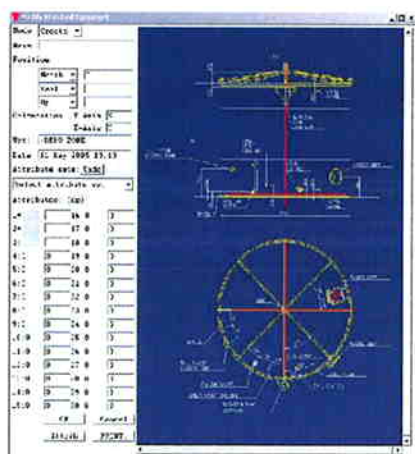
Liuotinsäiliön malli pysyy muuttumattomana niin kauan, kunnes säiliön suunnittelu varsinaisesti aloitetaan. Suunnittelun edetessä mallia muutetaan suunnittelussa syntyvien työpiirustusten mukaiseksi. Liuotinsäiliö on hankala mallinnettava säiliön erikoisen muodon ja rakenteensa takia. Säiliössä on paljon yksityiskohtia sekä vinoja pintoja, mikä vaatii mallintajalta tarkkuutta. /8/

6.3.2 Parametrinen malli

PDMS:llä tehdyt 3D-mallit on mahdollista parametrisoida tulevaa käyttöä varten. Parametrisoinnilla tarkoitetaan mallin muuttamista älykkääksi. Älykkään 3D-mallin ominaisuudet muuttuvat sille annettujen parametriarvojen mukaan. Kun tuote on mallinnettu ruudulle, voidaan halutut parametrit ohjelmoida komentoriville annetuilla käskyillä.

Kvaerner Power hyödyntää kattilalaitosten mallinnuksessa parametrisia malleja. Parametriset mallit on koottu omaan kirjastoonsa, josta ne voi poimia suoraan

laitosmalliin. Kun haluttu malli valitaan kirjastosta, avautuu ikkuna (kuva 27), jossa parametreja voidaan muuttaa ja antaa mallin sijaintipisteen koordinaatit.



Kuva 27. Esimerkki PDMS:n parametrisesta mallista

Parametrisia malleja on tehty myös standardoiduista tuotteista.

Standardituotteella on parametri-ikkunassa valikko, josta on mahdollista valita standardikokoinen malli. Mallin mitat vastaavat standardoitua tuotetta, mutta ne on kuitenkin parametrisoitu, kuten myös tuotteeseen liittyvien muiden komponenttien sijainnit.

Liutinsäiliön parametrinen malli voidaan toteuttaa myös vastaavalla tavalla. Vakioinnin jälkeen jokaisesta erityyppisestä liutinsäiliöstä voidaan tehdä parametrinen malli, jossa säiliön päämitat sekä yhteiden ja laitteiden sijainnit on parametrisoitu. Parametrisen mallin avulla voidaan mallintaa jokaisen vakiokokoisien säiliön standardin mukainen malli, joka on myöhemmin suoraan käyttäjän valittavissa kirjastosta. Parametrisen säiliömallin myötä vanhojen projektien malleja ei tarvitse enää käyttää. Projektin alussa valittua parametrista mallia on helpompi jatkaa siinä vaiheessa, kun säiliön suunnittelu varsinaisesti alkaa.

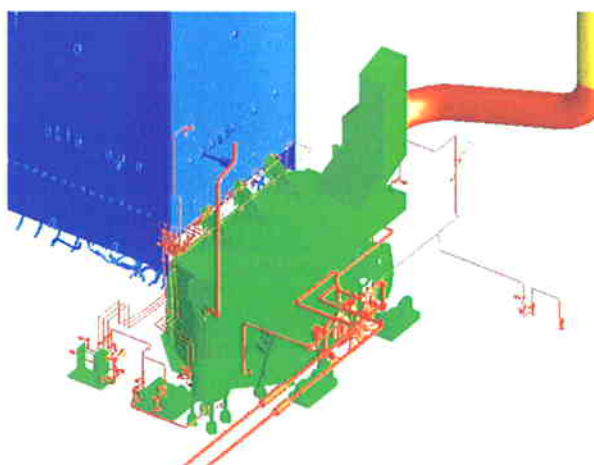
Parametriset mallinnusmenetelmät tarjoavat monenlaisia liutinsäiliön mallinnusta helpottavia ratkaisuja. Kehitteillä on myös sovellus, jossa kattilamalliin voidaan lisätä kerralla kokonaisia laitejärjestelmiä. Kun malliin lisätään haluttu laitejärjestelmä, ohjelma hakee sille kattilatyyppin ja -koon

mukaan oikeankokoiset komponentit parametristen mallien sekä standardiosien kirjastosta ja mallintaa sen oikealle paikalleen laitosmalliin.

Jos sovellus kehitetään soodakattilalle, voidaan esimerkiksi koko liuotinsäiliöalue vakioda ja tuoda yhtenä kokonaisuutena laitosmalliin. Tällaisen menetelmän käyttöönottoaminen vaatii kuitenkin ensin pitkän kehitystyön sovellukselle, ja liuotinsäiliön sekä useiden muiden kohteiden parametristen mallien laatimisen ja sovittamisen ohjelmaan. Myös liuotinsäiliöalueen vakiointia tulisi ensin toteuttaa.

6.3.3 Liuotinsäiliöalue

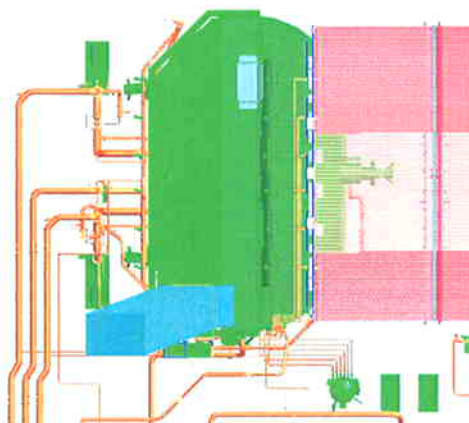
Liuotinsäiliöön kiinnittyvät ja sen ympäristössä olevat laitteet muodostavat liuotinsäiliöalueen (kuva 28). Laitteet pyritään sijoittamaan jo mallinnusvaiheessa siten, että ne eivät ole kulkureittien tiellä tai sellaisessa paikassa, missä huoltoja on hankala tehdä. Laitteiden sijaintiin vaikuttaa myös rakennuksen pilareiden sijainti. Putkistosuunnittelija mallintaa liuotinsäiliöön liittyvät putket, jolloin putkiyhteiden paikat säiliön seinässä saattavat hieman muuttua.



Kuva 28. Liuotinsäiliöalue

Koska liuotinsäiliön muoto muuttuu tulevaisuudessa ovaaliksi ja säilön suoria seinämiä jäykistetään vaakasuuntaisilla palkeilla, täytyy viherlipeäputkiston yhteiden paikat määrittellä tarkemmin. Viherlipeäputkien yhteet sijaitsevat juuri sillä seinämän osalla, minne jäykistepalkkeja pitää lisätä. Yhteiden paikat tulee suunnitella siten, että molempia viherlipeäputkilinjoja päästään huoltamaan, kuten myös molempia pumppuja.

Muita liuotinsäiliöstä lähteviä putkilinjoja ovat heikkovalkolipeän paluuputki säiliölle, sulakourujen jäähdytysvesiputket, sulan hajotushöyryputket ja säiliön pesuvesiputket (kuva 29). Koko liuotinsäiliöalueen vakioiminen kuulostaa mahdottomalta, mutta periaatteessa se on täysin mahdollista toteuttaa. Vakioinnin lähtökohtana on kuitenkin yhteistyö säiliön suunnittelijan, putkistosuunnittelijan ja säiliön mallinnuksen hoitavan laitesuunnittelijan välillä.



Kuva 29. Liuotinsäiliöalue ylhäältä kuvattuna

6.3.4 Suunnittelukonfiguraattori

Kvaerner Power käyttää tiettyjen kohteiden mallinnuksessa PDMS-järjestelmän lisäksi myös Solid Works -ohjelmaan kuuluvaa suunnittelukonfiguraattoria. Sovellus on suunnitteluautomaatti, jolle syötetään Excel-taulukon suunnittelukohteen parametriset arvot. Saatuaan parametriarvot ohjelma tuottaa kohteeseen täysin räätälöidyn mallin sekä sen piirustukset. Sovelluksen käyttöönottaminen ei kuitenkaan ole helppoa, sillä parametrien määrittäminen

sekä toimivan mallin luominen vaatii suunnittelijalta paljon panostusta ja runsaasti aikaa. /12/

Tällä hetkellä sovellusta valmistellaan hönkäpesurin suunnitteluun. Hönkäpesuri on laite, jolle liuotinsäiliön sisältä lähtevät höngät kulkeutuvat hönkäkanavaa pitkin. Kun sovellus otetaan käyttöön, työtuntien arvioidaan vähenevän 50 – 75 %. Tällä hetkellä hönkäpesurin suunnitteluun kuluu noin 300 työtuntia. /7/

Saman sovelluksen käyttöönottaminen liuotinsäiliön suunnittelussa nopeuttaisi työtä huomattavasti, mutta sovellus ei ehkä kuitenkaan ole liuotinsäiliölle aivan yhtä kannattava. Hönkäpesurien vuosivolyymi on 4 – 6, kun liuotinsäiliöitä taas suunnitellaan vuodessa korkeintaan kaksi. Liuotinsäiliön malli pitäisi myös olla mahdollista liittää koko kattilalaitosta kuvaavaan PDMS-ympäristöön, mikä ei Solid Worksin tuottamalla mallilla onnistu. Tiedonsiirto Solid Worksin ja PDMS:n välillä ei toimi tarpeeksi hyvin, joten mallia ei voida suoraan siirtää ohjelmasta toiseen.

Solid Worksin suunnitteluautomaatin tuoma hyöty näkyisikin lähinnä työpiirustusten tuotannossa. Liuotinsäiliön suunnittelussa työpiirustusten määrä on suuri, joten toimiessaan moitteettomasti sovellus nopeuttaisi työkuvioiden tekoa huomattavasti. Konfiguraattori on tuotteen suunnittelusäännöt sisältävä sovellus, jolla ohjataan mallin mittoja, joten sovelluksen käyttöönotto olisi helpompaa kuitenkin vasta suunnittelusääntöjen päivityksen ja kansirakenteen vakioinnin jälkeen.

7. TULOSTEN TARKASTELU

Työn tuloksena syntyi liuotinsäiliön suunnittelun kehitysmenetelmiä, jotka yksinkertaistavat ja nopeuttavat suunnittelutyötä. Tässä työssä vakioinnin kohteena olevat säiliön rakenteet ovat olleet hankalia suunnittelukohteita ja niiden onnistunut vakiointi tulee varmasti omalta osaltaan nopeuttamaan suunnittelua. Vakiointiin tulee kuitenkin panostaa ja sen myötä vaaditaan kehitystyötä myös liuotinsäiliön työpiirustusten tuotantoon. Piirustustuotantoa voidaan kehittää tekemällä vakiopiirustukset mahdollisimman monelle liuotinsäiliön osalle.

Tässä työssä käsitellyt säiliön mallinnusmenetelmät liittyvät myös vahvasti säiliön vakiointiin ja standardisointiin. Säiliön rakenteiden vakiointi tuo mukanaan mahdollisuuden parametriseen mallin tekemiseen sekä muiden mallinnusmenetelmien käyttöönottoon. Ilman vakiointia parametrinen mallinnusmenetelmien tuoma hyöty ei paljoakaan poikkeaisi nykyisestä menetelmästä, jossa käytetään vanhojen projektien malleja apuna. Kvaerner Power käyttää tässä työssä käsiteltyjä menetelmiä tietyissä kohteissa ja kokemukset niistä ovat olleet hyviä.

Työn tavoitteena ollut liuotinsäiliön suunnittelumenetelmien kehittäminen saavutettiin, sillä työn tuloksina syntyi useita kehityskohteita. Standardisoinnin soveltuvuutta ja sen vaikutusta liuotinsäiliön suunnittelutuntien määrään ei kuitenkaan vielä voida tietää. Jatkossa on tarkoitus toteuttaa standardisointia sekä päivittää liuotinsäiliön suunnittelusääntöjä.

8. YHTEENVETO

Liutinsäiliön suunnitteluun kuuluu huomattava määrä suunnittelutunteja soodakattilan laitesuunnittelussa. Suunnittelua kehittäville menetelmille voidaan suunnittelua nopeuttaa, jolloin säästetään sekä aikaa että kustannuksia.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää liutinsäiliön suunnittelua siten, että suunnittelu saadaan sujumaan helpommin ja vähemmällä suunnittelutunneilla. Työssä käytiin läpi toteutuneiden projektien liutinsäiliöiden rakennepiirustuksia, joiden pohjalta pyrittiin löytämään mahdollisimman paljon vakioitavia kohteita. Työssä käytiin läpi myös liutinsäiliön suunnittelusääntöjä sekä niiden tilaa. Kehityskohteiden kartoittamiseksi tutustuttiin myös liutinsäiliön suunnitteluprosessiin. Suunnitteluprosessista tunnistettiin työvaiheet, joiden kohdalla suunnittelussa esiintyy eniten hankaluuksia ja pyrittiin kehittämään niille helpompia ratkaisuja.

Työn tuloksina löytyi säiliön rakenteista kohteita, jotka tullaan jatkossa vakioimaan. Vakioinnin myötä liutinsäiliön kansialue selkeytyy ja sitä kautta vältetään sen suunnittelussa esiintyneet vaikeudet. Liutinsäiliön muoto vaihtuu kahdeksikosta ovaaliin, joka tulee aiheuttamaan pieniä rakenteellisia muutoksia säiliön runkoon. Säiliön rakenteellisen vakioinnin lisäksi syntyi myös hieman pidemmälle tähtääviä ajatuksia liutinsäiliön mallinnusmenetelmien kehittämisestä.

Jatkossa on tarkoitus toteuttaa liutinsäiliön vakiointia sekä kehittää sitä vielä pidemmälle. Suunnittelusäännöt tullaan myös päivittämään, sillä uuden soodakattilatyypin mukanaan tuomien muutosten takia vanhat suunnittelusäännöt muuttuvat suurimmalta osin.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

1. Kvaerner Power Oy, Process design manual, Green liquor system, 1997
2. Kvaerner Pulping Oy, Tuotekoulutusmonisteet, 2001
3. Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H., Höyrykattilatekniikka, Painatuskeskus Oy, Kotka, 1993
4. Tampella Power Oy, Vakioratkaisut, 1994

Painamattomat lähteet

5. Kvaerner Power Oy, Liutinsäiliöpiirustukset ja osaluettelot
6. Kalle Salmi, Kvaerner Power Oy, Service, haastattelu 21.3.2005
7. Jani Eilola, Kvaerner Power Oy, Ympäristöjärjestelmät, haastattelu 4.4.2005
8. Heikki Järvinen, Kvaerner Power Oy, Laitesuunnittelu, haastattelu 24.3.2005
9. Kari Vuorinen, Jorma Kokkonen, Sweco PIC, haastattelu 15.2.2005

Sähköiset lähteet

10. Kvaerner Power Oy, Intranet
11. www.kpatents.com
12. www.cadworks.fi