

Valtteri Rantala

Suolalaadun vaihtamiseen tarvittavat
muutokset suolaliuoskierrossa
Kemira Joutseno

Opinnäytetyö
Prosessitekniikka

2018



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Valtteri Rantala	Insinööri (AMK)	Elokuu 2018
Opinnäytetyön nimi		21 sivua
Suolalaadun vaihtamiseen tarvittavat muutokset suolaliuos- kierrossa Kemira Joutseno		
Toimeksiantaja		
Kemira Chemicals		
Ohjaaja		
Jarkko Männynsalu, Xamk ja Janne Kivistö, Kemira		
Tiivistelmä		
<p>Kemira Chemicals on kemianteollisuuden yritys, joka valmistaa kemikaaleja pääasiassa pa- peri- ja selluteollisuuden tarpeisiin. Kemira Chemicals valmistaa esimerkiksi suolahappoa, lipeää sekä klooraattia. Näiden tuotteiden valmistamiseen käytetään kahta pääraaka-ainetta jotka ovat vesi ja suola. Kemira Chemicalsin tehtaitten välillä on eroa varsinkin käytetyissä suolalaaduissa: osa tehtaista käyttää vakuumisuoletta ja osa vuorisuoletta. Joutsenon tehtaalla käytetään erittäin puhdasta vakuumisuoletta, kun taas Ortigueiran tehtaalla suolana käytetään valkaistua vuorisuoletta.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli selvittää tarvittavat muutokset Joutsenon tehtaalla, jos vakuumisuoletta vaihdettaisiin vuorisuoletta. Vertauskohteena käytettiin Ortigueiran tehtaalla suolaliuoskiertoa, jossa käytetään vuorisuoletta. Työn ensimmäisissä luvuissa käydään läpi Joutsenon lipeä- sekä klooraattitehtaan suolaliuoskierto sekä Ortigueiran suolaliuoskierto. Suolaliuoskiertojen jälkeen verrattiin suolalaatua eli vakuumi- ja vuorisuoletta. Suolalaatujen vertailun jälkeen paneuduttiin tarvittaviin muutoksiin, joita Joutsenon tehtaalla olisi tehtävä, jos suolalaatu vaihdettaisiin.</p> <p>Työssä käytettiin kirjallisuuden lisäksi lähteenä Kemira Chemicalsin intranet-ohjeita sekä työntekijöiden haastatteluja. Joutsenon ja Ortigueiran tehtaitten suolaliuoskiertoa verratta- essa huomattiin, että liuoskierrat ovat pääpiirteittäin samanlaisia, mutta Ortigueirassa liuos käy läpi pidemmän puhdistusprosessin, mikä johtuu pääasiassa suolalaadusta ja siitä, että siellä pääasiallisena tuotteena valmistetaan pelkästään klooraattia ja vetyä. Joutsenossa teh- das taas on verrattain vanhempi ja klooraattitehtaan lisäksi suolaliuoskiertoa käytetään myös li- peätehtaalla. Lipeätehtaalla membraanikennojen mebraani vaatii erittäin puhdasta suolaliu- osta, kun taas klooraattitehtaalla ei edellytetä yhtä puhdasta suolaliuoskiertoa. Vakuumisuoletta ja vuorisuoletta suurin ero on puhtaus, joka vakuumisuoletta on suurempi.</p> <p>Johtopäätöksenä todetaan, että suolalaatu voitaisiin vaihtaa lisäämällä Joutsenon tehtaalla suolaliuoskierton puhdistustehoa. Tästä muutoksesta voisi pidemmällä aikavälillä olla myös ta- loudellisia hyötyjä, sillä se antaa mahdollisuuden käyttää molempia suolalaatua. Muutosten tekeminen ei sulkisi kumpaakaan suolalaatua pois, vaan antaisi mahdollisuuden valita niiden väliltä.</p>		
Asiasanat		
vakuumisuoletta, vuorisuoletta, suolaliuoskierto		

Author (authors)	Degree	Time
Valtteri Rantala	Bachelor of Engineering	August 2018
Thesis Title Changes in brine treatment required by the change of salt type Kemira Joutseno		21 pages
Commissioned by Kemira Chemicals		
Supervisors Jarkko Männynsalu, Xamk and Janne Kivistö, Kemira		
<p data-bbox="164 768 300 801">Abstract</p> <p data-bbox="164 835 1471 1059">Kemira Chemicals is a company that is specialized in chemical industry. Kemira manufactures chemicals mostly for paper and pulp industries. The main products are hydrochloric acid, sodium hydroxide and chlorate. Raw materials needed for these products are water and salt. The main difference between the operations of various Kemira plants is salt type. Some of the plants uses vacuum salt and some rock salt. Joutseno plant uses extremely pure vacuum salt, and Ortigueira plant uses bleached rock salt.</p> <p data-bbox="164 1093 1471 1272">Objective of this thesis is to define the necessary changes in Joutseno plant required, if vacuum salt is replaced by rock salt. Reference point for this study is Ortigueira plant in Brazil. The first chapters of this thesis describe the brine treatment in Joutseno and in Ortigueira. Next, the differences between vacuum salt and rock salt are shown. Also, the necessary changes in brine treatment required if the salt type is changed are shown.</p> <p data-bbox="164 1305 1471 1641">While comparing Joutseno and Ortigueira plants, it was discovered that the brine treatment process in between these plants were quite similar. Differences are mainly in purification process. The main reasons for the different kind of purification process are perhaps due to Ortigueira plant being newer and the main products there being chlorate and hydrogen. Joutseno, on the other hand, being in operation longer and having a variety of different end-products and therefore, has somewhat different purification system. In Joutseno, at the sodium hydroxide plant membrane cells that need high purity salt are used, but at the chlorate plant the purity of the salt is not as critical. The main difference between the two salts is their purity, vacuum salt being purer than rock salt.</p> <p data-bbox="164 1675 1471 1821">In conclusion, vacuum salt could be changed to rock salt, but changes should be made in the brine treatment also. These changes would help making the purification process more effective. It is also important to notice that if changes are made, it will not eliminate the use of the other salt but would give a choice between the types of salt.</p>		
<p data-bbox="164 1870 323 1904">Keywords</p> <p data-bbox="164 1937 707 1971">vacuum salt, rock salt, brine treatment</p>		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1.	Rajaukset	5
1.2.	Työn rakenne	6
2	JOUTSENON TEHTAAN SUOLALIUOSKIERTO.....	6
2.1	Kloraattitehtaan suolaliuoskierto	6
2.1.1	Kennosalit N1 ja N2	7
2.1.2	Kennosali N3.....	8
2.2	Lipeätehtaan suolaliuoskierto	9
3	ORTIGUEIRAN TEHTAAN SUOLALIUOSKIERTO	12
4	SUOLALAADUT	14
4.1	Vakuumisuola.....	14
4.2	Vuorisuola	16
4.3	Suolalaaduissa esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden poistomenetelmät.....	17
5	MUUTOKSET JOUTSENON SUOLALIUOSPROSESSIIN.....	18
6	YHTEENVETO	20
	LÄHTEET.....	21

1 JOHDANTO

Kemira Chemicalsin Joutsenon toimipaikka kuuluu Kemira konsernin Pulp&Paper segmenttiin. Joutsenon toimipaikalla valmistetaan monia tuotteita erityisesti sellu- ja paperiteollisuuteen, mutta myös esimerkiksi elintarviketeollisuuteen. Tuotteita ovat natriumkloraatti, lipeä, suolahappo, natriumhypokloriitti, vety sekä AKD-tuotteet. Tuotteiden raaka-aineina käytetään vettä, sähköä ja suolaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Kemira Chemicalsin Joutsenon tehtaan suolaliuoskiertoprosessiin tarvittavat muutokset, jos Joutsenossa käytettävä vakuumisuoja vaihdetaan vuorisuolaan. Syy, jonka takia suolalaadun vaihtoa on syytä miettiä, on se, että vakuumisulan saatavuus markkinoilta voi loppua tulevaisuudessa.

Vuorisuola on käytössä Kemiran Etelä-Amerikan tehtailla. Suolalaadun muutoksella pystyttäisiin säästämään tuotantokustannuksissa merkittäviä määriä, sillä vuorisulan hinta on edullisempi kuin vakuumisulan. Edullisuus johtuu vuorisulan verrattain suuresta epäpuhtauksien määrästä.

Suolaliuoskierron tarkoituksena on poistaa suolasta epäpuhtaudet, jotta suola voidaan syöttää elektrolyysiin. Kierto koostuu pääosin erilaisista suodattimista ja säiliöistä.

1.1. Rajaukset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää teknisestä näkökulmasta tehtaiden suolaliuoskiertoprosessiin tarvittavat muutokset, jos vakuumisuoja vaihdetaan vuorisuolaan. Työ ei ota kantaa vuorisulan saatavuuteen tai projektin ja käytön kannattavuuteen liittyviin kysymyksiin, vaikka yhteenveto-osiossa esittääänkin suurpiirteisiä arvioita projektin mahdollisista kustannuksista.

1.2. Työn rakenne

Työn varsinaisessa ensimmäisessä luvussa käydään läpi tehtaan olemassa oleva liuoskierto. Toisessa luvussa esitellään Ortigueirassa käytössä oleva vuorisuolaa käyttävä liuoskierto, jota peilataan Joutsenon tehtaan ensimmäisessä luvussa esiteltyyn kiertoon. Kolmas luku käsittelee suolalaatuja. Neljäs luku sisältää yhteenvedon prosessiin tarvittavista muutoksista sekä suurpiirteisen kustannusarvion mahdollisista kustannuksista niiltä osin, kun ne ovat arvioitavissa.

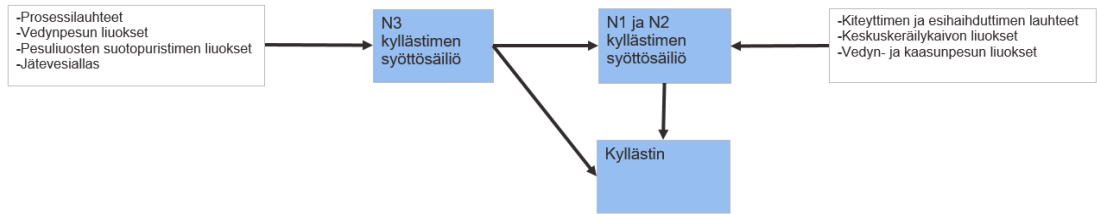
2 JOUTSENON TEHTAAN SUOLALIUOSKIERTO

Joutsenossa suolankäsittely aloitetaan kyllästimiltä, johon vakuumisuolet syötetään kuormaajan avulla. Kyllästimen tehtävänä on väkevöidä liuos. Väkevöinti tapahtuu niin, että laihasuolaliuos liuottaa kyllästimien suolapatjan läpi mensesään itseensä suolaa. Suolaliuoksen väkevyyttä voidaan säätää ohitusventtiilien avulla. Kyllästimen jälkeen liuos johdetaan ylikaatona pumppaussäiliöön. Joutsenossa on omat kyllästimet lipeä- ja kloraatitehtaille, samoin pumppaussäiliöt. Kyllästimeltä tulevan suolaliuoksen väkevyyttä seurataan ominaispainomittauksella. (Kemira, 2013)

2.1 Kloraatitehtaan suolaliuoskierto

Kloraatitehtaalla puhutaan niin sanotusta vanhasta puolesta sekä uudesta puolesta, jotka jaottuvat niin, että N1 ja N2 ovat vanhaa ja N3 taas uutta puolta. N tässä tapauksessa tarkoittaa kennosalia.

Suolaliuos kulkeutuu kyllästimen ja pumppaussäiliön kautta tehtaalle niin, että liuos ajetaan ensin uuden puolen, eli N3:n suodatuksen ja puhtaan suolaliuoksen varastosäiliön kautta vanhan puolen, eli N1:n ja N2:n suodatuksen ja saostuksen kautta reaktiosäiliöille. Tarvittaessa N1:n ja N2:n liuoskäsittely voidaan erottaa N3:n liuoskäsittelystä ja näin ollen ajaa myös erillään. (Kemira, 2013)

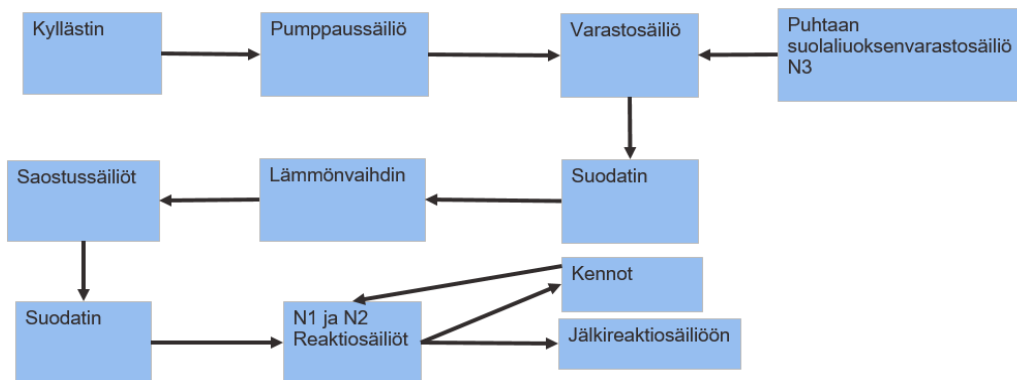


Kuva 1. Lohkokaavio kloraatitehtaan kyllästimeen saapuvista liuksista.

Kuten kuvasta 1 nähdään, kloraatitehtaan kyllästimeen pumpataan tehtaalta tulevia liuoksia esimerkiksi esihaihduttimelta sekä kiteyttimeltä. Liuoksia saadaan myös vedynpesusta sekä keräilykaivoista. Näillä liuoksilla ja liuoksilla voidaan laimentaa suolaliuosta tarvittaessa. (Kemira, 2013)

2.1.1 Kennosalit N1 ja N2

Pumppaussäiliötä tuleva liuos pumpataan kloraatitehtaalla sijaitsevaan suolaliuoksen varastosäiliöön, jonka jälkeen se pumpataan suodatuksen ja lämmönvaihtimen kautta puhtaan suolaliuoksen varastosäiliöön. Lämmönvaihtimella pyritään saamaan liuos noin 60 celsiusasteiseksi. Suolaliuoksen suodatus tapahtuu mekaanisilla pussisuodattimilla. Pussisuodattimien avulla liukenemattomat kiintoaineet pyritään suodattamaan pois liuksesta. Varastosäiliön jälkeen liuos ajetaan vielä pussisuodattimen läpi. Suodatuksen jälkeen liuos menee joko N1 tai N2 reaktiosäiliöön. Suolaliuoskierto kennosaleille N1 ja N2 on esitetty kuvassa 2. (Kemira, 2014)



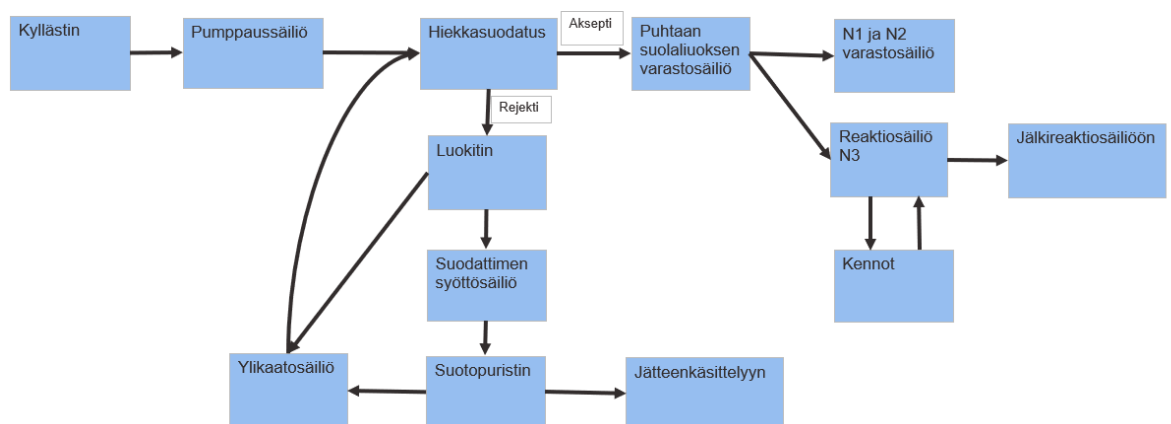
Kuva 2. Kloraatitehtaan N1 ja N2 syöttösuolaliuoksen lohkokaavio

Pumppaussäiliön pumppujen painepuolelle on asennettu massamäärämittari, jonka avulla suolaliukselle voidaan antaa tiheyden asetusarvo, joka on n. 290g/l. Jos asetusarvo ylittyy, puhutaan ylikylläisestä liuksesta, jota voidaan laimentaa lauhdelinjassa olevasta ohituksesta jolloin lauhde laimentaa liuosta. Puhdasta suolaliuksen varastosäiliöltä liuos virtaa saostussäiliön yläosaan ylikkaatona. Saostussäiliöltä liuos pumpataan suodattimien kautta elektrolyysiin. Jotta liuos pysyy tasalaatuisena, mitataan siitä ominaispaino, suolan pitoisuus sekä pH. Mittaukset tehdään varastosäiliön näytteistä. Lisäksi liuksen lämpötilaa seurataan tarkasti. (Kemira, 2014)

Reaktiosäiliössä suolaliuos sekoittuu klooraattiliukseen. Reaktiosäiliöstä liuos kiertää kennoille ja palaa takaisin reaktiosäiliöön. Reaktiosäiliöstä poistuu liuosta koko ajan ylikaadon kautta jälkireaktiosäiliöön. (Kemira, 2014)

2.1.2 Kennosali N3

Normaalissa ajomallissa suolaliuos ajetaan aina ensin N3 liuoskäsittelyn kautta N1 ja N2 käsittelyyn. Pumppaussäiliöltä liuos ajetaan suoraan hiekkasuodattimelle, jossa liuksesta pyritään poistamaan kiinteitä epäpuhtauksia. Kuvassa 3 on esitetty suolaliuksenkierto kennosalissa 3. (Kemira, 2014)

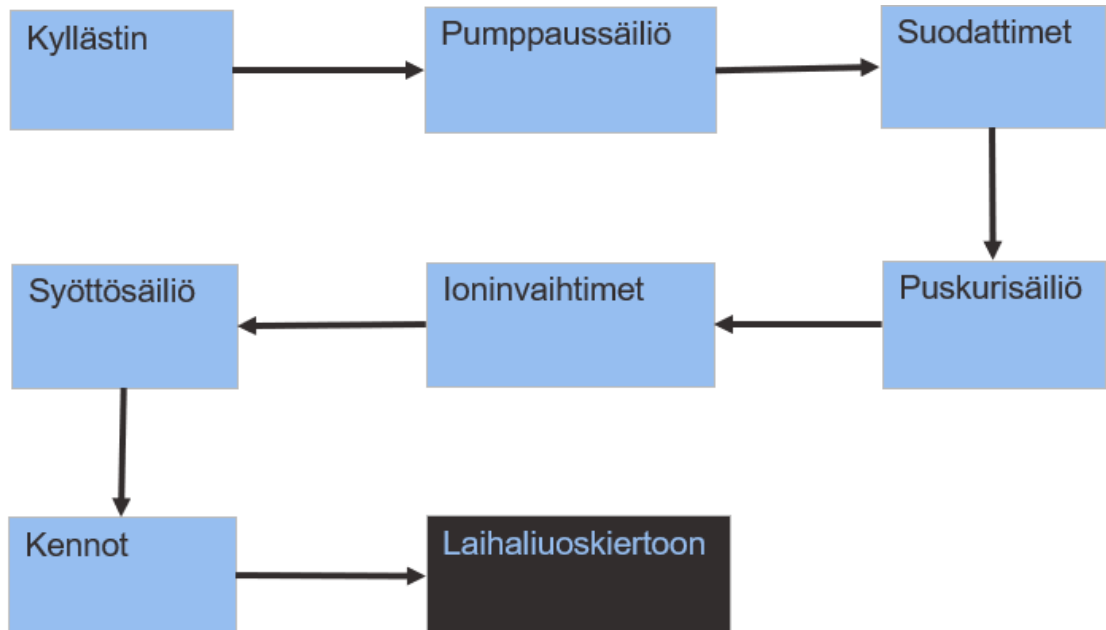


Kuva 3. Klooraattitehtaan N3 yksinkertaistettu suolaliuoskierto lohkokkaavio

Liuos syötetään hiekkasuodattimeen suodattimen pohjasta ja se puhdistuu hiekan avulla ylöspäin tullessaan. Liuos poistuu suodattimesta suodattimen yläreunasta. Hiekkasuodattimen rejekti jatkaa matkaa lamelliluokittimelle jossa kiinteä aines tippuu pohjan kautta suodattimen syöttösäiliöön ja siitä puristimelle, joka puristaa tämän liuksen suodatinlevyjen väliin. Puristimelta neste jatkaa matkaa ylikaatosäiliöön ja siitä takaisin hiekkasuodattimille. Kankaisiin jäänyt epäkelpo tuote menee jätteenkäsittelyyn. Hiekkasuodattimen aksepti johdetaan puhtaan suolaliuksen varastosäiliöön. Puhtaan suolaliuksen varastosäiliöltä liuosta voidaan ajaa vanhalle puolelle, kennoliuossäiliöön tai N3:n reaktiosäiliöön. (Kemira, 2014)

2.2 Lipeätehtaan suolaliuoskierto

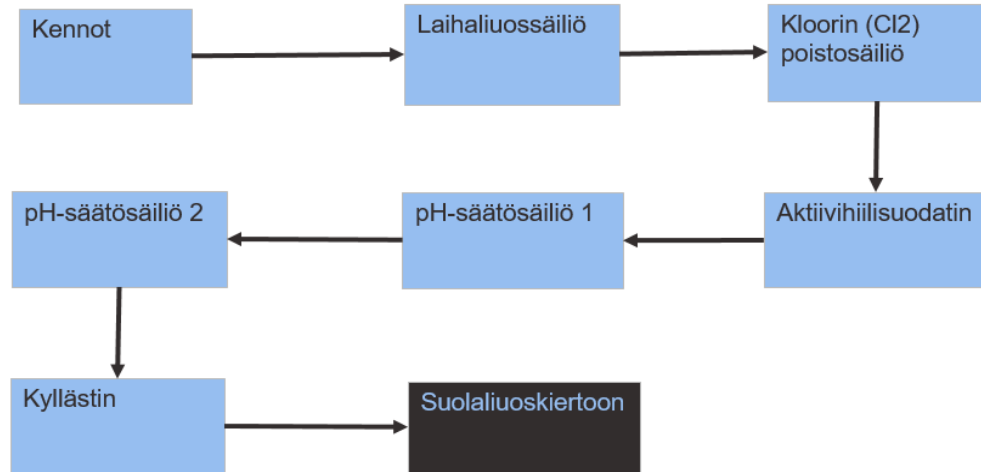
Lipeätehtaan suolaliuoskierrossa pumppaussäiliön jälkeen liuos pumpataan keskipakopumpun avulla suodattimille. Pumpun imupuolelle syötetään suodattimien tukkeutumisen estämiseksi alfaselluloosaa. Alfaselluloosan syötön tarkoitus on auttaa suodatinta liuksen suodatuksessa, sillä alfaselluloosa muodostaa niin sanotun ”takin” suodattimelle joka kerää epäpuhtaudet itseensä kerralla. Suodattimien pesu on tärkeää, jotta prosessi ei kärsisi turhista katkoista. Linjassa pidetään myös ohituskiertoa, jotta linja ei tukkeutuisi. Kun suolaliuos on suodatettu, johdetaan se suolaliuksen puskurisäiliöön. Puskurisäiliöllä pyritään tasoittamaan suolaliuksessa mahdollisesti esiintyviä väkevyyseroja. Lipeätehtaan suolaliuoskierto on esitetty kuvassa 4. (Kemira, 2013)



Kuva 4. Lipeätehtaan syöttösuolaliuoksen yksinkertaistettu lohkokkaavio.

Puskurisäiliöltä liuos pumpataan kolmen ioninvaihtimen kautta syöttösäiliölle. Ioninvaihtimet ovat tärkeä osa prosessia, sillä niiden avulla liuksesta saadaan pois membraaneille haitallisia metalli-ioneja kuten kalsiumia, magnesiumia sekä strontiumia. Ioninvaihtimilla liuksen metalli-ionipitoisuus saadaan alle haitallisen tason, mutta pieniä määriä pääsee silti membraaneille saakka, aiheuttaen kennoissa hyötysuhteen alenemaa sekä jännitteen nousua. Ioninvaihtimissa suolaliuos virtaa ylhäältä alaspäin ja kaikki kolme vaihdinta on kytketty sarjaan, jolloin saadaan puhtain mahdollinen lopputulos liukselle. Vaihtimet vaativat aika-ajoin elvytystä, jotta hartisien kapasiteetti saadaan pidettyä käyttökunnossa. Laihaliuoksen kierto on kuvattu kuvassa 5. (Kemira, 2013)

Syöttösäiliöitä pidetään ylikaadolla niin, että ioninvaihtimille pumpataan suolaliuosta enemmän kuin kennosaliin syötetään. Syöttösäiliöt ylikaatavat takaisin puskurisäiliöön, näin ollen pitäen yllä niin sanottua paluukiertoa. Paluukierron tarkoitus on pitää syöttösäiliöt koko ajan täynnä sillä suolaliuoksen käyttömäärät voivat vaihdella nopeasti ja näin pystytään takaamaan suolaliuoksen riittävyys. (Kemira, 2013)



Kuva 5. Lipeätehtaan laihaliuoksen yksinkertaistettu lohkokkaavio.

Syöttösäiliöiltä liuos virtaa membraanikennojen läpi aina laihaliuossäiliölle saakka. Laihaliuossäiliöltä liuos pumpataan vakuumiklooripoiston kautta aktiivihiilisuodattimille, joilla pyritään poistamaan loppu kloorijäämä laihaliuoksesta. Ennen suodattimia laihaliuoksen sekaan on myös ajettu 1% lipeää, jotta pH olisi liuoksessa oikealla tasolla suodatuksen jälkeen. Lipeän lisäyksen jälkeen liuos virtaa putkisekoittimen kautta aktiivihiilisuodattimille. Aktiivihiilisuodattimessa aktiivihiili muuttaa laihaliuoksen sisältämän vapaan kloorin hapeksi, suolahapoksi ja hiilen oksideiksi (yhtälö 1). Aktiivihiilen avulla liuoksesta poistetaan myös bromia. Koska suodatuksen aikana liuoksesta saostuu alumiinia, pyritään suodattimelle tekemään aika ajoin happopesu. (Kemira, 2013)

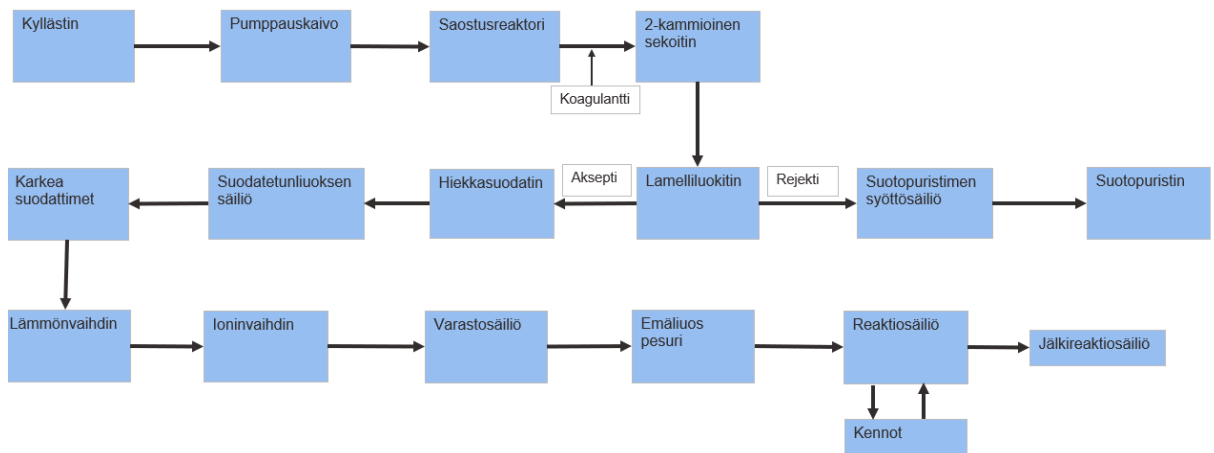


Aktiivihiilisuodattimien jälkeen liuoksen pH on noin 6, ja tästä syystä se johdetaan ensimmäiseen kahdesta pH-säätösäiliöstä, jossa nimestä huolimatta ei vielä säädetä pH:ta, vaan kloorivapaa liuos valuu ylikaatona pH-säätösäiliö 2:een jossa pH:ta säädetään ylöspäin lipeän avulla noin 10,5:en. pH-säätösäiliö 2:lta tulevaa liuosta mitataan myös millivolttimittauksella, jotta nähdään ettei haitallista määrää klooria pääse kylästimille. Kylästimille tulevan liuoksen lämpötila on n. 70 celsiusastetta, minkä johdosta suolapitoisuus syöttösuolaliuoksessa pysyy tasaisena. (Kemira, 2013)

3 ORTIGUEIRAN TEHTAAN SUOLALIUOSKIERTO

Kemiran Ortigueiran kloorattitehdas sijaitsee Paranássa, Brasiliassa. Tehdas käynnistettiin vuonna 2016. Tehdas tuottaa kloorattia selluteollisuuden tarpeisiin. (Kemira, 2018)

Ortigueirassa suolalaatuna käytetään vuorisuolaa sen helpon saatavuuden sekä edullisemman hinnan vuoksi. Kuten Joutsenossa, myös Ortigueirassa suolaa liuotetaan kyllästimessä, jonka jälkeen liuos ajetaan puhdistusprosessiin joka pitää sisällään saostuksen, selkeytyksen, suodatuksen sekä ioninvaihdon ennen kuin liuos ajetaan reaktiosäiliöön. Suolaliuksen kierto kuvattu kuvassa 6. (Kemira, 2018)



Kuva 6. Lohkokaavio Ortigueiran tehtaan suolaliuoskierrosta.

Ortigueirassa kyllästimen pohjasta ajetaan vettä sekä prosessilauhteita pinnanmittauksen mukaan ja suola nostetaan kyllästimen päältä. Kyllästimeltä suolaliuos valuu ylikaatona pumppauskaivoon. Kaivolta liuos pumpataan saostusreaktoriin, mitä ennen liuoksen linjaan on ajettu soodaa. Vaikka Ortigueirassa näitä saostusreaktoreita on kaksi ja ne ovat kytketty sarjaan, käytetään normaalissa ajossa vain yhtä saostusreaktoria. Saostusreaktoreilla ja soodalla saadaan epäpuhtaudet, kuten kalsium ja magnesium, muuttumaan hiutaleiksi liuokseen. Reaktorin jälkeen suolaliuos sekoitetaan uudelleen, jolloin liuokseen lisätään myös laimeaa koagulanttia. Koagulantin tehtävä on auttaa epäpuhtauksia hyytymään liuokseen. Sekoittimessa on kaksi kammiota ja kaksi sekoitinta. Ensimmäinen kammiota on niin sanottu "flash-mixer" jossa koagulantti ja suolaliuos sekoitetaan yhteen. Seuraavassa kammiossa tapahtuu saostus, jossa

koagulantti imee itseensä saostuneet epäpuhtaudet ja muodostaa niistä hiutaleita liukseen. Tämä hiutale poistetaan lamelliluokittimen avulla. Sekoittimet pyöriivät kammioissa noin 30-40 rpm vauhdilla. (Kemira, 2018)

Kuten Joutsenossa, myös Ortigueirassa lamelliluokittimen rejekti poistuu luokittimen pohjasta ja jatkaa matkaansa suotopuristimelle. Aksepti ajautuu luokittimelta hiekkasuodattimeen ylikaatona. Liuos menee hiekkasuodattimessa hiekkapatjan läpi ja näin hiekkaan jää epäpuhtauksia liuksesta. Hiekkasuodatuksessa liuksesta saadaan kaikki yli viisi mikronia suuremmat partikkelit poistettua. (Kemira, 2018)

Luokittimelta rejekti poistuu suotopuristimen syöttösäiliöön. Syöttösäiliötä on mahdollista ajaa kahdella eri tapaa. Tavalla numero 1 syöttösäiliöön syötetään luokittimelta tulevaa rejektiä niin kauan, kunnes se ylikaataa rejektinkeräyssäiliöön. Tällä tavoin painavat partikkelit painuvat pohjaan ja jokseenkin puhtaampi liuos jatkaa keräyssäiliöön ja siitä takaisin saostusreaktoriin. Tavalla numero 2 syöttösäiliöltä pumpataan liuos suotopuristimeen, jossa partikkelit jäävät suotopuristimen kankaaseen ja siitä jäävä liuos tippuu keräyssäiliöön ja taas edelleen takaisin saostusreaktoriin. Tavalla numero 1 syöttösäiliössä oleva sekoitin on pois päältä ja tavalla numero 2 sekoitin pyörii. (Kemira, 2018)

Hiekkasuodatuksesta liuos ajautuu suodatetun liuksen säiliöön, joka toimii ioninvaihtimien syöttösäiliönä. Ennen kuin liuos pääsee ioninvaihtimille, se suodatetaan, jotta ioninvaihtimille ei ajautuisi suurempia kiintoainemääriä jotka haittaisivat sen toimintaa. Kiintoaine voi pahimmassa tapauksessa tukkia vaihtimen ja aiheuttaa ennen aikaista regeneraatiota. Suodatuksen jälkeen ennen ioninvaihtimia liuos myös lämmitetään noin 60 asteiseksi, jolloin saadaan lisättyä vaihtokapasiteettia ioninvaihtohartsissa. Ioninvaihdin on suolaliuksen viimeinen puhdistusaskel. Ioninvaihtimen tarkoituksena on saada liuksen kalsium-, magnesium- ja raskasmetallipitoisuudet mahdollisimman alas. Liian suuret määrät näitä raskasmetalleja elektrolyysissä aiheuttavat korkeita happipitoisuuksia aiheuttaen vaaraa koko tehtaalle. (Nylen, 2008)

Ioninvaihtimilta liuos ajetaan varastosäiliöön ja siitä eteenpäin pesurin kautta reaktiosäiliöön. Reaktiosäiliöltä liuos ajautuu kennoille sekä jälkireaktiosäiliöön. (Kemira, 2018)

4 SUOLALAADUT

Suolalaatuja, joita käytetään teollisesti esimerkiksi klooraatin valmistukseen, on kaksi: vuorisuola ja vakuumisuoia. Näitä kahta laatua erottaa tapa, jolla suola saadaan maaperästä ja kuinka se jatkojalostetaan. Suolan hinta koostuu Euroopasta tilatun suolan kohdalla niin, että suola vie kustannuksista 70 % ja rahti 30 %. Euroopan ulkopuolelta tilatussa suolassa rahdin hinta kasvaa merkittävästi. Tämä jako osoittaa, että rahti vaikuttaa koko suolan hankintahintaan merkittävästi ja tästä syystä läheltä saatava suola olisi taloudellisesti järkevin valinta.

Suolaa löytyy maaperästä, joka on aiemmin ollut merta ja kun meri on kuivunut, on suola jäänyt maaperään ja kiviaineksen sidosaineeksi. Euroopan suurimmat suolantuottajat löytyvät Euroopan itä- ja keskiosista. Etelä-Amerikan suurimmat suolantuottajat ovat Chile, Meksiko ja Brasilia. (Nouryon, 2018)

Suola on veden lisäksi toinen pääraaka-aine klooraatin valmistuksessa. Kuten aiemmin on mainittu, Joutsenossa käytetään tällä hetkellä vakuumisuoia ja Ortigueirassa vuorisuoia. Vakuumisuoia tuodaan Joutsenoon Euroopasta. Suolan puhtaudesta puhuttaessa puhutaan prosenteista natriumkloridia; mitä suurempi prosentti sitä puhtaampaa suola on. (Nouryon, 2018)

4.1 Vakuumisuoia

Vakuumisuoia saadaan noin 0,5-5km syvyydestä, minkä lisäksi itse suolakerrostuma voi olla jopa kilometrin paksuinen. Vakuumisuoialprosessi aloitetaan poraamalla maaperään putki aina suolaesiintymään saakka, jonka jälkeen suola irrotetaan korkeapaineisen veden avulla esiintymästä. Toinen reikä porataan imulinjaksi, jotta suolaliuos saadaan imettyä maan alta jatkokäsittelyyn. Kun liuos on saatu imettyä, se johdetaan painekattilaan, jossa on vakuumi. Vakuumia ja lämpötilaa säätämällä vesi saadaan haihdutettua liuoksesta pois. Usein painekattiloita on useampia sarjassa, jolloin höyryllä jota saadaan yhdestä kattilasta, voidaan lämmittää toista ja näin säästää kustannuksissa. Vakuumisuoian puhtaus on pääasiassa 99,9% natriumkloridia. Vakuumisuoian korkea puhtaus johtuu sen yksinkertaisesta valmistusprosessista, jossa suolan

keräämisen yhteydessä ei kiveä pääse mukaan prosessiin. (European Salt Producers Association, 2018)

Taulukko 1. Kemiran omia raja-arvoja sekä vakuumisuolantoimittajien keskiarvoja analyyseistä

Kemiallinen Analyysi	Kemira Joutseno Spec	Vakuumisuola
Natriumkloridi		99,915 % ($\pm 0,015$ %)
Kalsium	max: 20 mg/kg	9,5 mg/kg ($\pm 5,5$ mg/kg)
Magnesium	max: 5 mg/kg	0,90 mg/kg ($\pm 0,6$ mg/kg)
Kupari		0,065 mg/kg ($\pm 0,035$ mg/kg)
Rauta		1,55 mg/kg ($\pm 0,95$ mg/kg)
Sulfaatti	200-500 mg/kg	340 mg/kg (± 160 mg/kg)
Alumiini		0,3 mg/kg ($\pm 0,2$ mg/kg)
Strontium		1,1 mg/kg ($\pm 0,9$ mg/kg)
Veteen liukenemattomat		175 mg/kg (± 75 mg/kg)
Paakkuuntumisenestoaine		4,55 mg/kg ($\pm 1,45$ mg/kg)

Suolatilauksen yhteydessä suolantoimittaja lähettää analyysitodistuksen (taulukko 1 ja 2), josta ilmenee suolan puhtaus ja kosteusprosentti sekä kalsium-, magnesium-, kupari-, alumiini- ja strontiumpitoisuudet. Näitä pitoisuuksia mitataan lukuarvolla mg/kg suolaa. Korkeilla pitoisuuksilla voi olla haitalliset vaikutukset niin prosessilaitteisiin kuin lopputuotteen laatuun. Suolaan lisätään usein myös paakkuuntumisenestoainetta, jotta suola pysyisi mahdollisimman tasalaa-tuisena.

Joutsenossa vakuumisuolaa käytetään pääasiassa sen helpon saatavuuden sekä lipeätehtaan membraanikennojen takia, sillä membraanikennot eivät kestä juurikaan epäpuhtauksia liuoksessa ja vaativat korkeaa suolaliuoksen puh-tautta.

4.2 Vuorisuola

Vuorisuolaa louhitaan kaivoksista, jonne suola on vuosien saatossa kerääntynyt kiven sidosaineeksi. Vuorisuolan kaivosprosessissa kaivokseen tehdään poraamalla ja räjäyttämällä käytäviä, joista kiviainesta kerätään. Kerätty kiviaines siirretään maanpinnalle liukuhihnan avulla. Kun kiviaines on saatu maanpinnalle, se murskataan. Seulan avulla kivi ja suola saadaan eroteltua toisistaan. Tämän jälkeen suola jauhetaan haluttuun kidekokoonsa ja lähetetään asiakkaalle. Vuorisuolan puhtaus on keskimäärin noin 99%. Euroopasta vuorisuolaa saadaan ainakin Saksasta sekä Hollannista. (European Salt Producers Association, 2018)

Taulukko 2. Vuorisuolantoimittajan keskiarvoja analyysitodistuksista

Kemiallinen Analyysi	Vuorisuola
Natriumkloridi	99,1 % ($\pm 0,1$ %)
Kalsium	100 mg/kg (± 50 mg/kg)
Magnesium	115 mg/kg (± 35 mg/kg)
Kupari	
Rauta	
Sulfaatti	1600 mg/kg (± 900 mg/kg)
Alumiini	30 mg/kg (± 20 mg/kg)
Strontium	
Veteen liukenemattomat	975 mg/kg (± 825 mg/kg)
Paakkuuntumisenestoaine	20 mg/kg (± 0 mg/kg)

Ortigueiran tehdas Brasiliassa käyttää tällä hetkellä pestyä brasilialaista vuorisuolaa. Pesu joudutaan tekemään, sillä ilman pesua suolassa olisi liian paljon epäpuhtauksia, jotka voisivat tulla ongelmaksi kennoissa.

4.3 Suolalaaduissa esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden poistomenetelmät

Suolalaaduissa esiintyy runsaasti erilaisia epäpuhtauksia. Jos epäpuhtauksia pääsee kennoille voi se nostaa kennojännitteitä ja näin nostaa sähkönkulutusta. Vakuumisuolessa epäpuhtaudet ovat peräisin vakuumisuolessa, jossa suola liuotetaan veteen maan alta, jolloin liuokseen liukenee myös epäpuhtauksia. Vuorisuolan epäpuhtaudet tulevat mukaan suoraan kiviaineesta, sillä epäpuhtaudet jauhautuvat suolan mukana erittäin pieniksi rakeiksi. Yleisimmät epäpuhtaudet on koottu taulukkoon 3. (Nylen, 2008)

Taulukko 3. Taulukko yleisimmistä epäpuhtauksista

Epäpuhtaudet
Kalsium
Magnesium
Kalium
Kromi
Kupari
Nikkeli
Arseeni
Lyijy
Rauta
Alumiini
Strontium

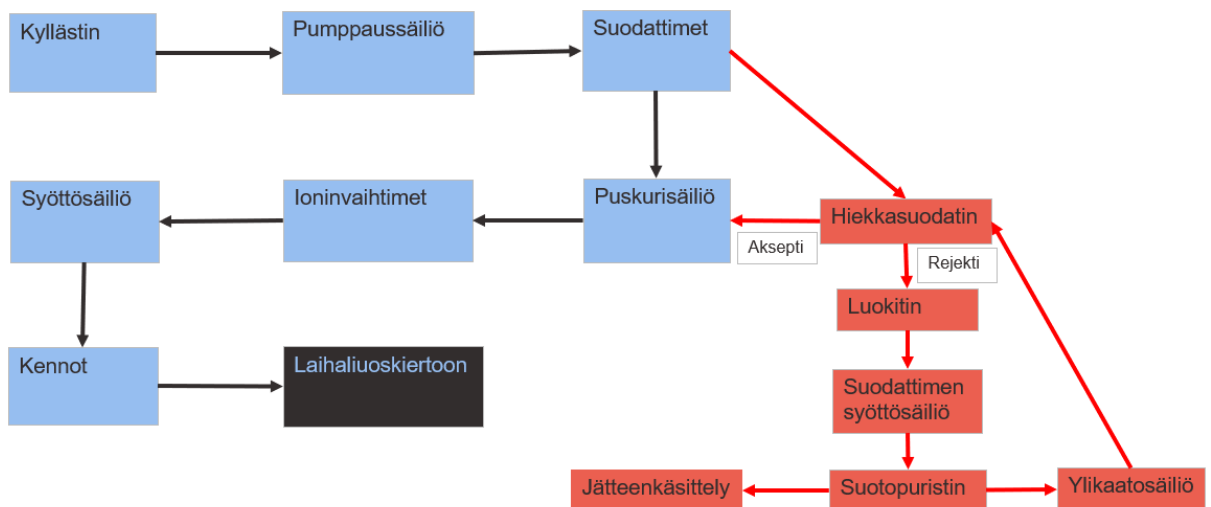
Joutsenon ja Ortigueiran tehtailla näitä epäpuhtauksia pyritään poistamaan monilla tavoilla. Tavat on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Epäpuhtauksien poistomenetelmät

Poistomenetelmät	Epäpuhtaus
Pussisuodatus	Kiinteät epäpuhtaudet
Saostus	Kalsium/ Magnesium
Hiekkasuodatus	Kiinteät epäpuhtaudet
Ioninvaihto	Metalli-ionit

5 MUUTOKSET JOUTSENON SUOLALIUOSPROSESSIIN

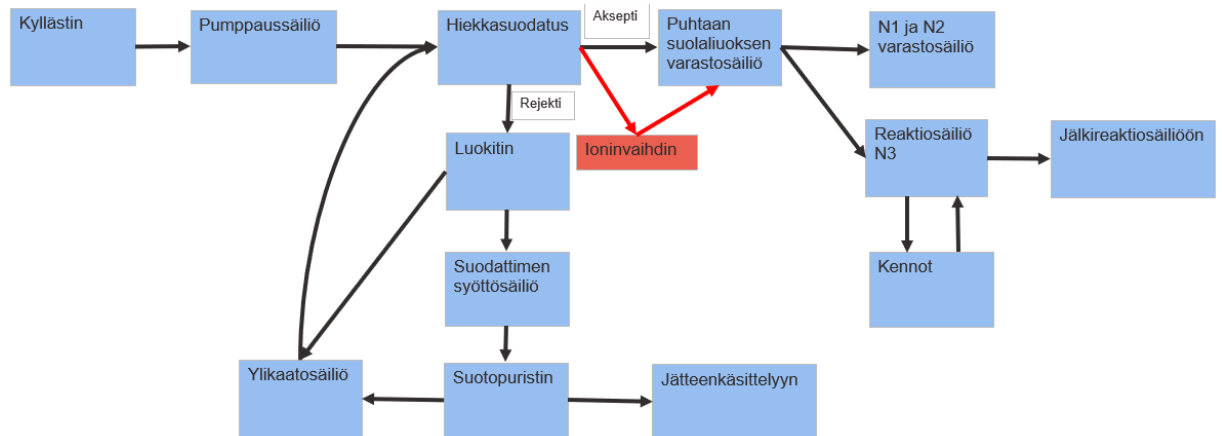
Kuten aiemmin mainittu, suurimmaksi ongelmaksi suolalaadun vaihtamiseen Joutsenossa nousevat lipeätehtaan membraanikennot, jotka eivät kestä vuorisuolan epäpuhtauksia. Vuorisuolan epäpuhtauksien takia lipeätehtaan suolaliuoskiertoon olisi syytä lisätä suodatustehokkuutta. Suodatustehokkuutta voitaisiin lisätä esimerkiksi lisäämällä suolaliuoskiertoon hiekkasuodatin, kuten kloraattitehtaan puolella. Hiekkasuodattimen lisäksi kiertoon täytyisi myös lisätä lamelliluokitin, jolla epäpuhtauksien poisto olisi tehokkaampaa. Hiekkasuodattimen voisi sijoittaa esimerkiksi pumppaussäiliöiden jälkeisten suodattimien jälkeen jolloin ioninvaihtimille menevä liuos olisi jo valmiiksi mahdollisimman puhdasta. Hiekkasuodattimen ja lamelliluokittimen lisäys suolaliuoskiertoon olisi taloudellisesti järkevää, sillä epäpuhtaan suolan käyttö liuksessa säästäisi rahaa pitkällä tähtäimellä. Kuvassa 7 on kuvattu mahdollisia muutoksia lipeätehtaan suolaliuoskiertoon.



Kuva 7. Punaisella esimerkki mahdollisista muutoksista lipeätehtaalla.

Kloraattitehtaalla muutokset voisivat olla helpompia, sillä kloraattitehtaan kennot kestävätkin epäpuhtauksia paremmin kuin lipeätehtaan membraanikennot. Kuten aiemmin on tullut ilmi, voidaan kyllästimeltä tulevaa suolaliuosta ajaa joko uudelle puolelle tai vanhalle puolelle tai uuden puolen kautta vanhalle puolelle. Koska suolaliuosta voidaan ajaa uuden puolen kautta vanhalle puolelle, menee liuos jo hiekkasuodattimen läpi, joka puhdistaa liuosta äärimmäisen hyvin. Tähän voitaisiin kuitenkin lisätä vielä ioninvaihtimien, (kuva 8) kuten lipeätehtaalla, jolloin maksimoitaisiin liuoksen puhtaus. Jos tämänkaltainen muutos toteutettaisiin tarkoittaisi se sitä, että liuosta voitaisiin ajaa vain ja ainoastaan uuden

puolen kautta. Tämä voisi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi N3:n seisakki- tai huoltotilanteissa. Tästä syystä vanhalle sekä uudelle puolelle olisi tärkeää rakentaa uudet puhtaan suolaliuoksen varastosäiliöt tai suurentaa jo olevia varastosäiliöitä. Tällä muutoksella voitaisiin varmistaa suolaliuoksen riittävyys seisakki- sekä huoltotilanteissa.



Kuva 8. Punaisella esimerkki muutoksista kloraatitehtaalla.

Kaiken kaikkiaan muutokset kloraatitehtaalla suolaliuoskiertoon olisivat kustannuksiltaan suuremmat kuin leipeätehtaalla, mutta muutoksilla pystyttäisiin lisäämään eri suolalaatujen käytettävyyttä Joutsenossa ja näin suolalaatuja sekä suolanhintoja pystyttäisiin kilpailuttamaan vaikuttamatta tuotteiden laatuun. Tämä voisi säästää pitkällä aikavälillä suuren määrän rahaa, mikä tarkoittaisi sitä, että muutokset maksaisivat itsensä takaisin hyvinkin lyhyessä ajassa. Toisaalta ajateltuna uusien laitteiden lisääminen prosessiin voisi vaikuttaa prosessin energiankulutukseen, joka jo ilman muutoksia käyttää reilusti sähköä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tehtävänä oli verrata Kemira Chemicalsin Joutsenon ja Ortigueiran tehtaitten suolaliuoskiertoa, joissa käytetään eri suolalaatuja. Työssä oli tarkoitus kartoittaa tarvittavia muutoksia Joutsenossa, jos käytössä oleva vakuumisuoila vaihdettaisiin muun muassa Ortigueiran tehtaalla käytössä olevaan vuorisuolaan.

Kun muutoksia mietitään, täytyy ottaa huomioon Joutsenon tehtaan erityispiirteet, kuten esimerkiksi lipeätehtaan membraanikennot ja niiden tarvitsema suolaliuoksen puhtaustaso. Lipeätehtaalla muutokset koskisivat suodatustehon lisäämistä, esimerkiksi hiekkasuodattimen avulla. Hiekkasuodattimen lisäksi kiertoon voisi lisätä lamelliluokittimen. Käytännössä siis lipeätehtaalle voisi lisätä samanlaisen hiekkasuodatuskierron, kuin kloraattitehtaalla. Hiekkasuodattimen lisäyksen yhteydessä olisi hyvä nostaa myös ioninvaihtimen kapasiteettia. Näillä muutoksilla lipeätehtaan suolaliuoksesta saataisiin membraanikenoille sopivaa myös vuorisuolalla. Kloraattitehtaalla liuoskiertoon voitaisiin lisätä ioninvaihdin, kuten lipeätehtaalla. Ioninvaihtimella pystyttäisiin maksimoimaan suodatusteho. Ioninvaihdin voitaisiin liittää osaksi ”uuden puolen” eli N3:n suolaliuoskiertoa. Lisäys liuoskiertoon olisi käytännössä hyvin yksinkertaista, mutta ioninvaihtimen sijoituspaikkaa olisi syytä tutkia tarkemmin.

Kaiken kaikkiaan muutokset Joutsenossa olisivat helppo tapa säästää yhdessä pääraaka-aineessa ja tarvittaessa kilpailuttaa eri toimittajien vuori- sekä vakuumisuoloja. Muutokset eivät myöskään sulkisi kumpaakaan suolalaatua pois, vaan antaisivat mahdollisuuden käyttää molempia. Haittapuolena suolaliuoskiertoon tehtävissä muutoksissa olisi energiankulutus, sillä muutosten yhteydessä jouduttaisiin lisäämään pumppuja, toimilaitteita sekä muita sähköä käyttäviä laitteita.

Jatkoa ajatellen olisi tärkeää tutkia vuorisuolan saatavuutta sekä rahdin hintoja, jotta suola saataisiin Joutsenoon. Jatkoselvityksenä täytyisi myös tehdä laitteiden tarkka mitoitus ja mahdollisesti laskea kustannusarviota muutostöistä.

LÄHTEET

Kemira, 2013. KÄYTTÖOHJE: Suolaliuoksen käsittely KO13-3-1

Kemira, 2014. KÄYTTÖOHJE: Klooraattitehtaan suolaliuoskierto KO09-301

Kemira, 2018. Detailed Operating Procedure for Brine Treatment for Project Jaguar

Nouryon, 2018. Verkkolähde, saatavilla: <https://industrialchemicals.nouryon.com/salt-products/electrolysis-salt/>. [viitattu: 9.9.2018]

European Salt Producers Association, 2018. Verkkolähde, saatavilla: <https://eusalt.com/salt-production>. [viitattu]: 9.9.2018

Nylen, L. 2008. Influence of the electrolyte on the electrode reactions in the chlorate process. Royal Institute of Technology Stockholm. Department of Chemical Engineering and Technology Applied Electrochemistry. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:13397/FULLTEXT01.pdf> [viitattu: 8.9.2018]