



TEKNIikka JA LIIKENNE

Kone- ja tuotantotekniikka

Energia- ja ympäristötekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**SALMISAAREN VOIMALAITOKSEN RIKINPOISTOLAITOKSEN
PITKÄNTÄHTÄIMEN KUNNOSSAPITO- JA KEHITYSSUUNNITELMA**

**Työn tekijä: Olli-Matti Niinikoski
Työn ohjaaja: Markku Jantunen
Työn ohjaaja: Rauno Kontro**

Työ hyväksytty: __. __. 2009

**Markku Jantunen
yliopettaja**



ALKULAUSE

Tämä insinööryö on tehty Helsingin Energian Salmisaaren voimalaitokselle. Haluan kiittää projektissa mukana olleita käyttöinsinööri Rauno Kontroa, kunnossapitosuunnittelija Ismo Saarista, projekti-insinööri Anton Laaria, rikinpoistolaitoksen työnjohtajaa Arne Johanssonia ja yliopettaja Markku Jantusta.

Helsingissä 27.4.2009

Olli-Matti Niinikoski

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Olli-Matti Niinikoski	
Työn nimi: Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitoksen pitkäntähtäimen kunnossapito- ja kehityssuunnitelma	
Päivämäärä: 27.4.2009	Sivumäärä: 52 s. + 2 liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka	Ammatillinen suuntautuminen: Energia- ja ympäristötekniikka
Työn ohjaaja: Markku Jantunen Työn ohjaaja: Rauno Kontro	
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena on toimia pitkäntähtäimen kunnossapito- ja kehityssuunnitelmana Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitokselle. Työssä on käyty läpi rikinpoistolaitoksen tällä hetkellä kriittisimmät ja vikaherkimmät osa-alueet lukuun ottamatta sellaisia kohteita, joiden osalta on jo tehty valmiit päätökset toimintamenetelmien suhteen.</p> <p>Aluksi esitellään lyhyesti työssä esillä olevien rikinpoistoprosessin osa-alueiden tekniset tiedot. Sen jälkeen kuvaillaan tarkasteltavien kohteiden lähtötilanne ja ongelmatekijät sekä niiden aiheuttajat. Seuraavaksi käydään läpi eri ratkaisumallit kyseisiin ongelmiin. Lopuksi valitaan laitoksen tulevaisuuden ja toiminnan kannalta sopivin toimintamalli prosessin osan mahdollisimman luotettavan toiminnan varmistamiseksi.</p> <p>Rikinpoistolaitoksen luotettava toiminta on ollut tärkeimpänä vaikuttavana tekijänä toimintasuositusta valittaessa, mutta myös taloudelliset seikat on otettu huomioon.</p> <p>Työn tuloksena syntyi suunnitelma, jonka tarkoitus on vahvistaa rikinpoistolaitoksen käyttövarmuutta ja varmistaa sen toimiminen myös tulevaisuudessa. Työ pitää sisällään myös aikataulun suositeltujen toimenpiteiden suorittamiseksi.</p> <p>Pitkäntähtäimen kunnossapito- ja kehityssuunnitelman tarkoitus on toimia normaalien huolto- ja kunnostustoimenpiteiden rinnalla, millä pyritään varmistamaan rikinpoistolaitoksen mahdollisimman luotettava toiminta pitkällä aikavälillä.</p>	
Avainsanat: rikinpoistolaitos, kalkkiliete, letkusuodatin, kunnossapitosuunnitelma.	

ABSTRACT

Name: Olli-Matti Niinikoski	
Title: Long-Term Maintenance and Development Plan for Desulphurization Plant of Salmisaari Power Plant	
Date: 27 April 2009	Number of pages: 52 + 2
Department: Machine and Production Engineering	Study Programme: Energy Engineering and Environmental Technology
Instructor: Markku Jantunen	
Supervisor: Rauno Kontro	
<p>This graduate study intends to serve as a long-term maintenance and development plan for the desulphurization plant of the Salmisaari power plant. The research deals with the most critical and vulnerable parts at this moment in the desulphurization plant excluding the segments for which a solution has been found already.</p> <p>This study briefly introduces the specifications of the parts in the desulphurization process. It also describes the initial status and problem factors of the segment under examination and possible causes for them. The study then discusses various solutions to the particular problems after which the most suitable solution is chosen considering the plant's future and operation in order to ensure as reliable an operation as possible for this part of the process in the long term.</p> <p>The most significant factor for choosing a strategy was the reliable operation of the desulphurization plant, but economical implications were also taken into account.</p> <p>Based on the findings, this study was successful in developing a plan, which aims at strengthening the reliability of the desulphurization plant and make sure it will be working efficiently in the future, as well. This study also contains a schedule for executing the recommended operations. The idea behind the long-term maintenance and development plan is to run the plan alongside the normal service and maintenance operations.</p>	
Keywords: desulphurization plant, lime slurry, hose filter, maintenance plan.	

SISÄLLYS

ALKULAUSE TIIVISTELMÄ ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	RIKINPOISTOLAITOKSESTA TEHDYT TUTKIMUKSET	2
3	RIKINPOISTOJÄRJESTELMÄ	4
4	KALKKISIILO	5
4.1	Alkutilanne	5
4.2	Vaihtoehtoiset ratkaisut holvaantumisen purkamiseksi	6
4.2.1	Gironet	6
4.2.2	Räjähdeaineen käyttö	7
4.3	Vaihtoehtoiset ratkaisut holvaantumisen estämiseksi	8
4.3.1	Kiinalainen hattu	8
4.3.2	Elmometin ratkaisu	9
4.3.3	WAM yhtiön ratkaisu	9
4.3.4	Sulkusyötin	10
4.4	Toimintasuositus	10
5	KALKINSAMMUTUS	11
5.1	Alkutilanne	12
5.2	Eri vaihtoehdot	12
5.2.1	Vanhojen sammuttajien kunnostus	12
5.2.2	Uusien sammuttajien hankkiminen	13
5.3	Toimintasuositus	13
6	VARASTOSÄILIÖ	14
6.1	Alkutilanne	14
6.2	Vaihtoehtoisia ratkaisumalleja	15
6.2.1	Lapojen muodon muuttaminen	15
6.2.2	Säädettävä sekoitinkorkeus	16
6.2.3	Erilainen sekoitinkonstruktio	16
6.2.4	Varastosäiliön sivuvirta	16
6.2.5	Lietepumppumalli	17
6.2.6	Paineilmasekoittimen lisääminen säiliöön	17
6.2.7	Lisäsekoittimien hankinta	17
6.2.8	Pyöreät säiliöt	18
6.3	Toimintasuositus	18

7	SUUTINPUMPUT	20
7.1	Alkutilanne	20
7.2	Eri vaihtoehdot imuputkistolle	21
7.2.1	Imupuolen putkien käyrät loivemmiksi	21
7.2.2	Huuhtelulinjan rakentaminen imuputkille	21
7.2.3	Virtauksen kasvattaminen sivuvirralla	22
7.3	Eri vaihtoehdot pumppuratkaisulle	22
7.3.1	Kaksi isoa pumppua	22
7.3.2	Kolme pumppua	24
7.3.3	Yksi pumppu varalla	25
7.4	Toimintasuositus	26
8	REAKTORIT	26
8.1	Alkutilanne	27
8.2	Eri vaihtoehdot	28
8.2.1	Kaasupulssinuhoimet	28
8.2.2	Suuttimien uusiminen	29
8.2.3	Reaktorin pohjan kiertopölyn kosteusmittaus	30
8.3	Toimintasuositus	30
9	LETKUSUODATTIMET	31
9.1	Letkusuodatintilat ja letkut	31
9.1.1	Alkutilanne	31
9.1.2	Toimintasuositus	32
9.2	Letkusuodattimien paineilmapuhdistus	32
9.2.1	Alkutilanne	33
9.2.2	Toimintasuositus	36
10	SAVUKANAVAT	37
10.1	Alkutilanne	37
10.2	Toimintasuositus	37
11	SAVUKAASUPELLIT	38
11.1	Alkutilanne	39
11.2	Eri vaihtoehdot savukaasupelleille	39
11.2.1	Sälepelti	40
11.2.2	Kolmitiepellit	40
11.2.3	Giljotiinipelti	40
11.2.4	Tiivistysilmapellit	40
11.3	Toimintasuositus	40

12	SISÄISET KULJETUSJÄRJESTELMÄT	41
12.1	Putkikuljetin	41
12.2	Pohjaraapat	42
12.3	Pystyraapat	43
12.4	Pöylähettimet	44
12.4.1	Alkutilanne	45
12.4.2	Eri vaihtoehdot	45
12.4.3	Elmomet Oy:n pöylähettimet	45
12.5	Toimintasuositus	46
13	KUNNOSTUSAIKATAULU	47
13.1	Vuodet 2009–2014	47
13.2	Vuodet 2015-2018	50
13.3	Vuodet 2019–2028	50
14	LOPPUPÄÄTELMÄT	50
	VIITELUETTELO	52
	LIITTEET	

Liite 1. Valtioneuvoston asetus

Liite 2. Rikinpoistolaitoksen prosessikaavio

1 JOHDANTO

Salmisaaren voimalaitoksen sisäisissä selvityksissä on tultu siihen tulokseen, ettei uuden rikinpoistolaitoksen hankkiminen nykyisen tilalle ole taloudellisesti eikä ympäristöllisestikään järkevää. Yli 50 megawatin voimalaitoksissa ilmaan joutuvia päästöjä rajoitetaan EU:ssa LCP-direktiivillä. Kyseisessä direktiivissä sanotaan, millaiset ympäristöluvut viranomaisten on voimalaitoksille määrättävä.

Erityisesti direktiivin 4 luku 14 § (liite 1) asettaa Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitokselle (SaRi) paineita sen käyttövarmuuden suhteen. Siinä sanotaan mm: ”Lupaviranomaisten tulee ympäristöluvassa määrätä, että laitos saa toimia ilman savukaasujen puhdistinlaitteita enintään 120 tuntia 12 kuukauden jakson aikana” [1]. Se mihin toimiin rajoitusten ylittyminen voimalaitoksen velvoittaa, määritellään tarkemmin kulloinkin voimassa olevassa ympäristöluvassa.

Näistä edellä mainituista syistä johtuen Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitoksesta on päätetty tehdä pitkäntähtäimen kehitys- ja kunnossapitosuunnitelma. Suunnitelma tähtää laitoksen käyttövarmuuden lisäämiseen ja savukaasupuhdistuksen optimointiin, jotta laitos saavuttaisi uusien lupaehtojen asettamat rajat ja myös pysyisi niiden puitteissa tulevaisuudessa.

Tässä työssä on tarkoitus perehtyä laitoksen kriittisiin ja tällä hetkellä eniten työtä aiheuttaviin kohtiin ja miettiä parannusehdotuksia niiden kohdalle. Työ tulee käsittämään myös kunnossapitoaikataulun tehtävien töiden osalle. Työ sisältää myös lyhyet kuvaukset tarkasteltavien laitteiden toiminnasta ja teknisistä tiedoista.

Työ on toteutettu haastattelemalla rikinpoistolaitoksen kanssa tekemisissä olevia työntekijöitä, tutkimalla rikinpoistolaitoksen mukana tulleita ja eri laitevalmistajien toimittamia dokumentteja sekä keskustelemalla eri laitevalmistajien ja myyjien kanssa. Lisäksi työssä on käytetty hyväksi eri lähteistä löytyviä tietoja ja materiaaleja, aiemmin valmistuneita selvityksiä ja tutkimuksia sekä rikinpoistolaitoksen häiriöistä ja kunnostustoimenpiteistä tehtyjä raportteja. Työstä tehdyt päätelmät ovat osittain omia, mutta suurin osa niistä on syntynyt keskustelemalla yhdessä niiden henkilöiden kanssa, jotka työnsä puolesta vastaavat rikinpoistolaitoksen toiminnasta.

2 RIKINPOISTOLAITOKSESTA TEHDYT TUTKIMUKSET

Salmisaaren rikinpoistolaitos (kuva 1) oli valmistuessaan, vuonna 1987, Suomen ensimmäinen rikinpoistolaitos. Sitä ovatkin vaivanneet monet viat ja ongelmat, jotka myöhemmin rakennetuissa samantyyppisissä laitoksissa on osattu jättää pois. Sen on myös koko käyttöikänsä vaatinut jatkuvaa kehitys- ja parantelutyötä pystyäkseen vastaamaan yhä tiukentuvien ympäristömääräysten asettamiin päästörajoituksiin. Häiriöistä ja toimenpiteistä tehtyjen dokumentointien perusteella rikinpoistolaitoksen historia ja toiminta on melko hyvin nähtävissä aina sen alkua ajoilta lähtien. Näitä tietoja on käytetty hyväksi tällä vuosituhannella valmistuneissa selvityksissä ja tutkimuksissa.

Rikinpoistolaitosta koskevia selvityksiä on tehty useampia 2000-luvulla. Osittain tutkimukset liittyvät laajempaan kokonaisuuteen, jollainen oli esimerkiksi vuonna 2008 valmistunut SaHaRi selvitys. Selvitys kartoitti pystytäänkö nykyisillä rikinpoistolaitoksilla enää toimimaan, vai hankitaanko kokonaan uudet. Selvitys koski sekä Hanasaaren että salmisaaren rikinpoistolaitoksia ja sähkösuodattimia. Siinä kerrottiin mitä toimenpiteitä tulee tehdä, ellei uusia rikinpoistolaitoksia hankita. Yksi selvityksen loppuraportin päätelmistä oli, että Salmisaaren rikinpoistolaitokselle täytyy tehdä kuntokartoitus ja pitkäkantähtäimen kunnossapitosuunnitelma.

Muita selvityksiä ovat vuonna 2005 valmistunut Salmisaaren rikinpoistolaitoksen käytettävyyssuunnitelma, sekä vuonna 2006 valmistunut Salmisaaren rikinpoistolaitoksen uusinta – Vaihtoehtojen teknis-taloudellinen selvitys. Viimeksi mainittu tulee loppupäätelmissään siihen tulokseen, että uuden rikinpoistolaitoksen rakentaminen Salmisaareen, tai vanhan rikinpoistolaitoksen täydellinen modernisointi ei ole kannattavaa taloudellisesti eikä ympäristöllisesti. Vuonna 2007 valmistui suunnitelma Salmisaaren rikinpoistolaitoksen toimintavarmuuden lisääminen. Viimeisimpänä on valmistunut vuonna 2008 tehty Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitoksen käytettävyyden parantaminen – tehdyt ja suunnitellut toimenpiteet.

Tehdyt selvitykset SaRin toiminnan osalta pohjaavat suurelta osin rikinpoistolaitoksen käytöstä ja kunnossapidosta vastaavilta henkilöiltä saatuihin tietoihin ja kokemuksiin. Apuna selvityksissä ovat olleet myös rikinpoistolaitok-

sen työmääräimet ja häiriöraportit. Lisäksi myöhemmin valmistuneet selvitykset pohjautuvat vanhempiin selvityksiin. Osittain näissä selvityksissä ilmenevissä ehdotuksissa ja huomioissa on päällekkäisyyksiä ja jonkin verran näitä toimenpiteitä on jo ehditty toteuttaa tai todeta ne toteutuskelvottomiksi.

Suurin osa näiden selvitysten ehdotuksista on kuitenkin vielä toteuttamatta ja niiden toteutusajankohta päättämättä. Sitä varten tehtiin tämä pitkántähtäimen kunnossapitosuunnitelma joka pitää sisällään myös rikinpoistolaitoksen kuntokartoituksen, niiltä osin kuin se on mahdollista, ja käsittää myös mahdolliset kehitysideat rikinpoistolaitoksen toiminnan parantamiseksi ja varmentamiseksi.



Kuva 1. Rikinpoistolaitos

3 RIKINPOISTOJÄRJESTELMÄ

Salmisaaren voimalaitoksen vuonna 1987 valmistuneessa rikinpoistolaitoksessa käytetään rikinpoistoon ns. puolikuivaa menetelmää.

Rikinpoistoon käytettävä poltettu kalkki tuodaan voimalaitokselle kuorma-autoilla. Varastosäiliöstä poltettu kalkki tuodaan sammutusaltaaseen, jossa kalkki "sammutetaan" vedellä. Syntynyt kalkki-vesi-liete johdetaan kahteen reaktoriin.

Liete sumutetaan reaktoreihin suutinpäiden kautta, joita kussakin reaktorissa on yhdeksän kappaletta. Reaktoreissa savukaasussa oleva rikkidioksidi reagoi lietteessä olevan kalkin kanssa ja muuttuu "kipsiksi" ja samalla liete kuivuu.

Reaktoreista savukaasut siirtyvät letkusuodattimeen. Letkusuodattimessa on 6048 n. 6–7 metriä korkeaa "tekstiili"-suodatinletkua. Osa rikinpoiston reaktioista jatkuu vielä letkujen pinnalla. Letkusuodattimien letkujen pinnalle kertyvä lopputuote irrotetaan antamalla niiden sisäpuolelle aika ajoin paineilmapulsseja sekä käyttämällä ääninuohousta.

Lopputuote poistetaan letkusuodattimien pohjalta johtamalla se pneumaattisesti (ilman avulla) lopputuote- sekä kiertopölysiiloon. Kiertopölyä käytetään lietteen valmistukseen. Kiertopöly muodostaa veden kanssa lietteen perusaineksen, johon lisätään kalkkia tarvittava määrä.

Osaan lopputuotteesta lisätään lentotuhkaa ja vettä, jolloin saadaan maanrakennukseen käytettävää kovettuvaa massaa.

Rikinpoistolaitoksen prosessin kulku ilmenee tarkemmin prosessikaaviosta joka löytyy liitteenä.

4 KALKKISIILO

Kalkkisiilon yleistiedot ovat seuraavat:

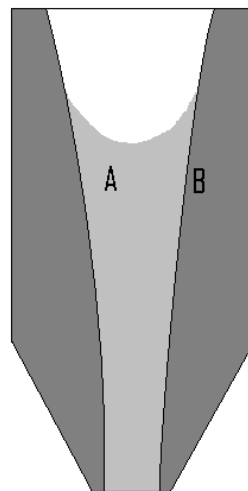
Valmistaja	Suomen puhallintehdas		
Tilavuus	500		m ³
Halkaisija	8		m
Korkeus likimääräisesti	14		m

Alaosa jyrkästi kalteva ja jakaantuu kahteen ulostuloon.

4.1 Alkutilanne

Kalkkisiilon ongelmana on holvaantuminen. Vähitellen ongelman paheentuessa säiliön tilavuus on alkanut kutistua. Kalkkisiilossa on arviolta noin sata kuutiota kovettunutta kalkkia säiliön reunoilla. Säiliöön on muodostunut niin sanottu rotankolo (kuva 2), eikä kalkki virtaa enää kuin säiliön keskellä. Säiliö täytyy jossain vaiheessa tyhjentää kokonaan ja puhdistaa se reunoille kovettuneesta kalkista. Purkamisessa on otettava huomioon kaksi asiaa: Kalkkisiilo ei saa olla tyhjillään ennen kuin SaRi voidaan ottaa pois käytöstä. Lisäksi kovettunut kalkki täytyy ottaa hallitusti ulos siilosta ja kuljettaa pois paikalta.

Säiliössä on ollut käytössä fluidisointi, mutta tämä on jouduttu ottamaan pois käytöstä sen aiheuttamien ongelmien vuoksi. Fluidisoitu kalkki on niin juoksevaa, että se tulee läpi kalkkisiilon purkauslaitteista. Tämän vuoksi siilon holvaantumista ei ole voitu estää fluidisoimalla. Säiliössä jo olevat fluidisointilaitteet mahdollisesti estäisivät holvaantumisen, mikäli ne saataisiin jälleen käyttöön.



A = Virtaava aines
B = Paikallaan pysyvä aines

Kuva 2. Rotankolo siilossa

4.2 Vaihtoehtoiset ratkaisut holvaantumisen purkamiseksi

4.2.1 Gironet

Ranskalainen yhtiö Standard Industrie tarjoaa ratkaisuksi Gironet-nimistä mekaanista laitetta, jota käytetään siilon päältä huoltoluukun kautta. Laitte koostuu nivelletystä varresta, jonka päässä on joko pneumaattisesti tai hydraulisesti toimiva puhdistuspää (kuva 3). Laitetta käyttää Standard Industrien henkilökunta. Yhtiön suomalainen edustaja on Algo Technics.



Kuva 3. Gironet

4.2.2 Räjähdeaineen käyttö

Vantaalainen yritys Stone Breakers Finland Oy on purkanut kertymiä erilaisissa säiliöissä ja reaktoreissa käyttämällä räjähdettä. Heidän palvelusiaan on käytetty vuosia Fortumin Suomenojan voimalaitoksen rikinpoistolaitoksella. Yrityksen Salmisaaren rikinpoistolaitoksella tekemän arvioinnin mukaan ei ole mitään esteitä, ettei räjäytystä voisi kokeilla purkamaan kalkkisiilon kertymiä.

Räjähdyttämiseen liittyvät suurimmat kysymykset ovat, kestävätkö säiliön rakenteet ja saadaanko kalkki yhä pidettyä hallinnassa, kun se äkillisesti irtaantuu seinästä. Mahdollinen uhkakuva on myös ruuviannostelijoiden tukkeutuminen isojen lohcareiden pudottua niiden päälle.

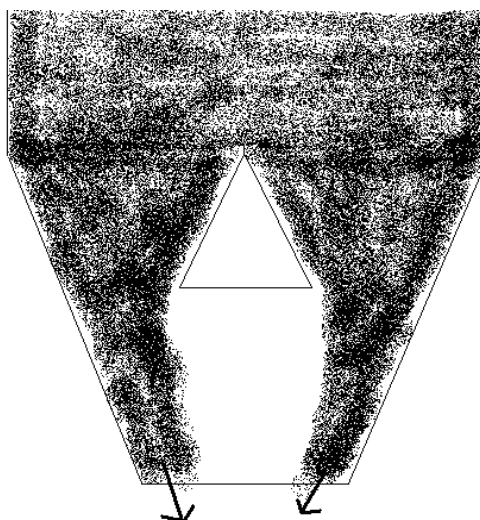
Käytettävä räjähdepanos on kuitenkin lataukseltaan niin pieni, ettei siitä ole uhkaa kalkkisiilon kestävyydelle. Siilon alaosan sulkupellit tulee laittaa kiinni, jotta estetään mahdollinen kalkin hallitsematon purkautuminen annostelijoiden läpi. Räjähdyttämisen tulee suorittaa huoltoseisokin aikaan, jotta mahdolliset ongelmat eivät uhkaa rikinpoistolaitoksen käytettävyyttä. Toimenpidettä tehtäessä tulee myös kiinnittää erityistä huomiota turvallisuusasioihin, joita sammuttamattoman kalkin käsittely vaatii.

Räjähdyttämällä haettava toivottava lopputulos olisi kertymien irtoaminen säiliön seinämiltä ja irtoavan aineksen hajoaminen niin hienojakoiseksi, ettei se tuki annostelijaa.

4.3 Vaihtoehtoiset ratkaisut holvaantumisen estämiseksi

4.3.1 Kiinalainen hattu

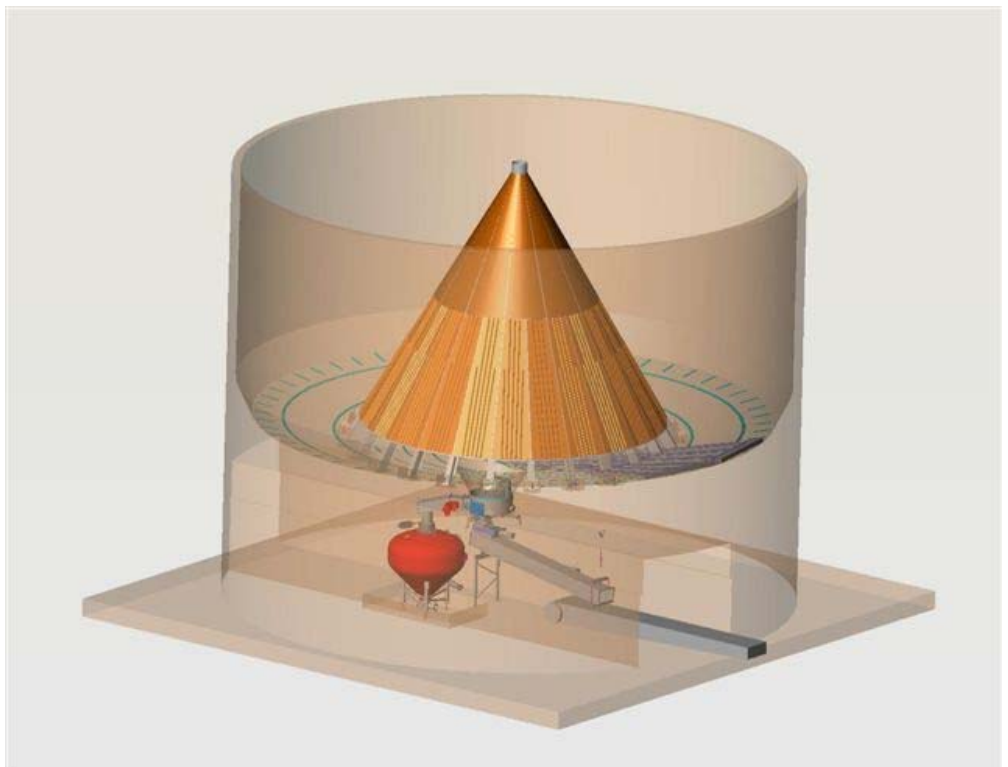
Kiinalaiset hatut ovat kartiomaisia laitteita, joilla edesautetaan siilon purkua (kuva 4). Niiden tehtävänä on estää aineen pakkautuminen purkuaukon päällä niin tiiviiksi, että virtausominaisuudet huonontuisivat. Kartio sijoitetaan siis suoraan ulospurkautumisaukon yläpuolelle. Se jakaa siilovirtauksen aukon päältä kohti seiniä, mistä se pääsee vapaasti pohjasuppilon seinämiä pitkin virtaamaan ulos siilosta. Tällöin yläpuolisen kiintoainemassan painon muodostama paine suuntautuu sivuille päin, eikä tiivistä ainetta pohjaa kohti. [2.]



Kuva 4. Kiinalainen hattu siilossa

4.3.2 *Elmometin ratkaisu*

Järjestelmässä säiliön keskelle rakennetaan kartio, joka estää varastoitavan aineen kasaantumisen säiliön keskelle (kuva 5). Säiliön kaltevassa pohjassa on kartion reunoilta säiliön reunaan säteen suuntaisesti fluidisointilevyjä, jotka estävät aineen kovettumisen säiliön pohjalle. Tämä ratkaisu ei todennäköisesti ole sovellettavissa kalkkisiiloon suuren kokonsa vuoksi, mutta mainitaan kuitenkin tässä työssä, koska se olisi sovellettavissa lopputuotesiiloon. Lopputuotesiilon tarkastelu on jätetty tästä työstä muuten pois.



Kuva 5. Pohjakartiomalli

4.3.3 *WAM yhtiön ratkaisu*

Gunjet ilmatykki aktivoidaan joko pneumaattisesti tai elektropneumaattisesti. Se vapauttaa lähes heti siihen ladatun paineilman materiaaliin siilon sisällä, aiheuttaen räjähdysmäisen efektin, joka hajottaa rotankolot tai holvaantuneen materiaalin. [3.]

Gunjet ilmatykkejä on neljää eri kokoa. (WAM-yhtiöllä) Työpaine 3–6 baaria ja ilman kulutus per lataus 0,3–4,8 l. [3]

4.3.4 Sulkusyötin

Sulkusyötinimet ovat yleisesti käytetty ratkaisu jauhemaisten materiaalien syöttöön prosessiteollisuudessa. Sulkusyötinimen etuna on tiivis ja hallittu materiaalin purkaminen esimerkiksi siilosta ja helppo tehon säätely. Sulkusyötinimet on helppo asentaa ja niitä on yleisesti saatavilla. Syötinimen liittäminen prosessin osaksi tapahtuu laippaliittimillä.

Sulkusyötinimien asentaminen siilon purkauslaitteeksi ei itsessään estä kalkin kovettumista reunoille. Niiden asentamisen jälkeen olisi kuitenkin mahdollista ottaa siilossa olevat fluidisointilaitteet jälleen käyttöön. Sulkusyötinimen rakenne ja toimintaperiaate estää hallitsemattoman purkauksen kalkkisiilossa. Niiden käytöstä on saatu Salmisaaren kalkintoimittajan Nordkalkin edustajan mukaan hyviä kokemuksia kalkkisiilojen purkulaitteina yhdistettynä siilon alaosan fluidisointiin.

4.4 Toimintasuositus

Kalkkisiilon tyhjentämiseen kannattaa kokeilla räjäyttämistä. Räjäyttäminen olisi onnistuessaan melko yksinkertainen ja kustannustehokas ratkaisu. Yksi räjäytyskerta on melko edullinen. Kokonaiskustannuksiin täytyy kuitenkin ottaa mukaan myös säiliön tyhjennykseen käytettävä imuauto.

Säiliön räjäytystoimenpide kannattaa suorittaa heti, kun laitos jää varalle. Tällöin toimenpide saataisiin suoritettua ennen varsinaisen vuosihuollon alkamista. Kalkkisiilo on tarkoitus saada kokonaan tyhjäksi. Tämä tapahtuisi räjäyttämällä pieniä panoksia tasaisin välein ja pitämällä annosteluruuvit koko ajan päällä. Kalkki imetään siirtoruuvien laskuputkeen liitettyllä imuputkella säiliöautoon ja kuljetetaan pois. Tarkoitus olisi saada sijoitettua kalkki lähi-alueiden voimalaitosten rikinpoistolaitoksille tai tarvittaessa takaisin toimittajalle.

Jos räjäytys osoittautuu onnistuneeksi keinoksi purkaa säiliön kertymät, ei kertymien estämiseksi kannata ruveta kovin suuriin toimenpiteisiin. Kun säiliö saadaan kerran tyhjäksi, voidaan aiempiin kokemuksiin pohjautuen olettaa, ettei kertymistä tule jälleen ongelmaa useaan vuoteen. Kun kertymät jälleen ovat merkittävä haitta, voidaan edellä mainittu toimenpide toistaa.

Mikäli räjäytyskokeilu ei onnistu, kannattaa seuraavaksi turvautua Gironet-vaihtoehtoon. Myös sulkusyöttimien vaihtaminen ruuviannostelijoiden tilalle, ja tämän jälkeen kalkkisäiliön fluidisoinnin ottaminen jälleen käyttöön, on tällöin yksi vaihtoehto. Sitä ennen kalkkisäiliön täytyy kuitenkin olla tyhjä.

5 KALKINSAMMUTUS

Helsingin Energialla rikinpoistossa käytettävä kalkki tuodaan laitokselle sammuttamattomana kalkkina. Kalkki puretaan pneumaattisesti säiliöautosta rikinpoistolaitoksen kalkkisiiloon.

Kalkinsammutuslaitteisto on suunniteltu käsittelemään sopivasta syöttölaitteesta tulevaa jatkuvaa virtaa poltettua kalkkia, sekoittamaan sen veden kanssa tahnamaiseen muotoon, poistamaan siitä hiekka ja liukenemattomat ainesosat sekä laimentamaan sammutettu kalkki sopivaksi kalkkiliuokseksi [4].

Koska tämän työn tarkoituksena ei ole perehtyä yksityiskohtaisemmin rikinpoistolaitoksen eri komponenttien toimintaan, jätetään prosessin tarkempi kuvailu väliin. Sen sijaan voidaan eritellä hieman tarkemmin kalkkinsammutusjärjestelmän eri osia.

Kalkinsammutuslaitteisto koostuu seuraavista osista:

- Syöttökoje
- Sammutin
- Hiekanpoistokuljetin
- Vedensyöttöjärjestelmä
- Ohjauskeskus

Itse kalkkinsammutin koostuu sammutusosasta, laimennusosasta sekä kalkkilietteen poisto-osasta.

Mitoitusarvot		
Kalkin laatu	90 %	CaO
Kalkinsammutuskapasiteetti, maks. CaO	2 x 3,6	t / h
Kalkkilietemäärä, Ca (OH) ₂ maks.	2 x 22,0	t / h
Veden laatu	merivesi	
Vesimäärä, maks.	2 x 20	t / h

5.1 Alkutilanne

Kalkinsammuttajia on korjailtu ja paikkailtu useaan otteeseen ja niihin on tilattu varaosia. Kalkinsammuttajien pintoja täytyy tarkastaa ja korjailta vuosittain. Lisäksi sammuttajien sammutusveden säätöventtiilit ovat uusittavassa kunnossa.

Sekoitusakseleiden käyttölaitteen yhteyteen rakennettu hydraulikytkin tuntee akseleihin vaikuttavaa, kalkkipastan jäykkyyden aiheuttamaa vastusmomenttia, joka välittyy mekaanisesti veden säätöventtiilille, joka säätelee sammutusveden määrää suhteessa momenttiin [4].

Tämä kyseinen osa on tällä hetkellä kalkinsammuttajien kriittisin osa. Varaosia ei tällä hetkellä ole saatavilla. Kalkinsammuttajien kanssa toimiminen on nykyään yhä vaikeampaa johtuen varaosien heikosta saatavuudesta.

5.2 Eri vaihtoehdot

5.2.1 Vanhojen sammuttajien kunnostus

Vaihtoehdot kalkinsammuttajien kanssa ovat joko perusteellinen kunnostus tai uusien hankkiminen. Sammuttimilla voisi tulla toimeen vielä joitain vuosia, jos ne kunnostettaisiin perusteellisesti. Altaat täytyisi päällystää kumilla uudelleen ja uusia akselit ja laakerit. Täytyisi myös hankkia uusi sammutusveden säätöventtiili, mikä juuri onkin osoittautunut ongelmalliseksi.

5.2.2 Uusien sammuttajien hankkiminen

Suomessa Haukivuorella toimii yritys nimeltään Kospirt Oy, jonka tuotevalikoimasta löytyy kalkinsammuttaja. Helen Engineerille on jätetty työpyyntö selvittää uuden kalkinsammuttajan hankkimiseen vaadittavat asiat ja tarvittaessa hankkia sellaiset. Mikäli uudet kalkinsammuttajat ostetaan, täytyy niiden hankinnassa ottaa huomioon seuraavat asiat.

Rikinpoistolaitoksen toimintavarmuuden lisäämiseksi kalkinsammutusjärjestelmä tulee kahdentaa. Tämä toteutetaan käytännössä siten, että yhden sammuttajan tulee kyetä tarvittaessa sammuttamaan se kalkkimäärä, mikä kuuluu rikinpoistolaitoksen toimiessa täydellä teholla. Normaalitylanteessa toimitaan kahdella sammuttajalla, kuten tähänkin asti on tehty. Uusittavien sammuttajien tulee olla teholtaan suurempia kuin nykyisten, sillä nykyisillä sammuttajilla ei pystytä toimimaan yhdellä sammuttajalla ajettaessa rikinpoistolaitosta täydellä teholla. Todennäköisesti tämä muutos aiheuttaa muutostarpeita myös nykyisissä kalkin annostelujärjestelmissä.

Uusien sammuttajien tehonnoston myötä, myös kalkin annostelujärjestelmän kapasiteettia on nostettava. Kalkkisiilon alapää jakaantuu kahtia ja molemmille sammuttajille on omat kalkin annosteluruuvit ja siirtoruuvit jotka siirtävät kalkin sammuttajille. Näihin molempiin järjestelmiin on saatava tehonsäätömahdollisuus, että tarvittaessa ne pystyvät siirtämään lisääntyneen määrän kalkkia sammuttajalle, mikäli joudutaan toimimaan vain yhdellä sammuttajalla.

5.3 Toimintasuositus

Uusien sammuttajien hankinta olisiärkevin vaihtoehto. Varsinaisen sammutusosan lisäksi uusittavassa kunnossa ovat myös muut kalkinsammutukseen kuuluvat laitteet kuten vedensyöttöjärjestelmä. Tarkemman tutkimuksen kautta selviää, mitä laitteiston osia voisi jättää paikoilleen, mutta todennäköisesti kannattaa uusia kaikki järjestelmään kuuluvat osat. Koska puolikuivaa rikinpoistomenetelmää ei juurikaan enää käytetä Suomessa eikä maailmalla, ovat vaihtoehdot varaosien hankkimiseen rajalliset.

6 VARASTOSÄILIÖ

Varastosäiliön yleistiedot ovat seuraavat:

Tilavuus	240	m ³
----------	-----	----------------

Säiliön kulmia on pyöristetty jälkeinpäin. Säiliö on varustettu kahdella Mamec Oy:n valmistamalla päältä asennettavalla lapasekoittimella. Sekoittimien tekniset tiedot ovat:

Kaksi pystysuunnassa säädettävää lapatasoa

Lapojen halkaisija	1200	mm
Sähkömoottori	ABB	
Teho	7,5	kW
Kokonaisottoteho	4,9	kW
Pyörimisnopeus	1500	r / min
Vaihde	Benzlers	
Toisiopyörimisnopeus	78	r / min

Sekoittimet on varustettu pohjalaakerilla

6.1 Alkutilanne

Varastosäiliön ongelmana on ollut kalkkilietteen kovettuminen ja kerääntyminen säiliön pohjalle (kuva 6.) Kertyminen johtuu kalkkilietteen ominaisuuksista. Lietteen sisältämä kalsiumhydroksidi ei liukene veteen vaan ainoastaan sekoittuu siihen. Tämän vuoksi säiliössä on oltava jatkuva sekoitus päällä.

Säiliön sekoitus hoidetaan kahdella kiinteälapaisella sekoittimella, jotka sijaitsevat säiliön katolla. Sekoittimissa on kaksi lapatasoa, joista toinen on sijoitettu lähelle säiliön pohjaa ja toinen lapataso on lähempänä pintaa. Tämä sekoitusratkaisu ei selvästikään ole riittävä, sillä säiliön puhdistaminen pohjalle ja nurkkiin kertyneestä kovettuneesta kalkista kuluttaa joka vuosi aikaa ja resursseja. Tämän vuoksi on pohdittava parempia sekoitusratkaisuja.



Kuva 6. Kalkkikertymiä varastosäiliössä vuosihuollossa 2008

6.2 Vaihtoehtoisia ratkaisumalleja

6.2.1 Lapojen muodon muuttaminen

Sekoittimien lavat ovat suorakulmaisia lattarautoja, joita ei ole muotoiltu mitenkään. Muotoilemalla lavat paremmin, saataisiin sekoitusvaikutusta tehostettua. Ongelmana vaikuttaisi olevan juuri sekoituspyörteen riittämätön koko verrattuna säiliön leveyteen. Säiliön muotoilussa on ongelmana suhteellisen suuri leveys verrattuna säiliön pituuteen. Tämä asettaa todellisia haasteita säiliön sekoittimille tai sekoitinratkaisua pohdittaessa. Nykyisten lapojen halkaisijaa on jo pidennetty 20 cm alkuperäisiin verrattuna, joten pidennysvaraa ei enää juurikaan ole. Sekoittimien toimittajan edustajan mukaan laitteiston nimellisvirta määrää, voidaanko lapoja enää pidentää, tai niiden vastusta nostaa muotoilemalla ne uudelleen.

Eräs vaihtoehto olisi jopa lyhentää niitä hieman, mutta muotoilla niitä enemmän potkurimalliseksi. Valmiin potkurin asentaminen sekoittimiin rasittaisi todennäköisesti, valmistajan edustajan mukaan, liikaa sekoittimien vaihteistoja ja ehkä myös moottoria. Tämä johtuu potkurin suuremmasta painosta ja pyörimisvastuksesta.

Tällä hetkellä sekoittimien virrankulutus on lähellä niiden nimellisvirtaa, joten sekoittimiin on melko hankala tehdä mitään muutoksia, ettei nimellisvirtaa ylitetä.

6.2.2 *Säädettävä sekoitinkorkeus*

Oy Benzlers Ab on kehittänyt sekoitinmallin, missä lapojen korkeutta pystyy säätämään ruuvinostimella. Lapojen lasku- ja nousutaajuuden voi säätää haluamalleen tasolle. Ideana tällä ratkaisulla olisi ehkäistä vakiintuneita virtaussuuntia, joista kertymät ainakin osittain johtuvat. Mahdollisesti myös sekoitusvaikutus parantuisi. Mitään takeita kertymien estymiselle tulevaisuudessa Benzlersillä ei ole antaa, mutta sekoitusratkaisu halutuilla ominaisuuksilla heillä olisi toimittava.

6.2.3 *Eriäinen sekoitinkonstruktio*

Sekoitinratkaisua pohtiessa tuli esille uudentyyppinen ratkaisu ongelmaan. ITT Flygt valmistaa upposekoittimia lähinnä jäteveden käsittelyyn, mutta heidän sekoittimensa käyvät luonnollisesti myös muihin kohteisiin. Näissä sekoittimissa roottori olisi kohtisuorassa säiliön päätyihin, tai niistä poispäin, mikä voisi parantaa sekoitustehokkuutta säiliön päädyissä, missä juuri pahimmat ongelmakohdat sijaitsevat.

Kun ajattelee nykyistä sekoitusratkaisua, niin voidaan olettaa sekoituspyörteen jäävän liian pieneksi, koska säiliön päätyihin kertyy kalkkikovettumia. Tähän on varmasti osasyynä lapojen suunta. Nykyisillä pystysekoittimilla pyörre muodostuu ylä- ja alasuunnassa. Tämä ei riitä sekoittamaan riittävän tehokkaasti myös säiliön päätyjä. Ratkaisu voisi olla roottorien kääntäminen vaaka-asentoon, jolloin virtaus muotoutuisi säiliön pituusakselin suuntaiseksi. Yrityksellä on useita erilaisia potkuri- ja kiinnitysvaihtoehtoja.

Ratkaisun ongelma on sekoittimien oikean asettelun löytyminen. Jos sekoittimet laitettaisiin pelkästään päätyihin, olisi vaarana, että säiliön keskelle jäisi kertymiä. Sekoittimia täytyisi todennäköisesti olla useita, että niillä saavutettaisiin riittävä vaikutus. Potkurimalliset sekoittimet ovat myös melko pieniä verrattuna lapasekoittimiin.

6.2.4 *Varastosäiliön sivuvirta*

Varastosäiliöstä on otettu sivuvirran kautta tarvittava lisämäärä kalkkia anostelusäiliöön. Sivuvirta osallistuu säiliön sekoitukseen omalta osaltaan,

mutta ei merkittävästi. Kalkkilietteen ottaminen sivuvirrasta on hyvä vaihtoehto otettavan kalkkilietteen tasaisuuden takaamiseksi, eikä järjestelmään kannata puuttua. Sekoitusvaikutusta ei kannata sivuvirran voimistamisella lähteä lisäämään.

6.2.5 *Lietepumppumalli*

Lietepumppumallia harkitessa on otettava oletukseksi, että pumpun avulla virtausta saataisiin lisättyä nimenomaan säiliön nurkissa. Lietepumppu on kuitenkin toimintansa puolesta suunniteltu ensisijaisesti jonkin aineksen siirtämiseen esimerkiksi säiliöstä sen ulkopuolelle. Lietepumpun käyttämästä tehosta suuri osa menisi hukkaan verrattuna esimerkiksi pystysekoittimeen. Todennäköisesti virtaus voimistuisi ainoastaan pumpun vierellä riittävästi estääkseen kertymät.

6.2.6 *Paineilmasekoittimen lisääminen säiliöön*

Yksi vaihtoehto parantaa säiliön sekoituvuutta on laittaa säiliöön nykyisten sekoittimien lisäksi paineilmalla toimiva sekoittaja. Sekoitin voisi yksinkertaisimmillaan olla pelkkä paineilmaputki, johon on porattu reikiä, mutta sen voi myös varustaa erillisillä suuttimilla. Paineilmaa pitäisi saada säiliön ongelmakohtiin, eli nurkkiin.

Järjestelmän hyvänä puolena olisi, että nykyiset pystysekoittimet voisi jättää paikoilleen ja lisäsekoitusteho olisi melko helppo suunnata paineilmaputkiston rakentamisella juuri säiliön ongelmakohtiin. Huonona puolena on järjestelmän käytöstä aiheutuvat kulut. Paineilma on melko kallista tuottaa ja mahdollisesti jouduttaisiin lisäämään kompressoritehoa rikinpoistolaitoksella.

6.2.7 *Lisäsekoittimien hankinta*

Jos varastosäiliön sekoitusta pyrkisi lisäämään hankkimalla lisäsekoittimia, olisi järkevin vaihtoehto hankkia neljä uutta sekoitinta. Yksi vanha sekoitin asennettaisiin säiliön keskelle ja uudet neljä säiliön nurkkiin. Uudet sekoittimet voisivat olla kooltaan pienempiä, joten kokonaisenergiankulutus ei kasvaisi kovin paljon. Uusilla sekoittimilla sekoitusvaikutusta saataisiin kohdistettua nimenomaan säiliön ongelmakohtiin, eli nurkkiin.

Ongelmia tässä ratkaisussa aiheuttaa tilanpuute säiliön katolla. Myös kalkkilietteen imuputken paikka täytyy ottaa huomioon. Jos nämä ongelmat onnis-

tutaan voittamaan, voisi viiden sekoittimen yhteisvaikutus hyvinkin olla toimiva vaihtoehto pitämään kerrostumat poissa varastosäiliöstä.

6.2.8 Pyöreät säiliöt

Suurin syy kalkkikertymiin varastosäiliössä on säiliön muoto. Alun perin suorakulmainen säiliö ei sovellu hyvin varastosäiliöksi sekoitusta tarvitsevalle aineelle. Vaikka säiliön kulmia on pyöristetty, on ongelma silti merkittävä. Sekoittimien sekoitusteho ei riitä säiliön nurkkiin asti, mistä kertymät saavat alkunsa. Radikaali ratkaisu varastosäiliön sekoitusongelmiin olisi kahden pyöreän säiliön vaihtaminen nykyisen säiliön tilalle. Vaihto voitaisiin toteuttaa purkamalla nykyisen säiliön etuseinä ja katto. Tämän jälkeen voitaisiin asentaa uudet säiliöt ja sekoittimet niihin. Nykyiset sekoittimet soveltuisivat hyvin pyöreiden säiliöiden sekoittamiseen.

6.3 Toimintasuositus

Koska varastosäiliön vuosittaiset puhdistuskustannukset ovat merkittävät, kannattaa niiden vähentämiseksi ryhtyä joihinkin toimenpiteisiin. Säiliön suuresta koosta ja hankalasta muodosta johtuen vaihtoehdot ovat melko rajalliset. Yksinkertaisin vaihtoehto olisi lisätä säiliön pystysekoittimien määrää. Säiliön katolla on tila osittain rajallista, mutta jos tilaongelmat onnistutaan voittamaan, olisi viiden sekoittimen vaihtoehto järkevin.

Nykyään säiliössä on kaksi 7,5 kW:n pystysekoittajaa joiden yhteisteho on 15 kW. Jos säiliön nurkkiin laitettaisiin neljä 2,2 kW:n sekoitinta ja keskelle jätettäisiin toinen 7,5 kW:n sekoittimista, olisi niiden yhteisteho tämän jälkeen 16,3 kW, joten kokonaisenergiankulutus ei kasvaisi kovin paljon. Kyseisiä 2,2 kW:n sähkömoottorilla varustettuja pystysekoittimia löytyisi nykyisten sekoittimien toimittajalta Mamec Oy:ltä.

Vuoden 2008 vuosihuollossa varastosäiliön puhdistaminen maksoi 14 410 €. Mamec Oy:n suuntaa antavan arvion mukaan uudet 2.2 kW:n sekoittimet maksaisivat 2 500–3 000 € kpl.

1.3 kW lisääntyneen omakäyttösähkön hinta vuodessa

Sähkön markkinahinta 0,035 € / kWh

Arvioidut vuotuiset käyttötunnit sekoittajille

$$320 \text{ vrk} \times 24 \text{ h / vrk} = 7680 \text{ h}$$

Lisäkustannus

$$1,3 \text{ kW} \times 7680 \text{ h} \times 0,035 \text{ € / kWh} = 349 \text{ €}$$

Takaisinmaksuaika uusille sekoittimille

Arvioidut vuosittaiset puhdistuskustannukset varastosäiliölle vuosittain

$$14\,400 \text{ € / v}$$

Uusien sekoittimien arvioitu hinta

$$3\,000 \text{ € / kpl} \rightarrow 4 \times 3\,000 \text{ €} = 12\,000 \text{ €}$$

Jos oletetaan, että uusilla sekoitinjärjestelyillä säiliötä jouduttaisiin putsamaan enää korkeintaan 1–2 päivää.

$$\text{Imuauto + työmiehet} \quad n.170\text{€ / h} \rightarrow 16 \text{ h} \times 170 \text{ €} = 2\,720 \text{ €}$$

Koroton takaisinmaksuaika

$$1. \text{ vuosi} \quad -12\,000\text{€} + (14\,400 - 2\,720 - 349) \text{ €} = -669 \text{ €}$$

$$2. \text{ vuosi} \quad -669\text{€} + (14\,400 - 2\,720 - 349) \text{ €} = 10\,662 \text{ €}$$

Näillä laskelmilla sekoittimien takaisinmaksuaika olisi noin 1v 1 kk

Laskuista on jätetty pois uusien sekoittimien asentamisesta aiheutuvat kustannukset, mutta kuten laskut osoittavat, säästöä saadaan helposti, jos pystytään supistamaan säiliön puhdistamiseen käytettyä aikaa.

7 SUUTINPUMPUT

Suutinpumppuina toimivat Feluwan valmistamat letku-kalvo-mäntäpumput, jotka tuottavat vaadittavan paineen, noin 11–12 baaria 40 metrin nostokorkeuteen. Pumput on varustettu taajuusmuuttajilla ja niiden tekniset tiedot ovat seuraavat:

Pyörimisnopeus	60	r / min
Tuotto	30	m ³ / h
Paine	16	bar

Sähkömoottorina pumpuilla on ABB:n valmistamat moottorit, joiden tekniset tiedot ovat:

Teho	45	kW
Jännite	400	V
Virta	80	A

7.1 Alkutilanne

Suutinpumput ovat toimineet viimeaikoina melko luotettavasti. Ongelmana on ollut lähinnä pumppujen imupuolelle muodostuvat kertymät, jotka johtuvat imuputkiston muodosta ja koosta (kuva 7). Imuputket ovat melko suuria ja minimiteholla ajettaessa niiden virtaus on niin hidasta, että se aiheuttaa kertymien muodostumista. Imupuolen putkisto sisältää haaran ja käyriä, joihin kalkki ja sen seassa olevat epäpuhtaudet, kuten hiekka, pyrkivät kerrostumaan. Tämä supistaa putkiston tilavuutta, ja pyrkii tätä kautta aiheuttamaan alipainetta putkistoon, sekä estämään riittävää kalkkilietteen tilavuusvirtaa reaktoreille.

Järjestelmä reagoi tähän ja lisää virtausnopeutta pumpuissa, mikä myös auttaa hieman purkamaan käyrien tukkeutumista. Vaikka häiriö onkin tällä es-tettävissä, tukkeutuvat imuputket vähitellen niin pahoin, ettei kierrosluvun nostaminen suutinpumpuissa ole enää mahdollista vaan putket on puhdistettava.

Suutinpumppujen ongelma on myös niiden kriittisyys. Koska rikinpoistolaitosta ei voida ajaa yhdellä reaktorilla, aiheuttaa yllättävä vika suutinpumpussa koko rikinpoistolaitoksen alasajon.

7.2 Eri vaihtoehdot imuputkistolle

7.2.1 *Imupuolen putkien käyrät loivemmiksi*

Yksi keino vähentää kertymiä olisi loiventaa imuputkiston käyriä. Jälkikäteen tehtynä loivennus on kuitenkin hankala tehdä. Pumput sijaitsevat niin lähellä annostelusäiliötä, ettei tilaa yksinkertaisesti ole. Pumppujen puolella myös lattia rajoittaa tilaa, jonka käyrän oikaiseminen vaatisi. Käyrää ei mahdu loiventamaan kummastakaan päästä näissä olosuhteissa. Näin ollen käyrien loiventaminen on käytännössä poissuljettu vaihtoehto.



Kuva 7. Suutinpumppujen imuputki

7.2.2 *Huuhtelulinjan rakentaminen imuputkille*

Tässä vaihtoehdossa rakennettaisiin erillinen huuhtelulinja, jonka kautta ruiskutettaisiin tietyin väliajoin korkeapaineista vettä tai kalkkilietettä koko imuputkistoon, tai sitten vain pahimpiin ongelma-kohtiin. Vaihtoehto pitää sisällään melko korkean riskin onnistumisensa suhteen ja vaatisi paljon suunnittelutyötä linjaston rakentamiseksi. Ongelmana on, ettei linjaston toimintaa pystytä testaamaan muutoin kuin käytön aikana, ja silloinkin tuloksia voidaan

nähdä vasta seuraavan riittävän pitkän seisokin aikana. Lisäksi vaarana on, että linjasto sekoittaa jollain tavoin suutinpumppujen toiminnan. Ideana huuhtelulinja on hyvä, ja toimiessaan sillä vältettäisiin kesken ajokauden nykyisin tehtävät imuputkiston puhdistukset.

7.2.3 Virtauksen kasvattaminen sivuvirralla

Yksi syy kertymiin, ovat tilanteet, joissa laitosta ajetaan minimiteholla, jolloin kalkkilietteen tarve reaktoreissa on pieni. Tällöin imuputkessa, jossa on suuri halkaisija, kalkkiliete virtaa hiljaa, ja tämä aiheuttaa kertymiä putkiston mutkiin. Yksi mahdollisuus välttää kertymiä olisi säätää pumppujen tuotolle alaraja, jonka alle ne eivät menisi missään tilanteessa.

Suutinpumppujen jälkeen ovat venttiilit, joiden kautta kalkkilietettä voidaan juoksuttaa takaisin säiliöön. Nykyisin venttiilit ovat kiinni asennossa. Näiden venttiilien tilalle jouduttaisiin vaihtamaan säätöventtiilit ja rakentamaan säätöjärjestelmä niitä varten.

Toimenpide olisi pumppujen energiankulutusta lisäävä ja toisi lisäkustannuksia uusista venttiileistä, säätölaitteista ja mahdollisesti myös uusista putkistoasennuksista. Kalkkilietteellä on myös kuluttava vaikutus, mikä näkyisi mahdollisesti venttiilien säännöllisenä uusimistarpeena. Järjestelmän toimessa vältettäisiin nykyään muutaman kuukauden välein tehtävät pakolliset imuputkiston pesut.

7.3 Eri vaihtoehdot pumppuratkaisulle

7.3.1 Kaksi isoa pumppua

Sijoittamalla nykyisten suutinpumppujen tilalle kaksi sellaista pumppua, jotka pystyisivät tarvittaessa toimimaan yksinään, saataisiin pumppujärjestelmä kahdennettua. SaRin toimiessa täydellä teholla, on pumppujen kautta tultava kalkkilietettä noin $16 \text{ m}^3/\text{h}$ 10–12 baarin paineella. Näin ollen on yhden pumpun kyettävä tuottamaan noin $30\text{--}40 \text{ m}^3/\text{h}$ tilavuusvirta 10–12 baarin paineella, jos pumppu tuottaa molempien reaktoreiden vaatiman kalkkilietemäärän. Nykyiset Feluwan pumput ovat tyyppiä ZGL50/135-K220-2SM460.

Feluwan kotisivuilta löytyvästä letku-kalvo-mäntäpumppujen ominaiskäyrätaulukosta käy ilmi, että ominaisuuksiensa puolesta pumppumallin ZGL50/135-K220-2SM460 pitäisi pystyä tuottamaan kummankin reaktorin

vaatima tilavuusvirta. Letku-kalvo-mäntäpumpuilla voima sähkömoottorilta pumpulle välitetään kiilahihnavaihteistolla. Valittu vaihteisto vaikuttaa pumpun ominaisuuksiin.

Sarissa käytössä olevien pumppujen vaihdelaatikon mallimerkintä on nykymerkinnöin SG 130/135. Merkintöjen selitykset ovat

SG	1 vaihdelaatikko	kpl
130	max kuormitus	kN
135	iskunpituus	mm
K	1 sylinteri	kpl
220	männän halkaisija	mm
2SM	2 putkikalvoa / litteää kalvopäätä	kpl

Loppuosa kuvaa pumpun tuottoluokkaa.

Sarissa olevien pumppujen kiilahihnavälitys on valittu siten, että pumpun kampikoneiston kierrosluku on 3,2–60 kierrosta minuutissa. Täydellä teholla rikinpoistolaitos vaatisi ainakin noin $32 \text{ m}^3/\text{h}$ kalkkilietettä reaktoreille, joten nykyisellä kiilahihnavälityksellä siihen ei päästä. Jos vaihteiston välityksen muuttaminen on mahdollista, voitaisiin tilavuusvirtaa kasvattaa. Tämän edellytyksenä on, että suuttimille saadaan yhä tarvittava paine. Sen jälkeen pumppujen putkistot voitaisiin liittää yhteen, jotta tarvittaessa voidaan toimia vain toisella pumpulla.

Koska reaktoreille tuleva savukaasun määrä ei ole vakio, ei reaktoreiden tarvitsema kalkkilietteen määräkään pysy koko ajan samana reaktoreiden kesken. Normaalitylanteessa savukaasu kyllä jakautuu tasaisesti, mutta kun toinen letkusuodatin tukkeutuu enemmän, sen virtausvastus kasvaa ja savukaasut hakeutuvat kulkemaan enemmän toisen reaktorin kautta sen kanssa yhteydessä olevalle letkusuodattimelle. Tämä aiheuttaa ns. vinokuormitusta letkusuodattimille ja myös reaktoreille, koska jako letkusuodattimille tapahtuu ennen reaktoreita.

Jos tällaisessa tilanteessa pumpattaisiin molemmille reaktoreille silti sama määrä kalkkilietettä, aiheuttaisi se liiallisen kalkkilietteen sumuttamisen sille

reaktorille, jonka kautta savukaasuja kulkeutuu vähemmän. Tämä johtaisi kalkkilietteen satamiseen märkänä pohjaraapalle, koska savukaasumäärä ei riittäisi kuivaamaan kaikkea sumutettua kalkkilietettä.

Edellä mainitun ongelman välttämiseksi pumpuilta suuttimille menevät putket tulisi varustaa virtauksensäätöventtiileillä. Säätöventtiilillä osa kalkkilietteestä ohjattaisiin omaa kanavaansa pitkin takaisin annostelusäiliöön. Tällöin reaktorin kalkkilietemäärä ei nousisi liian suureksi siinä reaktorissa, joka tarvitsee vähemmän kalkkilietettä. Järjestelmän rakentaminen tarvitsisi lisää automaatiikkaa ja mittaustekniikkaa, mutta toimiessaan ratkaisisi kyseisen ongelman.

Kahden, sadan prosentin tuottoon kykenevän pumpun hyvänä puolena voidaan pitää pumppujärjestelmän kahdentamista. Jos toinen pumppu on jostain syystä otettava pois käytöstä, voidaan toinen pumppu käynnistää melko nopeastikin. Mahdollisesti jopa ilman rikinpoistolaitoksen toiminnan keskeytystä, riippuen siitä miten järjestelmä rakennettaisiin.

7.3.2 *Kolme pumppua*

Kolme pumppua nykyisen kahden sijaan mahdollistaisi yhden pumpun varalaulon vikatilanteiden varalta. Tässä vaihtoehdossa kolmas pumppu kiinnitettäisiin valmiiksi reaktoreille vieviin putkistoihin. Pumppu täytyisi liittää molempien reaktoreiden putkistoihin, jotta sillä voitaisiin korvata kumpi tahansa pumppu. Pumppumallin tulisi olla sama kuin edellisekin, eli Feluwan letku-kalvo-mäntäpumppu, jotta sitä voitaisiin ajaa samoilla säätöarvoilla.

Uuden pumpun sijoituspaikaksi tulisi todennäköisesti annostelusäiliön etupuoli (kuva 8). Vaikka annostelusäiliön takana olisi tilaa enemmän, täytyy se tila pitää vapaana, jotta ajoneuvot pääsevät rikinpoistolaitoksen sisälle. Paikana annostelusäiliön etupuoli on ahdas ja pumpun sijoittaminen voi vaatia joitain muutostöitä.



Kuva 8. Annostelusäiliön etupuoli. Etuoikealla kuvassa letku-kalvo-mäntäpumppu

7.3.3 Yksi pumppu varalla

Yksi pumppu varalla-vaihtoehdossa hankittaisiin yksi ylimääräinen pumppu, joka tarpeen tullen kiinnitettäisiin voittuneen pumpun tilalle. Ajallisesti tästä vaihtoehdosta ei olisi kovin paljon hyötyä rikinpoistolaitoksen käytettävyydelle. Uuden pumpun vaihtaminen voittuneen pumpun tilalle olisi niin suuri töinen homma, että rikinpoistolaitos joutuisi olemaan pitkän aikaa pois käytöstä. Aika riippuisi tietenkin siitä, miten paljon resursseja pumpun vaihtoon käytettäisiin, mutta joka tapauksessa rikinpoistolaitos olisi pois käytöstä useita tunteja, ellei jopa päiviä. Mahdollisen varapumpun säilytyspaikkaa pitäisi myös miettiä tarkkaan. Rikinpoistolaitoksen sisätilat ovat sen verran ahtaat, että todennäköisesti varapumppu jouduttaisiin varastoimaan laitoksen ulkopuolelle. Tämä vaikeuttaisi entisestään pumpun pakoilleenasennusta tarpeen vaatiessa.

Tämän ratkaisun hyvänä puolena voidaan pitää tarvittavien muutostöiden puuttumista. Järjestelmä ei vaatisi mitään muutoksia, ellei mahdollisesti tehdä jotain töitä, mitkä nopeuttaisivat pumpun vaihtoa tarvittaessa. Uudeksi pumppumalliksi kannattaa valita juuri samanlainen pumppu kuin kaksi edellistäkin. Näin pumppuja pystyttäisiin ajamaan samoilla asetuksilla myös pumpun vaihdon jälkeen.

7.4 Toimintasuositus

Kaikki yllä olevat vaihtoehtoiset toimintamallit suutinpumpuille aiheuttavat kustannuksia tai laajoja muutostöitä. Koska suutinpumput eivät ole viime aikoina aiheuttaneet SaRin alasajoa, täytyy se ottaa huomioon punnitessa suutinpumpuille tehtäviä toimenpiteitä. Oikein käytettynä ja säännöllisesti huollettuna letku-kalvo-mäntäpumput ovat erittäin toimintavarmoja ja luotettavia. Niiden rakenne sallii jopa pumpuissa olevan välikalvon rikkoutumisen, josta huolimatta pumpuilla voidaan jatkaa vielä toimintaa.

Tässä vaiheessa ei kannata lähteä ostamaan uusia suutinpumppuja, eikä tekemään mitään muutoksia vanhoihin pumppuihin. Panostamalla pumppujen käytöstä vastaavien henkilöiden osaamiseen ja tietämykseen sekä nopeaan reagoimiseen vikatilanteissa saadaan pumppujen kriittisyys tarpeeksi hyvälle tasolle. Myös kaikkien tärkeimpien varaosien tulee olla valmiina mahdollisia vikatilanteita varten.

Suutinpumppujen imuputkistoon ei kannata toistaiseksi tehdä muutoksia. Imuputkiston huuhtelulinjan toteutus on idea, jota täytyisi vielä tutkia enemmän. Myös virtauksen kasvattaminen ja kalkkilietteen kierrättäminen takaisin annostelusäiliöön on saavutettuihin etuihin nähden todennäköisesti liian kallias vaihtoehto. Pikemmin tulee seurata imuputkiston puhdistusväliä ja lisätä se huolto-ohjelmaan ja tehdä se noin puolessa välissä ajokautta heti kun rikinpoistolaitokselle tulee riittävän pitkä seisokki. Ajallisesti imuputkiston puhdistus ei parhaimmillaan vie kuin muutamia tunteja, joten mistään suuresta urakasta ei ole kyse.

8 REAKTORIT

Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitos sisältää kaksi reaktoria, joissa savukaasuihin sumutetaan kalkkilietettä ja joissa lietteen ja savukaasujen muodostama kiertopöly kuivuu savukaasujen korkean lämpötilan, n. 130 °C, johdosta. Kiertopölyä ei kuitenkaan ole tarkoitus kuivata täysin kuivaksi, vaan puolikuivaan rikinpoistoon kuuluu, että kiertopölyyn jää tietty määrä kosteutta, mikä sitten aiheuttaa sen tarttumisen letkusuodattimien pintaan ja muodostamaan reagoivan ja suodattavan kerroksen niiden pintaan.

Prosessin toiminnan kannalta on kuitenkin tärkeää, että kosteustasapaino säilyy varsin pienellä välillä. Jos kiertopöly on liian kuivaa, ei se tartu let-

kusuodattimien letkujen pintaan ja sen kuljettaminen pystyraappakuljettimella kiertöpölysiiloon hankaloituu. Liian kuiva kiertöpöly pyrkii vierimään alaspäin pystyraappakuljettimessa. Jos kiertöpöly on liian märkää, saattaa se tukkia kaikki kulkureitit, joiden kautta se kulkee prosessissa. Varsinkin kiertöpölysiilo on erityisen herkkä tämän häiriön suhteen. Tämän vuoksi onnistuneella kalkinsumutuksella on tärkeä osa rikinpoiston virheettömän toiminnan kannalta.

Reaktorin yleistiedot ovat seuraavat:

Halkaisija	11	m
korkeus	43	m
Savukaasun sisääntulojen lukumäärä	2 x 9	kpl
Suutinpäiden lukumäärä	2 x 9	kpl
Suuttimien lukumäärä / pää	5	kpl

8.1 Alkutilanne

Reaktoreiden toimintaa on parannettu alkutilanteen jälkeen asentamalla vuonna 2005 2 kpl Nirafon 100-ääninuohoimia 1 nuohoin per reaktori. Nuohoimet asennettiin hieman keskikohdan yläpuolelle. 2007 asennettiin vielä toiset samanlaiset nuohoimet reaktoreiden yläosaan. Kummassakin reaktorissa on nyt siis 2 kpl Nirafon 100-ääninuohoimia. Tämä on vaikuttanut reaktoreiden seinämien puhtauteen siten, että aiemman, jopa 30 cm:n kalsiumsulfidi / kalsiumsulfatkerroksen sijaan nykyään kerrostuman paksuus on maksimissaan muutama millimetri. Reaktorin yläosassa kerrostuma voi tosin olla paksumpi. Ääninuohoimien vaikutukset ovat merkittävät.

Kun vertailee tapahtunutta kehitystä reaktoreiden seinämien puhtaudessa, näyttäisi tilanne olevan täysin hallinnassa. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin reaktoreiden seinien laaja pinta-ala. Yhden reaktorin seinämän pinta-ala on noin 1 500 neliometriä. Jos seinämille kertyy koko pinta-alan laajuudelta 3 mm:n kerros kalsiumsulfattia / kalsiumsulfidia, on kerrostuman massa n. 4 500 kg, jos olettaa kertyvän aineksen tiheydeksi keskimäärin $2\,000\text{ kg/m}^3$. (Tiheys perustuu kyseisten aineiden taulukoista löytyviin arvoihin ja näiden arvioituihin prosenttiosuuksiin muodostuvassa kiertöpölyssä.) Alas pohja-

raapalle putoavat lohkeamat voivat olla useita metrejä kooltaan ja jopa satoja kiloja massaltaan. Tällaiset lohkat asettavat pohjaraapan todella kovalle koetukselle ja saattavat jumittaa sen kokonaan.

8.2 Eri vaihtoehdot

8.2.1 Kaasupulssinuohoimet

Tällä hetkellä reaktoreiden yläosat on varustettu Nirafon 100-ääninuohoimilla. Reaktoreiden yläosan puhtautta voidaan lisätä asentamalla näiden tilalle Nirafon CSD kaasupulssinuohoimet. Tällaiset ovat käytössä tällä hetkellä kattilan tulipesän yläpäässä, tulistimen vesiverho-osan kohdalla.

Koska kyseisillä paikoilla on jo käytössä ääninuohoimet, voisi torviosat jättää paikoilleen. Nykyisten ääninuohoimien vaihtaminen kaasupulssinuohoimiin vaatisi Nirafon CSD-käyttölaitteet, ohjausautomaation ja välilyöntikoteloita.

Huomion arvoista on, että nykyiset, reaktoreiden yläosan ääninuohoimet on hankittu vuonna 2007. Käyttöikänsä puolesta niiden voidaan olettaa toimivan vielä pitkän aikaa. Näiden nuohoimien saaminen edelleen hyötykäyttöön olisi järkevää. Mikäli ääninuohoimille löytyy uusi sijoituskohta, täytyy niihin hankkia uudet torviosat, sillä reaktoreiden yläosan torvet kannattaa joka tapauksessa jättää paikoilleen, koska kaasupulssinuohoimissa on käytössä samantyyppiset torviosat kuin ääninuohoimissa.

Kaasupulssinuohoimien aikaansaama äänenpainetaso puhdistettavassa tilassa on huomattavasti suurempi kuin ääninuohoimien, mutta ulospäin tuleva melu on paljon pienempi. Kaasupulssinuohoimen aikaansaama äänenpainepulssi on noin 170 dB, joka on paineeksi muutettuna noin 0,06 baaria, minkä reaktori kyllä kestää hyvin.

Eräs mahdollinen vaikutus kaasupulssinuohoimilla voisi olla suutinpäiden parempi puhtaus. On oletettavaa, että kaasupulssinuohoimien vaikutus ylittää niihin asti, koska nykyisten ääninuohoimienkin on todettu pitävän reaktorin katon tehokkaasti puhtaana. Toisaalta suutinpäät sijaitsevat kartioiden sisällä, jotka voivat myös tehokkaasti torjua pulssin vaikutukset. Sitä, vähentäisi-
kö kaasupulssinuohoimien käyttö ns. "parran" muodostumista suuttimiin, on mahdotonta sanoa ilman tarkempaa tutkimista. Sitä ei siis kannata ottaa huomioon kaasupulssinuohoimien hankintaa harkittaessa, ellei parempaa tietoa asiasta ole.

Huonona puolena kaasupulssinuohoimien asentamiselle on niiden vaatima käyttökaasu. Kaasuputket täytyisi rakentaa reaktoreille. Lisäksi tulevat kaasupulssinuohoimien investoinnista koituvat kulut.

8.2.2 Suuttimien uusiminen

Kalkkilietesuuttimet ovat lähes alkuperäisessä olomuodossaan. Joitakin parannuksia esim. suuttimien materiaalin suhteen on tehty, mutta konsepti on alkuperäinen. Kalkkilietesumun parantaminen edesauttaisi rikkidioksidin ja kalkkilietteen reagoimista ja vähentäisi tällöin kalkkilietteen määrän tarvetta. Erityisesti paremman ja tasaisemman sumutuksen avulla voitaisiin välttää suurien pisaroiden syntymistä, mikä aiheuttaa monesti kalkkikertymiä reaktorin seinillä ja kosteiden pisaroiden tippumista pohjaraapalle.

Suuttimien vaihdon ongelmaksi muodostuu konseptin ainutlaatuisuus. Suutintangon päässä olevat suutinpäät pitävät sisällään viisi sumutinta, joissa on päällekkäin kalkki- ja paineilmasuuttimet. Kalkki ja paineilma tulevat suutinpäistä samasta reiästä. Lisäksi käytetään huuhteluilmaa joka tulee suutinpäen ympäriltä. Tällä vähennetään ”partojen” syntymistä suuttimiin.

Kalkkiliete on kuluttavaa ainetta, joten kalkkisuuttimet on rakennettu erikoiskovasta materiaalista. Esimerkiksi sprinkleritekniikan soveltaminen sellaiseenaan kalkinsumutuksen käyttöön ei tule kysymykseen kulutuskestävyyden vuoksi. Mitkään veden sumutukseen suunnitellut suuttimet eivät kestäisi kovin pitkään kalkin kuluttavaa vaikutusta.

Sprinkleri- ja avosuutintekniikka on niin erilaista, että jos suuttimien tyyppiä vaihdettaisiin, jouduttaisiin hyvin todennäköisesti koko reaktorin yläosan tekniikka uusimaan. Sopivan suutintekniikan löytäminen nykyisten käytössä olevien tilalle olisi vaativa urakka, eikä siihen tässä työssä perehdytä tämän tarkemmin. Suutintekniikan vaihtaminen on varmasti mahdollista, mutta tuo ko se lisää taloudellisuutta ja käyttövarmuutta on eri asia. Yleensä kun muutoksia tehdään, niin järjestelmän riittävän käyttövarmuuden saavuttaminen vie oman aikansa, joten siltä osin muutostöiden tekeminen on hieman riskialtista.

8.2.3 Reaktorin pohjan kiertopölyn kosteusmittaus

Jos kalkkilietettä sumutetaan liikaa savukaasujen joukkoon, kertyy pohjaräppälle erittäin kostea kiertopöly. Tästä kiertopöly kulkeutuu pystyraapalla kiertöpölysiiloon ja voi aiheuttaa sen tukkeutumisen kiertöpölyn liiallisen kosteuden vuoksi. Rakentamalla toimiva kosteusmittaus pystyraapan alkupäähän voidaan liian kostean kiertöpölyn kulkeutuminen kiertöpölysiiloon ehkäistä ajoissa. Kiertöpölysiilon tukkeutuminen aiheuttaa rikinpoistolaitoksen käytön keskeytymisen vähintään useiksi tunneiksi. Mittaus tapahtuisi kosteuspitoisuusanturilla, joka tulisi sijoittaa sellaiseen kohtaan, missä olosuhteet sallivat tarpeeksi luotettavat tulokset. Yksi mahdollisuus olisi sijoittaa kosteuspitoisuusanturi pystyraapan alaosan taitekohtaan.

Anturin asentaminen ei olisi kovin iso työ laajuutensa suhteen. Ongelmaksi muodostuu kosteuspitoisuusanturin toimintakyky pölyisessä paikassa. Aiemmat kokemukset ovat osoittaneet, etteivät kosteuspitoisuusanturit siedä pölyä juuri lainkaan.

Anturin sijoituspaikan tulisi olla sellainen, että anturi toimisi siinä luotettavasti, ja se täytyisi suojata hyvin pölyltä. Anturin tiedot tulisi myös liittää PVJ-järjestelmään ja asettaa raja-arvo, minkä ylittyessä järjestelmä suorittaa hälytyksen.

8.3 Toimintasuositus

Kaasupulssinuohoimien lisäämistä reaktoreiden yläosaan täytyy vielä punnita siltä kannalta, tuoko se tarpeeksi lisähyötyä investointi ja käyttökustannuksiinsa nähden. Tällä hetkellä niiden hankkiminen ei ole välttämätöntä. Kaasupulssinuohoimien asentaminen on kuitenkin yksi hyvä vaihtoehto, jos rikinpoistolaitoksen toimintaa joutuu yhä parantamaan tulevaisuudessa.

Uutta suutinratkaisua ei kannata lähteä tällä hetkellä hankkimaan. Hankinnalla saatava lisähyöty verrattuna investoinnin kalleuteen jäisi suurella todennäköisyydellä hyvin pieneksi. Paremmilla suuttimilla mahdollisesti saavutettavia etuja olisivat seuraavat: Pienempi pisarakoko sumutuksessa, mikä edesauttaisi kalkkilietteen ja savukaasujen reagoimista keskenään, mikä taas vähentäisi kalkkilietteen sumutustarvetta. "Parran" muodostuminen suuttimiin vähenisi, mikä vähentäisi kalkkilietteen suurien pisaroiden muodostumista. Tämä vähentäisi kiertöpölyn liiallista kostumista ja kalkkikertymiä

reaktoreiden seinämissä. Lisäksi, jos sumutus onnistuisi ilman nykyratkaisussa pisaranmuodostuksen apuna käytettävää hajotusilmaa, olisi tästä myös taloudellista hyötyä.

Parantunut kalkkilietteen ja savukaasujen reagoiminen vähentäisi jonkin verran myös kalkinkulutusta, mutta koska kalkkilietteen rakennusaineena on kiertopölyä, ei kalkin määrä vähenisi suoraan verrattuna kalkkilietteen määrään. ”Partojen” muodostumisen estämiseksi on tällä hetkellä ohjeistus, että joka yö kuuluisi ottaa yksi suutinpää ylös ja puhdistaa se. Pitämällä tästä kiinni ja tarvittaessa tihentämällä puhdistusväliä, ehkäistään ”partojen” tuomia haittavaikutuksia riittävän tehokkaasti. Suutinpäät kannattaa tulevaisuudessa puhdistaa aina kaikki kerralla, kun rikinpoistolaitokseen tulee riittävän pitkä seisokki.

Kosteusanturin asentamista täytyisi tutkia vielä lisää. Toimiessaan se olisi käyttökelpoinen idea ja järjestelmän kustannukset ovat vähäiset. Todennäköisin este anturin asentamiselle on kosteuspitoisuusanturien pölyherkkyys.

9 LETKUSUODATTIMET

Letkusuodattimien yleistiedot ovat seuraavat:

Suodatinletkujen lukumäärä	2 x 3 024	kpl
Suodatinletkujen pituus alun perin	6	m
Suodatinpinta-ala alun perin	2 x 7 258	m ²

Nykyisin puolet letkuista on pidennetty metrillä

9.1 Letkusuodatintilat ja letkut

9.1.1 Alkutilanne

Letkusuodatintiloja vaivaavat samat ongelmat kuin muitakin savukanavatiloina, eli kuluminen ja korroosio. Letkusuodattimien suppiloita ei ole tarkastettu pitkään aikaan, vaikkakin ne on aikoinaan pinnoitettu ruostumisen estämiseksi.

Letkusuodattimien letkut vaihdetaan kahden vuoden välein. Tämä aikaväli on ollut aikaisemmin riittävä, mutta nykyisellään lisääntyneet savukaasu-

määrät ja rikkiptoisuuden lisääntyminen poltettavassa hiilessä ovat vähentäneet niiden käyttöikä. Nykyiset letkut eivät kestäneet kuin yhden ajokauden.

9.1.2 Toimintasuositus

Letkusuodattimien letkukammio, savukanavat ja suppilot on tarkastettava kulumisen ja korroosion varalta. Tämän jälkeen ne tulee pinnoittaa suoja-aineella. Työ on laajuutensa ja hankaluutensa vuoksi jaoteltava pitemmälle aikavälille kuin yhdelle vuodelle.

Myös letkusuodattimien reikälevyt ovat jo siinä kunnossa, että ne on tarkistettava ja kuluneet levyt on uusittava. Eri vaihtoehtoja reikälevyjen toimittajaksi on useita. Työ kuuluu ajoittaa samanaikaisesti letkusuodattimien vaihdon kanssa.

Jos letkusuodattimet eivät kestä enää kuin vuoden käytössä, kannattaa seuraavaksi kokeilla PTF-pinnoitteisia letkuja.

9.2 Letkusuodattimien paineilmapuhdistus

Letkusuodattimia puhdistetaan paineilmapulsseilla. Paineilmapulsseja ohjauttaa ns. "mustalaatikko" joka koostuu transistorilähdöistä. Pulssiohjausyksikkö ZIQ-2 käsittää 28 erillistä lähtöä, joihin on kuhunkin kytketty 12 magneettiventtiiliä. Täten kukin magneettiventtiili vapauttaa puhdistuspaineilman 18 suodatinletkuun.

Näitä 28 lähtöä, joita myös "askeleiksi" kutsutaan, ohjaa paine-eromittaus letkusuodattimien, eli molempien yksiköiden läpi. Kun paine-ero kasvaa riittävän suureksi, antaa ohjausyksikkö käskyn vapauttaa yhden "askeleen" venttiilit. Ellei paine-ero tästä laske riittävästi, odottaa ohjausyksikkö, kunnes ilmanpaine on noussut 2,7 baariin ja vapauttaa seuraavan "askeleen" venttiilit. Paineen nousu 2,7 baariin kestää noin 40 sekuntia ja noin 60 sekuntia 3 baariin, mikä on oletustaso. Venttiilien nopeasta liikkeestä johtuen paine ei laske paineilmapulssin laukaisun jälkeen nolnaan vaan painetaso jää noin yhteen baariin. Kun kaikki 28 askelta on käyty läpi, aloittaa ohjausyksikkö kierroksen alusta laukaisten seuraavaksi askeleen 1 venttiilit.

Ongelmia tästä järjestelmästä syntyy, jos jotkin venttiilit eivät vian vuoksi avaudu. Ottaen huomioon, että jokainen venttiili vapauttaa paineilman 18

suodatinletkuun, aiheuttaa yhdenkin venttiilin rikkoutuminen tuntuvan alenemisen letkusuodatinyksikön kokonaistehoon. Jos jommankumman yksikön savukaasuvirtausvastus kasvaa letkujen läpäisy- eli suodatintehon alenemisen johdosta, etsivät savukaasut itsestään helpoimman reitin ja ohjautuvat enemmän toiselle letkusuodatinyksikölle. Tämä taas vähentää paine-eroa tukkeutuneemmalla yksiköllä, mutta letkusuodattimien kokonaisteho laskee.

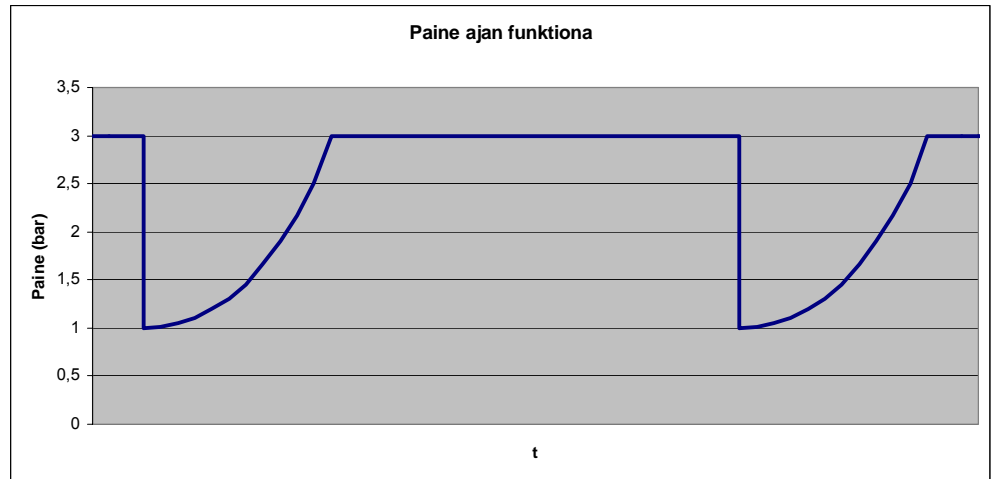
Toinen, ehkä merkittävämpi ongelma on se, jos venttiili ei sulkeudu. Tämä aiheuttaa, ettei paine säiliössä pääse nousemaan 2,7 baariin, joka on rajana paineilmapulssin vapautukselle, mikä estää koko kyseisen lohkon toiminnan. Tällöin jopa 500 suodatinletkua jää ilman paineilmapulssia. Tässä tapauksessa vika on luonnollisesti korjattava kiireesti.

Tällä hetkellä näiden molempien vikatilanteiden havainnointi on vaikeaa. Vian ilmeneminen voidaan päätellä letkusuodattimien paine-eron noususta. Sen toteaminen kumpaa tyyppiä vika on, vaatii jo asiantuntemusta puhdistuspulssiprosessista.

9.2.1 Alkutilanne

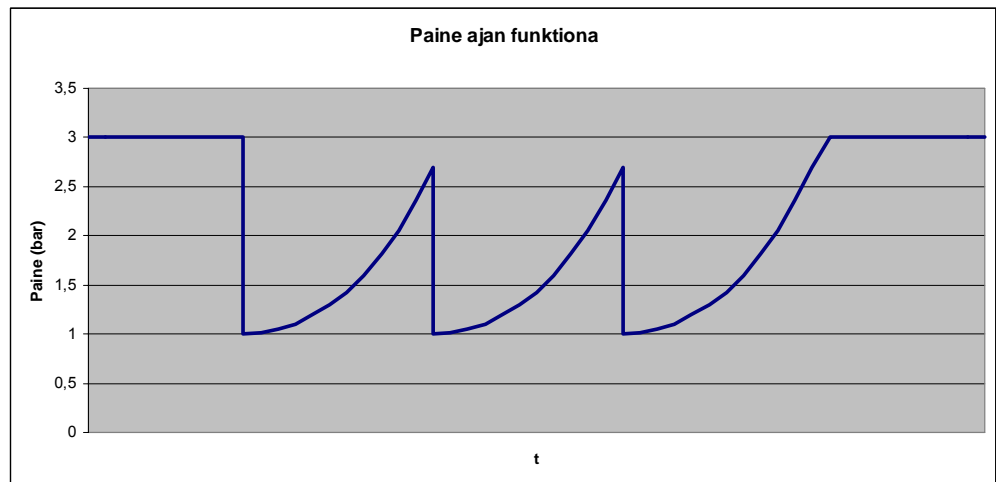
Seuraavissa kuvissa 9-12 on esitelty erilaisia käyriä siitä miten paine käyttäytyy ajan funktiona eri tilanteissa. Käyrät eivät ole mittaustuloksia eivätkä absoluuttisen tarkkoja, vaan ne perustuvat arvioihin joissa on käytetty hyväksi rikinpoistolaitoksen parissa työskentelevien ihmisten kokemukseräistä tietoa ja järjestelmään ohjelmoituja asetuksia. Aika-akseli on jätetty kokonaan arvottomatta, koska oleellisempaa on käyrän muoto kuin tarkat arvot. Myös paineakselin arvoissa voi olla pieniä heittoa todellisesta tilanteesta, vaikkakin esimerkiksi paineen yläraja ja venttiilien laukaisuraja perustuvat ohjausyksikölle ohjelmoituihin arvoihin.

Jos järjestelmä toimii normaalisti, eli ohjausyksikkö antaa tasaisin välein käskyn painepulssille, on painekäyrä ajan funktiona likimain kuin kuvassa 9.



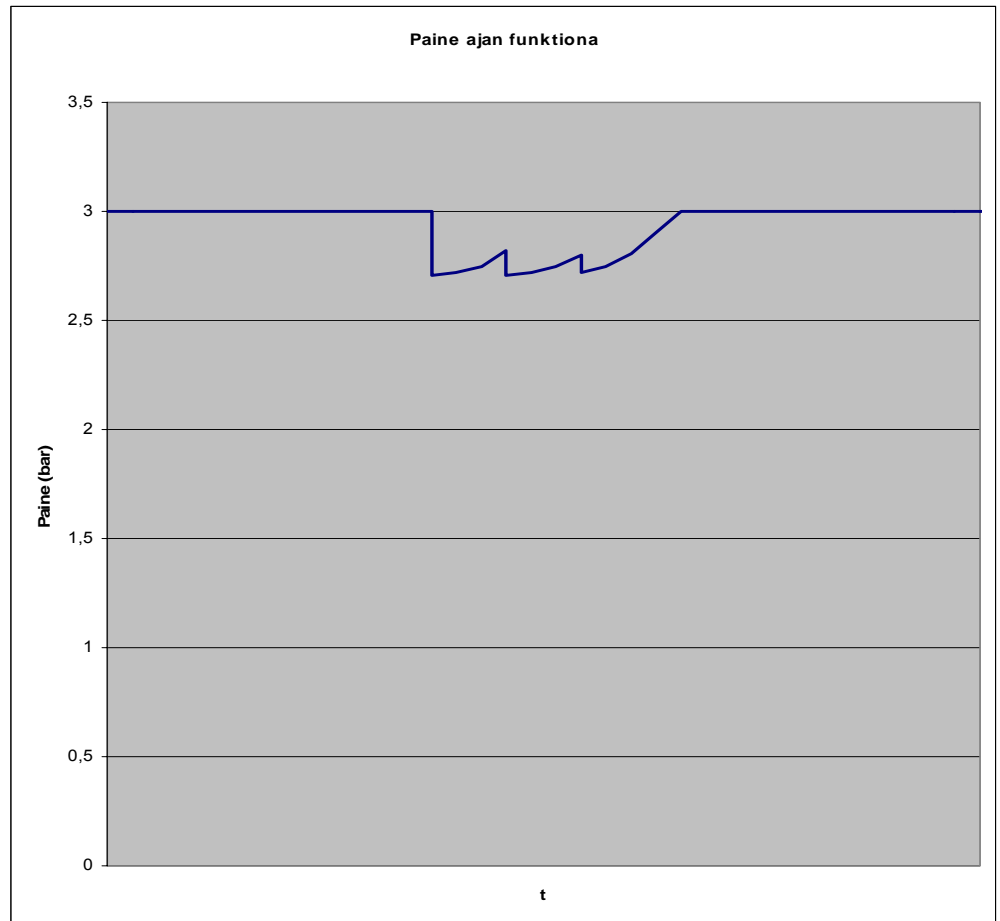
Kuva 9. Normaalitytilanne

Ellei yksi painepulssi riitä vähentämään paine-eroa riittävästi, voi ohjausyksikkö laukaista seuraavan askeleen heti kun paine on saavuttanut 2,7 baa-ria. Näitä pulsseja voi tulla peräkkäin tarvittava määrä. Jos pulsseja tulisi kolme peräkkäin, olisi käyrä kuvan 10 mukainen.



Kuva 10. Useita paineilmapulsseja peräkkäin

Nämä edellä mainitut tilanteet liittyvät järjestelmän normaalikäyttöön. Jos useat venttiilit eivät niiden vikatilanteesta johtuen avaudukaan, on painekäyrä kuvan 11 mukainen.

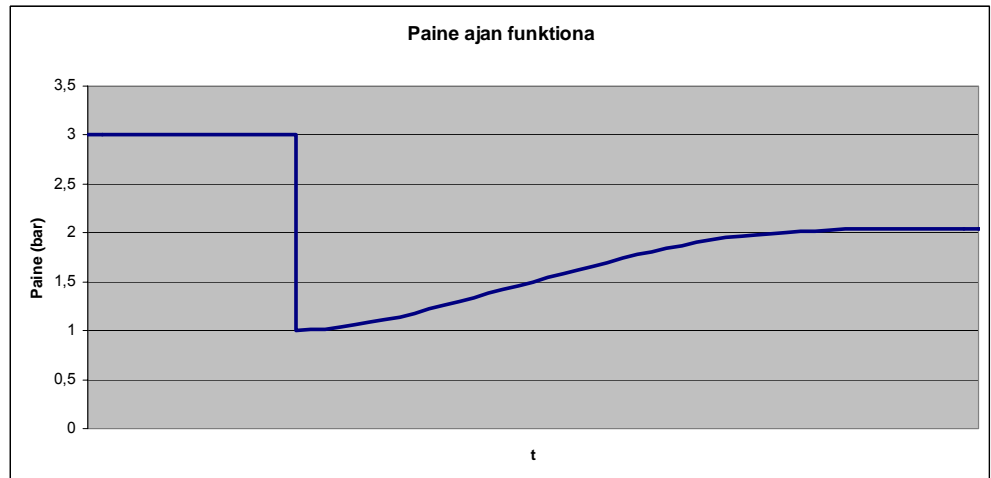


Kuva 11. Venttiilit eivät avaudu kunnolla

Tässä tapauksessa ohjainyksikkö on laukaissut magneettiventtiilit kolme kertaa peräjälkeen. Koska useita venttiilejä oli jäänyt avautumatta niiden viikaantumisen vuoksi, ei paine laskenut kertaakaan alle 2,7 baaria, mikä on venttiilien laukaisun sallivan painetason raja. Tämä aiheuttaa sen, että seuraava paineilmapulssi tulee hyvin nopeasti edellisen perään ja niiden puhdistusteho jää vähäiseksi, koska paineilmaa kuluu hyvin vähän.

Jos jokin venttiili ei sulkeudu kunnolla, ja vuoto on runsasta, voi se lamaanuttaa koko sen puolen letkusuodattimet, kumman reaktorin puolella viallinen venttiili sijaitsee. Koska venttiili päästää paineilmaa lävitseen, ei painekammio koskaan saavuta vaadittavaa 2,7 baarin painetta, jolloin se voisi laukaista paineilmapulssin uudelleen. Paineilmalinjassa olevan paineenalennusventtiilin toimintatavasta johtuen ilmamäärä saavuttaa paineen noustessa tason, jonka viallinen venttiili päästää kokonaisuudessaan lävitseen. Kuvan 12 käyrä kuvaa paineen nousua tässä tapauksessa. Kyseisen vian ilmetessä on välittömästi paikallistettava kammio, jossa vioittunut venttiili sijait-

see ja eristettävä se muista kammioista sulkuventtiilillä. Tämän jälkeen voit-
tunut venttiili on korjattava tai vaihdettava ehjään.



Kuva 12. Venttiilit eivät sulkeudu kunnolla

9.2.2 Toimintasuositus

Yllämainituista käyristä näkee letkusuodattimien paineilmapulssin ja sen jäl-
keisen venttiilikammiossa tapahtuvan paineen nousun. Lisäämällä ilman-
paineanturit paineilmaputkiin, jotka menevät venttiilikammioihin ja liittämällä
niiden antama tieto PVJ-järjestelmään, olisi käytettävissä reaaliaikaista in-
formaatiota paineilmapulssien toiminnasta. Näiden tietojen perusteella ja
tuntemalla yllämainitut käyrätyypit ja niiden eri variaatiot, voidaan päätellä
toimiiko järjestelmä niin kuin pitääkin. Nämä käyrät tulee myös saada piirty-
mään näytölle, jolloin niitä voidaan seurata. Tarvittaessa voidaan myös aset-
taa eri raja-arvoja, milloin PVJ antaa hälytyksen, ja tämä onkin suositeltavaa
ainakin viimeisen tapauksen kohdalla, eli jos venttiili ei sulkeudu kunnolla.

10 SAVUKANAVAT

Rikinpoistolaitoksen savutiet ovat laitoksen sisäpuolella Fe 37 b-teräslevystä tehtyjä suorakulmaisia savukanavia. Rikinpoistolaitoksen ulkopuoliset osat ovat Cortenista. Pellin paksuus vaihtelee 3–5 mm. Viiteen eri sektoriin jaettuna savukaasukanavisto olisi seuraavanlainen:

1. Kanava joka tulee sähkösuodattimilta ja jakaantuu kahdeksi molemmille reaktoreille.
2. Kummastakin reaktorista menevät savukaasut omaa kanavaansa pitkin letkusuodattimille.
3. Letkusuodattimilta molempien reaktoreiden savukaasut lähtevät omia teitään ja yhtyvät ennen savukaasupuhallinta.
4. Savukaasupuhaltimelta menee yksi linja piippuun.
5. Rikinpoistolaitoksen ollessa ohituksella menevät savukaasut kummaltakin laitokselta omia kanaviaan pitkin omiin piippuihinsa.

10.1 Alkutilanne

Savukanavista tarkistetaan vuosittain ne osat, joihin pääsee käsiksi ilman telineiden rakentamista. Muiden osien tämän hetken kunto ei ole tarkasti tiedossa. Tämä johtuu suuresta työmäärästä, minkä niiden tarkistaminen vaatii. Telineiden rakentaminen ja kanavien puhdistaminen ovat niin isoja töitä, että tähän asti savukanavia on korjailtu ulkoapäin havaittavien, jo syntyneiden vaurioiden ilmetessä. Savukanaviin on lisätty jälkikäteen virtausohjauspeltejä. Sen suurempia urakoita ei ole vielä tehty.

10.2 Toimintasuositus

Kaikki savukanavat täytyy tarkastaa kaikilta osin ja kunnostaa tarvittaessa. Savukanavat tulee myös suojata ruosteen- ja kulumisenestoaineella. Savukanaviin ei kannata vaihtaa uusia materiaaleja, koska niiden kustannukset niiden tuomaan hyötyyn nähden tulevat liian suuriksi. Savukaasukanavat eivät ole kuitenkaan tuottaneet niin paljon ongelmia, ettei nykyisellä menetelmällä voitaisi jatkaa sen jälkeen kun ne on tarkastettu ja kunnostettu, myös niistä hankalista paikoista, joihin pitää rakentaa telineet.

11 SAVUKAASUPELLIT

Savukanavisto sisältää viisi savukaasupeltiä:

1. SaB (Salmisaaren B-voimalaitos) -tulopelti 0TR00S100
2. Rikinpoistolaitoksen poistopelti 0TR10S200
3. SaB-ohituspelti 0TR07S100
4. SaA (Salmisaaren A-voimalaitos) -ohituspelti 7WR01S100
5. SaA tulopelti 7WR03S200

Savukaasupeltien yleistiedot ovat seuraavat:

Savukaasupellit on valmistanut Saksalainen Stober+Morlock yhtiö.

SaB tulopelti on tyyppiä E sälepelti, jonka tiiveystasoksi luvataan 99.95 %.

Mitat:

leveys	4400	mm
korkeus	4000	mm

SaB-poistopelti on samanlainen kuin SaB tulopelti.

SaB ohituspelti on tyyppiä E sälepelti jonka tiiveystasoksi luvataan 99.95 %.

Mitat:

leveys	2800	mm
korkeus	7000	mm

Paineilmasäiliö pellin päällä tuo koko konstruktion mittoihin hieman lisää. Oma paineilmasäiliö sk-pellillä on varotoimenpide, joka ajaa SaRin ohituk-
selle, mikäli paineilmat häviävät laitokselta.

SaA-tulopelti on tyyppiä K sälepelti, jonka tiiveystasoksi luvataan 98,5 %.

Mitat:

leveys	3000	mm
korkeus	1800	mm

SaA-ohituspelti on tyyppiä D9 oleva kolmitiepelti, jonka tiiveystasoksi luvataan 100 %.

Mitat:

leveys	2000	mm
korkeus	3200	mm

11.1 Alkutilanne

Savukaasupeltien kanssa ei ole ollut kovin paljon ongelmia. Enemmän huolta aiheuttaa se, että niiden kunto ei ole tarkkaan tiedossa. Sk-pellit ovat sellaisissa paikoissa, että niiden tarkastamiseksi täytyy rakentaa telineet. Savukaasupellit ovat alkuperäisiä eli noin kaksikymmentä vuotta vanhoja, joten voidaan olettaa, että uusimistarvetta tulee jonkin verran. Ainakin kunnostustöitä joudutaan tekemään.

Savukaasupeltien tilatietoanturit on huonosti suojatut. Niiden toiminnassa on ollut ongelmia. Anturit ovat noin kaksikymmentä vuotta vanhoja, joten niiden osalta on todennäköisesti saatavilla helposti nykyaikaisempaa tekniikkaa.

11.2 Eri vaihtoehtoja savukaasupelleille

Savukaasupelleille on olemassa useita eri vaihtoehtoja savukanaviston rakenteesta ja tiiveysvaatimuksesta riippuen. Tarpeettoman tiivistä ratkaisua ei kannata lähteä hakemaan, sillä savukaasupeltien hinnat nousevat voimakkaasti yhdessä konstruktion monimutkaisuuden kanssa. Mitä tiiviimpää ratkaisua haetaan, sitä monimutkaisemmaksi pelti tulee. Seuraavassa on lueteltuna vaihtoehtoja, jotka olisivat sovellettavissa rikinpoistolaitoksen savukanaviin.

11.2.1 Sälepelti

Sälepelti on yleisin savukanavissa käytetty peltityyppi. Sälepelleissä kääntyvät säleet sulkevat savukaasujen virtauksen kanavaan. Toimilaitteet ovat yleensä joko pneumaattisia tai sähköisiä. Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitoksen savukaasupelleistä SaB-tulopelti, SaB-ohituspelti, SaA-tulopelti ja rikinpoistolaitoksen poistopelti ovat tämän tyyppisiä sälepeltejä varustettuna pneumaattisilla toimilaitteilla.

11.2.2 Kolmitiepellit

Kolmitiepeltejä käytetään silloin, kun halutaan, että voidaan säädellä savukaasujen määrää kahteen eri kanavaan. Tällainen ratkaisu on SaA:n ohituspelti varustettuna sähköisellä toimilaitteella. Kolmitiepellin etuja on myös hyvä tiiveys.

11.2.3 Giljotiinipelti

Giljotiinipelti on käytännöllinen vaihtoehto, jos asennusvälin on oltava mahdollisimman pieni. Giljotiinipellin hyviä puolia on sen kestävyys vaativissakin olosuhteissa. Toisaalta kokonaismitoiltaan ratkaisu vaatii aika paljon tilaa.

11.2.4 Tiivistysilmapelit

Tiivistysilmapelit ovat tyypiltään joko 1-kerrostiivistysilmapeltejä tai 2-kerrostiivistysilmapeltejä. Valinta tehdään halutusta tiiveystasosta ja sallitusta rakennepituudesta riippuen. 2-kerrostiivistysilmapellin hyvä puoli on 100-prosenttinen kaasutiiveys. Huonoihin puoliin kuuluu monimutkaisempi konstruktio ja tästä luonnollisesti seuraava hinnan nousu.

11.3 Toimintasuositus

Kaikkien savukaasupeltien tiiveys täytyy saada sille tasolle, mitä kyseinen pelti vaatii. Pellit on myös tarkistettava kuntonsa puolesta toimilaitteet mukaan lukien. Savukaasupeltien kuntoa ja tiiveyttä tarkastaessa täytyy punnita pelkkien kunnostustoimenpiteiden riittävyys peltien pitkäikäisyyden kunnossapitoa ajatellen.

Rikinpoistolaitoksen poistopelti on tilattu Sammet Dampers Oy:ltä. Muiden savukaasupeltien uusimistarpeesta ei ole vielä tietoa, vaan se selviää tarkastusten yhteydessä. Mikäli pellit ovat erityisen huonossa kunnossa, ei niitä kannata enää lähteä kunnostamaan, vaan hankkia vastaavat tilalle. Sälepel-

tien tilalle kannattaa hankkia samanlaista mallia olevat ratkaisut, sillä tarpeettoman tiiviit tai monimutkaiset ratkaisut eivät ole perusteltuja.

Täydellisestä tiiveystasosta ei ole hyötyä edes tulopeltien suhteen, koska savukanaviin ei ole tarvetta mennä silloin, kun rikinpoistolaitos on ohituksella, mutta kattila päällä. Savukanaviston laajemmat korjaukset ovat aina niin isoja töitä, että ne on ajoitettava vuosihuollon yhteyteen. Ainoastaan ulkopuolelta tehtävät paikkaustyöt ovat mahdollisia kesken kauden.

SK-peltien tilatietoanturit kannattaa uusia ja suojata paremmin.

12 SISÄISET KULJETUSJÄRJESTELMÄT

12.1 Putkikuljetin

Putkikuljettimen yleistiedot ovat seuraavat:

Valmistaja	Schrage		
Kuljetuskapasiteetti	norm.	0,16	m ³ / h
	max.	0,50	m ³ / h
Pituus		n. 22,5	m
Ketjunopeus		0,01	m / s
Kuljetinketju		t = 160	mm
Uusi vaihdemoottori: Carl BockWoldt CB59-MT90S4			
Moottori ABB			
Teho		1,1	kW
Kierrosnopeus		1500	r / min

Alkutilanne

Tällä hetkellä putkikuljetin on siinä kunnossa, että se tulisi uusia. Putkikuljettimen tilalle on mietitty myös muita vaihtoehtoja, koska putkikuljetin tarvitsee melko paljon kunnossapitoa. Rajoittavaksi tekijäksi muodostuu kuljettimen reitillä olevat nousu ja mutkat kuten kuvasta 13 näkyy. Jos tilalle harkittaisiin esimerkiksi kolakuljetinta, joka vaatii vähemmän huoltoa, voisi sen asentaminen olla hankalaa kuljettimen rakenteen vuoksi. Putkikuljettimella on helpompi toteuttaa suunnanvaihdokset ja lisäksi sille on olemassa valmiit paikat.



Kuva 13. Putkikuljetin

12.2 Pohjaraapat

Pohjaraappojen yleistiedot ovat seuraavat:

Lukumäärä	2	kpl
Nimellisleveys	650	mm
Kuljetuskapasiteetti, pieni nopeus	6,7	m ³ / h
Kuljetuskapasiteetti, suuri nopeus	13,4	m ³ / h

Ketjunopeus, pieni nopeus	1,13	m / min
Ketjunopeus, suuri nopeus	2,28	m / min
Moottoriteho	2,2	kW

Alkutilanne

Pohjaraapan toimintaan on aiheuttanut ongelmia lähinnä suurten kalkkiker-
tymien tippuminen rikinpoistolaitoksen ylös- ja alasajojen yhteydessä raapal-
le. Nämä ovat jumittaneet pohjaraapan ja aiheuttaneet näin SaRin alasajon.
Kuljettimien sähkömoottorien tehoja on nostettu, eikä nykyisin ole tarvetta
nostaa tehoa lisää. Reaktoreiden parantunut tilanne kalkkiker-
tymien suhteen on poistanut isojen kalkkilohkareiden putoamisen aiheuttaman ongelman lä-
hes kokonaan.

Molemmista pohjaraapoista on tehty tilaukset Helsingin Energian omalle ko-
nepajalle ja ensimmäinen on tarkoitus asentaa jo seuraavan vuosihuollon ai-
kana. Kuljettimen moottoria ja vaihteistoa ei uusita ja kuljetin on samanlai-
nen kuin nykyinenkin. Uusien kuljettimien oletettu kesto-aika on noin 8–10
vuotta.

12.3 Pystyraapat

Pystyraappojen yleistiedot ovat seuraavat:

Lukumäärä	2	kpl
Nimellisleveys	400	mm
Kuljetuskapasiteetti	14	m ³ / h
Ketjunopeus	2,92	m / min
Nousukulma	68°	
Moottoriteho	norm.	1,1 kW
	maks.	2,2 kW

Alkutilanne

Pystyraapat ovat muuten kunnossa, mutta niiden alaosat (kuva 14) ovat uusimisen tarpeessa. Kuljettimien alaosat ovat kuluneet käytössä ja kiertöpölyn kuluttavasta vaikutuksesta. Kuljettimista ei toistaiseksi tarvitse uusia muita osia. Pystyraapan paikalle ei ole syytä miettiä erilaista kuljetusratkaisua. Kiertöpöly on luonteeltaan sellaista, että ellei kuljettimessa ole tarpeeksi korkeat kolat, vierii kiertöpöly kuljettimessa alaspäin pystyraapan jyrkästä noususta johtuen. Myöskään elevaattorin käyttäminen kiertöpölyn nostamiseen kiertöpölysiiloon ei ole toimiva ratkaisu. Elevaattorin kupit kerrostuvat pikkuhiljaa käytössä niin pahasti, että ne menevät lopulta umpeen. Nykyinen järjestelmä on todettu käytännössä toimivimmaksi.



Kuva 14. Pystyraapan alaosa.

12.4 Pölylähettimet

Pölylähettimien yleistiedot ovat seuraavat:

Pölylähettimien lukumäärä	12	kpl
Lähettimen koko	600	l
Kuljetusputken pituus, n.	70	m
Mitoittava kuljetuskapasiteetti, yht.	19 300	kg / h

12.4.1 Alkutilanne

Pölylähettimien NDT- ja painelaitetarkastuksissa on havaittu, että itse paineastiat ja niiden varolaitteet ovat kunnossa. Nämä osiot tarkastetaan säännöllisin väliajoin. Vuosihuoltojen yhteydessä on tarkistettu täyttöventtiilien tiivisteet ja uusittu ne tarpeen vaatiessa. Tarvittaessa on vaihdettu koko venttiili, mutta tällä hetkellä venttiilejä ei ole yhtään varalla. Pölylähettimien täyttöventtiili onkin ollut laitteiston eniten huoltoa vaativa kohde.

12.4.2 Eri vaihtoehdot

Vaihtoehdot menettelyyn pölylähettimien kanssa ovat olla tekemättä mitään ja jatkaa entiseen malliin, uusia venttiilit kokonaan ja etsiä uusi venttiilityyppi tilalle, tai vaihtaa pölylähettimet toimilaitteineen kokonaan.

Nykyisellään jatkamisen ongelmaksi muodostuu varaosien puute. Tällä hetkellä venttiilejä on ollut varalla, mutta ne ovat nyt loppuneet. Jos entiseen malliin jatketaan, on täyttöventtiilejä hankittava varaosiksi, jotta rikkoutuneet venttiilit voidaan vaihtaa.

Yksi vaihtoehto olisi vaihtaa pelkästään pölylähettimien täyttöventtiilityyppi, mutta sen toimenpiteen kustannukset olisivat niin suuret, ettei ole järkevää vaihtaa pelkästään venttiilejä. Kun pölylähettimiä aletaan uusia, on syytä vaihtaa kaikki siihen kuuluvat osat, ellei hankita vain uusia täyttöventtiilejä. Uusien täyttöventtiilien hankkiminen ei poistaisi pölylähettimien uusimistarvetta tulevaisuudessa, mutta antaisi siihen lisääaikaa.

12.4.3 Elmomet Oy:n pölylähettimet

Elmomet Oy tarjoaa uusiksi pölylähettimiksi ratkaisua, jonka merkittävimpinä eroina nykyisiin pölylähettimiin on kaksisäiliöinen lähetin ja varmempitoiminen täyttöventtiili (kuva 15). Erona nykyisiin pölylähettimiin Elmometin tarjoamassa mallissa on myös hitaampi materiaalin virtausnopeus. Valmistajan mukaan tämä vähentää tukkeutumisvaaraa kuljetusputkistossa. Fluidisointi tapahtuu tässä kuljettimessa yläsäiliössä, johon kuljettettava materiaali pääsee vapaasti virtaamaan huoltoventtiilin ollessa auki-asennossa.



Kuva 15. ELMO 100 automaattinen painekuljetin

Lähettimen täyttöventtiilinä toimii keraamisesti pinnoitettu kalottiventtiili, jonka kautta kuljetettava materiaali annostellaan alasäiliöön, josta kuljetus eteenpäin lähtee. Lähettimen voi tilata myös ilman yläosaa, mutta silloin fluidisointijärjestelmä täytyisi rakentaa pöylähettimien suppiloihin.

Elmometin pöylähettimiä on käytössä Salmisaaren voimalaitoksen alueella 7-kattilan tuhkan kuljettimina ja sähkösuodattimilla. Kokemukset lähettimien toimintavarmuudesta ja huoltotarpeista ovat olleet hyviä. Huoltotarpeen nykyisiin Sarilla oleviin lähettimiin verrattuna voidaan olettaa vähentyvän johtuen mm. täyttöventtiilinä toimivan kalottiventtiilin paremmasta ja kestävämmästä toiminnasta. Uusia pöylähettimiä hankittaessa Elmometin tarjoama ratkaisu onkin varteenotettava vaihtoehto.

12.5 Toimintasuositus

Sarissa olevat pöylähettimet tulevat väistämättä käyttöikänsä päähän lähivuosina. Huoltomahdollisuudet niiden osalta ovat jo melko rajoittuneet. Vanhat täyttöventtiilit ovat moneen kertaan kierrätetyt ja paineastiatkin ovat kulumineet, vaikka niitä huolletaan säännöllisesti.

Järkevin vaihtoehto on hankkia kokonaan uudet pöylähettimet. Pelkkien osien uusiminen olisi ensinnäkin hankalaa niiden saatavuuden kannalta ja

toiseksi se ei olisi taloudellisestikaan kannattavaa. Pölylähettimien uusiminen kannattaa ajoittaa samanaikaiseksi automaatiouudistuksen kanssa.

Pohjaraapan osalta toiminta on selvää, koska uudet raapat on jo tilattu. Pysytyraapasta ei toistaiseksi kannata uusia kuin alaosa, mutta tulevaisuudessa tulee ajankohtaiseksi uusia koko kuljetin. Putkikuljetin täytyy uusia kokonaisuudessaan lähivuosina. Uutta järjestelmää putkikuljettimen tilalle ei kannata hankkia vaan ostaa vastaava tilalle.

13 KUNNOSTUSAIKATAULU

13.1 Vuodet 2009–2014

2009

- Uusien kalkinsammuttajien hankinnan aloittaminen
- Letkujen vaihto
- Savukaasujen poistopellin paikoilleen asennus
- Savukaasupuhaltimelta piippuun menevän savukaasukanavan telineiden teko, tarkastus ja tarvittava kunnostus
- Savukaasukanavien ja palkeiden tarkistaminen niiltä osin, kuin voidaan ilman telineiden rakentamista; tämä tehdään vuosittain
- Reaktoreiden kolmikerroskanaviston palkeiden uusiminen
- Kalkkisiilon tyhjentäminen
- Letkusuodatin 1. Letkutilan ja suppilon telineiden teko. Pesu, raepuhallus, tarkastus, tarvittava korjaus ja pinnoitus.
- 1-Reaktorin uuden pohjaraapan asennus
- 2-Reaktorin ja letkusuodattimen välinen kolmikerroskanavan alue. Telineiden teko. Kanavien puhdistus, raepuhallus, tarkastus, tarvittava korjaus ja pinnoitus.
- Varastosäiliön sekoitusratkaisun päättäminen ja mahdollisen hankinnan aloittaminen

2010

- Uusien kalkinsammuttajien asennus
- 1-Reaktorin ja letkusuodattimen välinen kolmikerroskanavan alue. Telineiden teko. Kanavien puhdistus, raepuhallus, tarkastus, tarvittava korjaus ja pinnoitus.
- Letkusuodattimilta savukaasupuhaltimelle menevän savukaasukanaviston telineiden teko, tarkastus ja tarvittava kunnostus
- Letkujen vaihto (mahdollisesti). Jos vaihdetaan niin kokeillaan PTF-pinnoitteisia letkuja.
- 2-Reaktorin uuden pohjaraapan asennus
- Letkusuodatin 2. Letkutilan ja suppilon telineiden teko. Pesu, raepuhallus, tarkastus, tarvittava korjaus ja pinnoitus. (Ellei letkuja vaihdeta, siirtyy seuraavalle vuodelle.)
- Reaktoreiden mahdollisista kaasupulssinuohoimista päätöksen teko ja mahdollisen hankinnan aloittaminen
- Pystyraappojen alamutkan uusiminen. (Tarvittaessa siirretään seuraavalle vuodelle.)
- Varastosäiliön mahdollisen uuden sekoitusratkaisun asentaminen

2011

- Letkusuodattimien savukanavien, reikälevyjen ja reikälevyjen yläpuolisen osan pesu, tarkastus ja mahdollinen korjaus. Raepuhallus ja pinnoitus. (Ellei letkuja vaihdeta, siirtyy seuraavalle vuodelle.)
- Letkujen vaihto (mahdollisesti)
- Uuden putkikuljettimen tai korvaavan järjestelmän hankkimisen aloittaminen
- Jos hankitaan kaasupulssinuohoimet, asennetaan ne reaktoreille.

2012

- 1-kattilan tulo ja ohituspeltien tarkastus
- 1-kattilan alkupään savukanavien tarkastus niiltä osilta, kun joudutaan rakentamaan telineet
- Uuden putkikuljettimen tai korvaavan järjestelmän asennus
- Uusien pöyläheittimien hankkimisen aloittaminen
- 5-pystyraapan hankkimisen aloittaminen

2013

- 6-pystyraapan hankkimisen aloittaminen
- 5-Pystyraapan uusiminen
- Uusien pöyläheittimien asentaminen

2014

- 6-Pystyraapan uusiminen
- 7- kattilan alkupään savukanavien tarkastus niiltä osilta, kun joudutaan rakentamaan telineet
- 7-kattilan tulo- ja ohituspeltien tarkastus.

13.2 Vuodet 2015-2018

Tällä ajanjaksolla tehdään edellä mainituista töistä ne, jotka ovat jostain syystä jääneet tekemättä. On myös mahdollista, että nyt tiedossa olevien töiden lisäksi on ilmennyt tähän mennessä muitakin isompia kunnostustöitä, joita rikinpoistolaitokselle joutuu tekemään. 2016 voimaanastuva EU:n päästörajojen toinen vaihe voi myös tuoda lisäpainetta rikinpoistolaitoksen toiminnalle.

13.3 Vuodet 2019–2028

Tällä ajanjaksolla joudutaan jo todennäköisesti tekemään isojakin kunnostuksia edellä mainittuihin osa-alueisiin. Kun edellisestä suuremmasta kunnostuksesta on kulunut yli kymmenen vuotta, uusitut ja täysin kunnostetut osatkin ovat todennäköisesti siinä kunnossa, että kunnostus ja uusinta kierros alkaa alusta.

14 LOPPUPÄÄTELMÄT

Insinööriyön tavoitteena oli saada aikaan suunnitelma, jota noudattamalla Salmisaaren voimalaitoksen rikinpoistolaitos pysyy toimintakuntoisena tulevaisuudessa ja pystyy vastaamaan EU:n uusiin päästörajoituksiin ja etenkin niiden rikinpoistolaitoksen epäkäytettävyyssaikaa koskeviin asetuksiin ja rajoituksiin.

Työ sujui suunnitellusti ja lopputuloksena syntyi eheä kokonaisuus joka pitää sisällään projektin alussa määritellyt osa-alueet. Huomioitavaa on, että tämä työ ei pidä sisällään kaikkia rikinpoistoprosessin osia. Työstä rajattiin aloitushetkellä pois mm. paineilma- ja automaatiolaitteet. Lisäksi tässä työssä jätettiin kokonaan käsittelemättä rikinpoistolaitoksen ajotapojen merkitys laitoksen virheettömälle toiminnalle. Vaikka laitos toimiikin automaattisesti, on etenkin häiriötilanteissa rikinpoistoprosessin toiminnan tunteminen tärkeää lisäongelmien välttämiseksi.

Työtä tehdessä kävi ilmi, ettei rikinpoistolaitokseen kannata, eikä oikein pystykään tekemään suuria muutoksia. Suurin osa prosessin osista on toimintatapansa puolesta optimaalisia tämäntyyppisessä laitoksessa. Joissakin tapauksissa muutokset aiheuttaisivat muutettavaan osa-alueeseen linkitty-

neissä osissa muutostarpeita ja tulisivat tätä kautta taloudellisesti kohtuuttoman kalliiksi. Myös tilanpuute laitoksella asettaa omia rajoitteitaan.

Nykyisellä rikinpoistolaitoksella on täysi mahdollisuus selvittää uusista päästörajoituksista, mutta sen kunnon ylläpito vaatii lähivuosina panostusta. Tämän työn loppupuolella olevasta kunnostusaikataulusta näkee, että seuraavien vuosien vuosihuolloille on varattu monia isoja töitä. Myös kokonaan uusia laitteita pitää hankkia, jotta rikinpoistolaitoksen toimintakyky säilyy.

Kunnostusaikataulu on tämän hetken versio ja on hyvin mahdollista, että sitä joudutaan muokkaamaan tarpeen mukaan. Siitä näkee kuitenkin helposti, minkälaisia toimenpiteitä rikinpoistolaitoksella tulisi tehdä lähivuosina. Aikataulu on aika kireä ensimmäisten vuosien ajan, mutta monet töistä ovat sellaisia, että kun ne kerran tekee, ei niitä tarvitse enää moneen vuoteen tehdä.

Tulevaisuudessa rikinpoistolaitoksen toiminnalle saattaa asettaa lisäpaineita vuonna 2016 voimaantuleva päästörajoitusten toinen vaihe, mutta työssä ehdotetut toimenpiteet auttavat varmistamaan rikinpoistolaitoksen pysyvän toimintakykyisenä pitkälle tulevaisuuteen.

VIITELUETTELO

- [1] FINLEX, Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten ja kaasuturbiinien rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen rajoittamisesta [verkkodokumentti, viitattu 20.3.2009]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20021017>
- [2] Lehtonen Pyry, 2008, Rakeisen kiintoaineen varastointi, opinnäytetyö, Tampere, Tampereen ammattikorkeakoulu
- [3] WAM Finland, Gunjet ilmatykki, [Verkkodokumentti, viitattu 15.3.2009]. Saatavissa:
http://www.wamgroup.com/index.asp?ind=product_sheet.asp&idFamiglia=54&idProdotto=271&bkg=yes&menuProd=menu54&idDivision=2&idBranch=64&idLang=103
- [4] Fläkt, Rikinpoistolaitos, Käyttö- ja huolto-ohjeet

VALTIONEUVOSTON ASETUS

Annettu Helsingissä 3 päivänä joulukuuta 2002

polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten ja kaasuturbiinien rikki-dioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen rajoittamisesta

4 luku

Poikkeukselliset tilanteet

14 §

Poikkeuksellisia tilanteita koskevat lupamääräykset

Lupaviranomaisen tulee ympäristöluvassa määrätä polttolaitoksen tai kaasuturbiinin savukaasujen puhdistinlaitteen rikkoutumisen tai sen toiminnan häiriön varalta, että toiminnanharjoittajan on käytettävä vähän päästöjä aiheuttavia polttoaineita. Jos vähän päästöjä aiheuttavien polttoaineiden käyttö ei ole mahdollista, lupaviranomaisen tulee ympäristöluvassa määrätä toiminnanharjoittaja rajoittamaan laitoksen toimintaa taikka keskeyttämään se määräajaksi tai toistaiseksi, jos laitos ei voi palata normaaliin toimintaan 24 tunnissa.

Lupaviranomaisen tulee ympäristöluvassa määrätä, että laitos saa toimia ilman savukaasujen puhdistinlaitteita enintään 120 tuntia 12 kuukauden jakson aikana.

15 §

Poikkeuksellisesta tilanteesta ilmoittaminen

Toiminnan harjoittajan on ilmoitettava ympäristönsuojelulain 64 a §:n mukaisesti polttolaitoksen ja kaasuturbiinin savukaasujen puhdistinlaitteiden häiriöistä ja rikkoontumisista 48 tunnin kuluessa niiden ilmenemisestä ja polttoaineen saatavuudessa ilmenneistä häiriöistä välittömästi alueelliselle ympäristökeskukselle ja kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.

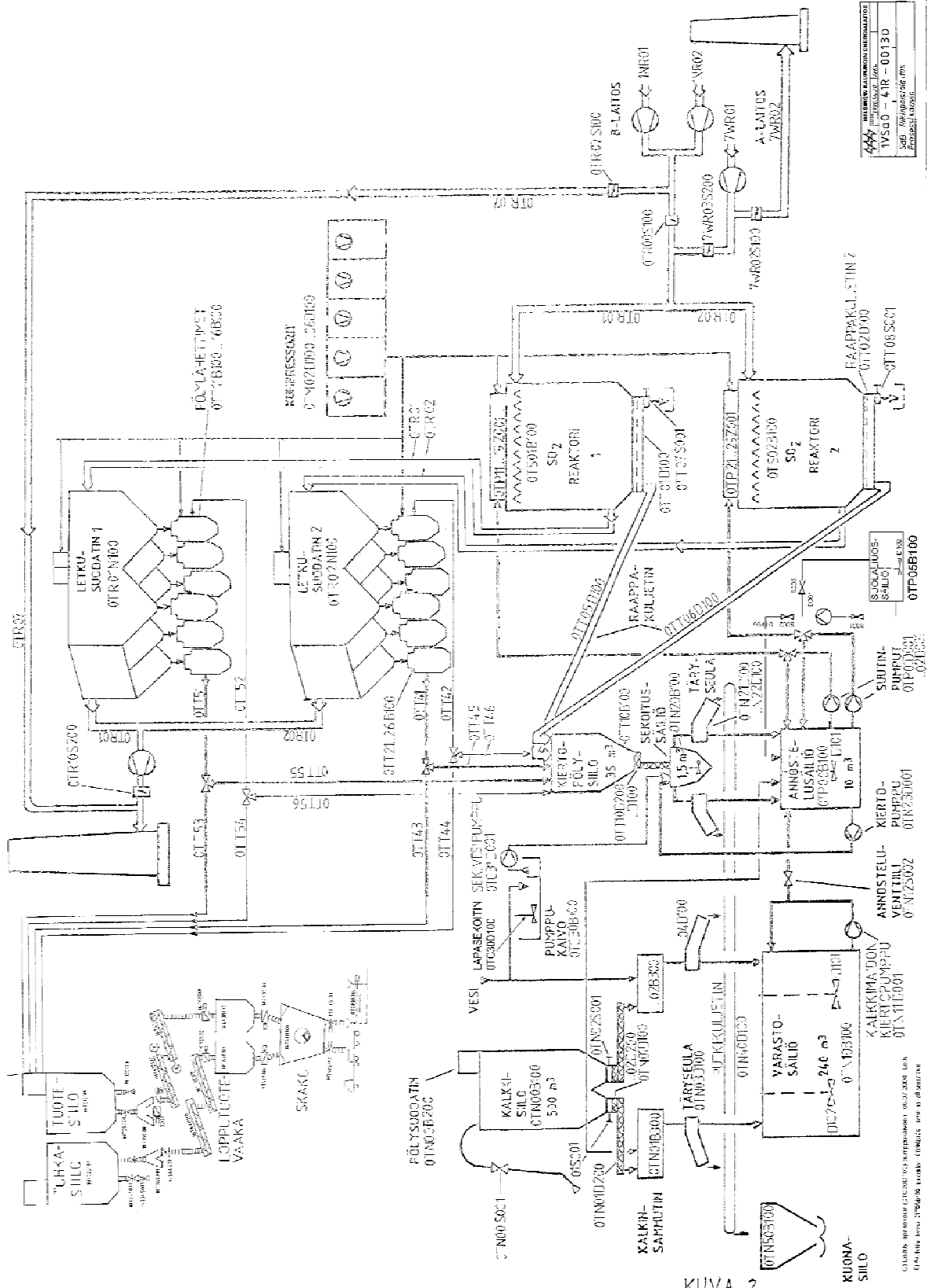
16 §

Määräykset poikkeuksellista tilannetta koskevan ilmoituksen johdosta

Alueellinen ympäristökeskus voi poikkeuksellista tilannetta koskevan ilmoituksen johdosta ympäristönsuojelulain 64 a §:n nojalla määrätä 14 §:ssä tarkoitetuista aikamääristä toisin, jos energian saanti on välttämätöntä turvata tai jos rikkoutunut laitos korvattaisiin rajoitetuksi ajaksi laitoksella, jonka päästöt olisivat suuremmat kuin rikkoutuneen laitoksen päästöt häiriötilanteessa.

Jos vähärikkisiä polttoaineita käyttävässä laitoksessa ei voida noudattaa laitosta koskevia päästöraja-arvoja sen vuoksi, että polttoaineen toimitukset ovat keskeytyneet polttoaineen vakavan puutteen vuoksi, alueellinen ympäristökeskus voi hyväksyä poikkeuksellisen tilanteen jatkuvan enintään kuuden kuukauden ajan.

Jos kaasumaisia polttoaineita käyttävässä laitoksessa ei voida noudattaa sitä koskevia päästöraja-arvoja polttoaineen saatavuudessa ilmenneiden puutteiden vuoksi ja jos laitokseen olisi tällöin asennettava savukaasujen puhdistinlaite, alueellinen ympäristökeskus voi hyväksyä, että laitoksessa voidaan käyttää muuta kuin kaasumaista polttoainetta enintään 10 vuorokauden ajan. Jos energian saannin turvaaminen on välttämätöntä, alueellinen ympäristökeskus voi hyväksyä muun polttoaineen käytön jatkuvan pidempään. Energian saannin turvaamisen välttämättömyydestä on pyydettävä kauppaa- ja teollisuusministeriön lausunto. [1.]



KUVA 2

D Lisätyt suolaussäiliöt OTPD102

444 KEMIANTEKNIINEN KESKUS Puhelin: 010-3051000 Faksi: 010-3051001 Sähköposti: kemian@kemi.fi Internet: www.kemi.fi

Ohjeita: KEMIANTEKNIINEN KESKUS
 Ohjeita: KEMIANTEKNIINEN KESKUS