



# Vesikemikaalitehtaan rajattujen vesien määrä- ja laatukartoitus

Laura Mansikkamäki

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2019

Biotuote- ja prosessitekniikka  
Prosessitekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuote- ja prosessitekniikka  
Prosessitekniikka

MANSIKKAMÄKI, LAURA:

Vesikemikaalitehtaan rajattujen vesien määrä- ja laatukartoitus

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Toukokuu 2019

---

Prosessissa syntyvien vesien sijoittamiseen ja uudelleen hyödyntämiseen pyritään kiinnittämään yrityksissä nykyään enemmän huomiota, ja tämän vuoksi opinnäytetyö on ajankohtainen. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia prosessissa syntyvien vesien määrää, laatua sekä suunnitella ehdotuksia vesien sijoittamiselle. Työ toteutettiin Kemira Chemicals Oy:n Äetsän vesikemikaalitehtaalle. Vieressä kulkevaa Kokemäenjokea on vuosien ajan käytetty laajasti hyödyksi. Tehtaalla joesta pumpataan prosessiin käytettäviä vesiä. Työ toteutettiin Kemira Chemicals Oy:n Äetsän vesikemikaalitehtaalle. Näytteet analysoitiin Kemiran omassa laboratorioissa. Aiheen laajuudesta ja tehtaan useista erilaisista vesistä johtuen työ päätettiin rajata koskettamaan lauhdevesiä, reaktorin huuhteluvesiä sekä lattioiden pesuvesiä. Näistä vesiryhmistä suoritettiin virtausmittaukset sekä laajat vesianalyysit. Virtausmittauksiin valikoitui kuhunkin vesiryhmään soveltuvat mittaustavat sekä -laitteet.

Hyvä perehtyminen tehtaaseen, prosessiin ja järjestelmiin oli välttämätöntä työn suorittamisen ja onnistumisen kannalta. Työtä tehdessä käytettiin apuna tehtaan sekä yrityksen työntekijöiden ja asiantuntijoiden tietämystä. Tulokset koottiin kaikilta osa-alueilta taulukoiksi ja tämän lisäksi osasta datasta tuotettiin graafiset kuvaajat hahmottelemaan vesien määrän kehittymistä

Opinnäytetyöstä saadut tulokset ovat tärkeitä, sillä tutkimuksen kohteeksi rajattujen vesien määrästä tai laadusta ei ollut aikaisemmin tietoja olemassa. Työ toimii pohjana suuremmalle vesitaseelle ja uudistuksille, joita tehtaalla suoritetaan. Opinnäytetyön teon aikana tulosten perusteella on alettu tekemään jatkosuunnitelmia, kuinka vesien käyttö paranisi Vesikemikaalitehtaalla.

Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta versiosta.

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct and Process Engineering  
Process Engineering

MANSIKKAMÄKI, LAURA:

Quantitative And Quality Assignment of Resert Waters in A Water Chemical Factory

Bachelor's thesis 55 pages, appendices 7 pages  
May 2019

---

Today, efforts are being made to attract more attention to the placement and re-use of the water generated by industrial processes and because of this the thesis is timely. The aim of the thesis was to study the amount of water generated in the process, the quality, and to consider development proposals for the placement of water. The work was carried out at Kemira Chemicals Ltd. in Äetsä water chemical factory, Finland. Due to the scope of the topic and the many different waters in the factory, it was decided to limit the work to condensate water, reactor flushing water and floor wash water.

In the work, flow measurements were performed from three limited water groups and extensive water analyses were carried out in the laboratory of the Äetsäplant. Measurements and equipment suitable for each water group were selected for flow measurements. A good understanding of the processes and systems in the factory was essential for the performance of the work. The work was also carried out using the knowledge of the employees and experts of the company and factory.

The results of the work played an important role, as prior to the results of the thesis there were no precise quantitative and qualitative results. The work is supposed to serve as a basis for larger water balance and reforms that are carried out at the factory.

---

condensing system, batch reactor, process, flow measurement, water analysis

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TOIMEKSIANTAJA .....	9
	2.1. Kemira Oyj .....	9
	2.2. Kemira Chemicals Oy .....	10
3	VESIKEMIKAALITEHDAS JA PROSESSI .....	11
	3.1. Vesikemikaalitehdas .....	11
	3.1.1 Kemiallinen prosessi.....	12
	3.2. Prosessikuvaus ja tuotteen XL-100 valmistus.....	14
4	LAITTEISTO .....	16
	4.1. Reaktorit.....	16
	4.2. Reaktorin vaippa .....	18
	4.2.1 Reaktorin vaipan lämmittäminen vesikemikaalitehtaalla.....	18
	4.2.2 Reaktorin vaipan jäähdyttäminen vesikemikaalitehtaalla....	19
	4.3. Tiivisteellinen levylämmönvaihdin .....	19
	4.4. Höyry- ja lauhdejärjestelmä.....	20
	4.5. Automaatiojärjestelmä.....	22
5	KOESUUNNITELMA.....	24
	5.1. Lauhdevedet .....	24
	5.1.1 Virtausmittaukset .....	24
	5.1.2 Laboratorioanalyysit .....	25
	5.2. Reaktorien pesuvedet .....	26
	5.2.1 Virtausmittaukset .....	26
	5.2.2 Laboratorioanalyysit .....	27
	5.3. Lattioiden pesuvedet .....	27
	5.3.1 Laboratorioanalyysit .....	28
	5.4. Koonti otettavista vesinäytteistä.....	28
6	VESIANALYYSIT JA VIRTAUSMITTAUKSET .....	29
	6.1. Lauhdevedet .....	29
	6.1.1 Suoritetut virtausmittaukset .....	29
	6.1.2 Tehdyt vesianalyysit ja näytteiden otto .....	31
	6.2. Reaktorien pesuvedet .....	31
	6.2.1 Suoritetut virtausmittaukset .....	31
	6.2.2 Tehdyt vesianalyysit ja näytteiden otto .....	32
	6.3. Lattian pesuvedet.....	33
	6.3.1 Suoritetut virtausmittaukset .....	33
	6.3.2 Tehdyt vesianalyysit ja näytteiden otto .....	34

7	TULOKSET JA ANALYSOINTI .....	35
7.1.	Lauhdevedet .....	35
7.1.1	Virtausmittausten tulokset .....	35
7.1.2	Vesianalyysien tulokset .....	37
7.2.	Reaktorin pesuvedet .....	37
7.2.1	Virtausmittausten tulokset .....	38
7.2.2	Vesianalyysien tulokset .....	39
7.3.	Lattian pesuvedet.....	39
7.3.1	Virtausmittausten tulokset .....	39
7.3.2	Vesianalyysien tulokset .....	40
8	VESIEN HYÖTYKÄYTTÖ JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET .....	42
8.1.	Lauhdevedet .....	42
8.2.	Reaktorin pesuvedet .....	43
8.3.	Lattian pesuvedet.....	44
9	POHDINTA .....	46
	LÄHTEET .....	48
	LIITTEET .....	50
	Liite 1. Vesien laboratorioanalyysit.....	50
	Liite 2. Excelissä lasketut virtausmittaukset liitteestä 2 .....	51
	Liite 3. Suodatetun pesuveden kumulatiivista dataa pesuveden keruusäiliöstä, kerätty manuaalisesti.....	52
	Liite 4. Suodatetun pesuveden dataa pesuveden säiliöstä .....	53
	Liite 5. Lattianpesuvesien trendi pesuveden keruusäiliöstä .....	54
	Liite 6. Lattian pesuvesien esimerkki datasta pesuveden säiliöstä .....	55

**LYHENTEET JA TERMIT**

PAX	Polyalumiinikloridi
Slurry	Liuos, jota käytetään tuotannossa stabilointiaineena
ICP	Induktiivisesti kytketty plasma –laboratoriolaite
Reaktori	Fyysinen laite, jonka sisällä tapahtuu reaktio
Keittovaihe	Lämmön (ja paineen) avulla saatetaan aineet reagoimaan suljetussa tilassa

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella Kemira Chemicals Oy:n Äetsän toimipisteen vesikemikaalitehtaan vesien virtauksia ja vesianalyysejä. Työn aihe on rajattu lauhdevesiin sekä panosreaktorin ja lattioiden pesun aiheuttamiin vesiin. Työssä suoritetaan laajat vesianalyysit sekä virtausmittaukset.

Tarkastelun kohteena olevat lauhdevedet eivät tule tuotantoon puhtaina, vaan vesikemikaalitehtaalla hyödynnetään ympärillä kulkevaa Kokemäenjokea. Jokivedestä johtuen lauhdevesi kontaminoituu, eikä lauhdeveden laatu ole tiedossa keiton jälkeen. Tämän takia laajoille lauhdevesien analyyseille on tarvetta, jotta vesien mahdollinen jatkosijoittaminen tai -käyttö tuotannossa olisi mahdollista. Työssä kartoitetaan veden laatu reaktorin keittoprosessin alussa ja selvitetään mahdolliset veden muutokset keiton aikana. Jos muutoksia havaitaan, on määrä selvittää, missä vaiheessa keittovaihetta muutokset vesien laadussa tapahtuvat. Lauhteet aiheuttavat tällä hetkellä myös huomattavasti lämpöhäviöitä, joten veden laadun selvittämisen jälkeen myös lämpö on mahdollista tulevaisuudessa hyödyntää. Tarkasteltavat asiat ovat ajankohtaisia, sillä eduskunnan päätöksellä vuonna 2014 laissa on säädetty energiantehokkuuslaki, joka on kirjattu kokonaisuudessaan Finlexin sivuille. Kemira lukeutuu lain mukaan suureksi yritykseksi sekä teollisuuden alaksi, jossa syntyy lauhteita. Laissa säädetään *energiatehokkuuden edistämisestä, energiatehokkuuden parantamiseksi tehtävistä energiakatselmuksista, sähkön ja lämmön tehokkaan yhteistuotannon ja ylijäämälämmön hyödyntämisen edistämisestä tehtävistä kustannus-hyötyanalyyseistä sekä energiamarkkinoilla toimivien yritysten velvollisuudesta pyrkiä edistämään energian tehokasta ja säästävää käyttöä* (Energiatehokkuuslaki 1429/2014. 30.12.2014).

Työssä tarkastellaan pienemmässä roolissa olevien reaktorien sekä lattioiden pesuvesien vesianalyysejä ja selvitetään, kuinka paljon tuotetaan ennakoivilla pesutoimilla reaktorien sekä lattioiden pesussa syntyviä vesiä sekä analysoidaan, mitä kyseiset vedet sisältävät. Lattioiden pesuun vesikemikaalitehtaalla käytetään Kokemäenjoesta pumpattua vettä ja reaktorien pesuun prosessivettä. Vesianalyysien avulla halutaan saada vesiä uudelleen kierrätettyä tuotantoon.

Virtausmittaukset rajatuista vesistä edesauttavat tulevaisuudessa mahdollista suurempaa vesitasekartoitusta. Virtausmittauksilla halutaan myös selvittää syntyvien vesien määrä, jotta jatkosijoittaminen ja -palautus tuotantoon olisi mahdollista. Virtausmittauksien suorittaminen auttaa kartoittamaan määrää syntyvien vesien määrää, ja tämän tiedon avulla pystytään suunnittelemaan ja ennakoimaan vesien käyttöä.



## 2 TOIMEKSIANTAJA

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii Kemira konsernin alaisuudessa toimiva Kemira Chemicals Oy. Opinnäytetyö toteutetaan Sastamalassa sijaitsevan Äetsän toimipisteen vesikemikaalitehtaalle TI.

### 2.1. Kemira Oyj

Kemira Oyj:n pääkonttori sijaitsee Helsingin Kampissa. Yritys on globaalisti toimiva, laajalti arvostettu kemikaalien tuottaja, jonka liiketoiminta on jakautunut kahteen eri asiakassegmenttiin: Pulp & Paper, jonka asiakkaat ovat pääasiassa paperi- ja sellutehtaat sekä toiseen segmenttiin Industry & Water, jonka alla toimivat tehtaat palvelevat kuntia ja paljon vettä käyttäviä asiakkaita. Koko Kemiran liikevaihto on ollut 2017 vuonna 2,486 mrd €. Yritys työllistää tällä hetkellä 4732 ihmistä kuudella eri mantereella ja asiakkaat jakaantuvat 100 eri maahan. (Kemira konserni 2018.)

Kemiran juuret yltävät jo vuoteen 1920 asti, jolloin perustettiin valtion rikki- ja superfosfaattitehtaat. Tuolloin rikkihappoa tuotettiin Lappeenrannan toimipisteessä ja superfosfaattia valmistettiin Kotkassa. Yritys laajensi toimintaansa 1940-luvun vaihteessa, jolloin valmistuivat tehtaat myös Harjavaltaan sekä Kokkolaan. Yritys työllisti tällöin noin 750 ihmistä neljällä eri tehtaallaan. (Kemira konserni 2018.)

1960-luvulla yrityksen nimi muuttui Rikkihappo Oy:ksi ja yhtiö aloitti kansainvälistymisen viemällä lannoitteitaan maailmalle. Tuolloin yhtiö osti ja fuusioi useita yrityksiä, joista merkittävin oli Vuorikemia Oy. (Kemira konserni 2018.)

Nopeasti kasvava yritys sai vuonna 1972 nimekseen Kemira ja vuonna 1994 yrityksestä tuli pörssi-yhtiö. (Kemira Chemicals. 2018.)

## 2.2. Kemira Chemicals Oy

Kemira Chemicalsilla on kolme toimipistettä, jotka sijaitsevat Sastamalan Äetsässä, Joutsenossa sekä Kuusankoskella. Tehtailla työskentelee yhteensä noin 300 työntekijää. (Kemira Chemicals. 2018.)

Virallinen opinnäytetyön toimeksiantaja on Kemira Chemicals Oy, Äetsän toimipiste, jossa työskentelee 107 työntekijää. Äetsässä on toiminnassa viisi tehdasta, joissa valmistetaan tuotteita massanvalmistus-, vedenpuhdistus- ja lääketeollisuuskemikaaleiksi. Tuotteet, joita tehtailla valmistetaan, ovat polyalumiinikloridi, natriumboorihydridi, natriumkloraatti, trimetyyliboraatti, fennopol, -brite ja -surf, puhdas vety ja märkälujahartsit. (Kemira Chemicals. 2018.)

Kemira osti Äetsässä toimivan Finnish Chemicals Oy:n vuonna 2004 ja toimi muutaman vuoden vielä vanhalla nimellä, jolla useat lähiympäristön asukkaat sekä asiakkaat edelleen muistavat toimipisteen. Vuonna 2009 Finnish Chemicalsin nimi muutettiin Kemira Chemicalsiksi. Tällä päätöksellä Äetsän toimipiste saatiin yhteenkuuluvammaksi Kemira konserniin. Toiminnot integroitiin Kemiran liiketoimintojen lisäksi globaaleihin funktioihin. (Kemira Chemicals. 2018.)



Kuva 1. Äetsän toimipiste (Suomen Ilmakuva Oy)

### 3 VESIKEMIKAALITEHDAS JA PROSESSI

Itse prosessi ja sen toimiminen liittyy vain pieneltä osalta opinnäytetyöhön. Teoriaosuus kuvaa pääpiirteet prosessista, sen toiminnasta ja tuotteista.

#### 3.1. Vesikemikaalitehdas

Vesikemikaalitehdas kuuluu vesi- ja hienokemikaalitehtaaseen, jossa on yhteensä toiminnassa neljä eri tehdasta.

Vesikemikaalitehtaalla valmistetaan vesikemikaaleja sekä kunnallisiin että teollisiin vedenpuhdistuslaitoksiin. Vesikemikaalituotetta käytetään pääsääntöisesti saostuskemikaalina vedenpuhdistuslaitoksilla sekä suuremmilla paperitehtailla, joissa halutaan parantaa täyteaineiden jäämistä viiraosavaiheessa rainaan eli kuitumattoon.

Vesikemikaalitehtaalla on käytössä neljä reaktoria R1, R7, R8 ja R10. Reaktorit on lasiemalilla vuorattuja panosreaktoreita, joissa kemikaalia saadaan valmistettua panostoimisesti höyryn avulla lämmön ja paineen alaisena.

Tehtaalla valmistetaan kauppanimellä PAX myytävää vedenpuhdistusainetta, jonka virallinen nimi on polyalumiinikloridi. Kaikkien tuotteiden raaka-aineet ovat vesi, suolahappo sekä kiinteä alumiinihydraatti. Tehtaalla valmistetaan kolmea eri tuotetta:

- Päätuote tehtaalla on XL-100
  - Tuotetta valmistetaan kaikkina päivinä tehtaan ollessa toiminnassa.
- Laimeampi tuote XL-60
  - Tuotetta valmistetaan kysynnän mukaan.
- PAX-14
  - Tuotetta valmistetaan kysynnän mukaan.

Hieno- ja vesikemikaalitehtaiden tehtailla valmistetaan sekä nestemäisiä, että kiinteitä tuotteita. Hienokemikaalitehtaaseen kuuluvalla liuostehtaalla valmistetaan SBH-liuosta. Aine on pelkistin, jota käytetään mekaaniseen massan valkaisuun, lääketeollisuudessa lääkeaineiden valmistusprosessissa vedenpuhdistuksessa sekä satunnaisesti myös öljyn puhdistuksessa. SBH-liuoksesta on mahdollista jatkojalostaa erilaisia kiinteitä aineita, kuten pulveria, raetta tai SBH-konsentraattia, joita valmistetaan Kemiran Äetsän omassa tehtaassa. (Käyttökoulutus Kemira –materiaali.)

Märkälujatehdas sijaitsee hieno- ja vesikemikaalitehtaan kanssa samalla alueella. Tehtaalla valmistetaan selkeytykseen apuainetta sekä märkälujahartsia. Märkälujatehtaan tuotteita käytetään esimerkiksi pehmopaperiteollisuudessa sekä elintarviketeollisuudessa erityisesti nestepakkauksiin. (Käyttökoulutus Kemira –materiaali.)

Äetsän tehtaalla on toiminnassa myös oma laboratorio, jossa tämän työn vesianalyysit sekä koko tehtaan näytteet pääsääntöisesti analysoidaan. Laboratorio sijaitsee välittömässä tehtaan läheisyydessä ja näytteitä analysoidaan viitenä päivänä viikosta Kemiran omien laboranttien toimesta. Lähes kaikki tehtaan näytteet saadaan Äetsän omalla tehtaalla analysoitua, mutta satunnaiset näytteet kuten öljynäytteet lähetetään Kemiran Espoon laboratorioon analysoitavaksi (Sulander, S. 21.2.2019.)

### **3.1.1 Kemiallinen prosessi**

Kemiallinen reaktio on prosessi, jossa lähtöaineet halutaan muuttaa reaktion avulla toiseksi aineiksi, jolloin lopputuote on mahdollista hyödyntää halutussa käytössä. Reaktiossa sitoutuu tai vapautuu tyypillisesti aina lämpöenergiaa. (Reaktiot ja energia. 15.2.2017.)

Reaktiot voidaan jaotella usealla tavalla. Käytetyimpiä tapoja on luokitella reaktiot olennaisimman reaktantin mukaan.

Reaktioiden jaottelu reaktantin perusteella:

- Hapetus
- Hydraus
- Hydrolyysi
- Nitraus
- Sulfonyinti
- Klooraus
- Esteröinti
- Krakkaus
- Polymerointi

Reaktantin mukaan jaoteltu tapa ei kerro kovin yksityiskohtaisesti reaktioiden piirteistä, jonka takia onkin kehitetty toinen myös paljon käytetty tapa jaotella reaktiot niiden ominaisuuksien perusteella. (Lamminpää, K. 17.10.2012).

Ominaisuuksien mukaan jaoteltu:

- Homogeeniset ja heterogeeniset reaktiot
- Katalyyttiset ja ei-katalyyttiset reaktiot
- Yksi- ja monivaiheiset reaktiot
- Eksotermiset ja endotermiset reaktiot
- Reversiibelit ja irreversiibelit reaktiot

Korkeat lämpötilat reaktoreissa asettavat omat haasteensa kemiallisten reaktioiden toteuttamiselle, koska ne on toteutettava turvallisesti ja ympäristömyönteisesti. Raaka-aineet halutaan saattaa hyvään ja optimaaliseen muotoon reaktiossa, jotta saadaan aikaiseksi mahdollisimman laadukasta vedenpuhdistuskemikaalia asiakkaiden käyttöön. Kemiallisessa reaktiossa syntyy aina uusia tuotteita raaka-aineista. (Lamminpää, K. 17.10.2012.)

### 3.2. Prosessikuvaus ja tuotteen XL-100 valmistus

Keittovaihe on valmiiksi ohjelmoitu ja portaistettu prosessi, jossa tiettyjen automaattisten ehtojen on toteuduttava, jotta prosessi etenee aina seuraavaan vaiheeseen eli sekvenssiin, jotka vesikemikaalitehtaalla ovat:

1. Automaatille (Aloitus)
2. Vesi seis (vesikierto vaippaan pysähtyy)
3. Höyry päälle (Höyry vaippaan aukeaa)
4. Lämmitys
5. Lämmitys päälle
6. Lämmitys (Lämmitys alkaa)
7. Lämmitys seis (Lämmitys pysähtyy, kun keittoaikaa on tietty haluttu aika kulunut)
8. Odotus (Reaktori on odotuksella tietyn halutun ajan, ennen, kun vesikierto alkaa vaippaan)
9. Jäähdytys päälle (Vesikierto päälle vaippaan, automaattinen veden avaus portaittain)
10. Jäähdytys (Vesikierto säädeltävissä manuaalisesti)
11. Jäähdytysvesi kiinni (Vesikierto vaippaan sulkeutuu)
12. Lopetus

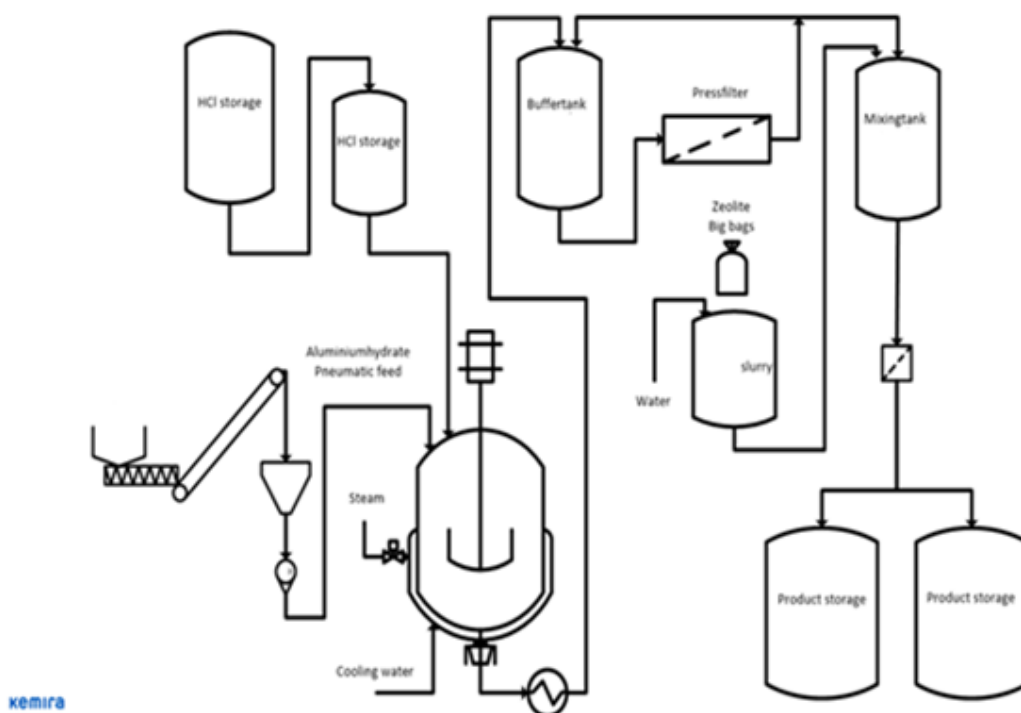
Pääperiaate keitossa ja sekvensseissä on se, että panos saataisiin haluttuun lämpötilaan ja paineeseen. Tätä tilannetta pidetään reaktorin sisällä yllä niin kauan, että saadaan tuotteen raaka-aineet täysin halutulla tavalla reagoimaan. Tuote jäähdytetään vaipan vesikierron ja lämmönvaihtimen avulla. (ValmetDNA –automaatiojärjestelmän data.)

Keittovaiheen jälkeen saatu XL-100-tuote ajetaan vastaanottosäiliöihin. Toinen vastaanottosäiliö on reaktoreille R8 ja R10 ja toinen säiliö on reaktoreille R1 ja R7. Tässä vaiheessa prosessia tuote on jatkuvalla sekoituksella, jotta varmistetaan, että ylimääräinen alumiinihydraatti ei jää säiliön pohjaan kiinni. Tuotteessa on aina ylijäämänä alumiinihydraattia (1-2%), koska keittovaiheen aikana kaiken suolahapon on kuluttava reaktioon. Alumiinihydraatti suodatetaan tuotteesta keiton jälkeen suotopuristimessa, jolloin se jää tuotteesta puristimen kankaisiin muodostaen kankaiden pintaan sakkakakun. Tuote siirretään

välisäiliöön, jossa sinne saadaan sekoitettua stabilointiainetta, jota jatkossa kutsutaan slurryksi. Kun kaikki slurry on sekoittunut tuotteeseen, se ajetaan varastosäiliöihin jälkisuodattimen kautta. Lastattaessa tuote asiakkaalle kuljetettavaksi tuote ajetaan vielä yhden kerran lastaussuodattimien läpi. Usealla suodatuskerralla halutaan varmistaa, että asiakkaalle lähtevään tuotteeseen ei pääse ylijäämänä stabilointiainetta eikä alumiinihydraattia. (Peiponen, E. Vesikemikaalin valmistus. 2017.)

Tuotteesta otetaan päivittäin näytteitä laboratorion analysoitavaksi. Tämän lisäksi jokaisesta lastauksesta kuljettaja ottaa näytteen, jota säilytetään ainakin neljä viikkoa varmuuden vuoksi, jos asiakas huomaa tuotteessa puutteita tai muutoksia.

## Polyalumiini kloridit, XL-100 valmistusprosessi



KUVA 2. XL-100 valmistus. (Äetsän yleisesittely 2018.)

## 4 LAITTEISTO

Opinnäytetyö on keskittynyt suurelta osalta lauhteisiin, joten teoriaosuus pitää sisällään vain pääperiaatteen tehtaan reaktoreiden rakenteesta ja toiminnasta. Syvällisemmin työssä käydään reaktorin vaipan sekä höyry- ja lauhdelinjojen toimintaa, koska tämän opinnäytetyön osalta ne ovat oleellimmat laitteistot ja rakenteet.

### 4.1. Reaktorit

Kemiallista reaktoria pidetään teollisuudessa koko onnistuneen prosessin sydämenä. Sillä halutaan saada kemiallisen reaktion avulla tuotetta, jolla on tuottoa eli raaka-aineiden ja prosessin kannalta välttämättömien raaka-aineiden ja vaadittavien toimintojen hinta on pienempi, kun itse tuotteen myyntihinta. (Ojala, A. Reaktoreista –oppimateriaali. s. 3.)

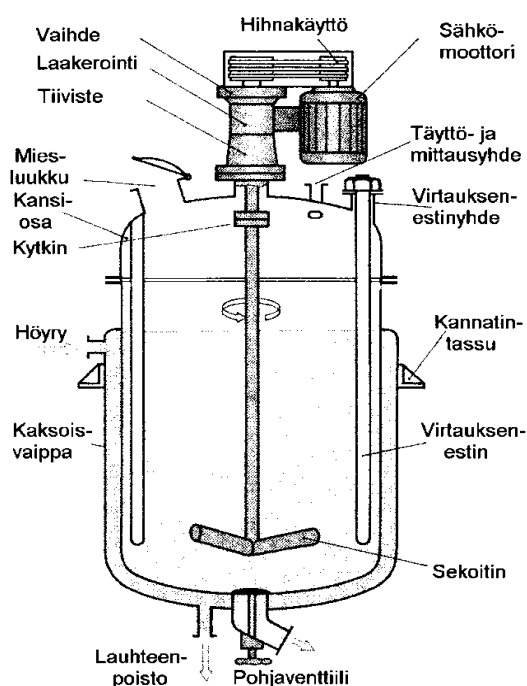
Erilaisiin käyttötarkoituksiin ja hyvinkin erilaisille reagoiville aineille tarkoitettut reaktorit voidaan toimintatapansa perusteella jakaa kolmeen ryhmään. Reaktorityypit ovat panosreaktori, jatkuvatoiminen reaktori sekä puolipanosreaktori. (Ahola, J. Kemialliset reaktiot ja reaktorit.)

Suunniteltaessa reaktorin valintaa ovat tärkeimpiä reaktoreiden toimintaan vaikuttavia tilamuuttujia paine, lämpötila, pitoisuus sekä virtausnopeus. Kokonaisvirtaus suhteutettuna reaktorin kokoon on aina otettava myös huomioon, sillä sen avulla saadaan tarkasteltua viipymäaika reaktorissa. Lämmönsiirto-ominaisuuksiltaan reaktorin käsittely tapahtuu joko adiabaattisena, eli täydellisesti eristettynä, tai isotermisenä, eli reaktorin lämmönsiirto ympäristön kanssa tapahtuu niin, että jokaisessa reaktorin kohdassa on sama lämpötila. (Ahola, J. Kemialliset reaktiot ja reaktorit.)

Panosreaktorin avulla halutut reaktantit, eli tuotteen raaka-aineet, syötetään reaktoriin ja annetaan niiden reagoida tietty ennalta määrätty aika, jonka jälkeen reaktori tyhjennetään. Panosreaktori on aina täysin dynaamisessa tilassa ja siellä



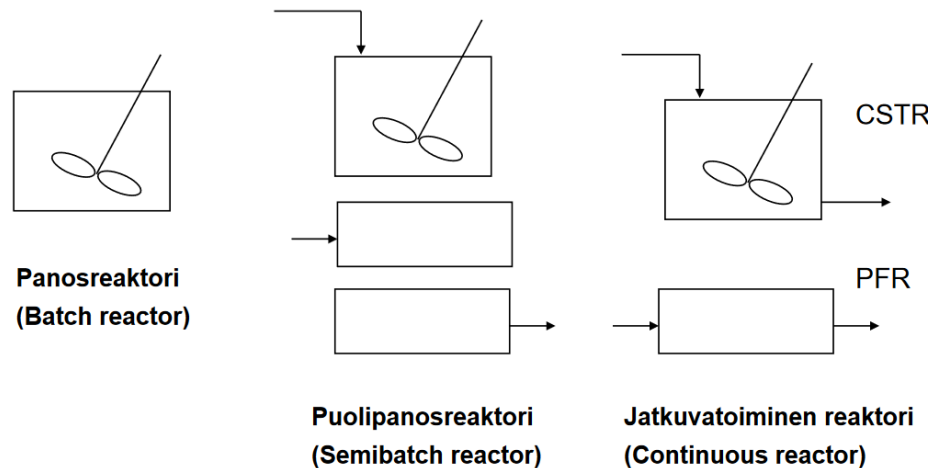
on oltava täydellinen sekoitus. Systemi on dynaamisessa tasapainossa, koska reaktion tuotteet reagoivat lähtöaineiksi samalla nopeudella, kun niitä muodostuu. (Lamminpää, K. 17.10.2012.) Panosreaktorin etuja ovat helppokäyttöisyys ja vähäinen instrumentointi. Panosreaktorin käytössä on myös haittapuolia: työvoimakustannukset ovat usein muihin reaktorityyppeihin verrattuna korkeammat ja tuotteen säädettävyys on verrattain huono. (Ahola, J. Kemiaalliset reaktiot ja reaktorit.)



KUVA 3. Panosreaktori, jossa lämmönsiirtovaippa. (Ojala, A. Reaktoreista – oppimateriaali. s. 20.)

Käsiteltävien ainemäärien ollessa suurempia on käytetyin reaktorityyppi jatkuvatoiminen reaktori, joka toimii stationääritilassa. Reaktorin tuotevirran koostumuksen on oltava sama kuin reaktoriseoksen koostumus. (Lamminpää, K. 17.10.2012.) Reaktorityyppi jakaantuu sekoitus- ja putkireaktoreihin. Jatkuvatoimisen sekoitusreaktorin (CSTR) tavoite on saada tuotteesta mahdollisimman tasalaatuinen ja hyvin sekoittunut, eli tilasuureilla on paikasta täysin riippumaton arvo. Kun reaktio etenee putkireaktorissa (PFR), on ideaalitalanteessa aksiaalisuunnassa tyypillisesti täydellinen sekoittumaton tilanne ja tilasuureet ovat pituuden funktiona. (Ahola, J. Kemiaalliset reaktiot ja reaktorit.)

- Reaktoreiden jaottelu operointitavan mukaan:



Prosessi- ja ympäristötekniikan perusta I / Teema 4  
17.10.2012 Kaisa Lamminpää

OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY OF OULU

KUVA 4. Reaktoryypit (Lamminpää, K. 17.10.2012.)

## 4.2. Reaktorin vaippa

Panosreaktorissa on kaksitoiminen lämmönsiirtovaippa. Sen toiminta perustuu siihen, että vaippaa on mahdollista sekä lämmittää että jäähdyttää. Vesikemikaalitehtaalla lämmittäminen tapahtuu höyryn avulla ja jäähdyttäminen viileän jokiveden avulla.

### 4.2.1 Reaktorin vaipan lämmittäminen vesikemikaalitehtaalla

Vesikemikaalitehtaalla reaktorin vaippaan avataan höyryventtiilit ja jäähdytysvesiventtiilit puolestaan suljetaan. Reaktorin vaippa alkaa täyttymään höyrystä, jolloin sen on mahdollista tyhjentyä vedestä, jotta reaktorin lämmittäminen olisi mahdollista. Vesikemikaalitehtaalle höyry tulee joko korkeatai matalapainehöyrynä, mutta pääsääntöisesti tehtaalla prosesseissa on käytössä korkeapainehöyry. Höyryä säädellään tehtaalla reaktorin vaippaan sekä automaatti- että käsiventtiileillä ja tämän lisäksi automaatiojärjestelmä on rakennettu niin, että se vapauttaa vaippaan höyryä aluksi portaittain vähän kerrallaan. Höyry mahdollistaa sen, että reaktorin lämpöä ja painetta saadaan nostettua lämpöenergian avulla. (Peiponen, E. Vesikemikaalin valmistus.)

#### 4.2.2 Reaktorin vaipan jäähdyttäminen vesikemikaalitehtaalla

Reaktorin vaipan jäähdytys perustuu läpivirtaukseen, eli vaipan läpi virtaa jatkuvasti joesta pumpattu vesi, jolloin reaktorista vapautuu lämpöä jokiveteen. Tällä tavalla jäähdytyksen teho on saatu maksimoitua ja jäähdytysveden virtaus on säädettävissä halutulla tavalla. (Haavisto, S. 2018.)

Jotta kustannukset saadaan pidettyä minimaalisina, vaippaan otettava jäähdytysenergia otetaan Kokemäenjoesta. Veden lämpötila on sidonnainen vuodenaikaan, mikä on jokiveden suurin ongelma. Lämpötila vaihtelee tyypillisesti 2 °C:n ja 24 °C:n välillä, joten kesäaikaan jäähdytysjärjestelmä ei ole yhtä tehokas, kun talviaikaan. (Vesistöennuste, Kokemäenjoki.)

Keiton loputtua reaktori halutaan jäähdyttää uutta panostamista varten, jotta saadaan optimoitua ajan käyttöä ja lyhennettyä keittojen välistä aikaa. Jäähdytyksellä on oleellinen vaikutus myös tuotteen laatuun. Jäähdyttäminen tapahtuu joesta pumpatun jäähdytysveden avulla. Kylmillä kausilla jäähdyttäminen on tehokkaampaa ja siten myös nopeampaa, koska joen vesi on jopa 25 °C kylmempää, kuin kuumina kesinä. Reaktorin vaipasta on ensin tyhjennettävä höyry, jolloin vesi saadaan laitettua kulkemaan vaipan läpi. Vesi virtaa vaipassa jatkuvasti tehostaen reaktorin jäähdytystä ja estäen samalla vaipan tyhjentymisen. Automaatiojärjestelmä säätelee portaittain venttiiliä, joka avaa jäähdytysvesiventtiiliä vaippaan. Venttiili aukeaa kiinni-asennosta täysin auki-asentoon jäähdytys -sekvenssin aikana. (Purmonen, T. 2018.)

#### 4.3. Tiivisteellinen levylämmönvaihdin

Levylämmönvaihtimen tehtävä on siirtää lämpöenergiaa vaihtimen sisällä nesteeltä toiselle. Tiivisteellisessä levylämmönvaihtimessa on elastomeeriset tiivisteet, joiden tiiviysteho on hyvä ja ne ohjaavat nesteen linjastoihin päästämättä nesteitä sekoittumaan keskenään.

Levyt kootaan rungon ja painelevyn väliin ja levyjen määrä on muutettavissa käyttötarkoituksen mukaan. Levyt kiristetään lopuksi tiettyyn kireyteen ruuvien

avulla. Kokoaminen ja vaihtimen puhdistaminen on tehty mahdollisimman helpoksi. (Alfa Laval toiminta. 2018.)

Tämän työn prosessissa on käytössä tiivisteellinen Alfa Lavalin levylämmönvaihdin, joka on verrattuna putki- ja vaippaputkilämmönvaihtimiin nähden monilta ominaisuuksiltaan tehokkaampi. Siihen ajetaan kuumaa fluidia, tässä tapauksessa vesikemikaalia, ja jäähdytysenergia lämmönvaihtimeen otetaan jokivedestä, joka kulkee jatkuvatoimisesti jäähdytysvaiheen aikana lämmönvaihtimessa. Laitteella on AHRI-sertifikaatti, joka takaa lämpötehokkuuden valmistajan antamien eritelmien mukaan. AHRI-sertifiointi on ainutlaatuinen ja ainoa sertifiointi, joka on tehty levylämmönvaihtimille. Tiivisteellisen levylämmönvaihtimen etuina on pieni ja kompakti koko, tarkka lämmönsiirto, eli lämmönvaihtimessa kulkevien kuuman ja kylmän aineen lämpötilaero saadaan mahdollisimman pieneksi. Laitteen kustannukset ovat pienet, niin investointi-, asennus-, kunnossapito- kuin käyttökustannuksetkin. Tiivisteiden ansiosta on saatu minimoitua ja estettyä korroosiota, likaantumista sekä lämmönvaihtimen kulumista. Lämmönvaihdin on varmatoiminen, helppokäyttöinen ja se mahdollistaa prosessin tehokkaan toimimisen energiystävällisesti. (Alfa Laval levylämmönvaihdin. 2018.)

#### **4.4. Höyry- ja lauhdejärjestelmä**

Höyry on veden kaasumainen olomuoto. Kyllästynyt höyry sisältää pienen määrän kosteutta, joka kulkee höyryn mukana, eikä ole siihen kondensoituneena. Kosteus jää höyryn ajon aikana putkistoihin ja tätä kondensoitunutta vettä putkistossa kutsutaan lauhteeksi. (Ojala, A. 29.3.2019.)

Höyry on teollisuudessa runsaasti käytetty apu lämmittämiseen, sillä höyryllä on monia etuja. Se on täysin myrkytöntä, halpaa, siirtäminen paikasta toiseen on yksinkertaista, höyryllä on sille ominaisesti korkea lämpökapasiteetti sekä sen lämpötilaa on helppo kontrolloida ja muuttaa paineen avulla. Höyryjärjestelmän tärkein tehtävä on siis kuljettaa höyryä monille eri prosessin käyttäjille pitkiäkin matkoja. (Federley, J. 2009.)

Lauhdelinjoilla on tärkeää, että lauhteen käsittely on toimiva. Lauhde on poistettava putkistoista keittovaiheen aikana, koska se vie putkiston tilavuutta, joka samalla pienentää höyryn tilavuutta. Tämä aiheuttaa sen, että lämmitysteho heikkenee. (Federley, J. 2009.)

Lauhteenpoistojärjestelmän on oltava tehokas, jotta lauhde saadaan putkilinjoista pois häiriöttömästi. (Lauhteenpoisto. 2018). Lauhde poistetaan säännöllisesti linjastosta useassa prosessissa, jopa tyypillisesti jatkuvasti prosessin aikana. On tärkeää, että lauhteenpoistojärjestelmään panostetaan, jotta laitteisto olisi ajantasainen sekä nykyaikainen. Automaatiojärjestelmän on toimittava myös niin, että lauhteenpoisto saadaan mahdollisimman hyväksi. (Federley, J. 2009.)

Lauhteenpoistimet voidaan tyypillisesti jaotella neljään toimintatavaltaan eroavaan ryhmään. Pääryhmän muodostavat termiset- ja termodynaamiset biteräslauhteenpoistimet. Ne kestävät hyvin tulistusta ja ovat kompaktin kokoisia, jolloin ne sopivat ahtaampiinkin linjastoihin ja väleihin. Näitä käytetään esimerkiksi voimalaitoksilla. Pääryhmässä on myös termiset kapselilauhteenpoistimet. Ne soveltuvat linjastoihin, missä kulkee kylläistä höyryä. Kapselilauhteenpoistimien lauhteenpoistokyky voi olla jopa useita kymmeniä tuhansia kilogrammoja tunnissa, joten poistimet sopivat hyvin esimerkiksi isoihin linjavesityksiin. Harvinaisempia käytössä olevia lauhteenpoistinjärjestelmiä ovat termodynaamiset lauhteenpoistimet. Niiden käyttöä ei useinkaan teollisuudessa suositella huonon ilmanpoiston ja tuorehöyryhävikin takia. Niiden toiminta perustuu siihen, että ne poistavat lauhteen alijäähtyneenä, jolloin lauhteen lämpö menee hukkaan. (Lauhteenpoisto. 2018.)

Vesikemikaalitehtaan lauhteenpoistimena toimii neljänteen pääryhmään kuuluva mekaaninen uimurilauhteenpoistin. Lauhteenpoistin sijaitsee reaktorin vaipan jälkeen lauhteenpoistolinjassa. (Sandroos, E. 2019.) Uimurilauhteenpoistin on varmatoiminen ja se soveltuu lämmönvaihtimen jälkeen käytettäväksi, jolloin se on hyvä valinta reaktorin vaipan jälkeen. Uimurilauhteenpoistimen kapasiteetti on hyvä ja se erottelee höyryn tarkasti päästämättä liikaa höyryä hukkaan. Lauhde poistuu prosessista ilman alijäähtymistä, jonka takia se sisältää runsaasti

lämpöenergiaa. Tämä energia on mahdollista hyödyntää tuotannossa. (Lauhteenpoistimet. Kontram Oy.)

Uimurilauhteenpoistimessa on koho, johon sen toiminta perustuu. Lauhteen syntyessä linjastoihin, se pääsee uimurilauhteenpoistimen kammioon ja kammio alkaa täyttymään lauhteesta. Kammion täytyessä riittävästi lauhteenpoistin poistaa ensin höyryn, jonka jälkeen se vapauttaa lauhdeveden lauhteenpoistolinjastoon. (Lauhteenpoistimet. Kontram Oy.)



KUVA 5. Uimurilauhteenpoistimen rakenne (Lauhteenpoistimet. Kontram Oy.)

#### 4.5. Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmä on moniulotteinen käsite. Sillä voidaan tarkoittaa yksittäistä ohjelmoitavaa logiikkalaitetta tai sitten voidaan tarkoittaa koko tehtaan tai tehtaan osan toiminnan ohjaamiseen kehitettyä järjestelmää. Eri järjestelmän tarjoajia ja automaatiojärjestelmäalustoja on useita, jotka on moniin eri käyttötarkoituksiin tarkoitettuja sekä eri tilanteisiin ja prosesseihin soveltuvia. (Opetushallitus. 2. automaatiojärjestelmät.)

Prosessiautomaatiojärjestelmien on oltava ajantasaisia, sillä ne parantavat tuotannossa tehokkuutta sekä tuotteen laatua. Tuotannon tehokkuus sekä tuotteen laatu ovat suoraan verrannollisia yrityksen ja tuotteen kilpailukykyyn. Automaatiotekniikalla saadaan monesti myös useasti toistuvat ja yksitoikkoiset sekä vaaralliset vaiheet hoidettua nopeasti sekä turvallisesti, jolloin lisätään myös työturvallisuutta sekä –hyvinvointia. (Kurki. 2000.)

Tyypillisesti koko tehtaan tuotannollista automaatiojärjestelmää ohjaa jokin keskitetty valvomoasema ja tehtaan valvomossa on operaattori, joka ohjaa automaatiojärjestelmää. Teollisuusstandardi on määrittänyt, että valvomoaseman on rakennuttava PC-laitteistosta ja siihen liitetyistä erillisistä asianmukaisista I/O-yksiköistä. (Opetushallitus. 2. automaatiojärjestelmät.) Automaatiojärjestelmän tehtävänä on kerätä mittausdataa, joka on operaattorin luettavissa. Tällöin operaattorin on mahdollista hyödyntää mittausdataa työssään ja automaatiojärjestelmä kykenee mittausdatan pohjalta laskemaan vaadittavat ohjaukset ja ohjaamaan järjestelmän alaisuudessa olevia toimilaitteita. Automaatiojärjestelmän tehtäviin lukeutuu myös tiedonkeruu sekä mahdollisesti raportointi. (Kurki. 2000.)

Automaatiojärjestelmän tehtävänä on toimia pääsääntöisesti itsenäisesti, mutta se kerää ja jakaa operaattorille tarvittavat tiedot prosessista, jolloin operaattorin on mahdollista tehdä päätös ja puuttua ohjaukseen. Operaattori voi ohjata järjestelmää manuaalisesti. (Kurki. 2000.)

Vuonna 2015 Valmet Oyj osti Metso Oyj:n automaatiojärjestelmät. Tämän jälkeen Valmet on tarjonnut prosessiautomaatio- ja informaatiohallintajärjestelmiä sekä niihin liittyviä palveluita erityisesti sellu-, paperi-, energia- ja prosessiteollisuuksille. (Valmet Oyj ja Metso Oyj kauppa. 15.1.2015.)

Vesikemikaalitehdas käyttää Valmet Automation Oy:n kehittämää järjestelmää, joka on luotu ja soveltuu erityisesti prosessin, koneen, moottorikäyttöjen ja laadun ohjauksien toteuttamiseen ja hallinointiin. (ValmetDNA –järjestelmä. 2019).

Automaatiikan taakse on kytketty prosessissa laajalti toimintoja, jotka ohjailevat prosessia, panostamista ja keiton jälkeisiä tapahtumia.

## 5 KOESUUNNITELMA

Virtausmittaukset ja vesianalyysit vaativat usein aikaa sekä työtä, mutta monesti tarvitaan myös investointeja ja resursseja. Tämän takia ensiarvoisen tärkeä tekijä on se, että pohjatyöt on tehty huolella, eli tässä tapauksessa pohjatöistä tärkein on koesuunnitelma suoritettaville kokeille. Hyvän koesuunnitelman avulla halutaan tilastollinen menetelmä muuttaa käytännön työkaluksi. Kokeiden määrä on syytä pitää hallinnassa, mutta kaikki tarpeelliset kokeet on kuitenkin suoritettava. Koesuunnitelman pohjimmainen ajatus on, että minimaalisella määrällä kokeita halutaan saada maksimaalinen hyöty ja informaatio. (Dobre T.C. & Sanchez M.J.G. 2007.)

Virtausmittausten koesuunnitelmassa käydään läpi mittausten suorittamisen suunnitelma ja alustava aikataulu. Selvitetään mittauspisteet, suoritettavien mittausten aikaväli sekä käytettävä mittauslaitteisto. Laboratorioanalyysien osalta selvitetään käytettävä laboratoriolaitteisto, joka soveltuu työssä vaadittaville vesinäytteille. Koesuunnitelmassa kerrotaan näytteiden ottamisen suunniteltu aikataulu, analysoitavat muuttujat näytteistä sekä näytteiden ottamiseen valikoidut pisteet. (Dobre T.C. & Sanchez M.J.G. 2007.)

### 5.1. Lauhdevedet

Lauhdevesien virtausmittaukset ovat tässä työssä tärkeässä osassa. On tärkeää saada tieto, kuinka paljon lauhteita syntyy, jotta niiden tulevaisuuden jatkosijoittaminen ja hyötykäyttäminen voisi olla mahdollista. Virtausmittausten yhteydessä selvitetään myös lauhteiden lämpötila. Lauhteet sisältävät paljon lämpöä, joka olisi pyrittävä saamaan talteen ja hyödynnettyä tuotannossa.

#### 5.1.1 Virtausmittaukset

Alustavan suunnitelman mukaan mittaukset suoritetaan viikoilla 5 sekä 6 vuonna 2019. Reaktorit, joista mittaukset on määrä suorittaa, ovat R7 ja R10. Mittaukset



suoritetaan ensin reaktorille R7 ja sen jälkeen reaktorille R10. Reaktorit valikoituivat mittausten kohteiksi, syystä että R7 on uusi reaktori ja R10 on reaktoreista kaikkein vanhin. Tällä halutaan varmistaa, että tehtaan lauhteista saadaan mahdollisimman todenmukainen keskiarvo.

Mittauspisteet valikoituivat lauhdelinjojen kohdista, joissa on mahdollisimman pitkät linjat ilman mutkia tai pumppuja, jotta virtaus on mahdollisimman stabiili. Etukäteen selvitettiin, että kumpikin reaktorin lauhdelinja on ruostumatonta terästä. R10 reaktorin lauhdelinja on halkaisijaltaan 88,9mm ja seinämän vahvuudeltaan 2,0mm. R7 reaktorin linjan putki on halkaisijaltaan 60,3mm ja seinämän vahvuus on 2,0mm.

Kumpaankin reaktoriin suoritetaan virtausmittaukset tuotteen XL-100 valmistuksen aikana, jolloin on korkeapainehöyryt käytössä ja reaktorin lämmöt korkeimmillaan. Kokeita suoritetaan kolme kappaletta kummallekin reaktorille ja peräkkäisille keitoille arkipäivinä, jolloin linjan höyryt ovat olleet käytössä säännöllisesti, eli tilanne on mahdollisimman normaali höyryjen osalta.

Virtausmittaukset suoritetaan Krohne Optisonic 6300 P- virtausmittarilla. Mittaukset saadaan mittarin ultraääniäaltoihiin perustuvan teknologian avulla suoritettua ilman mekaanista asennusta. Linjoja ei tarvitse aukaista tai tuotantoa pysäyttää virtausmittausten asentamisen ajaksi. Mittari on suunniteltu pienikokoiseksi ja sopii hyvin tilapäiseen käyttöön. Laitteen mukana on mittauskiskoja kolmea eri kokoa, eli prosessiputken koko voi olla DN15...3000. Mittari valikoitui helpon asentamisen ja tarkkojen mittaustulosten takia käytettäväksi mittariksi. (Käyttöohje Krohne Optisonic.)

### **5.1.2 Laboratorioanalyysit**

Kemiralle tulevan lauhteen höyry tuotetaan viereisen Advenin kattilatehtaalla. Lauhde ei ole puhdasta, sillä se sekoittuu jokiveden kanssa. Koska lauhdevedet eivät tule tuotantoon puhtaana, ei voida myöskään olettaa, että lauhdevesien laatu ei muuttuisi keiton aikana paineesta ja lämmöstä johtuen.

Palaverissa 10.1.2019 tehtiin suunnitelma otettaville näytteille ja käytettävälle laboratoriolaitteistolle. Paikalla palaverissa olivat käyttöpäällikkö Maija Annila, laboratoriopäällikkö Birgitta Peltopakka ja automaatioinsinööri Mikko Prusi. Lauhteiden vesianalyysi päätettiin Birgitta Peltopakan kanssa suorittaa ICP-laitteen, eli induktiivisesti kytketyn plasman avulla. Laite on nopea, tarkka ja sen avulla näytteestä saadaan laajat analyysit ja tieto, mitä lauhdevedet sisältävät. (B. Peltopakka. 10.1.2019).

Näytteet tullaan ottamaan aluksi kahtena ajankohtana, keiton alussa sekä keiton loppuvaiheilla. Jos näytteiden analyysit eivät muutu ajankohtien välillä, voidaan päätellä, että lauhdevedet pysyvät keiton ajan lähes muuttumattomina. Jos analyysit ovat kovin eri sisältöiset, on tehtävä välimittauksia niin monta, että saadaan selvitettyä, missä välissä lauhdevesissä tapahtuu muutosta.

## **5.2. Reaktorien pesuvedet**

Reaktorit huuhdellaan jokaisen panoksen välissä pohjassa olevan venttiilin kautta. Tällä halutaan taata reaktorin pitkä käyttöikä ja varmistaa, että reaktorin pohjan venttiilin väliin ei jää kiviä tai muita kiinteitä roskia alumiinihydraatista.

### **5.2.1 Virtausmittaukset**

Virtausmittaukset suoritetaan putkeen asennettavan liikuteltavan roottorivirtausmittarin avulla kanaaliin johtavan huuhtelulinjan päästä. Virtausmittarin toiminta perustuu siihen, että vesi virtaa mittarin läpi, jolloin veden virtaus aiheuttaa roottorin pyörimisen, jonka avulla nähdään todellinen reaktorista tuleva vesimäärä ja pystytään kartoittamaan mahdollista veden uudelleen käyttöä tuotannossa. Reaktorit, joista virtausmittaukset suoritetaan ovat R10 ja R8. Reaktori R8 on vesikemikaalitehtaan uusin ja R10 on vesikemikaalitehtaan vanhimpia reaktoreita. Mittaukset suoritetaan kummastakin reaktorista kahdesta eri panoksesta. Tällöin saadaan mahdollisimman hyvä keskiarvo reaktoreiden pesuveden määrästä.

Virtausmittarin tulosta verrataan vesimittariin, joka näyttää reaktorin läpi ajettavan vesimäärän kilogrammoissa. Kilomääräinen vesimittari on vanha, eikä sitä oltu ennen tätä työtä kalibroitu pitkään aikaan, joten mittari ei ole luotettava. Lisäksi erityisesti vanhaan reaktoriin R10 jää hieman XL-100 -tuotetta pohjalle, joten huuhdeltavan veden määrä hieman kasvaa siihen sekoittuneen tuotteen johdosta.

### **5.2.2 Laboratorioanalyysit**

Laboratorioanalyysit otetaan huuhdeltavasta pesuvedestä pesuyhteiden päistä, jotka vievät pesuvedet kanaaliin. Näytteet otetaan reaktorin pesun yhteydessä laboratorion omiin näyteastioihin.

Palaverissa 10.1.2019 päätettiin ottaa jokaisesta reaktorista pesuvesinäytteet, jotta varmistetaan, että näytteistä saa keskiarvon veden laadusta. On todennäköistä, että näytteissä on isoja reaktorikohtaisia eroja, sillä kaikki reaktorit ovat yksilöitä ja niiden tyhjentämislinjat ovat erilaisia, jonka takia erityisesti vanhemmat reaktorit eivät tule aivan yhtä tyhjäksi kuin uudemmat. Palaverin yhteydessä päätettiin, että näytteet analysoidaan ICP-laitteella.

### **5.3. Lattioiden pesuvedet**

Vesikemikaalitehtaan lattioita ja laitteita pestään säännöllisesti, jotta varmistetaan lattioiden puhtaana pysyminen, turvallisuus ja pitkä käyttöikä, sillä hapan PAX kuluttaa lattioita. Tuote on myös liukasta, jonka takia turvallisuussyistä lattialle päässyt tuote huuhdellaan runsaalla vedellä välittömästi. Tuotetta ei saa päästä silmiin, hengitysteille eikä iholle. (Käyttöturvallisuustiedote. 4.8.2016.)

Lattioiden pesuvesistä ei oteta virtausmittauksia, koska ValmetDNA – automaatiojärjestelmä kerää historiatietoja pesuvesien keruusäiliön pinnan korkeudesta, josta saadaan katsottua syntyvät vesien määrät.

### 5.3.1 Laboratorioanalyysit

Yhteisessä palaverissa Maija Annilan, Mikko Prusin ja Birgitta Peltopakan kanssa 10.1.2019 päätettiin ottaa kahdesta erilaisesta kohdasta näytteet. Toinen näyte otetaan kanaalista heti suotopuristimen jälkeen ja toinen otetaan pesuvesien keruusäiliöstä, jonne kanaali johtaa. Näytteistä halutaan saada hyvä käsitys vesien laadusta.

Lattian pesuedet ajetaan tällä hetkellä vetenä reaktoriin uuden panostuksen yhteydessä.

### 5.4. Koonti otettavista vesinäytteistä

Taulukko 1. voidaan nähdä koottuna kaikki suunnitellut vesinäytteet, ajankohdat näytteiden otolle ja otettavien näytteiden lukumäärät. Suunnitelmia pyritään noudattamaan, mutta aina voi kuitenkin tapahtua jokin laiterikko, jonka takia koesuunnitelman aikataulu venyy tai suunnitelmaa joudutaan muuttamaan.

TAULUKKO 1. Koesuunnitelman aikataulut vesien analyysille

	Näyte	Näytepisteiden lkm	Näytteiden lkm	Suunniteltu ajankohta
Lauhdevesi	R1, Lauhde	2	2 x 2	Viikko 7
	R7, Lauhde	2	2 x 2	Viikko 7
Reaktorin pesuvesi	R1	1	1	Viikko 5
	R7	1	1	Viikko 5
	R8	1	1	Viikko 5
	R10	1	1	Viikko 5
Lattian pesuvesi	Suotopuristimen kanaali		1	Viikko 7
	Pesueden keruusäiliö		1	Viikko 7

## 6 VESIANALYYSIT JA VIRTAUSMITTAUKSET

### 6.1. Lauhdevedet

Lauhdevesistä suoritettiin virtausmittaukset reaktoreista R7 ja R10. Lauhdevesien analyysit oli reaktoreiden rakenteiden takia helpoin suorittaa koesuunnitelman mukaisesti reaktoreista R7 ja R1.

#### 6.1.1 Suoritetut virtausmittaukset

Virtausmittausten suorittaminen aloitettiin reaktorista 7 viikolla 7, 2019 ja saatiin viimeiset mittaukset otettua viikolla 8, 2019. Aikataulu venyi koesuunnitelman aikataulusta sairastapausten johdosta. Mittari kytkettiin lauhteenpoistolinjaan, joka sijaitsee reaktorin vaipan jälkeen pystysuunnassa. Pystyssä oleva linja on ultraäänellä toimivalle mittarille paras vaihtoehto, sillä jos linjassa on ilmakuplia niin kuplat eivät pääse kertymään pystysuunnassa olevalle linjalle ja häiritsemään mittauksia. (M. Prusi. 12.2.2019). Linja oli pitkä, ilman mutkia tai lähellä sijaitsevia pumppuja, jonka takia mittarin toiminta oli kaikista luotettavin, koska tällöin ei ollut häiriöitä mittauslinjalla. R7 oli ruostumattomasta teräksestä valmistettu putki, jonka seinämän vahvuus oli 2mm ja putken halkaisija 60,3mm.

Toinen mittauksiin valikoitunut reaktori oli R10, mutta se oli otettu huoltoon mittausten ajankohtana, joten mittaukset sai suoritettua vasta viikolla 9, 2019 ja 10, 2019. Mittari asennettiin koesuunnitelmassa suunniteltuun pystysuunnassa olevaan linjaan. Linja oli samanlaisella sijainnilla, kun reaktorissa R7. Mittarin kiinnittäminen oli helppoa ja mittarille riitti hyvin tilaa. Putki oli ruostumattomasta teräksestä valmistettu, sen seinämän vahvuus oli 2mm ja putken halkaisija 88,9mm.



KUVA 6. Krohne Optisonic virtausmittari asennettuna reaktorin lauhdelinjaan.



KUVA 7. Virtausmittari keräämässä virtauksien dataa.

## **6.1.2 Tehdyt vesianalyysit ja näytteiden otto**

Kuuma lauhdevesinäyte saatiin turvallisesti otettua talteen reaktorin alla olevan lauhdelinjan venttiilin kautta, josta lähti linja kauemmaksi reaktorista. Reaktorit R1 ja R7 valikoituivat tästä syystä vesinäytteiden ottamiseen.

Näytteet otettiin keiton alusta ja keiton lopusta. Näytteet lähtivät laboratorioon analysoitavaksi. Näin saatiin selville, tapahtuuko vesinäytteiden laadussa merkittäviä muutoksia. Vesinäytteitä voitiin ottaa vasta viikolla 9, 2019, koska virtausmittausten suorittaminen viivästyi. Laboratorio ajaa ICP-laitteistolla vesinäytteitä parittomilla viikoilla ja lauhdevesien vesinäytteet eivät aivan ehtineet tuolloin analysoitavaksi, joten ne analysoitiin viikolla 11.

## **6.2. Reaktorien pesuvedet**

Reaktorien pesuvesien virtausmittaukset ja vesianalyysit suoritettiin jokaisesta reaktorista. Nämä päädyttiin suorittamaan jokaisesta reaktorista, sillä mittaukset ja analyysit olivat helppoja ja nopeita. Haluttiin saada mahdollisimman paljon dataa, jotta tuloksia käsitellessä saataisiin mahdollisimman laaja aineisto koeajojen tästä osiosta.

### **6.2.1 Suoritetut virtausmittaukset**

Virtausmittaukset suoritettiin useana ajankohtana, hetkinä, jolloin reaktorit olivat tyhjiä ja pesua varten valmiina. Mittaukset suoritettiin koesuunnitelmasta poiketen kaikista reaktoreista.

Puhtaan veden mittareita on vesikemikaalitehtaalla kaksi kappaletta. Toinen mittari on reaktorille R7 ja toinen mittari kolmelle muulle reaktorille, eli reaktoreille R1, R8 ja R10. Virtausmittaukset suoritettiin kaikista reaktoreista taulukon 3 mukaan.

Mittaustuloksia tuli 7 kappaletta, neljä käytettäessä toista mittareista ja kolme taas käytettäessä mittareista toista. Mittareita ei ole siirretty ValmetDNAhan ja tämän takia mittaukset oli suoritettava manuaalisesti.

Koesuunnitelmasta poikettiin, koska haluttiin tutkia mittareiden eroja. Koesuunnitelmassa alun perin oli tarkoitus tarkastella vain toista mittaria. Kokeellinen osuus tässä osiossa oli nopea, mikä teki mahdolliseksi käyttää tähän aiheeseen suunniteltua enemmän aikaa.

TAULUKKO 2. Virtausmittausten suorittaminen reaktoreiden pesuvesistä

Reaktori	Päivämäärä	Panosnumero
R7	20.2.2019	285
R7	6.3.2019	300
R7	26.3.2019	323
R10	24.1.2019	1085
R8	23.1.2019	43
R8	5.3.2019	90
R1	13.3.2019	1145

### 6.2.2 Tehdyt vesianalyysit ja näytteiden otto

Jokaisesta reaktorista otettiin yksi pesuvesinäyte, eli näytteitä reaktorien pesuvesistä tuli yhteensä neljä kappaletta. Näytteenotto suoritettiin taulukon 3. mukaan.

TAULUKKO 3. Pesuvesien näytteiden ottaminen

Reaktori	Päivämäärä	Panosnumero	Kellonaika
R1	9.1.2019	1066	11:05
R7	22.1.2019	246	23:40
R8	14.1.2019	28	9:30
R10	14.1.2019	2495	13:45



Näytteiden ottaminen oli helppoa, sillä pesulinja ja –yhde, jonka kautta reaktori huuhdellaan, tulee saaviin, josta näyte on otettavissa. Saavin tarkoitus on varmistaa, että mahdolliset lasiemalin palat ja muut reaktorin rikkoutumista ennakoivat asiat huomattaisiin välittömästi.

Reaktoreiden pitkistä keittoajoista johtuen näytteiden oton ajankohdat saattoivat olla mihin kellonaikaan tahansa, kuten taulukosta 3 huomataan. Näytettä otettaessa annettiin linjassa mahdollisesti olleiden vesien tulla kanaaliin ja otettiin näytteet keskivaiheilta pesuveden virtausta. Tällä saatiin varmistettua, että vesinäytteet ja myös analyysitulokset olivat mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään.

### **6.3. Lattian pesuvedet**

Opinnäytetyössä ei annettu lattioiden pesuvesille suurta painoarvoa eikä siihen täten käytetty aikaa, sillä lattian pesuvesien määrästä on tieto jo entuudestaan siirretty ValmetDNA:han, johon data kerätään talteen.

Aluksi oli määrä tehdä virtausmittaukset kanaalista, mutta tämä osoittautui heti hitaammaksi tavaksi, kuin hyödyntää ValmetDNA:n keräävää dataa.

#### **6.3.1 Suoritetut virtausmittaukset**

Lattioilta tuotantoon palaavat vedet siirtyvät pesuveden keruusäiliöön.. Säiliön sakkainen vesi ajetaan suodattimien läpi isompaan pesuveden säiliöön, josta se johdetaan jatkokäyttöön.

ValmetDNA on ohjelmoitu keräämään sekä arvollista dataa, eli keräämään arvoja tietyin väliajoin, että piirtämään graafista kuvaajaa. Laskelmissa käytettiin hyödyksi datan muotoa, sillä näin varmistettiin mahdollisimman tarkat tulokset. Lattian pesuvesien analysointiin tarvittiin ValmetDNA:n keräämän datan lisäksi myös säiliöiden PI-kaavioita.

Aikaikkuna, jona vesien määrää seurattiin, oli 1.1.2019-28.2.2019. Kaksi kuukautta on riittävä aika vesien määrän tarkasteluun tässä kohteessa ja saamaan vertailukelpoiset arvot vesien määristä.

Pesuveden säiliöön vesi menee suolahappopesurista, mikä ei ole tarkasteltavana työssä sekä vesi pumpun välityksellä sakkaisen veden keruusäiliöstä. Työssä lähdettiin liikkeelle selvittämällä suolahappopesurin veden vaihtopäivät. Nämä jätettiin huomioimatta tarkasteltaessa dataa. Exceliin kirjattiin manuaalisesti kaikki päivät, kun pumppu säiliöiden välillä on ajanut vettä. Arvollisesta datasta sai katsottua päiville vielä tarkemmat pinnankorkeudet ja vesimäärät. Exceliä hyväksikäyttäen sai laskettua veden määrän kahden kuukauden ajalta.

### **6.3.2 Tehdyt vesianalyysit ja näytteiden otto**

Lattian pesuvesistä otettiin näytteet koesuunnitelman mukaan, eli puristimen jälkeen lattiakanaalista, joka johtaa pesuveden keruusäiliöön, ja toinen näyte pesuveden keruusäiliöstä, josta vesi palaa tuotantoon suodatuksen jälkeen. Työssä haluttiin saada keskiarvo pesuvesien laadusta, jonka takia näytteet otettiin eri paikoista ja tilanteista.

Kaksi eri paikasta otettua näytettä analysoitiin ICP:n avulla ja suoritettiin lisäksi liuskalla paikallisesti tehtävä pH-testi kolmena eri ajankohtana 7.1.2019, 28.2.2019 sekä 1.3.2019.

Halusin tarkastella pH-arvoa useampana eri ajankohtana, mutta laajemmalle ICP-ajolle ei ollut kuitenkaan tarvetta.

## 7 TULOKSET JA ANALYSOINTI

### 7.1. Lauhdevedet

Lauhdevesien virtausten keskiarvot on esitetty taulukkoon 4. Kuvaajasta 1 voidaan nähdä reaktorin keittovaiheen aikana syntyvien lauhdevesien määrää. Lauhdevesinäytteet otettiin kahdesta reaktorista.

#### 7.1.1 Virtausmittausten tulokset

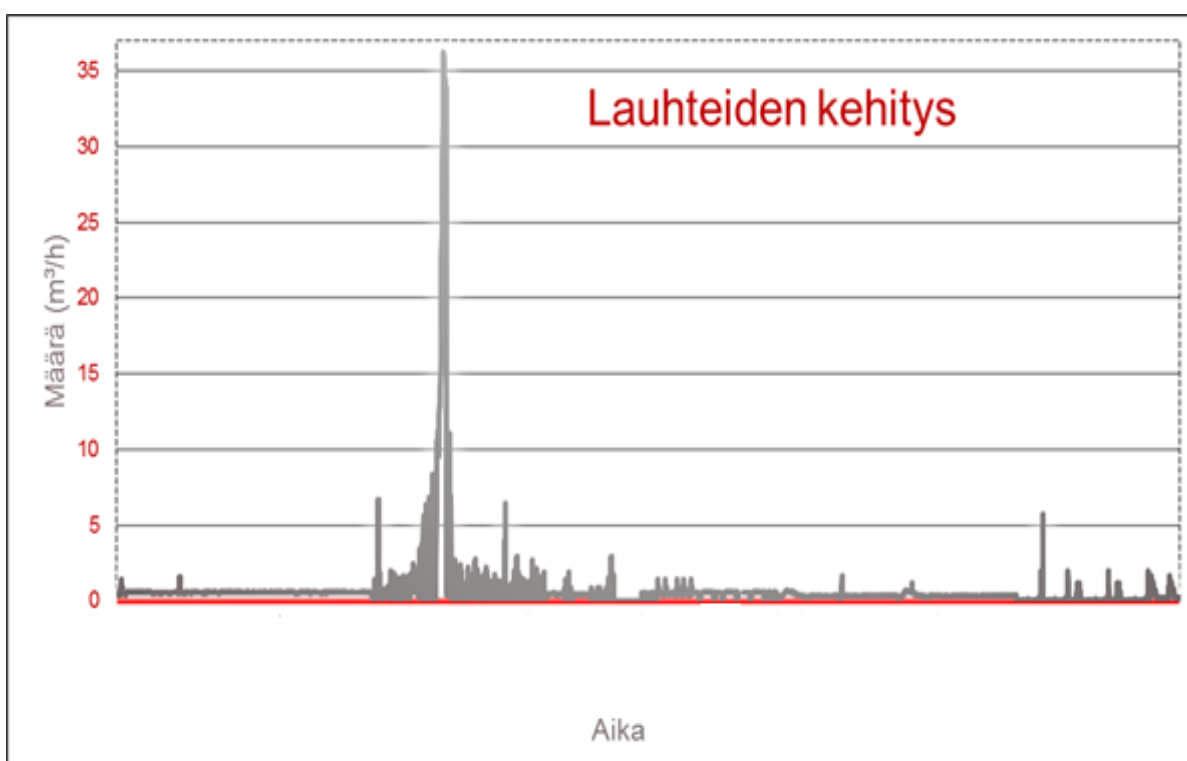
Virtausmittaukset suoritettiin sekä uudemmassa että vanhemmasta reaktorista. Tulokset käyvät ilmi taulukosta 4. Oletus oli, että uudemmassa R7-reaktorissa olisi tasaisempi lauhteiden syntymismäärä. Mittaustuloksista kävi ilmi, että vanhemman R10-reaktorin lauhteiden määrien syntyminen oli tasaisempaa. R7-lauhteiden kokonaisvesimäärät erosivat panosten välillä paljon enemmän. Tässä reaktorissa syntyy kuitenkin keskimäärin enemmän lauhdetta, eli sinne menee R10-reaktoria enemmän myös höyryä.

TAULUKKO 4. Virtausmittaukset lauhdevesistä

Reaktori	Päivämäärä	Mittauspisteitä	
		(lkm)	Keskiarvo (m <sup>3</sup> /h)
R7	6.2.2019	1432	0,698
R7	7.2.2019	1758	1,190
R7	12.2.2019	1656	0,759
R7	13.2.2019	1393	0,922
R10	5.3.2019	891	0,480
R10	5.3.2019	933	0,621
R10	6.3.2019	864	0,416
R10	6.3.2019	974	0,414
		<b>0,687</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
Kaikki mittaukset:		≈ 690	l/h
		<b>0,892</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
R7 mittaukset		≈ 890	l/h
		<b>0,483</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
R10 mittaukset		≈ 480	l/h
Keskiarvo Reynoldsin luku			2291,7

Lauhdevedet menevät tällä hetkellä hukkaan, koska kiertoa takaisin tuotantoon ei ole. Jos katsotaan lämpöhäviötä, niin edellä mainittu määrä lauhdetta sitoo itseensä suuren määrän lämpöä, mikä olisi mahdollista hyödyntää tuotannossa.

Ultraääneen perustuvan virtausmittarin avulla saatiin tarkasteltua virtausta. Virtausmittari keräsi Reynoldsinlukua ja kaikissa lauhteiden virtauksissa keskiarvoksi saatiin 2291,7. Kirjallisuusarvoihin verrattuna tämä tarkoittaa, että linjassa lauhdevedet kulkevat sekä turbulentsisesti, eli virtaus on aaltoilevaa ja pyörivää, että laminaaristi eli neste virtaa virtaviivaisesti suoraan.



KUVAAJA 1. Lauhteiden kehitys keittovaiheen aikana 7.2.2019.

Arvio höyryn kulutuksesta on ollut ennen vain karkea arvio. Kuvaajasta 1 voidaan nähdä reaktorin R7 keittovaihe ja mittaus on suoritettu 7.2.2019.

Kuvaajan 1 vaaka-akselilla on esitetty keittovaiheen aika ja pysty-akselilla syntyvä lauhdevesien määrä.

Höyryä syntyy suljetussa paineessa  $1,7\text{m}^3/1\text{kg}$  vettä. Tämän avulla saadaan laskettua käytetty höyryn määrä keiton aikana.

XL-100-keiton aikana on syntynyt lauhdetta keskimäärin kahdeksan mittaustuloksen mukaan 690l/h = n. 690kg/h.

Kuvaajassa on laskettu keittoaika ja siihen päälle reaktorin niin kutsuttu odotusaikana, jolloin reaktoriin ei mene höyryä, mutta lauhdetta pääsee tasaisin väliajoin pois vaipasta ennen jäähdytysvaihetta. Kokonaiskeittoajan avulla on laskettu keskiarvo, paljonko höyryä kuluu keiton aikana.

Tulokseksi on saatu keskiarvoinen arvo syntyvästä höyryn määrästä ja tämä tieto on yrityksen käytettävissä. Keittovaiheen lämmittämisvaiheessa höyryn tarve on suurempi, mutta se pienenee sen jälkeen, kun haluttu lämpötila on saavutettu.

### 7.1.2 Vesianalyysien tulokset

Opinnäytetyössä on analysoitu pääpiirteittäin vesinäytteiden tulokset. Tulokset ovat kattavat ja tämän takia niitä on helppo hyödyntää myös tulevaisuudessa.

TAULUKKO 5. Lauhdevesien vesinäytteiden tulokset

Pvm	Numero	Näyte	pH	johtokyky mg/l		
				µS/cm	Al	Fe
5.3.2019	Näyte 7	Lauhde R1/ keiton alku	8,0	14,90	14,90	0,42
5.3.2019	Näyte 10	Lauhde R1/ keiton loppu	7,5	10,41	10,41	2,38
27.3.2019	Näyte 9	Lauhde R7/ keiton alku	8,8	9,017	9,017	14,1
27.3.2019	Näyte 8	Lauhde R7/ keiton loppu	7,0	11,21	11,21	8,8
8.4.2019	Adven	Tehtaan prosessivesi	7,2	143	143	<0,10

### 7.2. Reaktorin pesuvedet

Reaktorin pesuvesien virtausmittauksissa oli pieniä ongelmia, mutta pääpiirteittäin mittaukset sujuivat hyvin ja tulokset olivat selkeitä. Ongelman aiheutti rikkoutunut roottorivirtausmittari, jonka avulla mittaukset suoritettiin. Muutaman mittauksen jälkeen mittari vaihdettiin toimivaan ja suoritettiin luotettavimmat mittaukset.

Pesuvesien tulokset on kuvattu taulukoihin 5. ja 6. Vesianalyysit ovat laajat, mutta pääpiirteet on kuvattu jälleen tässä työssä.

### 7.2.1 Virtausmittausten tulokset

Ohjearvo ajettavalle pesuveden määrälle on 50 kilogrammaa ja tätä määrää käytettiin kaikkien pesukertojen aikana. Mittari, jonka läpi vesi ajetaan, mittaa vaa'an avulla vesimäärän ja ilmoittaa sen ainoastaan kilogrammoina. Taulukon 5 tuloksista huomataan, että mittari 1 antaa noin kilogramman enemmän vettä, kun mittari 2.

TAULUKKO 6. Virtausmittausten tulokset.

<b>Kummatkin vaa'at</b>	
Vaakaan asetettu vesimäärä (kg)	50,00
Vaa'an antama vesimäärä (kg)	72,43
Virrannut pesuveden määrä (l)	85,14
<b>Vaaka 1</b>	
Vaakaan asetettu vesimäärä (kg)	50,00
Vaa'an antama vesimäärä (kg)	76,00
Virrannut pesuveden määrä (l)	90,25
<b>Vaaka 2</b>	
Vaakaan asetettu vesimäärä (kg)	50,00
Vaa'an antama vesimäärä (kg)	67,67
Virrannut pesuveden määrä (l)	78,33

Reaktorikohtaiset erot olivat yllättävän suuria. Reaktoreista olisi pitänyt ottaa saman verran näytteitä suhteessa toisiinsa, jotta vertailu olisi ollut todenmukaisempi.

Vettä kuluu 1944 kg/ viikko reaktoreiden huuhteluun. Eli huuhteluvesiä syntyy  $9,2m^3$ /kuukausi.

## 7.2.2 Vesianalysien tulokset

Jokaisesta reaktorista otettiin laboratorioon näytteet ICP-analysiä varten.

TAULUKKO 7. Kootut tulokset ICP:stä

Pvm	Numero	Näyte	pH	johtokyky	mg/l			
				mS/cm	Al	Ca	Fe	S
9.1.2019	Näyte 2	Reaktori R1 / huuhtelu	3,8	30,50	5456	1,60	1,56	4,72
14.1.2019	Näyte 3	Reaktori R8/ huuhtelu	3,8	28,31	5534	1,66	1,69	5,02
14.1.2019	Näyte 4	Reaktori R10/ huuhtelu	2,5	108,00	33516	18,5	134,2	9,90
11.2.2019	Näyte 5	Reaktori R7/ huuhtelu	3,9	7,00	1163	0,81	0,31	3,57

Laboratorioanalyysit näyttävät saman, minkä voi huomata myös aistinvaraisesti reaktoria R10 huuhdeltaessa. R10 ei tyhjene täysin, vaan mukaan pääsee virtausmittaustenkin mukaan Paxia, sillä pH on matalampi, johtokyky korkeampi sekä alumiinin ja muiden alkuaineiden jäämät näytteessä on suuremmat.

Rautapitoisuus reaktorissa R10 on suuri suhteessa muihin reaktoreihin.

## 7.3. Lattian pesuvedet

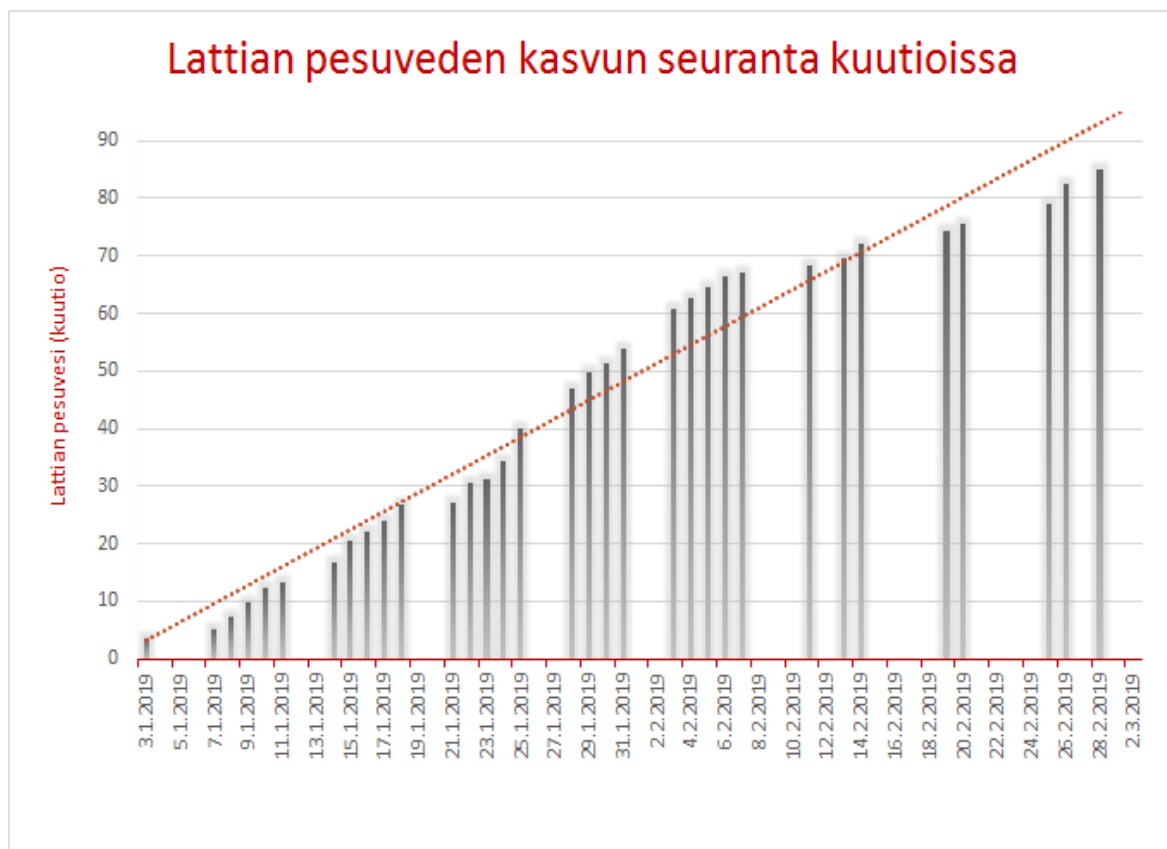
Lattian pesuvesien analysoiminen sujui ilman ongelmia. Näytteet ovat sen kaltaisia, kuin osattiin odottaakin.

Lattian pesuvesistä on tehty kumulatiivinen kuvaaja, joka näyttää vesien määrän kasvun pidemmällä aikavälillä. Tulokset on nähtävissä kuvaajassa 2. Vesinäytteistä on otettu myös laajat analyysit, mutta tässä työssä on keskitytty suppeammin näytteiden analyysituloksiin.

### 7.3.1 Virtausmittausten tulokset

Ajanjaksolta 1.1.2019-28.2.2019 kerättiin ValmetDNA:n datasta ne hetket, jolloin pumppu siirsi vettä säiliöstä pesuveden keruusäiliöstä pesuveden suurempaan säiliöön. Data-aineistosta saatiin muodostettua helpoimmalla tavalla vesien

määrän kasvua esittävä kumulatiivinen kuvaaja. Tässä laskelmatavassa ei oteta huomioon vesiä, jotka tulevat kaasunpesurista pesuveden säiliöön.



KUVAAJA 2. Pesuvesien kumulatiivinen määrä ajalla 1.1.2019-28.2.2019.

### 7.3.2 Vesianalysien tulokset

ICP-laitteella ajetut vesinäytteet otettiin kahdesta erilaisesta paikasta ja tulokset ovat kuvattuna taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Lattian pesuvesien laboratoriotulokset

Pvm	Numero	Näyte	pH	johtokyky		mg/l			
				mS/cm	Al	Fe	Ca	Si	
9.1.2019	Näyte 1	Lattiakanaalin vesi	4,0	9,60	1882	20,8	56,7	17,5	
11.2.2019	Näyte 6	Pesuveden keruusäiliö	4,0	18,53	3605	15,7	11,1	20,0	

Taulukon 3 näytteistä huomataan, että pH on saman suuruinen, eli noin 4,0. Myös paikallisesti otetut liuskatestit näyttävät lattian ja puristimen pesusta syntyvien suodatettavien vesien pH:ksi noin 3,5-4,0 kolmella eri testikerralla.



Analysoidyistä näytteistä huomataan, että johtokyvyn arvot ovat kohtalaisen pienet. Puhtaan vesijohtoveden johtokyky on lähempänä arvoa 0, kuin pesuveden johtokyky. Tämän veden osalta hyötykäytettäviä kohteita löytyy tehtaalla.

Alumiinia on säiliöstä otetussa näytteessä 3605mg/l ja kanaalista otetussa näytteessä 1882mg/l. Säiliöstä otettu näyte sisältää aavistuksen enemmän alumiinia, kuin kanaalista otettu.

## 8 VESIEN HYÖTYKÄYTTÖ JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Vesikemikaalitehtaalla olisi hyvä suorittaa tätä opinnäytetyötä laajempi vesitase, sillä tällä hetkellä kuva vesien tilanteesta, määrästä ja laadusta on vajanainen. Mikäli halutaan, että vesien hyödyntäminen kohdistetusti tehtaalla halutaan jatkossa mahdollistaa, olisi laajemmasta vesitaseesta etua.

### 8.1. Lauhdevedet

Lauhdevesiä syntyy suhteellisen paljon tehtaalla, mutta niiden avulla olisi mahdollista korvata puhtaan veden käyttöä sekä joesta pumpatun veden käyttöä. Mahdollisia käyttökohteita olisi seuraavat:

- Lattioiden pesu
- Reaktoreiden huuhtelu
- Puristimen pesu
- XL-60:n valmistuksen laimennusvesi
- Slurryn valmistus

Lauhdevesille tulisi olla oma säiliö, johon vesiä ajetaan, sillä lattioiden pesuvesi on likaista, eikä sovellu pesukohteisiin. Tämän avulla saataisiin XL-60-tuotteen väri pysymään puhtaampana.

Myös toinen ajatus on herännyt työtä tehdessä. Jos Paxin lastausalueella oleva hiekkasuodatussäiliö olisi toimintakykyinen, niin se soveltuisi hyvin vesien käsittelyyn. Sakkapitoinen vesi lattialta ohjattaisiin tuohon säiliöön. Tällöin sakka painuisi säiliössä pohjalle ja ylivuotona ohjattaisiin vesi pesuveden keruusäiliöön. Tuota likaisen väristä vettä käytettäisiin kohteisiin, joissa veden laadulla ja värillä ei ole merkitystä. Tällöin pesuvesien säiliö vapautuisi lauhteista syntyneelle puhtaammalle vedelle, joka soveltuisi lattioiden ja puristimien pesuun sekä reaktoreiden huuhteluun. (Rapeli, J. Päivämestari. 26.4.2019.)

Kun uudet suolahapposäiliöt myös klooraattitehtaalle saadaan käyttöön, niin tällöin vanhan suolahapposäiliön jäädessä pois käytöstä vapautuisi myös bunkkerialueelta tulevien suolahappokaasujen pesuveisäiliö puhtaammille

lauhdevesille. Tämä tarkoittaisi tosin sitä, että pH:n säätelyyn täytyisi liuostehtaalle ottaa hapan vesi jostain muualta, sillä bunkkerin pesuvesien säiliön pH nousisi huomattavasti nykyisestä arvosta 3,5, sillä lauhdevesien pH on n. 7,5. Hyvä korvaava veden saantipaikka olisi vesikemikaalitehtaan suolahappopesuri, jonka pH on jatkuvasti liian matala senkin takia, että suolahapposäiliöiden hönkä tulee tähän pesuriin. Tämän takia vettä täytyisi joka tapauksessa pyrkiä sijoittamaan johonkin muualle tai muun tehtaan käyttöön. Myös vesikemikaalitehtaan lauhdevettä olisi hyvä pyrkiä kierrättämään nykyistä enemmän.

Lauhteiden sitomalle lämmölle olisi tehtaassa useita mahdollisia käyttökohteita. Eräs käyttökohde voisi olla suolahapon esilämmitys. Tällä hetkellä suolahappo ajetaan reaktoriin kylmänä, jolloin suuri määrä suolahappoa kestää lämmitä kauan. Ongelmana on kuitenkin lauhteiden sisältämän lämpö määrän varastointi ja sen ohjaus.

## **8.2. Reaktorin pesuvedet**

Reaktorien huuhteleminen on tehtaalla vanha tapa. Monestakin syystä se on kuitenkin turhaa työtä ja kuluttaa puhdasta vettä. Huuhtelua on perusteltu sillä, että reaktorin pohjaventtiilin väliin ei jäisi kiviä tai kiintoainetta hajottaen venttiiliä. On kuitenkin huomattavasti järkevämpää estää ylimääräisten kivien pääsy reaktoriin.

Huuhtelun lopettaminen olisi iso säästökohde puhtaan veden käytössä. Ehdotus, joka työssä on noussut esiin, on se, että reaktoreiden huuhtelusta luovutaan ja investoidaan riittävän tiheäkudoksiseen seulaan alumiinin ajossa. Pyrkimys olisi se, että seula saisi eroteltua kaiken ylimääräisen kiintoaineen alumiinista ja reaktoriin ei pääsisi pienimpiäkään kiviä. Tällä hetkellä seula ei toimi kovinkaan herkästi, vaan erottelee vain suuremmat kiintoaineet alumiinin seasta.

Mikäli reaktoreiden huuhtelua jatketaan, olisi pyrittävä mahdollisesti käyttämään lauhteista saatavia vesiä puhtaiden vesien sijasta. Pesuvesi ohjautuu kanaaleihin, josta lattian pesuvedet saataisiin takaisin tuotannon panoksiin.

Tuloksia tarkasteltaessa huomataan R10-reaktorin huuhteluveden suuri rautapitoisuus suhteessa muihin reaktoreihin. Raaka-aineet vesi pois lukien eivät pidä sisällään rautaa reaktoriin ajettaessa ja Pax-kemikaalin rautapitoisuus on n.20mg/l. Tällä oletuksella voidaan päätellä, että rauta reaktorin sisään siirtyy vanhoista linjastoista tai reaktorista. Tämän tutkiminen vaatii kuitenkin enemmän näytteitä, että johtopäätösten tekeminen tuloksista olisi täysin mahdollista. Opinnäytetyön tekovaiheessa on päätetty tutkia R10-reaktorin huuhteluvesien rautapitoisuutta lisää ja ottaa reaktorikohtaisia näytteitä tuotteesta.

### **8.3. Lattian pesuvedet**

Lattian pesuvesien ongelma on likaisuus. Vesi on mustaa, sakkaista ja lattialle päätyvän aineksen puhdistus on hankalaa. Kaikki kanaaleista valuva sakka suotopuristimen pesun yhteydessä valuu pesuveden keruusäiliöön. Linjat ovat tukkoiset, josta syystä ne on jouduttu useasti avaamaan ja jopa vaihtamaan koko sakkainen linja.

Lattian pesuvesien osalta työssä on noussut esille kaksi eri vaihtoehtoa, joiden avulla sakkaa saataisiin kerättyä talteen ja tällä tavoilla pääsy linjoihin ja säiliöihin voitaisiin minimoida.

Ensimmäinen vaihtoehto olisi se, että suotopuristimen jälkeisen kaivon, joka johtaa pesuveden keruusäiliölle, rakennetta muutettaisiin niin, että siihen voisi liittää ylimääräisen sakkakontin. Sakkakontteja olisi viisi kappalettaja niiden sakkainen vesi ajettaisiin reaktoriin sakkapanokseen. Sakkakontin säilytyspaikka voisi olla kaivon päällä. Kontissa olisi pohjaventtiili, jolloin kaikki lattioiden pesussa syntyvä ja mahdollisesti reaktoreiden pesussa syntyvä vesi saataisiin ohjattua pesuveden keruusäiliöön. Venttiili suljettaisiin puristimen pesun ajaksi ja tällä keinolla saataisiin minimoitua sitä, että kanaalit ja säiliöt täyttyisivät suotopuristimen pesusta vapautuvasta sakasta. Vesi pesuveden keruusäiliössä sekä pesuveden säiliössä olisi myös huomattavasti puhtaampaa, jolloin se olisi mahdollista käyttää esimerkiksi vesikeittoon, jolloin reaktori täytetään vaipan kohdalle asti.

Toinen vaihtoehto olisi se, että sakkainen vesi ja lattialta tuleva vesi ajettaisiin omaan säiliöönsä ja olisi näin mahdollista hyödyntää tehtaalla. Lauhdevedet saataisiin omaan säiliöönsä, jolloin niiden käyttäminen lattioita tai reaktoreita pestessä olisi mahdollista. Veden käyttäminen myös suotopuristimen pesussa olisi mahdollista, jolloin saataisiin vieläkin kierrätettyä vettä takaisin tuotantoon. Lauhdevesi on keiton jälkeen väriltään puhdasta, pH on n. 7-8 sekä laboratorioanalyysien mukaan, että 5 kertaa pH-liuskalla arvioituna.

## 9 POHDINTA

Seuraavana on vielä kerätysti tulokset, joita opinnäytetyötä tehdessä on saatu.

Syntyviä vesiä, joiden tulokset opinnäytetyöstä on saatu yritykselle:

- Lauhdevedet
- Lattian ja puristimen pesuvedet.
- Reaktorien pesuvedet

Muita tehtaalla syntyviä vesiä, joita opinnäytetyö ei ole käsitellyt:

- Kaasupesurin vedet
- Poksivedet
- Suolahapon pesuvedet bunkkerilta
- Jäähdytyksen vedet
- Ulkokaivon lastauksien aikana syntyvät vedet

Säännöllisesti nyt kulutettavia vesiä:

- Reaktorin panosvedet

Opinnäytetyön viimeisessä esittelyvaiheessa 29.4.2019 esille tulleet toimet, jotka vielä suoritettava:

- Lauhteiden lämpötila keiton alussa ja lopussa.
- Lisää pesuvesinäytteitä R10, jotta nähdään keskiarvo rautapitoisuudelle.

Tämän tutkimuksen tekeminen on vaatinut tekijältään paljon pitkäjänteisyyttä, organisointikykyä ja päämäärähakuisuutta. Työtä tehdessä on pitänyt kyetä monesti yhdistämään teoria ja käytäntö ja koulupolku on tarjonnut hyvän pohjan teoriaosuudelle. Työtä tehdessä on pitänyt entisestään kehittää teoriaosaamista, mutta vielä enemmän on tutkimus kehittänyt käytännön tason osaamista.

Opinnäytetyön aloituspalavereissa jouduttiin toteamaan, että oppilaitoksen opinnäytetyölle mitoitettava laajuus (aika) ei ole niin suuri, että kaikki se asiasisältö, jota oltiin kaavailtu tutkittavan, voitaisiin ottaa tutkittavaksi. Aihetta oli rajattava ja aiheet rajautuivatkin kolmeen osa-alueeseen, joita työssä on tutkittu.

Tehtaalla syntyy tutkittujen vesien lisäksi muitakin vesiä ja tämän opinnäytetyön pohjalta täyttää kokonaiskuvaa vesistä on vielä mahdotonta saada. Mikäli tarkempaa vesitasetta tullaan tulevaisuudessa suorittamaan, toimii tämä työ hyvänä pohjana ja alkuna sille. Tämän takia ehdotetaankin, että vesikemikaalitehtaalla suoritetaan laajempi ja tarkempi vesitase. Sen avulla suunniteltu vesien jatkosijoittamiselle ja vesimäärien ennakointi olisi nykyistä helpompaa.

Opinnäytetyön tutkimusvaihe antoi tekijälleen korvaamattomia työelämätaitoja. Tehdasmiljöön prosesseineen ja siellä työskentelevät ihmiset olivat entuudestaan tuttuja, ja nämä seikat antoivat kattavan pohjan vesitutkimukselle. Tutkimusta helpotti, ja lisäsi myös sen mielekkyyttä, tutkijan omakohtainen puolen vuoden mittainen työskentely operaattorina. Työkaluina työtä tehdessä on ollut vahvasti mukana sekä Microsoft Excel- että Microsoft Word-ohjelmat.

Yritys saa käyttöönsä kaikki työn mittauksista kootut datat, tehdyt taulukot ja kuvaajat. Vesien hyödyntämisestä ja sijoittamisesta on tehty parannusehdotuksia, jotka yritys voi halutessaan tulevaisuudessa toteuttaa.

## LÄHTEET

1. Ahola, J. Kemialliset reaktiot ja reaktorit. Oulun yliopisto. Luettu 15.2.2019.  
[https://www.oulu.fi/sites/default/files/content/Teema\\_4\\_Kemialliset\\_ReaktiotJaReaktorit.pdf](https://www.oulu.fi/sites/default/files/content/Teema_4_Kemialliset_ReaktiotJaReaktorit.pdf)
2. Alfa Laval levylämmönvaihdin. 2018. Luettu 20.2.2019.  
<https://www.alfalaval.fi/microsites/tiivisteelliset-levylammonvaihtimet/>
3. Alfa Laval toiminta. 2018. Luettu 20.2.2019.  
<https://www.alfalaval.fi/microsites/tiivisteelliset-levylammonvaihtimet/tyokalut/levylammonvaihtimen-toiminta/>
4. Annila, M. Peltopakka, B. Prusi, M.. 10.1.2019. Palaveri.
5. Dobre Tanase C. & Sanchez Marcano Jose G. 2007. Chemical Engineering: Modeling, Simulation and Similitude. Weinheim: Wiley-VCH
6. Energiatehokkuuslaki 1429/2014. Finlex. Laki annettu 30.12.2014.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>. Viitattu 2.2.2019.
7. Federley, J. Eneriatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä. 2009. Teknillinen korkeakoulu – koulutusmateriaali.  
<https://docplayer.fi/380127-Energiatehokas-hoyry-ja-lauhdejarjestelma-koulutusmateriaali.html>
8. Kemira Chemicals. 2018. Luettu 24.1.2019.  
<https://www.kemira.com/fi/yritys/media/uutishuone/uutiset/finnish-chemicalsin-nimeksi-kemira-chemicals/>
9. Kemira konserni. 2018. Luettu 24.12.2018.  
<https://www.kemira.com/fi/konserni/>
10. Kurki. 2000. TTT-Käsikirja. ABB Oy.
11. Käyttöturvallisuustiedote. Polyalumiinikloridi. Päivitetty 4.8.2016. Kemira Chemicals Oy.
12. Käyttökoulutus Kemira –materiaali. Luettu 2.2.2019. Kemira Chemicals Oy.
13. Lamminpää, K. Reaktiotekniikka. Oulun yliopisto. 17.10.2012. Luettu 14.2.2019.  
[https://www.oulu.fi/sites/default/files/PYP\\_teema4\\_2012\\_KL.pdf](https://www.oulu.fi/sites/default/files/PYP_teema4_2012_KL.pdf)



14. Lauhteenpoisto. 2018. Luettu 6.2.2019.  
<https://www.konwell.fi/fi/tuotteet/hoyry-ja-lauhde/teollisuusventtiilit/lauhteenpoisto>
15. Ojala, A. Lehtori. 29.3.2019. Palaveri.
16. Ojala, A. Reaktoreista –oppimateriaali. Luettu 20.2.2019.  
Tampereen ammattikorkeakoulu, Tabula.
17. Opetushallitus. 2. automaatiojärjestelmät. Luettu 19.2.2019.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a\\_2\\_automaatiojarjestelma.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a_2_automaatiojarjestelma.html)
18. Haavisto, S. Kunnossapito. 2018. Perehdyttäminen.
19. Hukkanen, K. PAX resepti. Päivitetty 1.2.2018. Kemira Chemicals Oy.
20. Peiponen, E. Vesikemikaalin valmistus. Päivitetty 31.5.2017.  
Kemira Chemicals
21. Prusi, M. Automaatioinsinööri. 12.2.2019. Haastattelu.
22. Purmonen, T. Operaattori. 2018. Perehdyttäminen.
23. Rapeli, J. Päivämestari. 26.4.2019. Haastattelu.
24. Reaktiot ja energia. Yle. Päivitetty 15.2.2017.  
<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2013/07/16/reaktiot-ja-energia>
25. Sandroos, E. Laitosmies. 2019. Haastattelu.
26. Sulander. 21.2.2019. Sähköposti keskustelu.
27. Suomen Ilmakuva Oy. 2018. Katsottu 30.12.2018. Kemira Chemicals Oy
28. ValmetDNA –automaatiojärjestelmän data. Luettu 31.2.2019.  
Kemira Chemicals Oy.
29. ValmetDNA –järjestelmä. 2019. Luettu 18.2.2019.  
<https://www.valmet.com/automation-solutions/valmet-dna-dcs/>
30. Valmet Oyj ja Metso Oyj kauppa. Tiedotettu 15.1.2015.  
<https://www.valmet.com/fi/media/uutiset/porssitiedotteet/2015/valmet-ostaa-prosessiautomaatiojarjestelmat-liiketoiminnan-metsolta-yrityskaupan-myota-valmetista-tulee-entista-vahvempi-liiketoiminnaltaan-aiempaa-tasaisempi-ja-kannattavampi/>
31. Vesistöennuste, Kokemäenjoki. Luettu 30.2.2019.  
<http://wwwi2.ymparisto.fi/i2/35/q35vanhay/wqfi.html#t>
32. Äetsän yleisesittely. 2018. Luettu 1.1.2019. Kemira Chemicals Oy





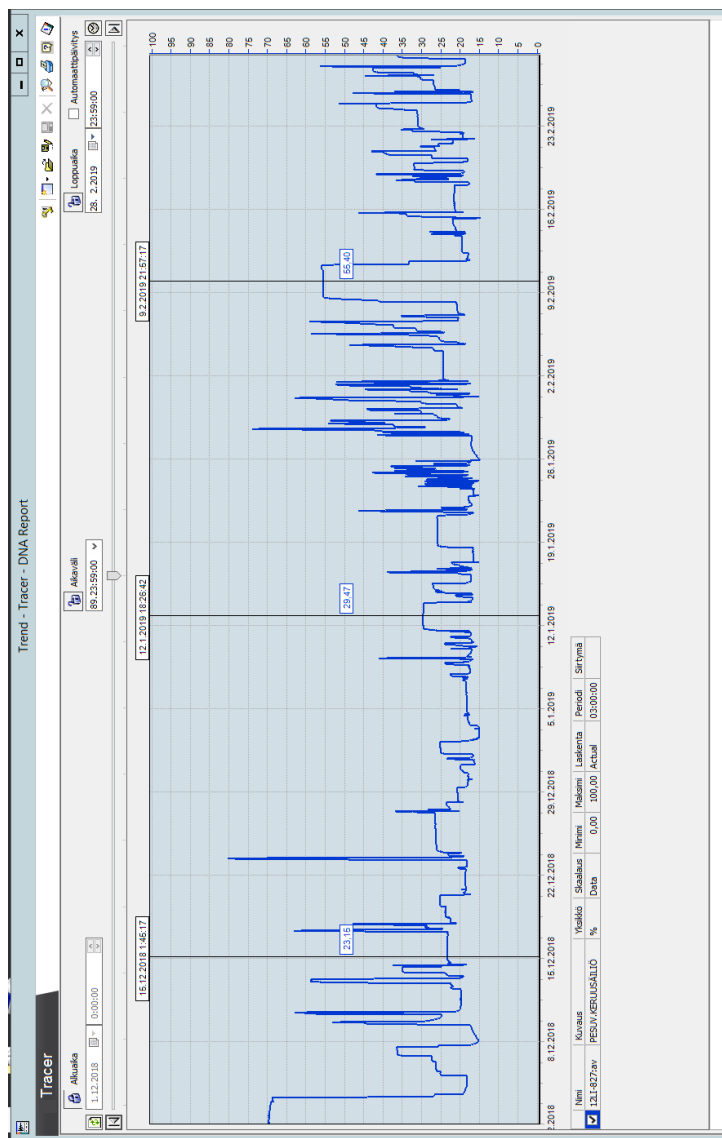
Liite 3. Suodatetun pesuveden kumulatiivista dataa pesuveden keruusäiliöstä, kerätty manuaalisesti

Päivämäärä	Kasvu( $m^3$ )	Kasvun seuranta ( $m^3$ )
3.1.2019	3,915	3,95
7.1.2019	1,401	5,35
8.1.2019	2,35	7,70
9.1.2019	2,31	10,01
10.1.2019	2,53	12,54
11.1.2019	1,02	13,56
14.1.2019	3,61	17,17
15.1.2019	3,56	20,73
16.1.2019	1,76	22,49
17.1.2019	1,81	24,30
18.1.2019	2,8	27,10
21.1.2019	0,27	27,37
22.1.2019	3,57	30,94
23.1.2019	0,7	31,64
24.1.2019	3,17	34,81
25.1.2019	5,54	40,35
28.1.2019	6,92	47,27
29.1.2019	2,77	50,04
30.1.2019	1,63	51,67
31.1.2019	2,55	54,22
3.2.2019	6,88	61,10
4.2.2019	1,81	62,91
5.2.2019	1,91	64,82
6.2.2019	1,99	66,81
7.2.2019	0,45	67,26
11.2.2019	1,45	68,71
13.2.2019	1,31	70,02
14.2.2019	2,45	72,47
19.2.2019	2,02	74,49
20.2.2019	1,24	75,73
25.2.2019	3,72	79,45
26.2.2019	3,21	82,66
28.2.2019	2,56	85,22

## Liite 4. Suodatetun pesuveden dataa pesuveden säiliöstä

Päivämäärä	Pinta (%)	Pinta (m <sup>3</sup> )	Kasvu (%)	Kasvu (m <sup>3</sup> )
3.1.2019	9,44	2,83		
3.1.2019	22,49	6,75	13,05	3,92
7.1.2019	13,83	4,15		
7.1.2019	18,50	5,55	4,67	1,40
7.1.2019	12,42	3,73		
8.1.2019	14,72	4,42	2,30	0,69
8.1.2019	10,00	3,00		
8.1.2019	15,54	4,66	5,54	1,66
9.1.2019	12,91	3,87		
9.1.2019	20,61	6,18	7,70	2,31
10.1.2019	11,64	3,49		
10.1.2019	15,36	4,61	3,72	1,12
10.1.2019	11,68	3,50		
10.1.2019	16,38	4,91	4,70	1,41
10.1.2019	11,95	3,59		
11.1.2019	15,36	4,61	3,41	1,02
13.1.2019	13,93	4,18		
14.1.2019	25,97	7,79	12,04	3,61
15.1.2019	10,61	3,18		
15.1.2019	22,49	6,75	11,88	3,56
16.1.2019	15,43	4,63		
16.1.2019	21,29	6,39	5,86	1,76
17.1.2019	13,39	4,02		
17.1.2019	19,42	5,83	6,03	1,81
18.1.2019	12,67	3,80		
18.1.2019	22,01	6,60	9,34	2,80
21.1.2019	17,84	5,35		
21.1.2019	18,73	5,62	0,89	0,27
22.1.2019	15,13	4,54		
22.1.2019	19,51	5,85	4,38	1,31
22.1.2019	11,72	3,52		
22.1.2019	19,25	5,78	7,53	2,26
23.1.2019	12,00	3,60		
23.1.2019	14,32	4,30	2,32	0,70
23.1.2019	13,59	4,08		
24.1.2019	15,34	4,60	1,75	0,53
24.1.2019	13,99	4,20		
24.1.2019	17,65	5,30	3,66	1,10
24.1.2019	16,28	4,88		
24.1.2019	21,42	6,43	5,14	1,54
24.1.2019	18,97	5,69		
25.1.2019	37,44	11,23	18,47	5,54
28.1.2019	35,29	10,59		
28.1.2019	40,33	12,10	5,04	1,51
28.1.2019	38,91	11,67		
28.1.2019	45,61	13,68	6,70	2,01
28.1.2019	44,10	13,23		
28.1.2019	55,30	16,59	11,20	3,36
28.1.2019	52,45	15,74		
29.1.2019	60,24	18,07	7,79	2,34
29.1.2019	57,95	17,39		
29.1.2019	59,37	17,81	1,42	0,43
30.1.2019	57,34	17,20		
30.1.2019	62,77	18,83	5,43	1,63
30.1.2019	54,07	16,22		
31.1.2019	62,58	18,77	8,51	2,55
2.2.2019	19,13	5,74		
3.2.2019	42,06	12,62	22,93	6,88
4.2.2019	33,50	10,05		
4.2.2019	39,54	11,86	6,04	1,81
5.2.2019	32,80	9,84		
5.2.2019	39,16	11,75	6,36	1,91
6.2.2019	31,50	9,45		
6.2.2019	38,14	11,44	6,64	1,99
7.2.2019	36,06	10,82		
7.2.2019	37,56	11,27	1,50	0,45
11.2.2019	27,42	8,23		
11.2.2019	31,16	9,35	3,74	1,12
11.2.2019	29,07	8,72		
11.2.2019	30,16	9,05	1,09	0,33
13.2.2019	17,22	5,17		
13.2.2019	21,59	6,48	4,37	1,31
14.2.2019	16,18	4,85		
14.2.2019	24,33	7,30	8,15	2,45
15.2.2019	20,78	6,23		
19.2.2019	27,52	8,26	6,74	2,02
20.2.2019	15,03	4,51		
20.2.2019	19,17	5,75	4,14	1,24
22.2.2019	13,49	4,05		
25.2.2019	19,45	5,84	5,96	1,79
25.2.2019	14,43	4,33		
25.2.2019	20,85	6,26	6,42	1,93
26.2.2019	20,30	6,09		
26.2.2019	30,99	9,30	10,69	3,21
28.2.2019	26,79	8,04		
28.2.2019	35,32	10,60	8,53	2,56
		yht:	283,77	85,13

## Liite 5. Lattianpesuvesien trendi pesuveden keruusäiliöstä



## Liite 6. Lattian pesuvesien esimerkki datasta pesuveden säiliöstä

Tammikuu		Helmikuu	
	12LI-827:av		12LI-827:av
	PESUV.KERUUSÄILIÖ		PESUV.KERUUSÄILIÖ
Time	%	Time	%
1.1.2019 0:00:01	16,52443123	1.2.2019 0:00:01	30,08297348
1.1.2019 0:00:31	16,52347755	1.2.2019 0:00:31	30,08392715
1.1.2019 0:01:01	16,52252388	1.2.2019 0:01:01	30,08488083
1.1.2019 0:01:31	16,5215683	1.2.2019 0:01:31	30,0858345
1.1.2019 0:02:01	16,52061462	1.2.2019 0:02:01	30,08678818
1.1.2019 0:02:31	16,51966095	1.2.2019 0:02:31	30,08774185
1.1.2019 0:03:01	16,51870728	1.2.2019 0:03:01	30,08869553
1.1.2019 0:03:31	16,5177536	1.2.2019 0:03:31	30,0896492
1.1.2019 0:04:01	16,51679993	1.2.2019 0:04:01	30,09060287
1.1.2019 0:04:31	16,51584625	1.2.2019 0:04:31	30,09155655
1.1.2019 0:05:01	16,51489258	1.2.2019 0:05:01	30,09251022
1.1.2019 0:05:31	16,5139389	1.2.2019 0:05:31	30,09346008
1.1.2019 0:06:01	16,51298523	1.2.2019 0:06:01	30,09420586
1.1.2019 0:06:31	16,51203156	1.2.2019 0:06:31	30,09484291
1.1.2019 0:07:01	16,51107788	1.2.2019 0:07:01	30,09547806
1.1.2019 0:07:31	16,51012421	1.2.2019 0:07:31	30,0961132
1.1.2019 0:08:01	16,50917053	1.2.2019 0:08:01	30,09675026
1.1.2019 0:08:31	16,50821686	1.2.2019 0:08:31	30,09738541
1.1.2019 0:09:01	16,50726318	1.2.2019 0:09:01	30,09802246
1.1.2019 0:09:31	16,50630951	1.2.2019 0:09:31	30,09865761
1.1.2019 0:10:01	16,50535583	1.2.2019 0:10:01	30,09929276
1.1.2019 0:10:31	16,50440216	1.2.2019 0:10:31	30,09992981
1.1.2019 0:11:01	16,50344849	1.2.2019 0:11:01	30,10056496
1.1.2019 0:11:31	16,50249481	1.2.2019 0:11:31	30,10120201
1.1.2019 0:12:01	16,50154114	1.2.2019 0:12:01	30,10183716
1.1.2019 0:12:31	16,50058746	1.2.2019 0:12:31	30,10247231
1.1.2019 0:13:01	16,5002079	1.2.2019 0:13:01	30,10310936
1.1.2019 0:13:31	16,50192261	1.2.2019 0:13:31	30,10374451
1.1.2019 0:14:01	16,50382996	1.2.2019 0:14:01	30,10438156
1.1.2019 0:14:31	16,5057373	1.2.2019 0:14:31	30,10501671
1.1.2019 0:15:01	16,50764656	1.2.2019 0:15:01	30,10565186
1.1.2019 0:15:31	16,50955391	1.2.2019 0:15:31	30,10628891
1.1.2019 0:16:01	16,51146126	1.2.2019 0:16:01	30,10692406
1.1.2019 0:16:31	16,51336861	1.2.2019 0:16:31	30,10756111
1.1.2019 0:17:01	16,51527596	1.2.2019 0:17:01	30,10819626
1.1.2019 0:17:31	16,5171833	1.2.2019 0:17:31	30,10883141
1.1.2019 0:18:01	16,51909065	1.2.2019 0:18:01	30,10946846
1.1.2019 0:18:31	16,520998	1.2.2019 0:18:31	30,11010361
1.1.2019 0:19:01	16,52290535	1.2.2019 0:19:01	30,11073875
1.1.2019 0:19:31	16,5248127	1.2.2019 0:19:31	30,11137581
1.1.2019 0:20:01	16,52672005	1.2.2019 0:20:01	30,11201096
1.1.2019 0:20:31	16,5286274	1.2.2019 0:20:31	30,1126461