

Terässulattolinja 1:n valukoneen ruiskutusvesijärjestelmän  
toiminnankuvaus ja ennakkohuoltosuunnitelmat

Jarkko Enbuske

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2012

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Outokumpu Stainless Oy:n jaloterässulatolle Tornioon. Opinnäytetyön aiheena oli terässulatolinja 1:n valukoneen vedenkäsittelyn toiminnankuvaus, sekä vedenkäsittelytiloissa olevien prosessilaitteiden ennakkohuoltosuunnitelmat. Työ tehtiin syksyllä 2012.

Haluan kiittää terässulaton käyttöinsinööriä DI Topi Ikäheimosta mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta, sekä sen ohjaamisesta. Tahdon myös kiittää insinööri Lassi Konttajärveä vedenkäsittelyn asiantuntemustiedoista. Koulun puolelta kiitän Aslak Siimestä työn ohjaamisesta ja valvonnasta.

Kiitos Jenni, äiti, isä, Taina, Heikki

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, TEKNIIKAN ALA.

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Jarkko Enbuske
Opinnäytetyön nimi:	Terässulattolinja 1:n valukoneen ruiskutusvesijärjestelmän toiminnankuvaus ja ennakkohuoltosuunnitelmat
Sivuja (joista liitesivuja):	63 (10)
Päiväys:	27.11.2012
Opinnäytetyön ohjaaja:	Insinööri(AMK) Aslak Siimes
<p>Opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Tornio Worksille. Työn tarkoituksena oli selvittää terässulattolinja 1:n valukoneen ruiskutusvesijärjestelmän tämänhetkisen toiminnan tila sekä tarkastella mahdollisia ongelmia. Ruiskutusvesijärjestelmässä on havaittu hetkittäistä vedenlaadun heikkenemistä, jonka myötä ongelmia on esiintynyt ruiskutusveden eri prosessivaiheissa. Työssä pyrittiin tarkastelemaan, mitkä asiat veden laatuun vaikuttavat ja millä tavoin havaittuja ongelmia voidaan vähentää muokkaamalla nykyisten vedenkäsittelylaitteistojen toimintatapoja. Vedenkäsittelylaitteistoille laadittiin myös ennakkohuoltosuunnitelmat nykyisten huoltotietojen perusteella.</p> <p>Valutapahtumassa käytettävä hapan valupulveri sekoittuu prosessiveteen, jolloin vesi happamoituu. Vettä alkaloidaan tarvittaessa lipeällä, jolloin veden pH-tasapaino saadaan tasattua. Valunauhan jäähtytyksen sekä katkaisun aikana veteen liukenee myös metalleja. Vedessä olevat liuenneet metallit aiheuttavat putkistoissa korroosiota. Lipeää syöttämällä vesi saadaan emäksiseksi, jolloin metallit saostuvat hydroksideiksi. Hiekkasuodattimilla suurin osa metallihydroksideista saadaan sidottua hiekkaan. Hiekkaa huuhdellaan usein, jolloin suodatetut metallihydroksidit päätyvät selkeytsaltaaseen sedimentoitumaan.</p> <p>Ruiskutusvesikierron prosessinohjausjärjestelmästä saatujen tietojen perusteella pystyttiin kartoittamaan olemassa olevat ruiskutusvesilaitteistot sekä niiden kapasiteetit ja tämänhetkiset asetusarvot. Prosessimittausdatan perusteella pystyttiin seuraamaan vedenkäsittelyssä tapahtuvia toimintoja sekä vertaamaan niiden vaikutuksia toisiinsa.</p> <p>Työn aikana havaittiin hiekkasuodattimien epätasaisten huuhteluiden ja sen myötä selkeytsaltaan vääränlaisen toiminnan aiheuttavan veden laadussa muutoksia. Liian lyhyt huuhteluveden selkeytsaika nosti veden johtokykyä, koska huuhteluveden seassa olleet metallit eivät laskeutuneet tarpeeksi tehokkaasti. Havaintojen pohjalta laadittiin uusi pesuohjelma, jonka perusteella selvitetiin, onko hiekkasuodattimien huuhtelujen automatisointi mahdollista. Automatisoinnilla saadaan kolmelle suodattimelle tasaisemmat suodatusvälit. Tällöin myös huuhteluvedelle saadaan tarpeeksi pitkä selkeytsaika ennen kuin se lasketaan takaisin kierto.</p>	
Asiasanat:	vedenkäsittely, vedenlaatu, prosessilaitteet, ennakkohuolto

## ABSTRACT

## KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, TECHNOLOGY

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author(s):	Jarkko Enbuske
Thesis title:	Description of function and preventive maintenance plans of water treatment on steel melting shop 1 casting machine
Pages (of which appendixes):	63 (10)
Date:	27 November 2012
Thesis instructor(s):	Aslak Siimes, BEng
<p>The bachelor's thesis was assigned by Outokumpu Tornio Works. The target was to clarify the present functioning state and possible problems of water treatment system in the casting machine at the steel melting shop production line 1. Occasional weakening in the water quality has been detected momentarily which has caused problems in further water processes. The work aims to examine which factors influence the quality of the water, and how the current equipment of water treatment can be used to reduce the problems that have been identified by modifying their functions. The current maintenance data formed also the basis for the preventive maintenance plans.</p> <p>The casting powder used in the casting procedure mixes into the process water making it acidic. Lye is added to the water, if necessary, in which case the pH balance can be stabilized. When the slab is being cooled and cut, metals are dissolved into the water. Dissolved metals in the water cause corrosion in pipelines. To precipitate the metals as hydroxides lye is fed into the water. With the sand filter most of the metal hydroxides can be bound to the sand. The sand is rinsed frequently which leads the metal hydroxides into the settling tank where the sedimentation begins.</p> <p>With the information from the process management system of water treatment, it was possible to identify the existing equipment, as well as their capacity, and the current setting values. On the basis of the measurement data, it was possible to follow the treatment of water-based activities and to compare their effects on each other.</p> <p>It was discovered that the uneven rinsing of the sand filters causes malfunctions on the settling tank and that causes changes in the quality of water. Too short rinse water clarification time increased the level of conductivity as the metals among the rinse water did not settle efficiently enough. Based on the findings, a new rinsing program was drawn up which shows whether the automated rinsing program is possible. By making the rinsing automatic the three sand filters has more regular rinsing intervals. At the same time rinse water have always plenty of time to settle in the settling tank before it is drained back into the circulation.</p>	
<p>Keywords: water treatment, water quality, process equipment, preventive maintenance plan.</p>	

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
1 JOHDANTO .....	7
2 SULATTOLINJA 1:N PROSESSIKUVAUS .....	8
2.1 Raaka-ainepiha .....	8
2.2 Kromikonvertteri .....	9
2.3 Valokaariuuni .....	9
2.4 AOD-prosessi .....	10
2.5 Senkka-asema .....	10
2.6 Valukone .....	10
3 VEDENKÄSITTELY JATKUVAVALUKONEELLA .....	12
3.1 Valukoneen avoimen ruiskutusvesijärjestelmän toiminnankuvaus .....	12
3.1.1 Ruiskutusvesi valukaarella ja rullaradalla .....	13
3.1.2 Hilsevesiallas ja -kaivo .....	13
3.1.3 Hilsevesipumput .....	14
3.1.4 Hiekkasuodattimet .....	15
3.1.5 Huuhteluvesipumput .....	17
3.1.6 Selkeytysallas .....	17
3.1.7 Lämmönvaihtimet .....	20
3.1.8 Ruiskutusvesiallas .....	21
3.1.9 Korvausvesi ruiskutusvesialtaaseen .....	22
3.1.10 Ruiskutusveden poisto viemäriin .....	22
3.1.11 Meriveden suodatus .....	22
3.1.12 Ruiskutusvesipumput .....	23
3.1.13 Ruiskutusvesisihdit .....	24
4 VEDEN LAADUN TARKASTELU .....	25
4.1 pH-arvon vaikutus veden laatuun .....	25
4.2 Ruiskutusveden pH-arvo .....	25
4.3 Vesianalyysin tarkastelu .....	25
4.4 Mittalaitteiden kalibrointi .....	26
4.5 Veden laadun tarkkailu johtokyvyn avulla .....	27

4.6 Selkeytysaltaan tyhjennyksen vaikutus ruiskutusveden laatuun.....	27
5 LISÄAINEIDEN LISÄYS VESIKIERTOON .....	30
5.1 Ruiskutusveden alkalointi .....	30
5.2 Dispergointikemikaali .....	30
5.3 Flokkauspolymeerin lisäys.....	30
6 ONGELMAT VESIKIERROSSA .....	32
6.1 Ruiskutusvesisuuttimien tukkeutuminen .....	32
6.2 Hilsevesialtaalta lähtevä vesi .....	33
6.2.1 Parannusehdotus hilseveden poistoputkistoon.....	33
6.3 Hiekkasuodattimien huuhtelujen epäsäännöllisyys.....	34
6.3.1 Hiekkasuodattimien huuhtelujen automatisointi.....	34
6.3.2 Hiekkasuodattimien automaattisen sekvenssin kokeilujakso.....	36
6.3.3 Kokeilujakson tulokset.....	37
7 VEDENKÄSITTELYLAITTEISTON KRIITTISYYSANALYYSI .....	41
7.1 Laitteiden kriittisyysluokittelustandardi PSK 6800 .....	41
7.2 Analyysin tulokset.....	42
8 AVOIMEN VESIKIERTOLAITTEISTON VIKA-VAIKUTUSANALYYSI .....	44
8.1 Vikaantumiset .....	44
8.2 Vika-vaikutusanalyysin laatiminen.....	45
9 AVOIMEN VESIKIERRON ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA .....	46
9.1 Ehkäisevä kunnossapito .....	46
9.2 Ehkäisevän kunnossapidon tärkeys.....	46
9.3 Huollot .....	47
9.4 Pumppujen ja moottorien ennaltaehkäisevä huolto .....	47
9.5 Ennakkohuoltojen taloudellinen vaikutus .....	48
9.6 Ennakkohuoltosuunnitelmat.....	49
10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	50
LÄHDELUETTELO.....	52
LIITELUETTELO .....	53

## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on perehtyä vedenkäsittelyn laitteisiin ja menetelmiin sekä niiden toimintaan. Samalla kartoitetaan sulattolinja 1:n valukoneen avoimen ruiskutusvesikierron tämänhetkinen tila sekä etsitään ratkaisuja mahdollisesti löytyviin ongelmiin. Vedenkäsittelyn prosessilaitteille ja toiminnoille laaditaan myös ennakkohuoltosuunnitelmat niiden tuotannollisen kriittisyyden perusteella.

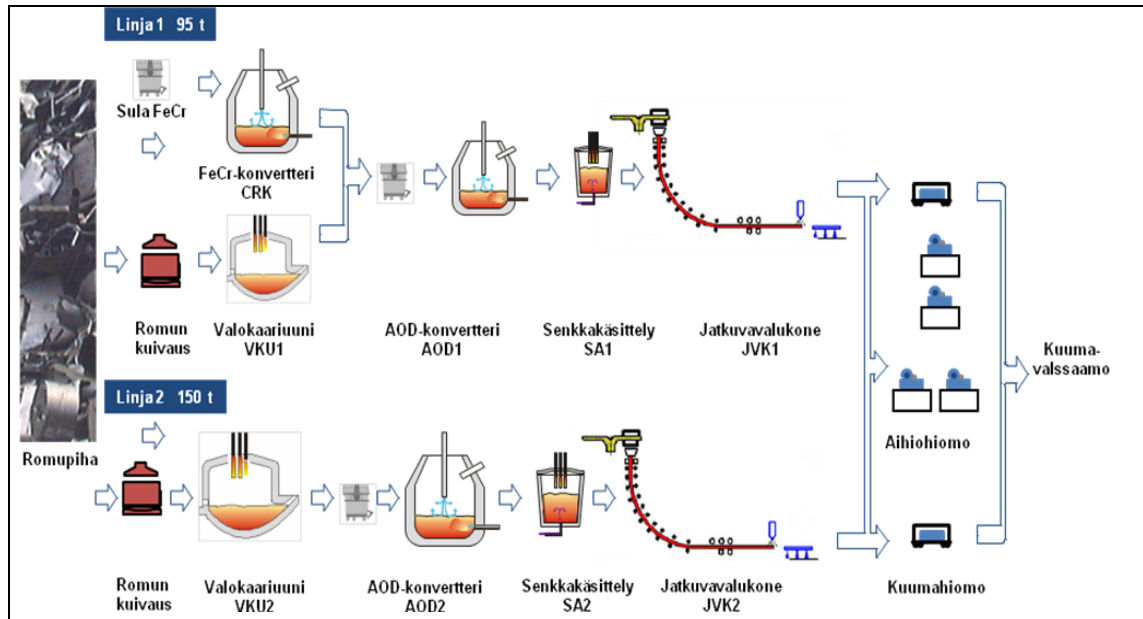
Veden tehtävänä valukoneella on jäähdyttää valettavaa teräsnauhaa, jotta se jähmettyisi. Veteen sekoittuu valunahan jäähdytyksen ja leikkauksen myötä erikokoisia metallipartikkeleita. Veden uudelleen kierrättämisen edellytyksenä on saada ruiskutusvedestä poistettua haitalliset tukkeumia aiheuttavat partikkelit. Myös veden kemiallista laatua tarkkaillaan jatkuvasti. Tarpeen mukaan laatua parannetaan eri kemikaaleilla ja menetelmillä, joiden tarkoituksena on vähentää korroosiota putkistoissa sekä muissa veden kanssa kosketuksissa olevissa laitteistoissa.

Eri vedenkäsittelymenetelmien mittauksia seuraamalla havaittiin selviä vedenlaatuun heikentävästi vaikuttavia tekijöitä. Näiden havaintojen perusteella selvitetään mahdollisia uusia menetelmiä, jotta veden laatu saataisiin pidettyä tasaisena.

Valukoneen jäähdytysjärjestelmiä on kaksi: avoin sekä suljettu kierto. Tässä työssä käsitellään vain edellä kuvattua avointa jäähdytysvesijärjestelmää.

## 2 SULATTOLINJA 1:N PROSESSIKUVAUS

Terässlattolinja 1:n tehtävänä on sulattaa kierrätysterästä ja muokata sulan teräksen ominaisuudet eri teräslaatujen vaatimusten mukaisesti useiden prosessien avulla. Tämän jälkeen sula teräs saatetaan uudestaan kiinteään muotoon sulaton lopputuotteeksi eli aihiksi. Kuvasta 1 nähdään sulattolinja 1:n eri prosessivaiheet.



Kuva 1. Terässlattolon prosessikaavio (Outokumpu Stainless Oy 2011)

### 2.1 Raaka-ainepiha

Raaka-ainepihalle tulee jatkuvana virtana maailmalta osto- ja kierrätysterästä. Terästehtaan muissa prosesseissa syntyy myös jonkin verran hylky- ja ylijäämäterästä, jotka käytetään hyväksi tuomalla ne raaka-ainepihalle uudelleen sulatukseen. Raaka-ainepihalla eri teräslaadut ja seosaineet on jaoteltuina omiin hakeihinsä.

Raaka-aineita panostetaan hakeista romukoreihin asiakkaan haluaman teräslaadun mukaisesti. Romukoreja liikutellaan dieselkäyttöisillä romujunilla, joita operaattori ohjaa romun panostuksen aikana haluamaansa paikkaan. Kun romukorit on saatu täytettyä teräslaadun vaatimusten mukaisesti, korit ajetaan valokaariuunille, jossa ne panostetaan suoraan uuniin tai nostetaan kuivaimelle. Romujen kuivattaminen on etenkin talviaikaan pakollista jään ja lumen takia. Kuivaimessa saadaan romun seasta



kaikki ylimääräinen kosteus pois ja näin estetään vaaratilanteiden syntyminen romuja panostettaessa sulan teräksen sekaan. (Outokumpu Stainless Oy 2011)

## 2.2 Kromikonvertteri

Prosessivaiheellisesti terässulattolinja 1 ja terässulattolinja 2 eroavat toisistaan siten, että linjalla 1 on käytössä kromikonvertteri. Kromikonvertteri on nimeltään Tornion tehtaalle kehitetty prosessi, joka parantaa linjan 1 tuotantotehokkuutta. Samanlaista tekniikkaa ei käytetä missään muualla maailmassa. Prosessissa ferrokromin sisältämä pii ja osa hiilestä hapetetaan.

Kromikonvertterin etuna on, ettei palakromia tarvitse lisätä valokaariuuniin, jolloin säästetään energiaa ja nopeutetaan tuotantoa. Sulatusprosessi ilman kromikonvertterilta saatavaa sulaa kestää valokaariuunilla noin 30 minuuttia pidempään. Kromikonvertteria voidaan hätätapauksessa käyttää myös AOD:na, jos varsinaista AOD-konvertteria ei jostain syystä pystytä käyttämään, esimerkiksi vakavan laiterikon vuoksi.

Kromikonvertterille tuodaan kromitehtaalta senkoissa kromisulaa dieselkäyttöisellä junalla. Ferrokromisula kipataan konvertteriin ja sille tehdään sulaton sen hetkisen prosessin vaatimat käsittelyt. Kun kromisula on saatu vastaamaan AOD-prosessin vaatimat rajat, sula sekoitetaan valokaariuunin sulan kanssa. (Outokumpu Stainless Oy 2011)

## 2.3 Valokaariuuni

Valokaariuunin tehtävänä on sulattaa raaka-ainepihalta tulevat ainekset sulaksi teräkseksi sähkövirran avulla. Valokaariuunin rakenne on muodoltaan kaarevapohjainen kulho, jonka päällä on sivuun siirrettävä kansi. Romuteräksen panostustilanteessa uunin kansi siirretään sivuun ja romut panostetaan siltanosturilla uuniin. Panostuksen jälkeen kansi käännetään takaisin ja romuja ryhdytään sulattamaan kolmella elektrodilla.

Elektrodit muodostavat valokaaria, jotka sulattavat romuteräksen. Kun romut ovat sulaneet, uunia ryhdytään kallistamaan ja sula teräs valuu uunista senkkaan, jossa kromisula ja uunista tuleva sula sekoittuvat keskenään. Uunilta sula teräs lähetetään AOD:lle jatkoprosessointiin.

## 2.4 AOD-prosessi

AOD-prosessin tehtävänä on vähentää hiilipitoisuutta valokaariuunilta tulevasta sulasta syöttämällä siihen happea. Sulan sekaan lisätään myös asiakkaan vaatiman laadun mukaisia seosaineita. AOD-prosessi voidaan jakaa kolmeen osioon: mellotukseen, pelkistykseen ja rikinpoistoon. Kun AOD:lla sulan koostumus on saatu vastaamaan asiakkaan vaatimuksia sekä sulan panoskoko valukoneelle sopivaksi, sula teräs kaadetaan valusenkkään ja lähetetään senkka-asemalle viimeistelykäsittelyyn ennen sulan valutapahtumaa. (Outokumpu Stainless Oy 2011)

## 2.5 Senkka-asema

Senkka-aseman tehtävänä on viimeistellä teräksen koostumus ja säätää sulan lämpötila valukoneelle sopivaksi. Senkka-asemalla sulan lämmitys tapahtuu elektrodien valokaaren avulla. Sulaa lämmitettäessä elektrodeilla riskinä on elektrodien kulumisesta johtuva sulaan liukeneva hiili. Jos sulaa joudutaan lämmittämään liikaa, hiilipitoisuus nousee yli sallittujen arvojen ja sula on lähetettävä takaisin AOD:lle hiilenpoistoon.

Senkka-asemalla materiaalien seostus tapahtuu seosainelangoilla tai siiloista palatavarana. Senkassa olevaa sulaa sekoitetaan sulkeutumien poistamiseksi sekä sulan tasalaatuisuuden varmistamiseksi. Sekoitus tapahtuu pohjan kautta argonkaasulla. Vaihtoehtoisesti argonkaasua voidaan syöttää lanssilla yläkautta.

Senkka-asema toimii valukoneen puskurivarastona, koska jatkuvavalun edellytyksenä on, että senkka-asemalta tulee aina uusi sulasenkka edellisen tyhjennyttyä. (Outokumpu Stainless OY 2011)

## 2.6 Valukone

Valukoneen tehtävänä on saattaa sula teräs jähmettymään sulaton lopputuotteen muotoon eli aihiksi. Valukoneella sulan teräksen sekaan ei tehdä minkäänlaisia materiaalilisäyksiä, vaan sulaa käsitellään sellaisenaan kuin se aiempien prosessien tuloksena on.

Sula teräs saapuu valukoneelle valusenkassa senkkatornin haarukkaan. Senkkatornissa voi yhtä aikaa olla kaksi senkkaa, mikä mahdollistaa jatkuvavalun. Valusenkka

käännetään välialtaan päälle ja senkan pohjassa oleva reikä aukaistaan, jolloin sula teräs valuu välialtaaseen. Väliallas toimii välivarastona senkan vaihtamisen yhteydessä, mikä on yksi välttämätön elementti jatkuvavalun edellytykseksi. Välialtaasta sula lasketaan kokilliin.

Kokillissa sula teräs aloittaa jähmettymisen osuessaan kokillin vedellä jäähdytettyihin kupariseinämiin, ja näin teräs saa lopullisen muotonsa. Kokillista ulos tullessaan teräsnauhan pintaan on syntynyt kuori, jota ryhdytään jäähdyttämään lisää valukaaren ruiskutusvesillä. Ruiskutusvesi jäähdyttää valunauhaa viidellä eri ruiskutusvesivyöhykkeellä, ja kaaren loppupäässä valunauha on täysin jähmettynyt. Tämän jälkeen valunauhasta katkaistaan polttoleikkauksella asiakkaan tilauksen mittaisia aihioita. Aihiot lähetetään joko suoraan kuumavalssaamolle, tai jos aihio vaatii korjaushiontaa, se lähetetään hiomoon.

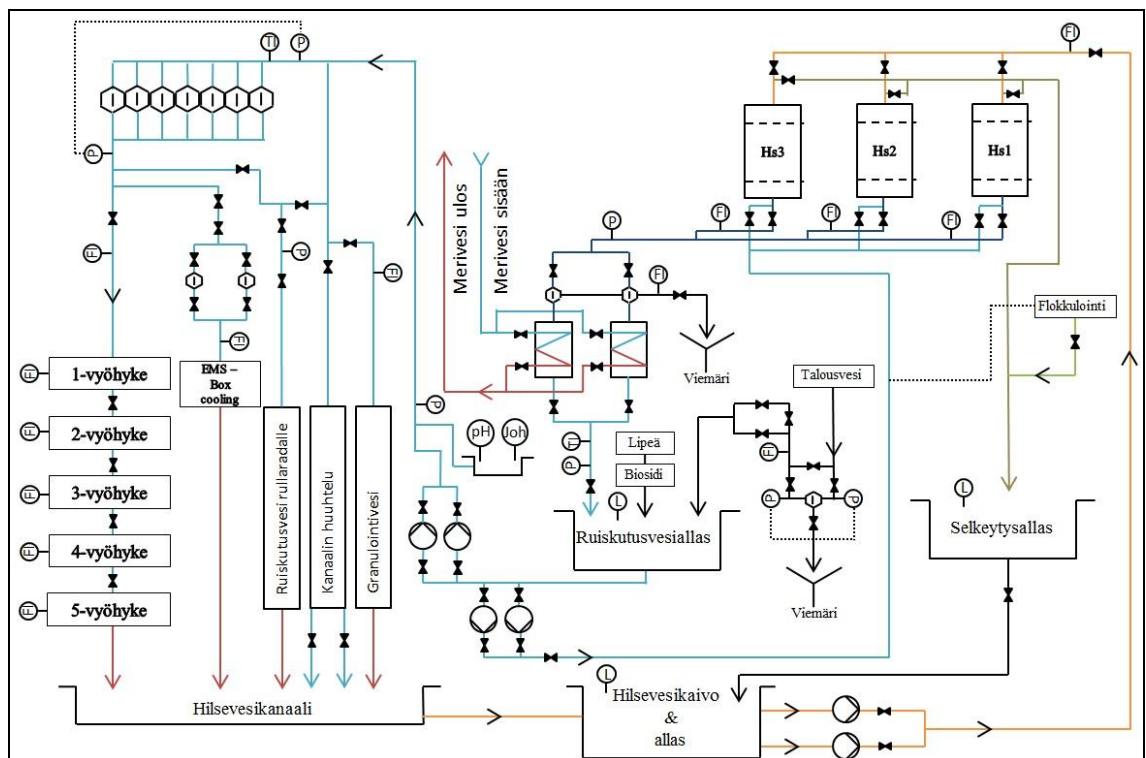
Laitteiden jäähdytysjärjestelmämalleja on valukoneella kaksi: suljettu- ja avoin järjestelmä. Vedenkäsittelyn prosessointitilat sijaitsevat valukoneen läheisyydessä vedenkäsittelyhallissa. Tässä tilassa on linjan 1 valukoneen avoin- ja suljettu vesikierto sekä senkka-aseman, AOD:n ja valokaariuunin suljettu vesikiertojärjestelmä. Tämän työn tarkoituksena on tarkastella ainoastaan valukoneen ruiskutusvesijärjestelmän vedenkäsittelyä ja sen laitteistoa.

### 3 VEDENKÄSITTELY JATKUVAVALUKONEELLA

Valukoneella vettä käytetään laitteistojen jäähdyttämiseen kuumien prosessiolosuhteiden vuoksi. Myös sulaton lopputuotteen eli aihion valmistamisen edellytyksenä on valunauhan jatkuva jäähdyttäminen. Laitteet tarvitsevat jäähdytystä valukoneen prosessilämpötilojen ollessa jopa yli 1500 °C. Vedenkäsittelyn tarkoituksena on poistaa veteen liuenneita haitallisia metalleja ja mikrobeja sekä vähentää veden syövyttävyyttä.

#### 3.1 Valukoneen avoimen ruiskutusvesijärjestelmän toiminnankuvaus

Valukoneella veden jäähdyttävien ominaisuuksien tehtävänä on saada sula teräs jähmettymään haluttuun muotoon. Ruiskutusvesikierron (kuva 2) ensimmäinen tehtävä on jäähdyttää kokillista ulos tulevaa kuumaa teräsnauhaa valukaaren vyöhykevesien ruiskutusvesisuuttimista. Jäähdyttämisen aikana vettä höyrystyy valukaaren kammioon, josta se johdetaan ulkoilmaan höyrynpoistopuhaltimilla höyrynpoistoputkistoja pitkin.



Kuva 2. Ruiskutusvesikierron prosessikaavio

Valukaareltä ruiskutusvesi valuu teräsnauhan jäähdytyksen jälkeen hilsevesikanaalia pitkin hilsevesialtaaseen, josta se pumpataan vedenkäsittelyn eri järjestelmiin.

Vedenkäsittelyjärjestelmässä olevilla laitteistoilla poistetaan veden seassa olevia epäpuhtauksia erilaisin menetelmin. Veteen myös lisätään puhtautta edistäviä ainesosia, mikä mahdollistaa veden kierrättämisen. Vettä kierrättämällä säästetään huomattava määrä vettä ja energiaa verrattuna siihen, että vesi poistettaisiin järjestelmästä sen hoidettua jäähdytystehtävänsä, ja uutta puhdasta vettä otettaisiin taas jäähdytyskäyttöön.

### 3.1.1 Ruiskutusvesi valukaarella ja rullaradalla

Ruiskutusvesi tuodaan valukaaren ruiskutusvesivyöhykkeisiin ruiskutusvesialtaasta pumpulla. Pumput syöttävät ruiskutusveden eteenpäin ruiskutusvesisuodattimille, jossa vedestä poistetaan epäpuhtauksia, joita veden seassa mahdollisesti vielä on. Suodattimilta vesi lähtee ruiskutusvesivyöhykkeisiin.

Ruiskutusvesivyöhykkeet on jaettu viiteen eri vyöhykkeeseen ruiskutuspaikoitusten mukaan:

- 1-vyöhyke: Vesisuuttimet kokillin alapuolella ulko- ja sisäkaaren puolella.
- 2-vyöhyke: Vesisuuttimet lohkossa. Vesi ruiskutetaan valunauhan ulko- ja sisäkaaren puolelle.
- 3-vyöhyke: Vesisuuttimet lohkossa. Vesi ruiskutetaan valunauhan ulko- ja sisäkaaren puolella.
- 4-vyöhyke: Vesi ruiskutetaan valunauhan ulko- ja sisäkaaren puolella.
- 5-vyöhyke: Vesi ruiskutetaan suuttimilla kaaren sivulta valunauhan kapeille sivuille.

Kun vettä ruiskutetaan valunauhan pinnalle, poistuu valunauhan pinnalta jäähtymisen vaikutuksesta jonkin verran teräshilsettä. Hilseet kulkeutuvat lopulta vesien mukana hilsevesikanaalia pitkin hilsevesialtaaseen.

Valukaaren jälkeen tulevaa rullarataa jäähdytetään sivuilta tulevilla suuttimilla. Tällä estetään kuumuudesta aiheutuvaa rullien kulumista.

### 3.1.2 Hilsevesiallas ja -kaivo

Hilsevesikaivoon johdetaan valukaareltä tuleva likainen hilsevesi. Hilsevesi sisältää pääosin aihion pinnalta irronnutta teräshilsettä sekä polttoleikkauksen aikana ahiosta

poistettua vedellä granuloitua teräsmateriaalia. Myös polttoleikkauksessa tarvittava teräspulveri sekä kokillin voiteluun tarkoitettu valupulveri ohjautuvat kanaalia myöten kaivoon. Karkeat hilsepartikkelit painuvat hilsekaivon pohjalle painovoimaisesti. Hilsekaivosta vesi virtaa ylivuotona hilsevesialtaaseen, josta vesi imetään hilsevesipumpuilla hiekkasuodattimiin hienompaa suodatusta varten.

Hilsekaivo täyttyy granuloidusta teräshilseestä sekä muista likapartikkeleista noin viikossa, jolloin se täytyy tyhjentää. Tyhjennys suoritetaan jokaisessa viikkoseisakissa normaalien seisakkitöiden yhteydessä. Prosessinohitaja tyhjentää kaivon teräshilseestä siltanosturissa olevalla kauhalla kuorma-auton lavalle ja hilseet viedään jätteiden käsittelyyn.

Hilsealtaan tyhjennys vaatii normaalia viikkoseisakia pidemmän seisakin, jolloin se käydään imuauton avustamana puhdistamassa. Hilseallas ja hilsekaivo joudutaan pumppaamaan tyhjäksi uppopumpuilla ennen kuin pohja saadaan esiin ja pystytään aloittamaan puhdistusurakka. Hilsevesialtaan tyhjennys tehdään noin kerran kuukaudessa.

### 3.1.3 Hilsevesipumput

Hilsevesipumppujen tehtävä on imeä hilsevesialtaaseen tuleva ylijuoksuvesi hiekkasuodattimille. Pumppuja on kaksi kappaletta, joista toinen on varalla jos toinen lakkaa toimimasta. Pumput pyrkivät pitämään pinnankorkeuden hilsevesialtaassa toivotulla tasolla. Tällä hetkellä pinnan oletusarvoksi on asetettu 1,8 m. Pumpun moottorin tehoa ohjataan taajuusmuuntajalla, joka säätelee portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia (ABB, Hakupäivä 18.10.2012). Kummallakin pumpulla on oma taajuusmuuntajansa. Häiriötilanteiden varalle on lisäksi vielä yksi varataajuusmuuntaja.

Prosessinohjausjärjestelmässä on pumpuille käyttötuntilaskurilaskuri, joka laskee pumppujen käyttöaikaa. Järjestelmä ilmoittaa käyttäjälle pumpun vaihdosta 168 käyttötunnin jälkeen. Tällä tavalla pyritään ylikuormittamasta yksittäistä pumppua liikaa.

Hilsevesipumput vaativat ulkoisen puhtaan tiivisteveden jäähdyttämään pumpun akselin tiivisteitä. Pumpuissa on mekaaniset akselitiivisteet, koska itse pumpattavalla nesteellä ei voida jäähdyttää tiivisteitä sen sisältämien epäpuhtauksien vuoksi. Ulkoinen tiivistevesi tuodaan omasta puhdasvesilinjasta, jossa on myös veden virtausanturit varmistamassa tarvittava jäähdytysvirtaus. (Salla 2010)

#### 3.1.4 Hiekkasuodattimet

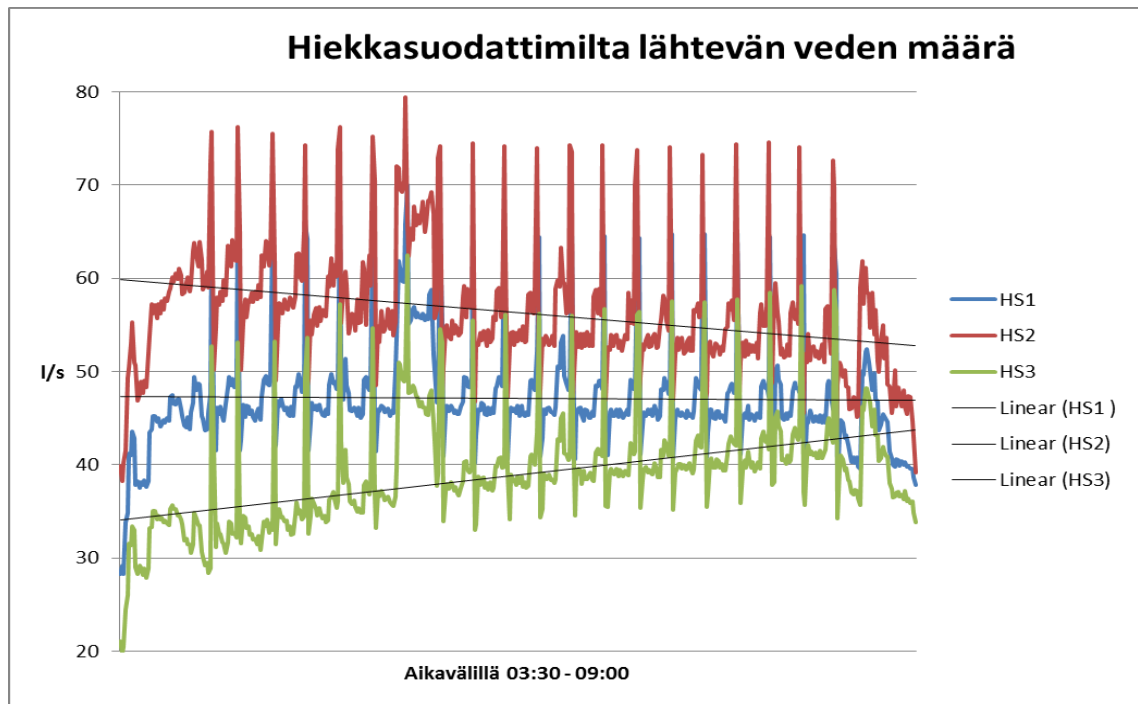
Hilsevesi johdetaan hilsevesipumpulla hiekkasuodattimiin. Likainen vesi johdetaan hiekkasuodattimen päällä olevasta sisääntulosta hiekkapatjan päälle. Likavesirajan yläpuolella vallitseva paine painaa veden hiekkapatjan läpi, jolloin epäpuhtaudet kuten rasva, öljy ja metallihydroksidit jäävät hiekkaan. Hiekkasuodattimen välipohjassa sijaitsee lukuisia pieniä suodatinsihtejä, joiden läpi puhdistunut vesi virtaa eteenpäin lämmönvaihtimille.

Valukoneen avoimessa vesikiertojärjestelmässä on kolme hiekkasuodatinta. Jokaisen suodattimen tilavuus on  $17 \text{ m}^3$ . Suodattimet on mitoitettu  $200 \text{ m}^3/\text{h}$  suodatettavan vesimäärän mukaan. Kaikki kolme suodatinta ovat suodatuskäytössä nykyisen veden määrän vuoksi. Suodattimissa käytettävän hiekan raekoko on noin 0,5-1,5 mm (kuva 3). Hiekkasuodattimessa oleva hiekka vaihdetaan uuteen noin kerran vuodessa. Hiekkaa suodattimeen laitetaan 11,000 kg.



Kuva 3. Hiekkasuodattimessa käytettävää hiekkaa.

Vuoden 2011 lopulla valmistuneen saneerausprojektin myötä kierrätettävän veden määrä on noussut, jolloin suodatuskapasiteettia on täytynyt nostaa ottamalla kaikki kolme hiekkasuodatinta jatkuvaan suodatuskäyttöön. Ennen saneerausprojektia käytäntönä oli, että kaksi hiekkasuodatinta oli jatkuvassa suodatuskäytössä, ja yksi varalla, joka otettiin silloin käyttöön kun suodattava hiekkasuodatin jouduttiin laittamaan suodatuskyvyn heikentyessä huuhteluun.



Kuvio 1. Hiekkasuodattimien läpi suodatetun veden määrä valun aikana.

Kuviossa 1 tasaisin väliajoin näkyvät korkeat vesimäärät aiheutuvat hilsevesikanaalin huuhteluista, jotka suoritetaan aina valunauhan polttoleikkauksen jälkeen. Kanaalin huuhtelujen väliajat riippuvat siitä, miten pitkiä aihioita valunauhasta leikataan. Kanaalin huuhteluvesi nostaa kanaalista tulevan veden määrää suodattimille hetkellisesti. Hilsevesialtaan pinnankorkeus pyritään kuitenkin säilyttämään tasaisena vesimäärän noustua, joka aiheuttaa hilsevesipumpun tehon lisääntymisen.

Kuviosta 1 nähdään myös kuinka hiekkasuodatin 2:n (HS2) läpi virtaavan veden määrä vähenee ajan edetessä. Tämän myötä hiekkasuodatin 3:n (HS3) läpi virtaavan veden määrä nousee sen mukaan, mitä enemmän hiekkasuodatin 2:n suodatuskyky heikkenee. Taulukossa 1 on laskettuna hiekkasuodattimilta lähtevän kokonaisveden määrä. Vesimäärät on saatu hiekkasuodattimilta lähtevän veden virtausmittausdatasta.



Taulukko 1. Hiekkasuodattimilta lähtevät vesimäärät valun aikana.

	Keskiarvo					
	Korkein	Matalin	l/s	l/min	l/h	m <sup>3</sup> /h
HS1	70,01	28,25	47,11	2826,55	169592,71	169,59
HS2	79,40	38,23	56,33	3379,82	202789,16	202,79
HS3	62,50	19,89	38,93	2335,68	140140,80	140,14
	<b>211,91</b>	<b>86,37</b>	<b>142,37</b>			<b>512,52</b>

Hiekkasuodattimen hiekka tulee puhdistaa viimeistään silloin, kun tulevan ja lähtevän veden paine-ero kasvaa liian suureksi. Yleensä suodattimet kuitenkin huuhdellaan ennen kuin suodattimet pääsevät tukkiutumaan näin radikaalisti.

Hiekkasuodattimen huuhtelu tapahtuu vastavirtahuuhteluna johtamalla puhdasta vettä sekä paineilmaa hiekkasuodattimen pohjasta. Likainen huuhteluvesi johdetaan putkistoa pitkin selkeytsaltaaseen.

Pesutapahtumaan on laadittu seuraavanlainen pesusekvenssi, joka kestää 22 minuuttia:

- pinnanlasku 4 min
- esihuuhtelu 3 min
- vesi-ilmahuuhtelu 6 min
- vesihuuhtelu 7 min
- pinnannosto 2 min.

### 3.1.5 Huuhteluvesipumput

Hiekkasuodattimien huuhteluun tarvittavat vedet johdetaan ruiskutusvesialtaasta huuhteluvesipumppuilla. Pumppujen tulopuoli on samassa vesilinjassa ruiskutusvesipumppujen kanssa. Pumput saavat käynnistyspyynnön automaattisesti prosessinhoitajan käynnistäessä hiekkasuodattimen huuhtelusekvenssin. Pumppuja on kaksi kappaletta, ja niitä voidaan vuorotella valitsemalla haluttu pumppu käyttöön prosessinohjauksesta.

### 3.1.6 Selkeytysallas

Selkeytsaltaan tehtävänä on erottaa kiintoainepartikkelit hiekkasuodattimien huuhteluedestä laskeuttamalla ne altaan pohjalle. Tätä prosessia kutsutaan

sedimentaatioksi eli laskeutukseksi. Sedimentaatio perustuu gravitaatioon eli flokin ja veden erilaiseen tiheyteen. Hydroksidien tiheys on hyvin lähellä veden tiheyttä, joten lietteen erottaminen sedimentaatiolla on hidasta ja tuottaa usein vaikeuksia. (Siivinen & Mahiout 1999)

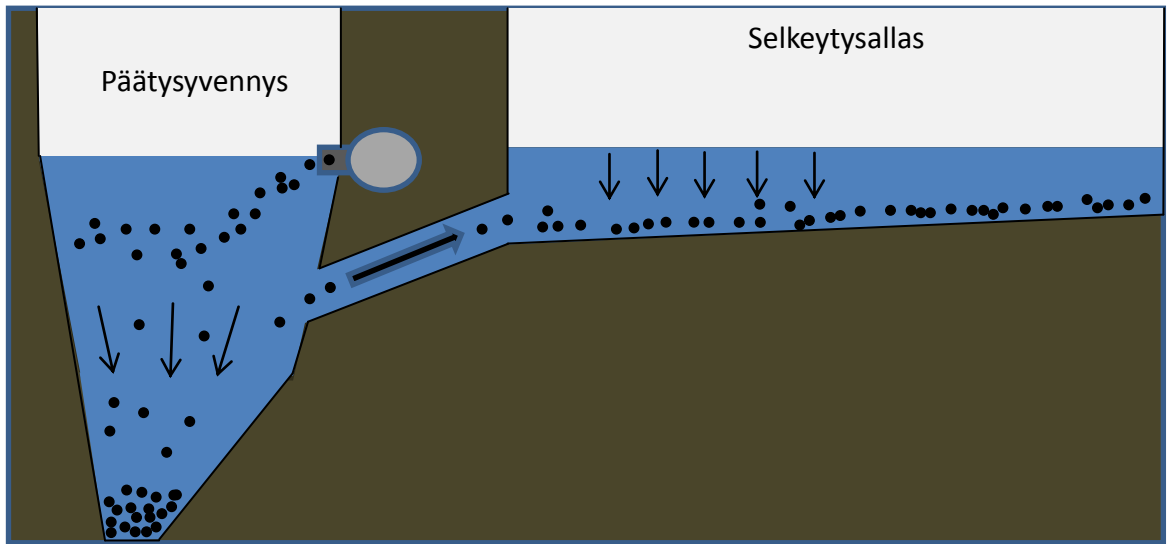
Selkeytysprosessia tehostetaan lisäämällä veden sekaan polymeeriä. Polymeerin tehtävänä on yhdistää vedessä olevien negatiivisen varauksen omaavat hiukkaset suuremmiksi flokeiksi. (Saukko 2002) Flokkautumista tehostava polymeeri syötetään pumpulla hiekkasuodattimien huuhteluveden ulostuloputkeen ennen selkeytysaltaan päätysvennykseen laskemista.

Kuvassa 4 nähdään, miten huuhteluvedet lasketaan syöttöputkesta selkeytysaltaan päätysvennykseen. Päätysvennyksessä on virtauskanava, selkeytyspinta-alaltaan isompaan altaaseen, johon huuhteluvesi virtaa päätysvennyksen täytyessä. Tämän jälkeen suurimmat flokit aloittavat laskeutumisen altaan pohjalle. Selkeytymisaika määrittelee sen, kuinka puhdasta vettä saadaan laskettua takaisin vesikiertoon. Kun huuhteluvesi on selkeytynyt tarpeeksi, se lasketaan hilsevesialtaaseen.

Selkeytysaltaan suunnittelun pohjana on huomioitava seuraavat asiat:

- Lietteveden viipymisajan altaassa on oltava riittävän suuri. Pienimpänä laskeutumisaikana on mainittu neljä tuntia.
- Altaan pintakuormitusarvon on oltava oikealla tasolla. Pintakuormituksen V/A-suhteen arvoksi suositellaan 0,3-0,5 m/h. (Pintakuormitus = altaan kautta tunnissa kulkeva vesimäärä, m<sup>3</sup>/h, jaettuna altaan selkeytyspinta-alalla, m<sup>2</sup>).
- Altaan syvyyden mitoittamiseen vaikuttaa pintakuormitus ja vaadittava minimilaskeutumisaika. Jos laskeutumisaikana on neljä tuntia ja pintakuorma 0,3-0,5 m/h, tulee oikein mitoitetun altaan syvyyden olla 1,2-2 metriä.
- Saostunut liete on kyettävä poistamaan ajoittain altaasta sen toimivuuden varmistamiseksi.

(Siivinen & Mahiout 1999)

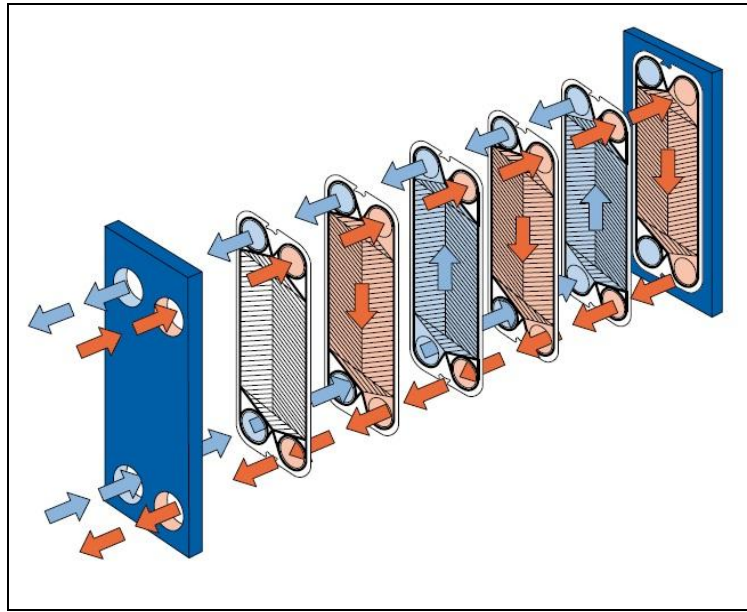


Kuva 4. Hilseveden selkeytsaltaan sivuttaispoikkileikkaus.

Prosessivalvontajärjestelmän selkeytsaltaan pinnanmittausta tarkasteltaessa voidaan nähdä, että tällä hetkellä selkeytsaltaan vedenpinta nousee hiekkasuodattimien huuhteluviesistä 32 tunnin aikana noin 2,5 metriä. Tällöin voidaan laskea pintakuormitus  $= 2.5\text{m} / 32\text{h} = 0,078 \text{ m/h}$ , ja voidaan todeta, että pintakuormitus on reilusti alle sallitun ohjeistusarvon 0,3-0,5 m/h. Toisinsanoin selkeytsaltaan 3,0 m syvyys on riittävä likapartikkelien tehokkaaseen sedimentaatioon. Toisaalta flokkien sedimentaatioon vaikuttaa myös se, kuinka hyvin flokkulointipolymeerin annostelu huuhteluveteen on onnistunut.

### 3.1.7 Lämmönvaihtimet

Valukoneen ruiskutusvesijärjestelmässä on kaksi levylämmönvaihdinta prosessiveden jäähdyttämiseksi. Lämmönvaihtimen toiminta perustuu lämmön johtumiseen fluidista toiseen, tässä tapauksessa veteen. Lämmönvaihdin koostuu useista eriparisista levyistä, jotka on puristettu kasaan.



Kuva 5. Lämmönvaihtimen toimintaperiaate (Alfa-laval, hakupäivä 20.10.2012)

Jäähdytettävä vesi johdetaan lämmönvaihtimen yläosasta sisään, josta vesi lähtee kiertämään vaihtimen levyjen läpi ja lopuksi poistuu vaihtimen alaosasta ulos (kuva 5).

Jäähdyttävä vesi, tässä tapauksessa merivesi, johdetaan sisään lämmönvaihtimen alaosasta ja kierrätetään ulos vaihtimen yläosasta. Levyjen vesikanavien ristikkäiskuviointi sekä vesivirtojen vastakkaisuunta vahvistavat veden lämmön johtumista meriveteen.

Normaalissa prosessitilanteessa toinen lämmönvaihtimista on jatkuvassa käytössä. Toinen on varalla käyttöön otettavaksi, jos ruiskutusvesien lämpötilat lähtevät nousuun tai jos huomataan, että veden virtaus lämmönvaihtimessa on heikentynyt.

Veden lämpötilan nouseminen sekä virtauksen laskeminen lämmönvaihtimen lähtöpuolella viittaa yleensä lämmönvaihtimen likaantumiseen, jolloin veden virtaus

vaihtimen sisällä heikentyy ja täten lämmön johtuvuus huononee. Tällöin joudutaan myös toinen lämmönvaihdin ottamaan käyttöön.

Toisen lämmönvaihtimen ottaminen käyttöön tapahtuu avaamalla varalämmönvaihtimeen tulevan meriveden tulo- ja lähtöpuolen venttiilit sekä hiekkasuodattimelta tuleva suodatetun veden tulo- ja ruiskutusvesialtaalle menevä venttiili. Lämmönvaihtimien venttiilit ovat käsikäyttöisiä, joten niitä ei voida hallita ohjaamosta millään lailla.

Likaantunut lämmönvaihdin aukaistaan ja puhdistetaan mahdollisimman pian, jolloin se saadaan varalämmönvaihtimeksi. Aukaistun lämmönvaihtimen levyt puhdistetaan molemmin puolin painepesurilla. Operaatiossa tulee olla tarkkana, ettei vahingoita levyissä olevia kumitiivisteitä, joilla estetään veden pääsy levyn väärälle puolelle. Vioittuneet tiivisteet saattavat mahdollisesti päästää meriveden sekoittumaan ruiskutusveden sekaan.

Lämmönvaihtimien toimintaan voisi kehittää tulevaisuudessa järjestelmän, joka antaisi hälytyksen valvomon prosessinvalvontajärjestelmään, jos lämmönvaihtimen tulo- ja lähtölinjojen paine-ero kasvaa liian suureksi. Tämä se on merkki siitä, että lämmönvaihdin on tukkeutumassa. Tällöin prosessinhoitaja kävisi vaihtamassa tukkeutuneen lämmönvaihtimen puhtaaseen. Jos ideaa jalostetaan pidemmälle, voisi lämmönvaihtimen venttiilit vaihtaa moottoriohjatuiksi, jolloin lämmönvaihtimen vaihto toiseen tapahtuisi valvomosta napin painalluksella, tai jopa automaattisesti.

### 3.1.8 Ruiskutusvesiallas

Ruiskutusvesiallas on viimeinen veden varastointipaikka ennen kuin vesi pumpataan jälleen ruiskutusvesipumpuilla jäähdytyskäyttöön. Ruiskutusvesialtaalta otetaan pumpuilla myös huuhteluvesi hiekkasuodattimille. Vesialtaan pinnankorkeutta säädellään tarvittaessa vesilaitokselta tulevalla talousvedellä. Ruiskutusvesialtaalta lähtevästä vedestä mitataan prosessivesikierron pH-arvo, jonka perusteella altaaseen annostellaan lipeää veden liiallisen happamoitumisen estämiseksi. Altaaseen annostellaan myös dispergointikemikaalia, joka estää kerrostumien muodostumisen pinnoille. (Konttajärvi 13.11.2012, puhelinhaastattelu)

### 3.1.9 Korvausvesi ruiskutusvesialtaaseen

Ruiskutusvesialtaalta lähtevän veden höyrystyminen valukaarella aiheuttaa vesimäärän vähenemistä pitkällä aikavälillä. Välittömästi tapahtuvaan pinnanlaskuun vaikuttavat enimmäkseen hiekkasuodattimien huuhtelut. Pinnan korkeus pidetään halutulla tasolla käyttämällä korvausvettä. Samalla myös veden laatu paranee, kun kiertoon lisätään raikasta talousvettä, jolloin veden väkevöityminen vähenee.

Hiekkasuodattimen huuhtelutilanteessa huuhteluvesipumput alkavat syöttää ruiskutusvettä altaasta, jolloin altaan pinta alkaa laskea. Ruiskutusvesialtaassa on pinnanmittausanturi, joka tarkkailee jatkuvasti pinnan korkeutta. Korvausveden automaatio huomaa pinnanmittauksen laskun, jolloin automaattiventtiilit avautuvat ja alkavat syöttää ruiskutusvesialtaaseen vesilaitokselta tulevaa puhdasta talousvettä. Kun pinnankorkeus on saavuttanut tavoitepinnankorkeuden, joka tällä hetkellä on asetettuna 1,8 metriin, venttiilit sulkeutuvat ja veden syöttö altaaseen loppuu. Sulatolle johdettavan talousveden sähkönjohtokyky on noin 8-12 mS/m.

### 3.1.10 Ruiskutusveden poisto viemäriin

Ruiskutusveden konsentroitumista eli väkevöitymistä pyritään säätelemään veden poistamisella vesikierrosta. Vettä höyrystyy valunauhaa jäähdytettäessä, mutta veteen liuenneina olleet metallit jäävät järjestelmään. Tämän vuoksi vettä poistetaan myös nestemäisenä kierrosta, jolloin osa siihen liuenneista aineista saadaan samalla poistettua.

Lämmönvaihtimien takana olevasta ruiskutusvesitulolinjasta poistetaan 30 minuutin välein 3 kuutiota vettä viemäriin ja sitä kautta vedenkäsittelyhallin ulkopuolella olevaan öljynerotuskaivoon. Tämä on ainoa automaattinen veden poistopiste ruiskutusvesikierrossa. Seisakkipäivinä valukoneen henkilökunta tyhjentää tarvittaessa uppopumpuilla hilsevesi- ja selkeytysaltaan samaiseen öljynerotuskaivoon.

### 3.1.11 Meriveden suodatus

Tehtaan rannalla sijaitsevasta merivesipumppaamosta johdetaan merivettä sulatolle ruiskutusveden jäähdyttämiseksi. Meriveden suodatusta tehdään jo pumppaamalla, mutta kaikkia epäpuhtauksia ei saada pois ennen sen päätymistä jäähdytyskäyttöön

tehtaalla. Tämän vuoksi merivesi joudutaan suodattamaan automaattisihtien läpi vedenkäsittelyhallissa ennen kuin se johdetaan lämmönvaihtimiin.

Merivedessä olevat epäpuhtaudet kerääntyvät automaattisuodattimen sihtiin. Suodattimen sihdin puhdistus tapahtuu kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa huuhteluventtiili avautuu, jolloin suotimen läpi virtaavan veden määrä kasvaa noin 20 sekunnin ajaksi. Tällöin suurin osa suodinkorin sisällä olevista epäpuhtauksista poistuu. Toisessa vaiheessa virtauksen venttiili sulkeutuu huuhteluventtiilin pysyessä auki. Tällöin liuos kulkee suodinverkon etuosassa olevan suotimen läpi ja joutuu suodinkorin sekä vaipan muodostamaan kapeaan väliin. Pääosa virtauksesta ohjautuu tällöin poistuventtiilin kautta viemäriin ja suotimessa syntyvä paine pakottaa osan virtauksesta suodinkorin jälkiosan läpi sen sisäpuolelle vieden siellä jäljellä olevat epäpuhtaudet pois viemäriin. (alfa-laval)

### 3.1.12 Ruiskutusvesipumput

Ruiskutusvesipumput imevät vettä ruiskutusvesialtaasta ja pumpaavat sitä ruiskutusvesivyöhykkeisiin ruiskutusvesisihtien kautta. Pumppuja on kaksi kappaletta, joista toinen on käynnissä jatkuvasti ja toinen varalla. Pumpun vaihto toiseen tapahtuu automaattisesti käyntituntien tullessa täyteen.

Ruiskutusvesipumpun pumpaamat vesimäärät valun aikana ovat virtausmittausten mukaan seuraavanlaiset:

- koneenjähdytysvedet 70 m<sup>3</sup>/h (rullaradan ruiskutusvedet)
- vyöhykevedet 1-5 valukaarelle 132 m<sup>3</sup>/h
- EMS:n jäähdytys 3 m<sup>3</sup>/h
- polttoleikkaukoneen granulointivedet 20 m<sup>3</sup>/h.

Yhteensä vettä pumpataan jäähdytyskäyttöön noin 225 m<sup>3</sup>/h. Kun vesimäärää verrataan hiekkasuodattimien virtausmittauksista lasketun suodatetun veden määrään 512 m<sup>3</sup>/h, voidaan todeta, että mittaukset eivät pidä paikkaansa toistensa suhteen. Jos ajatellaan, että kun hiekkasuodattimilta tuleva 512 m<sup>3</sup>/h johdettaisiin ruiskutusvesialtaaseen, olisi ruiskutusvesipumppujen pumpattava sama määrä pois. Nyt ruiskutusvesialtaan pinta

kuitenkin pysyy tasaisena valuprosessin aikana, kuten pitääkin. Virtausmittaukset olisi syytä saada näyttämään todellisia vesimääriä.

### 3.1.13 Ruiskutusvesisihdit

Ruiskutusvesisihdit huolehtivat ruiskutusvesivyöhykkeisiin menevän veden puhdistuksesta. Sihtien läpi kulkee käytännössä jatkuvasti vesi. Tulopuolen vesi tulee ruiskutusvesipumpuilta ja suodatuksen jälkeen menee ruiskutusvesivyöhykkeisiin.

Sihtejä on seitsemän kappaletta rinnakkain venttiilihuoneessa. Sihtien puhdistus tapahtuu automaattisesti prosessinohjausjärjestelmään säädetyin aikavälein. Tällä hetkellä sihtien huuhteluvälit on asetettu seuraavasti:

- valun aikana 90 minuutin välein
- valun välissä 240 minuutin välein.

Huuhtelu suoritetaan automaattisesti sekvenssissä, eli kun huuhtelun aikamääre on täyttynyt, ensimmäinen sihti käynnistää huuhtelun ja muut jatkavat normaalisti toimintaansa. Kun ensimmäinen sihti on puhdistettu, käynnistyy seuraavan sihdin huuhtelu jne.

Sihdin huuhtelu tapahtuu siten, että sihdin menopuolen venttiili suljetaan ja viemäriyhde avataan, jolloin tulovesi pääsee kiertämään sihdin sisässä poistaen epäpuhtaudet viemäriyhteestä kanaaliin.

Sihtien automaattinen huuhtelutapahtuma ei aina poista sihdeistä kaikkea likaa, joten valukoneen käyttöhenkilöstön yhtenä toimenpiteenä on viikkoseisakeissa aukaista sihdit ja puhdistaa sen sisällä oleva sihtipatteristo manuaalisesti painepesurilla.



## 4 VEDEN LAADUN TARKASTELU

### 4.1 pH-arvon vaikutus veden laatuun

Liuksen happamuutta ja emäksisyyttä kuvataan pH-arvolla. Veteen liuenneiden metallien saostumista pystytään säätelemään nostamalla tai laskemalla veden pH-pitoisuutta. Mitä happamampi vesi on, sitä enemmän metalleja liukenee veteen, ja mitä emäksisempi vesi on, sitä enemmän vedestä saostuu metalleja. Sopivana pH alueena voidaan pitää 6,5-8,8.

Korroosion kannalta pH-arvo tulisi pitää mahdollisimman tasaisena. Jos pH-arvo on alle 7,0, on mahdollista, että metallien liukeneminen veteen lisääntyy.

Kemikaaleja, jotka nostavat vesilaitoksilla veden pH-arvoa, kutsutaan alkalointikemikaaleiksi. Alkalointiin käytetään yleensä lipeää, soodaa tai kalkkia. Veden hiilidioksidipitoisuus vaikuttaa siihen, kuinka paljon alkalointikemikaalia tarvitaan pH:n nostamiseen. Tavallisesti veden pH nostetaan välille 7,5-8,5. (Vesilaitostekniikka ja hygienia 2007, 15)

### 4.2 Ruiskutusveden pH-arvo

Valukoneella on ollut tilanteita, joissa ruiskutusveden pH-arvot ovat nousset hälyttävän korkeiksi. pH-arvon noustua vahvasti emäksisen puolelle seurauksena on ollut, että vedestä on saostunut liiallisesti metalleja ruiskutusvesiputkistoihin tukkien suuttimia.

Valukoneella veden happamuutta pyritään estämään lipeän annostuksella ruiskutusveden sekaan. Lipeän annostus tapahtuu pH-mittauksen perusteella. PH:n mittaus tapahtuu pienessä mittausaltaassa, johon johdetaan vettä ruiskutusvesialtaalta lähtevästä putkesta.

### 4.3 Vesianalyysin tarkastelu

Ruiskutusvesialtaasta otetaan säännöllisin väliajoin veden laadun tarkkailua varten vesinäytteitä, joista käy ilmi veteen liuenneiden metallien määrät. Näytteet lähetetään Outokummun omaan tutkimuskeskukseen, jossa ne analysoidaan vaadittujen metallien

osalta. Ruiskutusvesialtaan vedestä 15.10.2012 otetun vesinäytteen tulokset olivat seuraavanlaiset:

- johtokyky 50,2 mS/m
- pH 8,3
- cr 3,3 mg/l
- fe 1,7 mg/l
- ni 1,8 mg/l
- cu 0,14mg/l.

Joissakin olosuhteissa vedenjakelulaitteisiin voi syntyä mikrobikasvusto, joka sitoo itseensä vedessä olevaa rautaa. Tällöin veden hyvin pienistäkin rautamääristä voi syntyä saostumia, jotka paineen vaihteluiden vaikutuksesta liikkeelle lähtiessään aiheuttavat veden laatuvirheitä. Keskimäärin jo 0,05 mg/l rautapitoisuus voi synnyttää rautasaostumia. Jos rautapitoisuus on yli 1 mg/l, esiintyy vedessä mahdollisesti punertavaa sakkaa. Rauta ruostuttaa mm. putkistoa. (Best water technology, hakupäivä 29.10.2012)

Pienikin mangaanipitoisuus 0,2 mg/l voi synnyttää kerrostumaa vedenjakelulaitteisiin. Ajoittain liikkeelle lähtevät saostumat voivat esiintyä putkistoissa nokimaisina hiutaleina tai rasvamaisina muodostumina. (Best water technology, hakupäivä 29.10.2012)

#### 4.4 Mittalaitteiden kalibrointi

pH:n jatkuva mittaus vaatii säännöllistä kalibrointia. Lisäksi elektrodit likaantuvat ja kuluvat käytössä niin, että niiden uusiminen tulee aika ajoin välttämättömäksi. PH-elektrodeissa käytön ja huollon kannalta tärkeimmät asiat ovat mittauselektrodin puhtaus ja referenssielektrodin kunto. Kalibrointi vaaditaan siksi, että pH-elektrodit eivät ole koskaan identtisiä. Niille on määritettävä tunnetuilla liuoksilla 0-kohta ja herkkyys (slope). (Vidqvist 2007, hakupäivä 27.10.2012)

Kalibrointi tehdään vähintään kahdella tunnetulla liuoksella, esimerkiksi pH 4 ja pH 7 tai pH 7 ja pH 10. Riittävälle kalibrointivälille ei ole hyvää nyrkkisääntöä. Prosessin seurannan kannalta parempi olisi kalibroida hieman liian usein kuin liian harvoin.

Vertailumittarin käyttö auttaa pH-mittauksessakin arvojen oikeellisuuden tarkistamisessa. (Vidqvist 2007, hakupäivä 27.10.2012)

#### 4.5 Veden laadun tarkkailu johtokyvyn avulla

Elektrolyytit tekevät vesiliuoksen sähköä johtavaksi. Sähkönjohtavuus ilmaisee siis veteen liuenneiden suolojen määrää: mitä suurempi arvo, sitä suurempi pitoisuus. Johtokyvyn yksikkönä käytetään mikrosiemensiä/senttimetri  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tai yleisemmin teollisuudessa käytettävä millisiemensiä/metri,  $\text{mS}/\text{m}$ . (Valtion ympäristöhallinto 2011, hakupäivä 22.10.2012)

Valukoneen ruiskutusvesijärjestelmän veden johtokykyä mitataan ruiskutusvesialtaan vedestä jatkuvatoimisesti. Normaalisissa valukoneen prosessitilanteissa ruiskutusvesijärjestelmän johtokyky vaihtelee 30-80  $\text{mS}/\text{m}$ . Jos mittaus nousee tätä korkeammaksi, on syytä olettaa, että prosessissa on jotain vikana. Johtokyvyn jatkuva mittaus onkin hyvä indikaattori vikatilanteiden havaitsemiseen.

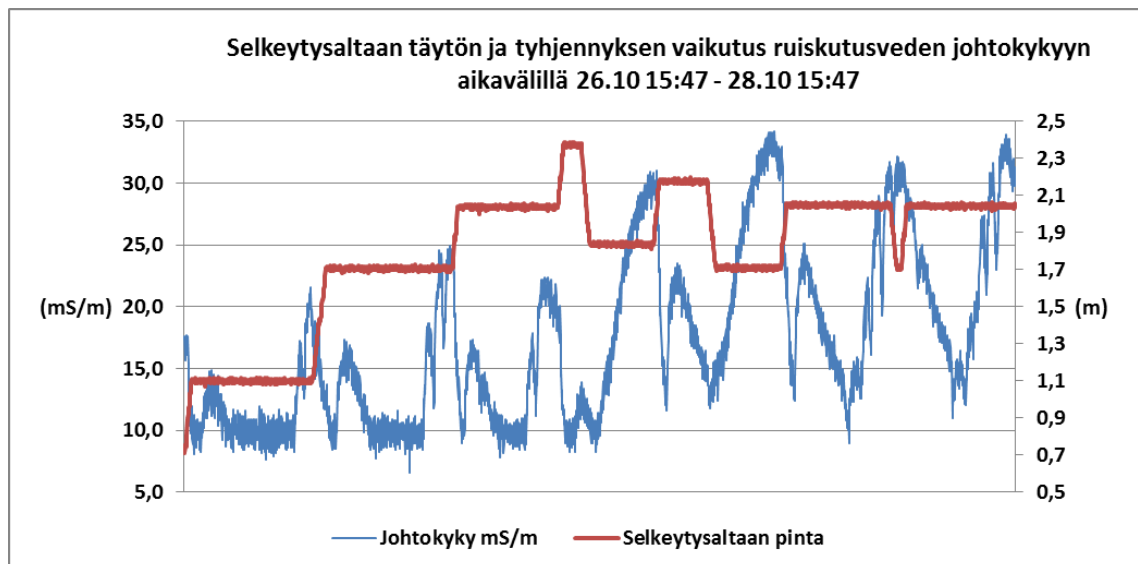
Vertailun vuoksi voidaan ottaa esille talousveden laatuvaatimus sähkönjohtokyvyn osalta, joka on  $<250 \text{ mS}/\text{m}$  (Terveysturvallisuuslaki 763/1994 21:18 § taulukko 3). Sulatolle johdettavan talousveden sähkönjohtokyky on vaihdellut normaalisti 8-12  $\text{mS}/\text{m}$  välillä. (Kärki 29.10.2012, sähköpostiviesti)

Johtokykyyn vaikuttaa olennaisesti lämpötila ja pH. Johtokyky ilmoitetaan yleisesti 25 °C lämpötilassa. Lämpötilan kohoaminen saa ionit liikkumaan ja siten johtavuus paranee. Yleensä johtokykymittauksessa on mukana lämpötilan kompensointi joko automaattisena tai käsikäyttöisenä. Sähkönjohtavuus kasvaa lämpötilan noustessa 2-2,5% astetta kohti. (Opetushallitus, hakupäivä 25.10.2012)

#### 4.6 Selkeytysaltaan tyhjennyksen vaikutus ruiskutusveden laatuun

Selkeytysaltaan tyhjennys tapahtuu hilsevesialtaaseen, jossa selkeytys- ja hilsevedet sekoittuvat keskenään. Tämän jälkeen hilsevesipumput syöttävät näiden sekoitusvedet takaisin vesikiertoon hiekkasuodattimien kautta. Jos selkeytysaltaan laskeutusprosessi jää vajaaksi, eli selkeytysallas tyhjenetään liian aikaisin, päätyy sama hiekkasuodattimilta tuleva huuhteluvesi uudelleen hiekkasuodattimille.

Selkeytsaltaan toiminnan pääperiaatteena on, että hiekkasuodattimilta lähtevän huuhteluveden seassa olevat likapartikkelit ehtivät laskeutua altaan pohjalle mahdollisimman pitkään, ennen kuin vettä tyhjenetään altaasta takaisin kiertoon. Alla olevasta graafista nähdään selkeytsaltaan täyttö- ja tyhjennysvälit sekä niiden aiheuttamat poikkeamat veden johtokyvyssä.



Kuvio 2. Selkeytsaltaan pinnankorkeuden vaikutus veden johtokykyyn.

Kuviosta 2 voidaan selkeästi nähdä selkeytsaltaan tyhjennyksen vaikutus veden johtokykyyn. Johtokyvyn ollessa tasolla 10-15 mS/m, selkeytsaltaasta lasketaan vettä hilsevesialtaaseen jolloin johtokyky nousee jyrkästi tasolle 30 mS/m. Samanlainen reaktio johtokyvyn nousuun näkyy myös seuraavassa tyhjennyksessä. Normaalisti ruiskutusveden johtokyky on ~ 50 mS/m tasolla, mutta kuvion 2 laatimisen aikana oli juuri aloitettu prosessin ylösajo pitkän seisakin jälkeen, jonka vuoksi veteen ei ole metalleja liuenneena normaalitasoon nähden.

Johtokyvyn nouseminen selkeytsaltaan tyhjentymisen jälkeen on merkki siitä, että kiertoon pääsee jonkin verran veteen liuenneita metalleja. Tämä taas viittaa selkeytsaltaan heikkoon tai vääränlaiseen toimintaan.

Johtokyvyn nousu lämpötilan vaikutuksesta voidaan sulkea pois, koska selkeytsaltaasta tyhjennettävä vesi on viileämpää kuin hilsevesialtaassa oleva vesi, jonka sekaan selkeytsaltaan vesi lasketaan. Johtokyvyn mittalaitteessa on lämpötilan

automaattinen kompensointi, jolloin myös se sulkee pois lämpötilan vaikutuksen tyhjennystilanteessa.

Selkeytysaltaan täyttötilanteessa johtokyvyn nousu viittaa hiekkasuodattimen huuhtelun aikana tapahtuvaan ruiskutusvesialtaan pinnanlaskuun, jolloin automaatio syöttää korvausvettä ruiskutusvesialtaaseen. Talousvedellä on eri sähkönjohtokyky kuin ruiskutusvedellä, jolloin se aiheuttaa vaihtelua mittauksessa vesien sekoittuessa.

## 5 LISÄAINEIDEN LISÄYS VESIKIERTOON

Ruiskutusvesikiertoon lisättävien lisäaineiden tarkoituksena on parantaa veden laatua, jotta veden kierrättäminen prosessissa olisi mahdollista. Korroosion vähentämiseksi veden pH-tasapaino pyritään pitämään mahdollisimman vakaana, ja sitä tulee tarkkailla jatkuvatoimisesti.

### 5.1 Ruiskutusveden alkalointi

Tavallisin menetelmä metallien saostamiseksi vesiliuoksesta on hydroksidisaostus, jolloin vedessä olevat metallit saostuvat hydroksideina. Saostuskemikaalina käytetään yleensä emästä, usein sammutettua kalkkia tai natriumhydroksidia (NaOH) eli lipeää. (Siivinen & Mahiout 1999)

Saostumisen tehokkuus riippuu jäteveden koostumuksesta, pH-arvosta ja saostettavista metalleista. Lipeää annostelemalla pystytään estämään veden happamoituminen, jonka myötä korrosio vähenee. Ruiskutusvesijärjestelmässä lipeän annostelu tapahtuu ruiskutusvesialtaaseen pH-arvon mukaan tarvittaessa.

### 5.2 Dispergointikemikaali

Veteen lisättävän dispergointikemikaalin tarkoituksena on vähentää kerrostumien muodostumista. Tällä tavalla saadaan esimerkiksi lämmönvaihtimet pysymään pidempään puhtaina, jolloin lämmön johtuminen meriveteen pysyy hyvänä. Aineella myös ehkäistään kerrostumien muodostumista putkistojen seinämille. Kemikaalin annostelua ohjataan talousveden syötön perusteella automaattisesti. (Konttajärvi 13.11.2012, puhelinhaastattelu)

### 5.3 Flokkauspolymeerin lisäys

Flokkauksessa vesi johdetaan pyörremäiseen liikkeeseen, jotta saostuneet pienet hiukkaset osuvat toisiinsa ja muodostavat täten suurempia hiutaleita eli flokkeja, jotka ovat tarpeeksi raskaita laskeutumaan selkeytysaltaan pohjalle. Likapartikkeleiden sedimentaation tehostamiseksi flokkauskemikaaleina käytetään erilaisia

polyelektrolyyttejä, jotka liittävät sillanmuodostuksen avulla destabiloidut mikroflokkit makroskooppiseksi flokiksi. (Siivinen & Mahiout 1999)

Polymeerin toimintaa voidaan havainnollistaa esimerkiksi ajattelemalla, että polyelektrolyytin pitkä ketju vastaa ongensiimaa ja siinä olevat varaukselliset ryhmät koukkuja, joihin flokit tarttuvat. Flokkausvaiheessa olennaisena asiana on, ettei muodostunutta saostumaa rikota liian raskaalla mekaanisella sekoituksella. Flokkaukemikaalit käyttäytyvät vesiliuoksissa elektrolyyttien tavoin muodostaen ionisuutensa perusteella positiivisesti tai negatiivisesti varautuneita suurimolekyylisiä ioneja veteen. (Siivinen & Mahiout 1999)

Flokkauspolymeerin lisäys tehdään hiekkasuodattimen huuhteluvesiputkeen. Polymeeritankin pumppu käynnistyy hiekkasuodattimen huuhtelun alkaessa. Pumpussa on portaaton pumppausnopeudensäädin, jolla voidaan hakea sopiva annostelusuhde flokkauspolymeerille. Kun polymeeri on sekoittunut huuhteluvesiputkessa huuhteluv veden kanssa, vesi lasketaan selkeytysaltaaseen sedimentoitumaan.

## 6 ONGELMAT VESIKIERROSSA

Vedenkäsittelyn jatkuvan toiminnan edellytyksenä on laitteiden häiriötön toiminta sekä käyttöhenkilöstön oikeaoppinen prosessinohjaus- ja hoito. Tällä hetkellä ruiskutusvesi on ajoittain huonolaatuista, joka aiheuttaa ongelmia prosessissa olevien laitteiden toimintaan.

### 6.1 Ruiskutusvesisuuttimien tukkeutuminen

Ruiskutusvesisuuttimien tukkeutumista esiintyy etenkin pitkien seisakkien jälkeen normaaliin prosessitoimintaan palatessa. Vesikierron loppuessa pitkäksi ajaksi, ruiskutusvesiputkisto ehtii kuivua ja tällöin putkien seinämille kertyneet sakat alkavat hilseentyä. Kun kuivuneisiin vesiputkiin aletaan syöttää uudelleen vettä, hilse irtoaa putkistossa veden paineen noustessa, tukkien ruiskutusvesisuuttimet valukaarella.

Kun ruiskutusvesijärjestelmän jäähdysteho jää alle toivottujen asetusarvojen, alkaa sen vaikutus näkyä aihoiden pinnan laadussa sekä valukaaren rullaston ja laakeriston vaurioina. Nämä vauriot huomataan yleensä vasta, kun aihion pinnalla on havaittavissa jumiutuneiden rullien jättämiä jälkiä. Pahimmillaan jumiutuneiden rullien aiheuttamat viat näkyvät vasta kuumavalssatussa nauhassa. Tämän vuoksi on tärkeää, että valunauhan jäähdytys toimii oikealla tavalla.

Tukkeumat ruiskutusvesisuuttimissa ovat yleensä johtaneet seisakin pidentymiseen valukoneella, koska suuttimet joudutaan avaamaan ennen kuin valuprosessi pystytään aloittamaan. Suuttimien avaaminen on työlästä ja hankalaa. Valukaaren jokainen suutin käydään erikseen tarkastamassa mahdollisten tukkeumien havaitsemiseksi.

Tukkiutuneita suuttimia aukaistaan suutrinrasseilla työntäen metallinen piikki suuttimen kärjestä sisälle. Käytännössä tällä toimenpiteellä siirretään ongelmaa vain myöhemmäksi, sillä likapartikkelit siirtyvät vain väliaikaisesti pois suuttimen vesivirtauksen edestä. Jonkin ajan kuluttua samat partikkelit tukkivat suuttimen uudelleen. Periaatteessa suuttimet tulisi jokaisen tukkeutumisen jälkeen ruuvata irti ja vaihtaa uusiin sekä putsata ruiskutusputkien sisäpinnat. Työtä hankaloittavat valukaaren ahtaat olosuhteet, jotka hidastavat putsautoimenpiteitä. Tästä johtuen tämänkaltaiset huoltotoimenpiteet pidentäisivät valun väliaikaa liikaa.

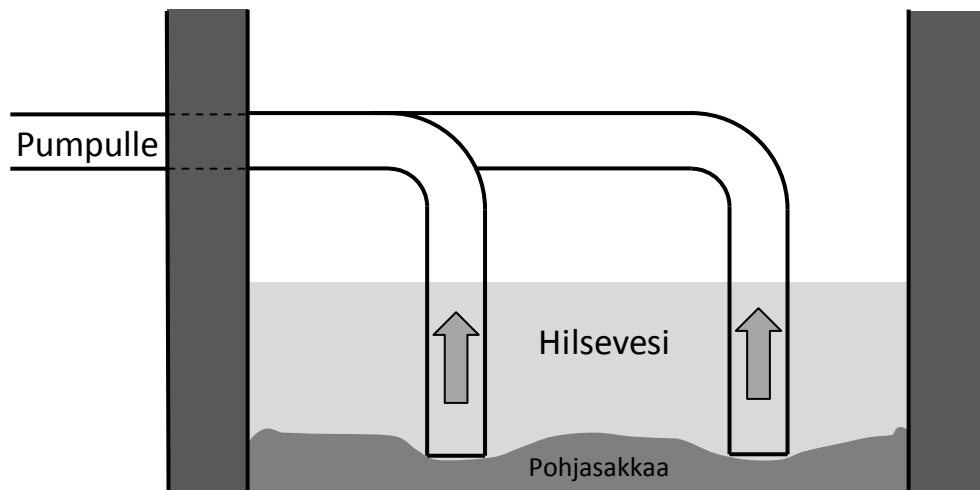


Ruiskutusvesikamppoihin on suunnitteilla uudenlaiset suuttimet, joiden irrotukset ja suuntaukset ovat nykyistä helpompaa. Kaikki nykyiset suuttimet on tarkoitus vaihtaa uuteen malliin, kun vaihtotyölle on tiedossa tarpeeksi pitkä seisakki.

## 6.2 Hipsevesialtaalta lähtevä vesi

Hiekkasuodattimille lähtevä puhdistettava vesi otetaan pumpuilla hipsevesialtaan pohjan tuntumasta kahdella putkella. Pidempien seisakkien aikana, arviolta kerran kuukaudessa, hipsevesialtaan pohja puhdistetaan pohjasakasta.

Tätä työtä tehdessäni sulatolla oli pidempi seisakkijakso, jolloin hipsevesiallas tyhjennettiin kokonaan, ja pääsin näkemään putkien upotussyvyyden. Putket ulottuivat pohjasakan keskimääräisen pinnan alapuolelle (kuva 6). Putkien imuaukon ympärille pohjasakkaan oli muodostunut selvästi havaittavat imujäljet putkien imuvoiman vaikutuksesta. Tästä voi päätellä, että ajan myötä putket imevät pohjalta jonkin verran sakkaa hiekkasuodattimiin. Myös pumppujen imuvoima heikkenee kun sakan määrä pohjalla kasvaa.



Kuva 6. Havainnekuva hipseveden syötöstä pumpuille.

### 6.2.1 Parannusehdotus hipseveden poistoputkistoon

Mielestäni hipsevesien ottoputket on mitoitettu liian syvälle altaan pohjalle, jolloin pohjalle laskeutuneet likapartikkelit pääsevät imun voimasta kulkeutumaan

vesikiertoon. Putkien loppupäästä voisi leikata noin 200-300 mm ylimääräistä pois, jolloin likapartikkeleille jäisi enemmän tilaa eivätkä ne joutuisi imun vaikutuksesta vesikiertoon. Näin saadaan myös pumppujen imuvoima pysymään tasaisena kauemmin.

### 6.3 Hiekkasuodattimien huuhtelujen epäsäännöllisyys

Hiekkasuodattimien huuhtelut vaikuttavat selkeytsaltaan veden määrään ja tämän myötä selkeytystoimintaan. Hiekkasuodattimien huuhteluvälit sekä niiden määrät saadaan selville prosessinohjausjärjestelmän selkeytsaltaan pinnanmittauksesta. Yksi huuhtelu nostaa selkeytsaltaan pintaa noin 0,3–0,4 m.

Hiekkasuodattimen tukkeutuneisuudelle on asetettu raja, joka antaa hälytyksen järjestelmään, kun hiekkasuodattimen tulo- ja paluupuolen paine-ero nousee yli 1 Barin. Tällöin viimeistään prosessinohjaja käynnistää hiekkasuodattimen huuhtelusekvenssin prosessinohjausjärjestelmästä.

Tällä hetkellä yleinen käytäntö on kuitenkin huuhdella hiekkasuodatin ennen hälytysrajaa. Epävirallisena ohjeena on huuhdella yksi hiekkasuodatin yhden vuoron (8h) aikana. Haastatteluja tehdessäni vaikutti siltä, että joskus hiekkasuodatin unohtuu kokonaan huuhdella oman vuoron aikana. Tällöin seuraavan vuoron aikana joudutaan huuhtelemaan useampi suodatin lähes peräkkäin. Tämä aiheuttaa selkeytsaltaan nopean ja epäsäännöllisen täyttymisen, mikä heikentää altaan selkeytystoimintaa.

Hiekkasuodattimet tulisi huuhdella säännöllisin väliajoin, jolloin likapartikkelit ehtisivät laskeutua selkeytsaltaassa tarpeeksi kauan. Selkeytsaltaan pinnankorkeuden prosessitrendejä tarkasteltaessa nähdäänkin, että hiekkasuodattimien huuhteluväleihin olisi tehtävä muutoksia, jotta selkeytsaltaan flokkautuneiden likapartikkeleiden laskeuttamisprosessi ei jäisi vajaaksi. Vajaan selkeytyksen tuloksena saostuneita metalleja sekä muita likapartikkeleita joutuu uudelleen vesikiertoon.

#### 6.3.1 Hiekkasuodattimien huuhtelujen automatisointi

Hiekkasuodattimien huuhtelut olisi hyvä automatisoida, koska tällä hetkellä huuhtelujen väliajat eivät ole tasaisella tasolla. Myös hiekkasuodattimen tukkeutuneisuuden

arvioiminen on hyvin riippuvaista prosessinohjaajasta. Huuhtelujen automatisoinnilla jokaiselle suodattimelle saadaan yhtä pitkät huuhtelujen väliset suodatusjaksot.

Automatisoinnilla voitaisiin samalla estää selkeytysaltaan liian varhaiset tyhjennykset, jolloin selkeytettävälle vedelle jää tarpeeksi aikaa selkeytyä. Ehdotan siis, että hiekkasuodattimille tehtäisiin prosessinohjausjärjestelmään huuhtelusekvenssi, jolla ohjattaisiin myös huuhteluvesien selkeytystoimintaa.

Pidempien seisakkien ajaksi automaatiolle olisi luotava seisakkimoodi, jolloin estetään hiekkasuodattimien turha huuhtelu. Tämä toiminto voisi olla kytkettynä esimerkiksi valukoneen huoltomoodiin.

Jos selkeytysaltaan tyhjennys tehdään aina ennen hiekkasuodattimen huuhtelua, pystytään selkeytysaltaan pinta pitämään noin 2,1 metrin korkeudella. Tällöin likapartikkeleilla olisi teoriassa lyhyempi matka laskeutua altaan pohjalle. Tällä hetkellä selkeytysaltaaseen lasketaan yleensä kahden hiekkasuodattimen huuhteluvedet ennen sen tyhjentämistä.

Joskus selkeytysallas tyhjenetään heti hiekkasuodattimen huuhtelun jälkeen, jolloin likapartikkelit eivät ole ehtineet laskeutua altaan pohjalle ja likainen huuhteluvesi kiertää uudelleen juuri pestyyn hiekkasuodattimeen ja sitä kautta vesikiertoon. Automatisoinnilla voitaisiin estää tämänkaltainen toiminta.

Haastattelin vedenkäsittelyn prosessia ohjaavia henkilöitä, ja sen pohjalta listasin seuraavat automatisointia toteuttaessa huomioon otettavat asiat:

- Vasta valmistuneessa projektissa vaihdettu uusi rullarata vaatii jäähdytysveden rullille, jonka myötä vesikapasiteetti on noussut kanaalissa niin paljon, ettei nykyään pystytä ylläpitämään normaalia vesikiertoa valun aikana kahdella hiekkasuodattimella.
- Yksi hiekkasuodatin pystyy tehokkaaseen suodatukseen noin 15 tuntia, jonka jälkeen suodatus alkaa heiketä ja suodattimelle täytyy tehdä huuhtelu.
- Ennen hiekkasuodattimen huuhtelua selkeytysallas tulee tyhjentää automaattisesti.
- Hiekkasuodatin huuhdellaan heti selkeytysaltaan tyhjennyksen jälkeen.

- Selkeytsaltaan tyhjennys nostaa vesimäärää ruiskutusvesialtaassa kun taas hiekkasuodattimen huuhtelu vähentää, joten tällä tavoin ruiskutusvesialtaan pinta pidetään tasaisena.
- Selkeytsaltaan tyhjennysventtiilistä allas tyhjenee 1,7 metriin asti.
- Selkeytsaltaaseen mahtuu 2,7 metriä huuhteluvettä.
- Hiekkasuodattimen huuhtelu nostaa selkeytsaltaan pintaa noin 0,3–0,4 metriä, joten huuhteluvesiä mahtuisi selkeytsaltaaseen kaksi.
- Järjestelmään hiekkasuodattimen huuhtelulle laitettava ehto selkeytsaltaan pinnan mukaisesti, niin että huuhteluvesi mahtuvat altaaseen.
- Jos huuhteluvedelle ei ole riittävästi tilaa, automaatio ajaa altaan pinnan tarvittavalle tasolle.
- Kanaalin huuhtelut otetaan pois käytöstä selkeytsaltaan tyhjennyksen ajaksi, jotta hiekkasuodattimet eivät kuormitu liian suurella vesimäärällä valun ollessa käynnissä.
- Kanaalin huuhtelu otetaan pois käytöstä hiekkasuodattimen huuhtelun ajaksi, jolloin käytössä on vain kaksi suodatinta.

### 6.3.2 Hiekkasuodattimien automaattisen sekvenssin kokeilujakso

Kokeilimme kolmen päivän ajan manuaalisesti ehdottamaani automaattisekvenssiä, jotta näkisimme, miten se käytännössä tulisi toimimaan. Kokeilun tuloksena saatavat tiedot hiekkasuodattimien huuhteluista sekä selkeytsaltaan tyhjennyksistä näyttävät onko hiekkasuodattimien automaattinen huuhteluohjelma mahdollinen. Laadin operaattoreille liitteen 1 mukaisen ohjeen, jonka mukaan heidän tulisi suorittaa hiekkasuodattimien huuhtelut testausvaiheessa.

Valuprosessin ollessa käynnissä hilsevesipumput pyrkivät pitämään hilsevesialtaan vedenpinnan 1,8 metrin tasolla. Yhden hiekkasuodattimen ollessa huuhdeltavana kaksi muuta suodatinta hoitavat suodatuksen. Kahden hiekkasuodattimen ylikuormittumisen estämiseksi testijaksolla kokeiltiin ottaa kanaalin huuhtelu pois käytöstä hiekkasuodattimen huuhtelun sekä selkeytsaltaan tyhjennyksen ajaksi, mikäli valu oli käynnissä. Valujen väliin sijoittuvalle huuhtelulle ja tyhjennykselle ei ollut erityisehtoja.

Kokeilussa selkeytsallas tyhjennettiin aina ennen hiekkasuodattimen huuhtelua. Tällöin selkeytsaltaassa pystyttiin pitämään yhden huuhtelun vesimäärä ennen

seuraavan suodattimen huuhtelua. Huuhteluvesille annettiin viisi tuntia aikaa selkeytyä huuhtelujen välissä.

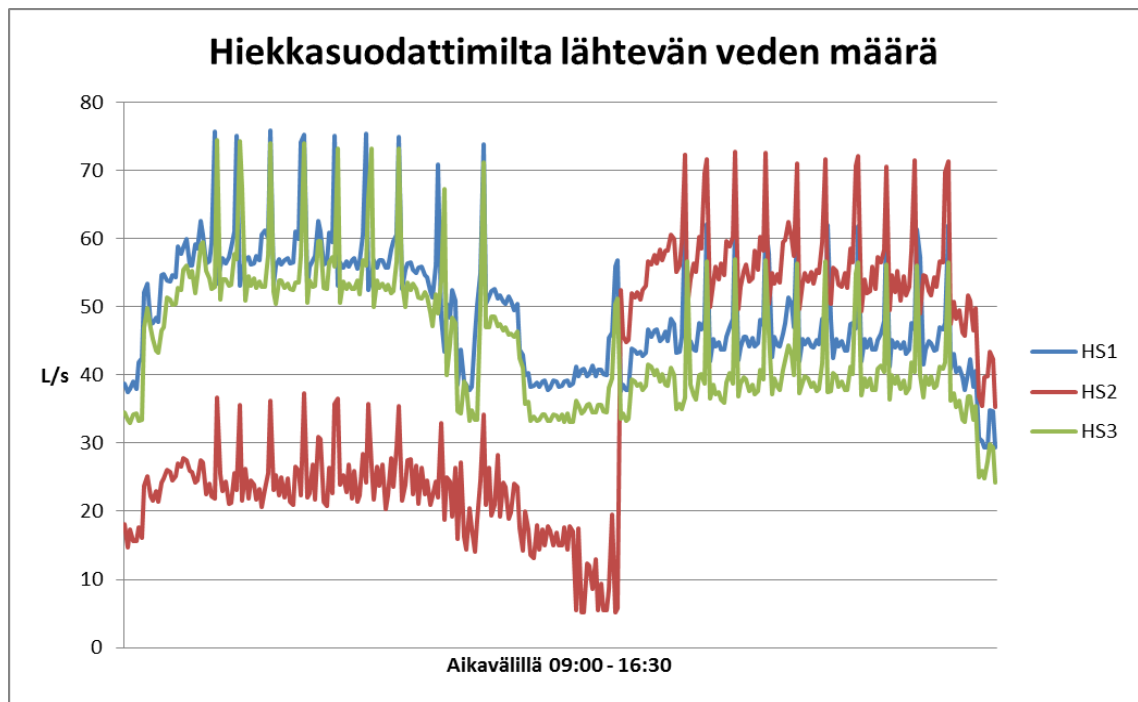
Ongelmiakin kokeilujaksolla oli havaittavissa, ja niistä haitallisimmaksi osoittautui prosessihenkilöstön tarkkaavaisuuden puute. Joidenkin vuorojen aikana huuhteluohjelmaa noudatettiin hyvin, mutta joissakin vuoroissa ohjetta sovellettiin vastoin tarkoituksia. Muutaman kerran selkeytysaltaaseen laskettiin kahden hiekkasuodattimen huuhteluvedet tyhjentämättä allasta välillä. Tämän vuoksi selkeytysaltaan tyhjennyksen jälkeen nähtävissä johtokyvyn nousuissa oli vaihtelevuutta. Muutaman kerran myös selkeytysallas tyhjennettiin liian aikaisin, jolloin viiden tunnin selkeytysaika ei täyttynyt.

Myös kanaalin huuhtelun sammuttaminen hiekkasuodattimien huuhteluiden ajaksi osoittautui haastavaksi toimenpiteeksi. Sitä ei muistettu sammuttaa lähes koskaan. Kuviosta 4 onkin nähtävissä kuinka hiekkasuodatin on huuhdeltu valun aikana ja kanaalin huuhtelu on ollut päällä. Kanaalin huuhtelusta ei kuitenkaan aiheutunut niin suurta kuormitusta kahdelle muulle suodattimelle, kuin aiemmin arvioitiin.

Kokeilujaksolla huomattiin että ohjelmaan tulee luoda mahdollisuus säätää huuhteluiden väliaikaa. Kokeilujaksolla käytettiin 5 tunnin huuhteluvälejä, mutta joustavuuden kannalta olisi hyvä tehdä huuhteluväleille painikkeet, jolla voidaan valita sopiva hiekkasuodattimen huuhteluväli esimerkiksi 4-7 tunnin väliltä. Seisakkeja varten huuhteluautomaatio täytyy pysäyttää, joten ohjelmaan tulee luoda seisakkimoodi joka estää hiekkasuodattimien pesut.

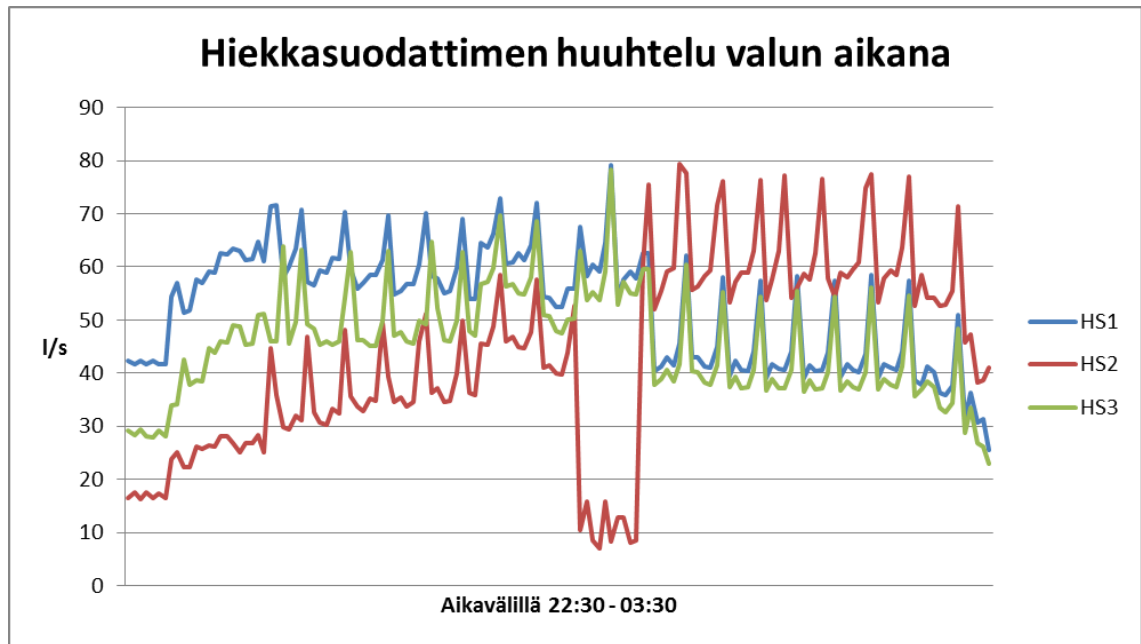
### 6.3.3 Kokeilujakson tulokset

Kokeilujakson jälkeen keräsin tietoja prosessitrendeistä, joiden perusteella voidaan nähdä, onko hiekkasuodattimien huuhteluautomaatio mahdollinen kyseisellä huuhteluvälillä. Tarkasteltavia kohteita olivat hiekkasuodattimilta lähtevän veden määrä huuhtelutilanteissa eri prosessivaiheilla sekä veden johtokyvyn tarkkailu selkeytysaltaan tyhjennystilanteessa.



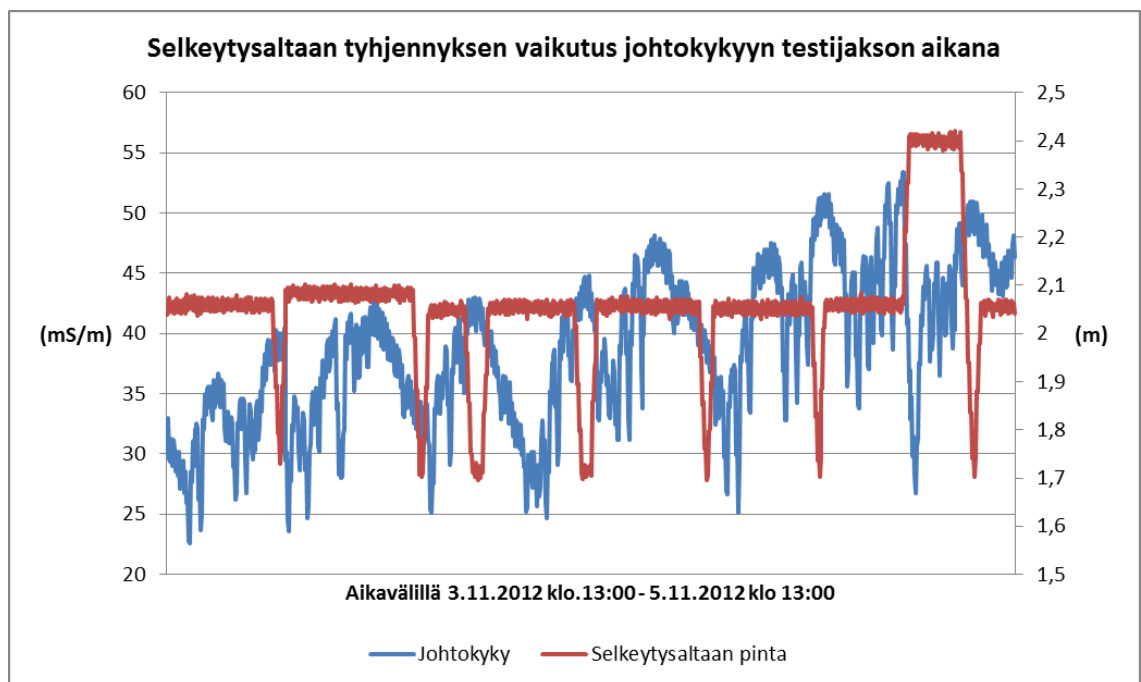
Kuvio 3. Hiekkasuodattimen huuhtelu valun välissä

Kuviosta 3 nähdään hiekkasuodattimen huuhtelu valun väliajalla, jolloin suodattimille menevä vesimäärä on alhaisempi kuin valun aikana. Hiekkasuodatin 2:n veden läpäisykyky oli vain noin 25 l/s, mutta huuhtelun jälkeen läpäisykyky nousi 55 l/s tasolle. Kuviosta näkee myös kuinka kahden muun suodattimen suodattaman veden määrä väheni seuraavan valun aikana, kun yksi suodatin huuhdeltiin. Tämä johtuu siitä, että vesi virtaa nyt helpommin puhdistetun hiekkasuodatin 2:n kautta, jolloin kahdelle muulle suodattimelle jää vähemmän vettä suodatettavaksi.



Kuvio 4. Hiekkasuodattimen huuhtelu valun aikana testijakson aikana

Kuviosta 4 voidaan nähdä hiekkasuodattimen 2:n huuhtelutilanne valun aikana. Ennen huuhtelua hiekkasuodattimen läpi on suodattunut vettä noin 40 l/s. Huuhtelun jälkeen suodattimen läpi menevän veden määrä on noussut noin 60 l/s tasolle. Kuviosta nähdään myös, että huuhtelutilanne valun aikana ei aiheuta liian suurta kuormitusta kahdelle suodattavalle suodattimelle, koska suodattimien säännöllinen huuhtelu on pitänyt niiden suodatuskyvyn hyvällä tasolla.



Kuvio 5. Selkeytsaltaan tyhjennyksen vaikutus johtokykyyn.

Kokeilujakson aikana oli huomattavissa, että pitkällä aikavälillä ruiskutusveden johtokyky nousee noin 50 mS/m:n tasolle. Kuviosta 5 nähdään, kuinka ruiskutusveden johtokyky alkaa laskea selkeytysaltaan tyhjennyksen ja hiekkasuodattimen huuhtelun jälkeen. Johtokyky lähtee nousemaan selkeyttämisen aikana uudelleen. Tämä johtuu käynnissä olevasta valusta, jonka myötä veteen liukenee uusia metalleja.

Tuloksista voidaan päätellä, että automaattinen huuhteluohjelma on mahdollista toteuttaa ja sillä saadaan hiekkasuodattimien huuhteluväleihin tasaisuutta, jolloin kaikkien suodattimien suodatuskyky pysyy parempana. Tällöin ei myöskään synny tilanteita, että unohdetaan huuhdella hiekkasuodatin oman vuoron aikana ja useampi suodatin tukkeutuu sen vuoksi samaan aikaan. Automatisoinnilla myös saadaan selkeytysaltaalle joka kerta mahdollisimman pitkä selkeytymisaika huuhteluvesille. Automatisoinnilla voidaan estää myös selkeytysaltaan vääränlainen prosessinohjaajasta johtuva toiminta.



## 7 VEDENKÄSITTELYLAITTEISTON KRIITTISYYSANALYYSI

Laatimalla vedenkäsittelylaitteistolle kriittisyysanalyysi voidaan havaita tuotantolaitokselle ne kriittisimmät laitteet ja prosessin toiminnot, joihin kunnossapidon pääpaino tulisi asettaa. Analyysin tuloksien perusteella laitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, kriittisiin ja vähemmän kriittisiin.

Analyysin tuloksissa kriittiseen ryhmään kuuluvat ne laitteet ja prosessin toiminnot, joiden toimintahäiriöiden seurauksena voi olla mahdollisesti jopa pakotettu tuotannon pysäyttäminen. Myös jatkuvaa huoltoa tai ylläpitoa vaativat laitteet sekä toiminnot kuuluvat tähän ryhmään. Tuloksissa vähemmän kriittiset laitteet ja prosessin toiminnot eivät välttämättä aiheuta tuotannollista menetystä vioituessaan, mutta niiden toiminnallisuus vikaantumisen seurauksena saattaa heikentyä tai aiheuttaa muita ongelmia.

### 7.1 Laitteiden kriittisyysluokittelustandardi PSK 6800

Tässä työssä käytetään laitteiden ja toimintojen kriittisyyden määrittelemiseksi PSK 6800 -standardin mukaisia menetelmiä. Kriittisyysanalyysin tuloksena saadaan lähtötiedot ennakkohuoltosuunnitelmien luomiseen.

Laitteiden kriittisyyden kertoimien valinta tehtiin vedenkäsittelylaitoksen hoitajan kanssa, jolla on pitkä työhistoria valukoneen vedenkäsittelylaitteistojen parissa. Valinnat käytiin läpi palaverissa, jossa keskusteltiin laitteista yksityiskohtaisella tasolla. Valintoja tehdessämme päätimme olla huomioimatta taulukon turvallisuustekijää, joka ei tässä tarkastelussa ole olennainen asia.

Kriittisyyden arviointi tehdään standardin mukaan seuraavasti:

- Määritetään tarkastelun laajuus.
- Määritetään standardin mukaan tuotannon menetyksen painoarvo, jota käytetään yhtenä pisteyttäjänä taulukossa.
- Arvioidaan onko standardin mukana tulleessa Excel-pohjassa olevat painoarvot sovellettavissa vedenkäsittelylaitteistolle. Tarvittaessa muutetaan painoarvoja.
- Listataan taulukkoon tarkasteltavat vedenkäsittelylaitteet.

- Valitaan tarkasteltaville laitteille kertoimet taulukkoon liitteen 2 mukaisesti.
- Ohjelma laskee laitteiden kriittisyysindeksin (K) ja sen osaindeksit (Ks,Ke,Kp,Kq ja Kr).
- Tämän jälkeen tehdään kriittisyysluokittelu lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mukaiseen järjestykseen.

Standardissa olevat vikaantumisvälit eivät olleet mielestäni sovellettavissa vedenkäsittelytiloihin. Vikaantumisvälin pisteytys standardissa määriteltiin vuosissa, mutta vedenkäsittelytilan laitteet vikaantuvat tai vaativat huoltoja / toimenpiteitä kuitenkin lyhyemmällä aikavälillä. Pisteytyksessä käytettiin taulukon 2 mukautettua pisteytystä.

Taulukko 2. Vedenkäsittelytilan laitteille mukautettu pisteytystapa.

<b>PSK 6800 -standardin mukainen pisteytys</b>	
Pisteet	Määritelmä
1	Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta
2	Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2-5 vuotta
4	Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5-2 vuotta
8	Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0-0,5 vuotta

<b>Mukautettu pisteytys jota kriittisyysanalyysiä laatiessa käytettiin</b>	
Pisteet	Määritelmä
1-2	Laite vikaantuu harvoin (0,5v - >1v)
3-4	Laite vikaantuu kuukausittain
5-6	Laite vikaantuu viikoittain
7-8	Laite vikaantuu päivittäin

## 7.2 Analyysin tulokset

Taulukko 3. Kriittisyysanalyysin kriittisimmät kohteet

Kohde	Pisteet
Hiekkasuodatin-1	2800
Hiekkasuodatin-2	2800
Hiekkasuodatin-3	2800
Ruiskutusvesisihdit	2150
Ruiskutusvesisuuttimet	1760
Lipeän annosteluysikkö	1650
Selkeytysallas	1280
Ruiskutusvesilämmönvaihdin-1	1160
Ruiskutusvesilämmönvaihdin-2	1160
Hilsevesiallas ja -kaivo	1000

liitteen 3 kriittisyysanalyysien tulosten mukaan selkeästi kriittisimmiksi asioiksi vedenkäsittelytilassa nousi 10 kohdetta (taulukko 3). Kaikista kriittisimpiä olivat hiekkasuodattimet, jotka vikaantuvat – eli hiekkaa täytyy huuhdella – useita kertoja vuorokaudessa. Tämä nostaa suodattimien pisteitä huomattavasti. Toisaalta ilman toimivia hiekkasuodattimia vedenkäsittely pysähtyy, jolloin suodattimien kriittisyys on erityisen korkea.

Ruiskutusvesisihtien toiminta sai myös korkeat pisteet niiden huuhtelujen tärkeyden vuoksi. Ruiskutusvedelle on olemassa myös ruiskutusvesisihdit ohittava putkilinja, jos ruiskutusvesisihtien huuhteluautomaatiikka hajooa jostain syystä ja sihdit umpeutuvat niin, ettei vesi enää virtaa kunnolla niiden läpi ruiskutusvesivyöhykkeisiin. Ruiskutusvesisihtien ohitus täytyy tehdä manuaalisesti kentältä, koska siinä oleva sulkuventtiili on tällä hetkellä käsikäyttöinen.

Ruiskutusvesisuuttimet valukaarella osoittautuivat myös kriittiseksi kohteeksi tarkastelussa. Ruiskutusvesisuuttimien säännöllinen tarkastus ja mahdolliset vaihdot edesauttavat oikean vesimäärän saantia valunauhan jäähdytykseen.

Yllättävänä havaintona listan lievästi kriittiseksi laitteeksi osoittautui pumppuhuoneen uppopumppu. Uppopumpun tehtävänä on poistaa pumppuhuoneen lattiatasolle tullut vesi. Vettä pumppuhuoneeseen voi tulla mahdollisen putkirikon tai vuodon seurauksena. Pahimmassa tapauksessa pumppuhuoneen lattia tulvii niin paljon, että kaikki pumppuhuoneessa olevat moottorit ja pumput uppoavat veteen. Seuraus moottoreiden uppoamisesta veteen olisi moottoreiden hajoaminen. Pumppuhuoneen tilavuus on kuitenkin niin suuri, että veisi kauan aikaa ennen kuin vesi upottaisi moottorit, jos pumppu ei jostain syystä lähtisi päälle.

## 8 AVOIMEN VESIKIERTOLAITTEISTON VIKA-VAIKUTUSANALYYSI

Kunnossapidon toimenpiteet kohdistuvat jonkun koneen tai tuotantolinjan yksittäisiin komponentteihin ja osiin. On hyvä tehdä laitekokonaisuudesta analyysi, josta näkee millaisia vikoja koneeseen voi tulla, miten ne ilmenevät, mistä ne johtuvat ja mitä seurauksia niistä on koko tuotantolinjan toiminnalle. Vioittumisprosessien tunnistaminen ja analysoiminen mahdollistaa vikojen ennaltaehkäisyn tai korjaamisen, niin että laite ei ehdi vikaantua. Kun vioittumistapa on tunnistettu, voidaan arvioida sen vaikutukset ja päättää, mitä tehdä tilanteen ennakoimiseksi. (Laine 2010, 127.)

Vika-vaikutusanalyysin aloitus on syytä tehdä vaiheissa. Ensimmäisenä määritetään, mitkä osat järjestelmässä tulevat ensimmäiseksi analysoitaviksi. Sen jälkeen määritetään osan tai laitteen kriittisyys toiminnalle. Tämän jälkeen potentiaaliset vikatilanteet listataan ja kuvataan mahdollisimman selkeästi, miten toiminta vikatilanteessa poikkeaa normaalista toiminnasta. Selvitetään mistä nämä vioittumiset voivat johtua. Seuraavaksi selvitetään vikaantumisen vaikutukset tuotantoon/toimintaan, esimerkiksi, kuinka pitkän seisakin vikaantuminen aiheuttaa tai minkälaisia laadullisia vaikutuksia sillä on. Määritetään myös vikaantumisen seuraukset laajemmin koko linjaston ja ympäristön kannalta. (Laine 2010, 128.)

Lopputuloksena vikaantumisten seurausten perusteella laaditaan toimenpide-ehdotukset, joilla ehkäistään, ennakoidaan, tunnistetaan tai korjataan vikaantuminen. Ennakkohuoltosuunnitelmien laadinnassa voidaan käyttää näitä analyysejä avuksi.

### 8.1 Vikaantumiset

Jokaisella vialla on oma syntymä- ja kehittymismekanismi. Vikatilanne on yleensä pitkän kehitysketjun viimeinen lenkki. Kun vian kehitysketjuun päästään kiinni riittävän ajoissa, vaurioitumisia pystytään vähentämään merkittävästi. Samalla pystytään vähentämään kunnossapidon tarvetta.

Laitteet voivat vikaantua kun laitteita ei käytetä oikealla tavalla, eli oikeita tapoja ei välttämättä tunneta tai suhtautuminen ei ole oikea. Työtä saatetaan jakaa ”minä käytän, sinä korjaat” ajattelutavan mukaisesti. Prosessia ylläpitävät käyttäjät kyllä havaitsevat oirehtivien vikojen aiheuttamia seurausilmiöitä, mutta aina käyttäjät eivät välttämättä

ryhdy toimenpiteisiin, koska heidän toimenkuvaan ei välttämättä kuulu korjaaminen. Vikojen raportoiminenkin saattaa olla haastavaa ja työlästä.

Laitteiden ikääntymisen myötä esiintyviä toimintakyvyn heikkenemisiä ei välttämättä aina havaita tai korjata. Joissain tapauksissa ikääntymisen tuomat vikaantumiset jopa hyväksytään. (Järviö ym. 2007, 61.)

## 8.2 Vika-vaikutusanalyysin laatiminen

Analysoiminen aloitettiin laatimalla Excel-taulukoon kevyt pohja, jonne syötettiin tiedot laitteista ja toiminnoista joita ruiskutusvesikierron kriittisyysanalyysissä käsiteltiin. Tämän jälkeen jokaiselle laitteelle / toiminnalle syötettiin tiedot siitä, miten niiden normaalissa prosessitilanteessa tulee toimia. Tämän jälkeen näille kirjattiin mahdolliset häiriöt ja vikatilanteet, joita mahdollisesti voi syntyä. Sen jälkeen pohdittiin, mistä kyseinen häiriö tai vikatilanne mahdollisesti johtuu ja sen jälkeen arvioitiin mahdolliset vikatilanteesta syntyneet vaikutukset ja seuraukset.

Outokummun kunnossapitojärjestelmän tietokantoja tutkimalla pystyttiin laitteiden vikahistoriaa seuraamaan vuosien takaa. Tämän avulla pystyttiin havaitsemaan, mitä aiempia vikoja tai häiriöitä laitteissa on ollut.

Vika-vaikutusanalyysin tuloksena saatiin liitteen 4 mukainen taulukko. Taulukosta voidaan nähdä jokaisen ruiskutusvesikierron laitteen tai toiminnon mahdolliset viat sekä mitä seurauksia niistä mahdollisesti on.

## 9 AVOIMEN VESIKIERRON ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA

### 9.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan kohteen suorituskykyä ja sen parametreja. Päämääränä on alentaa vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen / osan toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä tehdään tarvittaessa. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyy mm:

- Tarkastukset
- kunnonvalvonnat
- määräystenmukaisuuksien toteaminen
- testaukset
- käynninvalvonnat
- vikaantumistietojen analysoinnit.

(Järviö ym. 2007, 50.)

### 9.2 Ehkäisevän kunnossapidon tärkeys

Ehkäisevällä kunnossapidolla voidaan parhaassa tapauksessa prosessin luotettavuus asettaa tasolle täysin varma. Teollisuudessa tällaisen varmuuden tavoittelu saattaa kuitenkin olla liian kallista, jolloin tavoiteltavaa luotettavuustasoa asetetaan matalammalle. Luotettavuustason asettaminen on siis taloudellinen tehtävä.

Jos prosessissa on turvallisuuteen ja ympäristöön liittyviä riskejä kunnossapidollisesti, on ne otettava huomioon hallitusti ja asiallisesti. Mikäli tällainen riski toteutuu, joudutaan siitä vastaamaan viranomaisille.

Ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus määrittelee sen, kuinka hyvin kunnossapitoa voidaan suunnitella ja aikatauluttaa etukäteen. Toimivan kunnossapidon tunnistaa siitä, että ~80 % töistä on tiedossa jo viikkoja etukäteen. Tällöin ehditään hyvissä ajoin suunnitella toimenpiteet sekä hankkia niille varaosat ja tarvikkeet. Näin myös töiden aikataulutus saadaan rakennettua siten, että siitä olisi mahdollisimman vähän haittaa tuotannolle.

Jos töiden ja varaosien tarve huomattaisiin vasta vikaantumisen jälkeen, aikaa ei jäisi tarpeeksi suunnittelulle ja varustautumiselle. (Järviö ym. 2007, 73.)

### 9.3 Huollot

Huoltamalla ylläpidetään laitteen/toiminnan käyttöominaisuuksia palautetaan heikennyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Jaksotettu huolto tehdään määrävlein. Välit määräytyvät käyttöajan tai –määrän mukaan. Jaksotettuihin huoltoihin sisältyvät seuraavat toimet:

- käytön suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihto
- toimintakyvyn palauttaminen.

(Järviö ym. 2007, 50.)

### 9.4 Pumppujen ja moottorien ennaltaehkäisevä huolto

Pumput ovat avainasemassa valukoneen ruiskutusvesijärjestelmässä. Niiden avulla pyritetään koko ruiskutusvesikierron vesimäärää. Jokaista pumppaustoimenpidettä kohden on kaksi pumppua, joista toinen on varapumppuna. Tällä tavalla saadaan vikatilanteessa eliminoitua pakotettu tuotannon alasajo.

Säännöllinen ja järjestelmällinen ennaltaehkäisevä huolto pidentää pumppujen käyttöikää sekä vähentää korjausten ja varaosien tarvetta. Käyttöinstrumentoinnin tarkkailu ja erilaiset tarkastukset ovat olennainen osa huoltoa. Suositeltavaa olisikin pumppujen ja moottorien kunnon ja toiminnan kirjallinen seuranta. Tästä on apua äkillisten vikojen estämisessä ja vian etsinnässä. Prosessiteollisuudessa yksi seisakki maksaa yleensä enemmän kuin itse pumppu. (Sulzer pumpun huoltomanuaali)

Pumppujen ennaltaehkäisevään huoltoon kuuluvat:

- laakereiden voitelut

- lämpötilan, äänien ja värähtelyn tarkkailu
- poistopaineen, kapasiteetin ja tehontarpeen tarkkailu
- korroosio- ja kulumistarkastukset
- akselitiivisteiden ja tiivisteveden saannin tarkkailu
- säännöllinen pumpun pesu
- pumpun ja putkistojen mahdollisten vuotojen tarkistus
- neljännesvuosittaiset tarkastukset, joissa tarkastetaan kriittisten kiinnitysvälineiden kuten perustusruuvien sekä pumpun ja moottorin kiinnitysruuvien kireys.

(Sulzer pumpun huoltomanuaali)

Ruiskutusvesijärjestelmässä on jokaiselle kriittiselle toimenpiteelle varapumppu, jos käynnissä oleva pumppu jostain syystä lakkaa toimimasta. Tällä menettelyllä pystytään ennaltaehkäisemään pitkien seisakkien syntymistä pumpun rikkoutumisen vuoksi.

#### 9.5 Ennakkohuoltojen taloudellinen vaikutus

Ennakkohuolloilla vedenkäsittelyn laitteet saadaan pidettyä käynnissä niiden toiminnan vaatimalla tavalla. Valukoneen toiminnan edellytyksenä on jatkuvan jäähdytysveden saanti, joten tuotannon ollessa käynnissä vedenkäsittelylaitteiston häiriöistä voi mahdollisesti olla seurauksena jopa valutuotannon pysähtyminen tai sen heikentyminen.

Laadullisia vaikutuksia voi myös esiintyä ruiskutusveden saannin heikentyessä. Ruiskutusvesisuuttimien tukkeutumiset aiheuttavat valunauhassa laatuviikoja, joita on mm. aihion käyryys sekä halkeamat. Jäähdytyksen pettäminen aiheuttaa myös rullaston rikkoutumista ylikuumentumisen myötä. Kaikkia laadullisia jäähdytyksen aiheuttamia vikoja ei välttämättä huomata heti valukoneella, vaan viat huomataan vasta terässulaton lopputuotteen myöhemmissä prosessivaiheissa. Ennakkohuoltoihin kuluvien kustannusten määrä onkin siis häviävän pieni verrattuna siihen, että huoltoja välttämällä tai vähentämällä aiheutettaisiin vedenkäsittelyssä toimintahäiriöitä, jotka aiheuttavat tuotannon pysäytyksen tai lopputuotteen laadullisen vian.



## 9.6 Ennakkohuoltosuunnitelmat

Laitteistolle sekä toiminnoille laadittiin liitteen 5 mukaiset ennakkohuoltosuunnitelmat, joista nähdään mitä muutoksia tulisi tehdä, jotta vedenkäsittelyn toiminta saadaan pidettyä tehokkaana. Tehokkuus vaikuttaa laitteiden toimintaan sekä sen myötä veden laadun tasaisuuteen.

Liitteessä on listattuna nykyiset huoltotoimenpiteet, sekä millä aikaväleillä kyseiset huollot suoritetaan. Listaan on myös listattu ehdotukset havaintojen perusteella, miten laitteiden huoltoja sekä toimintoja tulisi parantaa.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tarkoituksena oli selvittää vedenkäsittelyn nykytila sekä kehittää mahdollisia ratkaisuja ongelmiin joita työn aikana havaitaan. Työn aikana myös kartoitettiin ennakkohuoltosuunnitelmien edellyttämiä tietoja laitteista ja toiminnoista.

Hiekkasuodattimien huuhteluissa huomattiin epäsäännöllisyyttä sekä sen myötä selkeytsaltaan vääränlaista toimintaa. Ongelmia ryhdyttiin tutkimaan ja todettiin, että hiekkasuodattimien huuhteluiden automatisoinnilla pystytään pitämään niiden suodatuskyky tasaisena. Myös huuhteluvesien vajaalla selkeytyksellä huomattiin olevan johtokyvyn mittausten perusteella veden laatuun heijastavia vaikutuksia.

Päätettiin suorittaa automaatiota edellyttävä kokeilujakso. Huuhtelujen automatisoinnin kokeilujakson tarkoituksena oli selvittää, onko hiekkasuodattimien säännöllisillä huuhteluilla mahdollisesti vaikutusta veden laatuun, sekä onko kyseinen automatisointi lopulta mahdollista toteuttaa. Myös huuhteluvesien selkeyttämiseen asetetun viiden tunnin selkeytyksen vaikutuksia tarkasteltiin.

Automatisoinnin koejaksolla hiekkasuodattimet pysyivät tasaisemmin suodattavina, sekä samalla saatiin huuhteluvesien selkeytykselle tarpeeksi pitkä selkeytysaika. Tämän myötä selkeytsaltaan tyhjennystilanteessa ruiskutusveden johtokykymittaus osoitti, että veteen ei enää pääse yhtä paljon metalleja, kuin mitä sinne pääsi ennen koejakson alkamista. Loppujen lopuksi koejakso osoitti, että huuhtelujen automatisointi on mahdollista toteuttaa kokeilujaksolla olleiden kriteerien perusteella.

Vedenkäsittelyn toiminnan tila on tällä hetkellä hyvällä tasolla, ja sen kapasiteetti nykyisellä veden määrällä on tulosten sekä tarkkailun perusteella riittävä. Valukoneen saneerauksen yhteydessä käsiteltävän veden määrä on noussut, ja nykyisellä laitteistolla veden määrän nousu pystytään hallitsemaan.

Ruiskutusvesikierron vedenkäsittelylaitteille laadittiin ennakkohuoltosuunnitelmat, joiden tarkoituksena on kehittää vedenkäsittelyn kunnossapitoa ja toimintaa. Jokaiselle laitteelle määritettiin tarvittaessa uudistettavat toimenpiteet, joilla vedenkäsittely saadaan pidettyä toimintakykyisenä sekä veden laatu hyvänä. Useimmilla laitteistoilla oli jo hyväksi todetut huoltotoimet, joten näille uudistettuja toimenpiteitä ei tarvinnut

laatia. Yhdeksälle laitteelle tehtiin uudistusehdotukset nykyisen prosessivedenkierron kapasiteetin perusteella.

Valukoneen ruiskutusvesikierrossa tulisi tulevaisuudessa tutkia metallien sakkauttamista eri toteutuksella. Lipeän syöttö on nyt toteutettu ruiskutusvesialtaaseen, eli vesi alkaloidaan ennen ruiskutusvesisuuttimia ja tällöin veteen liuenneina olevat metallit alkavat mahdollisesti sakkautua jo ennen ruiskutusvesisuuttimia aiheuttaen niiden tukkeutumista.

Lipeän syöttö hilsevesikanaaliin, eli pH-arvon nostaminen emäksiseksi ruiskutusvesisuuttimien jälkeen mahdollisesti parantaa metallien sakkautumista jo hilsekaivossa. Tämän jälkeen veden pH-arvo olisi myös laskettava optimaaliselle tasolle ruiskutusvesialtaassa. Eli lyhyesti sanottuna tulisi tutkia, onko veden pH-arvo mahdollista nostaa metallien sakkautumisalueelle jo hilsevesikanaalissa, ja tämän jälkeen täsmätä pH-arvo ruiskutusvesialtaassa.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja haastava. Aikaisempi työkokemukseni valukoneella auttoi ymmärtämään vedenkäsittelyn toimintaperiaatteen sekä laajuuden. Työn aikana opin monia uusia asioita vesiprosessien eri menetelmistä, mittauksista ja niiden analysoinneista. Vedenkäsittelyä tehdään jokaisessa laitoksessa, jossa vettä käytetään jäähdytystarkoitukseen, joten työstä on minulle erittäin paljon hyötyä tulevaisuudessa eri tehtävien parissa.

## LÄHDELUETTELO

- ABB, mikä taajuusmuuntaja on. Hakupäivä 18.10.2012.  
<[www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx](http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx)>
- Alfa-laval, lämmönvaihtimen esite. Hakupäivä 20.10.2012.  
<<http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/gasketed-industrial-range-phe/Documents/WideGap200.pdf>>
- Alfa-laval, Secool-automaattisuotimen käyttöohje. Terässulaton arkistosta.
- Best water technology. kotitalousveden kemialliset ongelmat. Hakupäivä 29.10.2012.  
<<http://www.hoh.fi/index.php?pageid=7&aid=37&lang=fi>>
- Järviö, Jorma & Piispa, Taina & Parantainen, Timo & Åström, Thomas 2007.  
Kunnossapito, 4. painos. Helsinki: Kp-media Oy.
- Konttajärvi, Lassi, Account Executive, Ashland Water Technologies. Puhelinhaastattelu  
13.11.2012
- Kärki, Anne, osastopäällikkö, Outokumpu Tornio Works, tekniset palvelut. RE:  
Sulaton johdettavan puhtaan veden johtokyky. sähköpostiviesti  
jarkko.enbuske(at)outokumpu.com, 02.11.2012.
- Laine, Hannu 2010. Tehokas kunnossapito – tuottavuutta käynnissäpidolla, 1. painos.  
Helsinki: Kp-media Oy
- Opetushallitus. Veden sähkönjohtavuuden määrittäminen. Hakupäivä 25.10.2012.  
<[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit\\_veden\\_sahkonjohtavuus.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_sahkonjohtavuus.html)>
- Outokumpu Stainless Oy. yhtiön sisäiset esittelymateriaalit, 2011
- Salla, Saku 2010. Keskipakopumpun huolto ja korjaus. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Rauma.  
<[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13321/Salla\\_Saku.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13321/Salla_Saku.pdf?sequence=1)>
- Saukko, Leo Jukka 2002. Valukoneen jäähdytysvesien käsittelyn toimintakuvaus ja säätö- ja mittauspiiri selostukset. Insinööriyö. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu.
- Siivinen, Jarmo & Mahiout, Amar 1999. Pintakäsittelylaitosten jätevesikuormituksen vähentäminen Osa1. Kirjallisuusselvitys. VTT tiedotteita. Valtion tieteellinen tutkimuskeskus. Espoo.  
<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1983.pdf>>
- Sulzer pumpun käyttö, asennus ja huoltomanuaali. Terässulaton arkistosta.
- Valtion ympäristöhallinto 2011. Sähkönjohtokyky. Hakupäivä 22.10.2012.  
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12883&lan=fi>>
- Vesilaitostekniikka ja hygienia 2007, Helsinki: vesi- ja viemäri- ja viemäriyhdistys, 3. painos.
- Vidqvist, Maija 2007. Ovatko jatkuvatoimiset mittalaitteesi tehokkaassa käytössä.  
Hakupäivä 27.10.2012.  
<<http://www.promaint.net/downloader.asp?id=2918&type=1>>

**LIITELUETTELO**

Liite 1. Automatisoinnin testauksen kirjallinen ohjeistus operaattoreille.

Liite 2. Taulukko, laitetaso kriittisyyden tekijät.

Liite 3. Taulukko, kriittisyysanalyysin tulokset.

Liite 4. Taulukko, vika- ja vaikutusanalyysitaulukko.

Liite 5. Taulukko, laitteiden ennakkohuoltosuunnitelmat.

HIEKKASUODATTIMIEN HUUHTELUIJEN AUTOMATISOINTI

Tarkoituksena on testata hiekkasuodattimien huuhtelujen automatisoinnin mahdollisuutta. Ennen kuin huuhtelujen automatisointi voidaan toteuttaa, on sitä ensin käytännössä testattava. Alla olevasta taulukosta nähdään miten suodattimien huuhtelut ajallisesti suoritetaan. Toivottavaa olisikin että ohjelmaa noudatettaisiin, jotta nähtäisiin mahdolliset vaikutukset prosessiin. Jos ohjelmaa ei jostain syystä pysty noudattamaan, laittakaa paperiin siitä kommenttia (esim. hiekkasuodatin oli laitettava aikaisemmin huuhteluun).

Aloitetaan alla oleva huuhteluohjelma 2.11.2012 klo.01:00

Tunnit	
<b>Päivä 1</b>	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
HS1	P [1-18] P [19-24]
HS2	[1-7] P [8-13] [14-24]
HS3	[1-12] P [13-18] [19-24]
Selkeytys	T [1] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [7] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [13] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [19] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1
<b>Päivä 2</b>	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
HS1	[1-12] P [13-24]
HS2	P [1-18] P [19-24]
HS3	[1-7] P [8-24]
Selkeytys	T [1] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [7] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [13] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [19] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1
<b>Päivä 3</b>	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
HS1	[1-7] P [8-24]
HS2	[1-12] P [13-24]
HS3	P [1-18] P [19-24]
Selkeytys	T [1] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [7] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [13] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [19] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1
<b>Päivä 4</b>	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
HS1	P [1-18] P [19-24]
HS2	[1-7] P [8-13] [14-24]
HS3	[1-12] P [13-18] [19-24]
Selkeytys	T [1] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [7] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [13] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1 T [19] 2,1 2,1 2,1 2,1 2,1

<b>T</b>	Selkeytysaltaan tyhjennys. Sen jälkeen pestään heti hiekkasuodin
<b>P</b>	Huuhdellaan hiekkasuodatin ja otetaan se sen jälkeen heti käyttöön.
<b>[Blue]</b>	Suodatus

Esimerkki pesujen etenemisestä.

1. Klo.01:00 operaattori tyhjentää selkeytysaltaan. Kun allas on tyhjentynt, laitetaan hiekkasuodatin-1 huuhteluun. **(Jos valu on mahdollisesti käynnissä, sammutetaan kanaalin huuhtelu altaan tyhjennyksen ja hiekkasuodattimen huuhtelun ajaksi. Muistakaa laittaa se takaisin päälle hiekkasuodattimen huuhtelun jälkeen.)**
2. Selkeytysaltaalle annetaan viisi tuntia aikaa selkeyttää vesi.
3. Klo.07:00 operaattori tyhjentää selkeytysaltaan. Kun allas on tyhjentynt, laitetaan hiekkasuodatin-2 huuhteluun. **(Jos valu on mahdollisesti käynnissä, sammutetaan kanaalin huuhtelu altaan tyhjennyksen ja hiekkasuodattimen huuhtelun ajaksi. Muistakaa laittaa se takaisin päälle hiekkasuodattimen huuhtelun jälkeen.)**
4. Taas annetaan selkeytysaltaalle viisi tuntia aikaa selkeyttää vesi.
5. Klo.13:00 operaattori tyhjentää selkeytysaltaan. Kun allas on tyhjentynt, laitetaan hiekkasuodatin-3 huuhteluun. **(Jos valu on mahdollisesti käynnissä, sammutetaan kanaalin huuhtelu altaan tyhjennyksen ja hiekkasuodattimen huuhtelun ajaksi. Muistakaa laittaa se takaisin päälle hiekkasuodattimen huuhtelun jälkeen.)**
6. Taas annetaan selkeytysaltaalle viisi tuntia aikaa selkeyttää vesi.

Kun kaikki kolme suodatinta on pesty ohjelman mukaan, aloitetaan kierto uudelleen ensimmäisestä suodattimesta alkaen.

Taulukko 1 Laitetason kriittisyyden tekijät <sup>1)</sup>

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri	
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_e = 30$		$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä	
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski	
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski	
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski	
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski	
			$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä	
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski	
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski	
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0 \dots 100$	<p>1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta</p> <p>2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta</p> <p>4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta</p> <p>8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta</p>	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3$ h)	
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10$ h)	
			$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
	Laatukustannus $W_q = 30$		$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi $> 24$ h)	
			$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
			$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 1$ h)	
			$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3$ h)	
			$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
			$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 8$ h)	
			Korjaus- tai seurauksenkustannukset $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
				$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2$ h)
$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10$ h)				
$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)				
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 24$ h)		

<sup>1)</sup> Lukuarvot ovat ohjeellisia



### Liite 3

Vedenkäsittelylaitoksen kriittisyysluokittelu

Avoin vesikiertojärjestelmä

Jarkko Enbuske

1

15.10.2012

Kriittisyyden raja-arvo	1000
Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp	100

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Loppu-tuotteen laatuks-tannus (0...4)	Korjaus-kustannus (0...4)	Kriitti-syys-indeksi
		Painoarvot W ->	0	20	100	40	10	K
HS1	Hiekkasuodatin-1	7	0	2	3	1	2	2800
HS2	Hiekkasuodatin-2	7	0	2	3	1	2	2800
HS3	Hiekkasuodatin-3	7	0	2	3	1	2	2800
	Ruiskutusvesisihdit	5	0	0	3	3	1	2150
	Ruiskutusvesisuuttimet	4	0	0	3	3	2	1760
	Lipeän annosteluyksikkö	5	0	5	1	3	1	1650
	Selkeytsallas	4	0	4	1	3	2	1280
LV-6 Pos. L 4.1	Ruiskutusvesilämmönvaihdin-1	4	0	2	2	1	1	1160
LV-7 Pos. L 4.2	Ruiskutusvesilämmönvaihdin-2	4	0	2	2	1	1	1160
	Hilsevesiallas & kaivo	5	0	0	1	2	2	1000
	Ruiskutusvesiallas	2	0	2	2	2	2	680
	Pumppuhuoneen uppopumppu	2	0	2	2	0	1	500
PU101	Ruiskutusvesipumppu-1	1	0	1	3	0	2	340
PU102	Ruiskutusvesipumppu-2	1	0	1	3	0	2	340
PU103	Hilsevesipumppu-1	1	0	1	3	0	2	340
PU104	Hilsevesipumppu-2	1	0	1	3	0	2	340
PU105	Huuhteluvesipumppu-1	1	0	1	3	0	2	340
PU106	Huuhteluvesipumppu-2	1	0	1	3	0	2	340
	Biosidin annosteluyksikkö	1	0	5	1	2	1	290
	Lämmönvaihtimen merivesisihti	2	0	0	1	0	0	200
	Lämmönvaihtimen ruiskutusvesisihti	2	0	0	1	0	0	200
	Korvausveden syöttölaitteisto	1	0	0	1	2	1	190
	Flokkulointiaineen annostelulaitteisto	2	0	0	0	2	1	180

Liite 4 1(3)

## Vika-vaikutusanalyysitaulukko

### Valukoneen avoin ruiskutusvesijärjestelmä

Toiminto	Laite	Kriittisyys	Laitteen tai osan toiminta: miten pitää toimia	Vikatilanne: miten toiminta poikkeaa tarkoitetusta	Vioittumistapa: Kuinka vioittuminen tapahtuu, mistä johtuu	Vian vaikutukset	Vian seuraukset
Veden pumppaus:	Hilsevesipumppu-1	340	Pumpulla imetään vesi hilsevesialtaalta ja johdetaan hiekkasuodattimille	Pumppu ei toimi	Ylilämpö, voitelun pettäminen	Kanaalista tulevan veden syöttö hiekkasuodattimille loppuu	Hilsevesialtaan tulviminen. Valujen keskeytys
	Hilsevesipumppu-2	340	Pumpulla imetään vesi hilsevesialtaalta ja johdetaan hiekkasuodattimille	Pumppu ei toimi	Ylilämpö, voitelun pettäminen	Kanaalista tulevan veden syöttö hiekkasuodattimille loppuu	Hilsevesialtaan tulviminen. Valujen keskeytys
	Ruiskutusvesipumppu-1	340	Pumpataan ruiskutusvesialtaasta vesi ruiskutusvesivyöhykkeisiin	Pumppu ei toimi	Ylilämpö, voitelun pettäminen	Ruiskutusveden syöttö valukaaren ruiskutusvesisuuttimille loppuu	Valujen keskeytys
	Ruiskutusvesipumppu-2	340	Pumpataan ruiskutusvesialtaasta vesi ruiskutusvesivyöhykkeisiin	Pumppu ei toimi	Ylilämpö, voitelun pettäminen	Ruiskutusveden syöttö valukaaren ruiskutusvesisuuttimille loppuu	Valujen keskeytys
	Huuhteluvesipumppu-1	340	Veden pumppaus ruiskutusvesialtaalta hiekkasuodattimille	Pumppu ei toimi	Ylilämpö, voitelun pettäminen	Hiekkasuodattimia ei pysty huuhtelemaan	Hiekkasuodattimet tukkeutuvat
	Huuhteluvesipumppu-2	340	Veden pumppaus ruiskutusvesialtaalta hiekkasuodattimille	Pumppu ei toimi	Ylilämpö, voitelun pettäminen	Hiekkasuodattimia ei pysty huuhtelemaan	Hiekkasuodattimet tukkeutuvat

Liite 4 2(3)

	Pumppuhuoneen uppopumppu	500	Vesivuotojen aiheuttaman veden poisto pumppuhuoneen lattialta	Vioittuminen	Pumpun anturien toimimattomuus veden noustessa lattiatasolla.	Pumppuhuoneessa tulva	Jos vesivuotoa huoneessa ei huomata, niin pahimmassa tapauksessa kaikki huoneessa olevat pumput jäävät veden alle
<b>Veden varastointi:</b>	Hilsevesiallas & kaivo	1000	Hilsevesialtaan ja kaivon tehtävänä on poistaa veden seasta karkeimmat liat	Hilsevesikaivo täyttyy hilseestä ja hilsevesialtaaseen pääse likaa.	Normaali prosessitapahtuma	Hilsealtaan pohjalle pääsee likaa. Haittaa hilsevesipumppujen imuja	Kaivon tyhjennys. Tasaisin väliajoin hilsevesialtaan tyhjennys
	Selkeytysallas	1280	Altaassa veden likapartikkelit laskeutuvat altaan pohjalle	Selkeytysaltaan tyhjennys liian aikaisin tai väärässä vaiheessa	Operaattorin väärä toimintatapa	Selkeytysaltaan likapartikkelien selkeyttäminen jää vajaaksi	Ruiskutusvesikiertoon pääsee likaa. Haittaa muita toimintoja
	Ruiskutusvesiallas	680	Ruiskutusveden varastointi	Veden laatu heikkenee	Lipeän, dispergointiaineen sekä korvausveden syötöissä ongelmaa	pH-arvo heittelee, metalleja saostuu järjestelmään	Suuttimien tukkeutumista, korroosion kiihtyminen
<b>Veden suodatus:</b>	Hiekkasuodatin-1	2800	Suodattaa hilsevesialtaalta tuleva vesi	Suodatuskyky laskee	Veden seassa olevat liat kerääntyvät hiekkaan ajan myötä jolloin veden virtaus suodattimen läpi heikentyy	Hiekkasuodatin joudutaan laittamaan huuhteluun	Vesikuorma lisääntyy muille suodattimille. Vaarana useamman suodattimen tukkeutuminen samaan aikaan
	Hiekkasuodatin-2	2800	Suodattaa hilsevesialtaalta tuleva vesi	Suodatuskyky laskee	Veden seassa olevat liat kerääntyvät hiekkaan ajan myötä jolloin veden virtaus suodattimen läpi heikentyy	Hiekkasuodatin joudutaan laittamaan huuhteluun	Vesikuorma lisääntyy muille suodattimille. Vaarana useamman suodattimen tukkeutuminen samaan aikaan
	Hiekkasuodatin-3	2800	Suodattaa hilsevesialtaalta tuleva vesi	Suodatuskyky laskee	Veden seassa olevat liat kerääntyvät hiekkaan ajan myötä jolloin veden virtaus suodattimen läpi heikentyy	Hiekkasuodatin joudutaan laittamaan huuhteluun	Vesikuorma lisääntyy muille suodattimille. Vaarana useamman suodattimen tukkeutuminen samaan aikaan
	Ruiskutusvesisihdit	2150	Suodattaa ruiskutusvesipumpuilta tuleva vesi	Tukkeutuminen	Ajan myötä sihteihin kertyy likaa jota automaattipesu ei kykene irrottamaan	Sihtien läpi virtaavan veden määrä vähenee	Ruiskutusveden paine laskee ja vähentää vesien virtausten määrää valukaarelle ja rullaradalle

Liite 4 3(3)

	Lämmönvaihtimen merivesipuolen automaattisihdit	200	Lämmönvaihtimelle menevän meriveden suodatus	Tukkeutuminen	Sihdissä olevat reiät umpeutuvat.	Veden virtaus heikkenee lämmönvaihtimeen jolloin jäähdysteho laskee	Ruiskutusveden lämpötila nousee
	Lämmönvaihtimien ruiskutusvesipuolen sihdit	200	Lämmönvaihtimelle menevän veden suodatus	Tukkeutuminen	Sihdissä olevat reiät umpeutuvat.	Veden virtaus heikkenee lämmönvaihtimeen	Veden määrä vähenee ruiskutusvesialtaaseen.
<b>Veden virtaus:</b>	Ruiskutusvesisuuttimet	1760	Jäähdyttää valunauhaa ja rullastoa	Tukkeutuminen	Veden seassa olevat liat tukkivat suuttimien sisäpinnan	Valunauhan ja rullaston jäähdyttäminen jää vajaaksi	Laatuvikoja ja rullien rikkoutuminen.
	Ruiskutusvesilämmönvaihdin-1	1160	Jäähdyttää ruiskutusvesiä meriveden avulla	Tukkeutuminen	Ajan myötä lämmönvaihtimen levyjen sisäpinnoille kerääntyy likaa. Vesikiertoon pääsee likaa.	Lämmönvaihtimen virtaukset heikentyvät. Lämmön johtuminen meriveteen huononee	Lämmönvaihdin täytyy vaihtaa puhtaaseen. Lämmönvaihtimen pesu.
	Ruiskutusvesilämmönvaihdin-2	1160	Jäähdyttää ruiskutusvesiä meriveden avulla	Tukkeutuminen	Ajan myötä lämmönvaihtimen levyjen sisäpinnoille kerääntyy likaa. Vesikiertoon pääsee likaa.	Lämmönvaihtimen virtaukset heikentyvät. Lämmön johtuminen meriveteen huononee	Lämmönvaihdin täytyy vaihtaa puhtaaseen. Lämmönvaihtimen pesu.
	Korvausveden syöttölaitteisto	190	Annostelee talousvettä ruiskutusvesialtaaseen tarvittaessa	Rikkoutuminen	Ruiskutusvesialtaan pinnanmittaus ei toimi. Automaattiventtiilit hajonneet	Puhtaan veden syöttö ruiskutusvesialtaaseen estyy.	Vesi väkevoityy. Johtokyky nousee, korrosio kiihtyy.
<b>Lisäaineen syöttö:</b>	Flokkulointiaineen annostelulaitteisto	180	Annostelee selkeytysaltaaseen polymeeriä joka parantaa lian flokkautumista	Tukkeutuminen / hajoaminen	Polymeerin puuroutuminen syöttöputkeen. Pumpun rikkoutuminen	Polymeerin seostus selkeytysaltaaseen hiekkasuodattimen pesun yhteydessä lakkaa	Selkeytysaltaan laskeuttamista tapahtumaa pidennettävä
	Lipeän syöttölaitteisto	1650	Pitää veden pH-arvon vaaditulla tasolla	Likaantuminen	Mittausastiassa oleva kiertävä vesi kerää anturin pintaan likaa joka vääristää mittaustuloksia jolloin annosteluautomaatio toimii väärin	Lipeää syötetään liian paljo tai liian vähän	Vedessä liuenneina olleet metallit saostuvat putkistoihin
	Dispergointikemikaalin syöttölaitteisto	290	Syöttää ruiskutusveden sekaan kerrostuman estäviä aineksia	Hajoaminen	Pumpun hajoaminen	Kerrostumien lisääntyminen	Putkistojen tukkeutuminen. Korroosion lisääntyminen

## Liite 5 1(3)

LAITE	Huoltotilanne nykyään	Ehdotettu huoltoväli	Muutos
Hiekkasuodatin-1	Huuhtelu tarvittaessa. Hiekkojen vaihto kerran vuodessa.	Huuhtelut automaattiseksi. Hiekkasuodattimien huuhteluväli säädettyväksi 4-7 tuntia. Seisakkeja varten manuaalimoodi.	%
Hiekkasuodatin-2	Huuhtelu tarvittaessa. Hiekkojen vaihto kerran vuodessa.	Huuhtelut automaattiseksi. Hiekkasuodattimien huuhteluväli säädettyväksi 4-7 tuntia. Seisakkeja varten manuaalimoodi.	%
Hiekkasuodatin-3	Huuhtelu tarvittaessa. Hiekkojen vaihto kerran vuodessa.	Huuhtelut automaattiseksi. Hiekkasuodattimien huuhteluväli säädettyväksi 4-7 tuntia. Seisakkeja varten manuaalimoodi.	%
Ruiskutusvesisihdit	Sihtien manuaalinen puhdistus joka viikkoseisakissa.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	—
Ruiskutusvesisuuttimet	Ruiskutusvesisuuttimien tarkastus seisakin jälkeen.	Jos prosessinohjausjärjestelmästä nähdään, että suuttimet on menossa tukkoon (venttiilin ohjaus nousee) käydään putsaamassa kyseisen vyöhykkeen suuttimet.	%
Lipeän annosteluyksikkö	Mittalaitteiden kalibrointi tehdään satunnaisesti. Historiatietojen perusteella tehdään tällä hetkellä 2-5 kuukauden välein.	Otetaan käytännöksi pH-anturin kalibrointi ainakin kuukauden välein. tarvittaessa vaihdetaan anturi uuteen. Anturin puhdistus jokapäiväiseksi toimenpiteeksi.	%

Liite 5 2(3)

Selkeytysallas	Selkeytysallasta tyhjenetään nykyisin normaalin prosessin yhteydessä epätasaisin väliajoin jolloin tulee tilanteita, että selkeytystapahtuma jää vajaaksi. Selkeytysaltaan puhdistus on noin kerran kuussa tai harvemmin.	Tehdään selkeytysaltaan tyhjennys prosessin aikana automaattiseksi hiekkasuodattimien pesuautomaatiikan yhteyteen. Selkeytysaltaan puhdistus kerran kuussa on sopiva puhdistusväli.	%
Ruiskutusvesilämmönvaihdin-1	Lämmönvaihdin pestään tukkeutumisen jälkeen.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-
Ruiskutusvesilämmönvaihdin-2	Lämmönvaihdin pestään tukkeutumisen jälkeen.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-
Hilsevesiallas & kaivo	Hilsekaivo tyhjenetään kerran viikossa viikkoseisakin yhteydessä. Hilsevesiallas tyhjenetään kerran kuussa.	Hilsekaivon tyhjennys kerran viikossa on sopiva huoltoväli. Hilsevesialtaan puhdistus olisi hyvä suorittaa kolmen viikon välein kertyneen lian vuoksi.	%
Ruiskutusvesiallas	Ruiskutusvesialtaan puhdistus tehdään nykyisin noin 3 kertaa vuodessa.	Ruiskutusveden laadun kannalta olisi hyvä puhdistaa allas noin neljä kertaa vuodessa.	%
Pumppuhuoneen uppopumppu	Pumpun toimintaa testataan harvoin.	Testataan pumpun toiminta joka viikkoseisakissa.	%
Ruiskutusvesipumppu-1	Pumppujen rasvaus 3kk välein. Sähkömoottoreiden rasvaus 6kk välein. Värähtelymittaukset 6kk välein.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä. Pumput ja niiden moottorit hyvin toimintavarmoja.	-
Ruiskutusvesipumppu-2	Pumppujen rasvaus 3kk välein. Sähkömoottoreiden rasvaus 6kk välein. Värähtelymittaukset 6kk välein.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä. Pumput ja niiden moottorit hyvin toimintavarmoja.	-
Hilsevesipumppu-1	Pumppujen rasvaus 3kk välein. Sähkömoottoreiden rasvaus 6kk välein. Värähtelymittaukset 6kk välein.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä. Pumput ja niiden moottorit hyvin toimintavarmoja.	-

Liite 5 3(3)

Hilsevesipumppu-2	Pumppujen rasvaus 3kk välein. Sähkömoottoreiden rasvaus 6kk välein. Värähtelymittaukset 6kk välein.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä. Pumput ja niiden moottorit hyvin toimintavarmoja.	-
Huuhteluvesipumppu-1	Pumppujen rasvaus 3kk välein. Sähkömoottoreiden rasvaus 6kk välein. Värähtelymittaukset 6kk välein.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä. Pumput ja niiden moottorit hyvin toimintavarmoja.	-
Huuhteluvesipumppu-2	Pumppujen rasvaus 3kk välein. Sähkömoottoreiden rasvaus 6kk välein. Värähtelymittaukset 6kk välein.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä. Pumput ja niiden moottorit hyvin toimintavarmoja.	-
Dispergointikemikaalin annosteluyksikkö	Dispergointikemikaalin syöttölaitteisto tarkastetaan silmämääräisesti viikoittain.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-
Lämmönvaihtimen merivesisihti	Sihtien puhdistus aina lämmönvaihtimen pesun jälkeen.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-
Lämmönvaihtimen ruiskutusvesisihti	Sihtien puhdistus aina lämmönvaihtimen pesun jälkeen.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-
Korvausveden syöttölaitteisto	Korvausveden syöttölaitteiston toimintaa seurataan valvomosta. Huoltovapaa.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-
Flokkulointiaineen annostelulaitteisto	Flokkulointiaineen moottorin sekä syöttöletkuston toiminnan tarkistus viikkoseisakeissa.	Ei tarvetta muuttaa nykyistä käytäntöä.	-