

Kuumavalssaamon vesilaitos 2 pumppuhuoltojen
suunnittelu

Outokumpu Stainless Oy, Tornio

Pelttari Mira

Opinnäytetyö

Konetekniikan koulutus
Insinööri (AMK)

2023

Konetekniikan koulutus
Insinööri (AMK)

Tekijä	Mira Pelttari	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	Ins.(AMK) Mika Majuri		
Toimeksiantaja	Outokumpu Stainless Oy		
Työn nimi	Kuumavalssaamon vesilaitos 2 pumppuhuoltojen suunnittelu		
Sivumäärä	37 + 16		

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä huoltosuunnitelma Outokumpu Oy:n Tornion kuumavalssaamon uudemman vesilaitoksen prosessipumpuille kestävyysparantamiseksi sekä suunnitella pumpuille huoltoväli. Lisäksi työssä oli tarkoituksena tehdä kuvallinen ohje yhdestä korkeapainepumpun huollosta. Työhön sisältyi kaikkiaan kolmesta prosessipumppua, joissa on pääsääntöisesti käytössä kaksi pumpputyyppiä. Työssä myös tehtiin selvitys nykyisistä huoltokäytännöistä ja tarkastuksista.

Työn aihetta ehdotti alueen työnjohtaja, joka koki huoltosuunnitelmalle olevan tarvetta. Pumpuilla oli ollut epäsäännöllisiä rikkoontumisia, joita tahdottiin ehkäistä säännöllisillä ennakko- ja huoltoilla. Rikkoontumisiin ei ollut löydetty minkäänlaista yhteistä tekijää, joka korjaamalla ne olisi voitu ehkäistä.

Työ aloitettiin tiedonhaualla, pumpuista olemassa olevien manuaalien ja huoltohistorian etsimisellä sekä teorian tutkimisella kirjallisuudesta. Työn toiminnallinen osuus oli korkeapainepumpun huoltaminen ja dokumentointi, joka toteutettiin Tornion terästehtaan kuumavalssaamolla yhdessä asentajien kanssa.

Työn tuloksena saatiin prosessipumpuille yleispätevä huoltosuunnitelma, jota mukaillen pumppujen käyttöikä tulisi pidentyä sekä kuvallinen huolto-ohje, joka tulee helpottamaan asentajien huoltotyötä.

Avainsanat	prosessipumppu, korkeapainepumppu, keskipakopumppu, kunnossapito, vesilaitos, huoltosuunnitelma
Muita tietoja	Työhön liittyy toimeksiantajalle toimitettu korkeapainepumpun kuvallinen huolto-ohje.

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Mira Pelttari	Year	2023
Supervisor(s)	BEng Mika Majuri		
Commissioned by	Outokumpu Stainless Oy		
Title	Hot rolling mill waterworks 2 pump maintenance planning		
Number of pages	37 + 16		

The topic of the thesis was to make a pump maintenance plan for the hot rolling mill's newer waterworks. The work included thirteen process pumps. The aim was to improve the durability of the pumps and facilitate maintenance. The thesis also included making illustrated maintenance instructions from one high-pressure pump.

The topic was suggested by the area foreman who thought the maintenance plan could be necessary. There had been irregular breakdowns with the pumps and no common factors had been found. They wanted to try to prevent breakages through preventive maintenance.

The work started by searching for existing manuals and maintenance history of the pumps, as well as researching the theory in the literature. The functional part of the work was the maintenance and documentation of the high-pressure pump. The maintenance was done at the Tornio steel factory with a mechanic.

The result of the work was a maintenance plan for the process pumps and illustrated maintenance instructions for the high-pressure pump. These instructions will facilitate the installers' maintenance work.

Keywords	process pump, high pressure pump, centrifugal pump, maintenance, waterworks, maintenance plan
Special remarks	The thesis includes maintenance instructions for a high pressure pump.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TOIMEKSIANTAJA	6
2.1	Outokumpu Stainless Oy	6
2.2	Historia	6
2.3	Tornion tehtaot	7
3	KUNNOSSAPITO.....	11
3.1	Kunnossapidon tarkoitus	11
3.2	Kunnossapidon sukupolvet	12
3.3	Standardien määritelmiä.....	16
3.3.1	Kunnossapidon käsitteitä standardeissa	17
3.4	Kunnossapidon tietojärjestelmät	18
4	PROSESSIPUMPUT.....	21
4.1	Prosessipumppujen tarkoitus	21
4.2	Keskipakopumput	21
5	VEDENKÄSITTELYLAITOS 2	24
5.1	Avoin kierto.....	24
5.2	Suljettu kierto.....	25
6	PUMPPUJEN HUOLTO	26
6.1	Vian tunnistus	26
6.2	Ennakkohuollot	27
6.2.1	ABS:n asennus- ja huolto-ohje	27
6.2.2	Sulzerin asennus- ja huolto-ohje.....	28
6.2.3	Grundfosin asennus- ja huolto-ohje	29
6.3	Pumput kuumavalssaamalla	29
7	TOTEUTUS.....	31
7.1	Korkeapainepumpun huolto	31
7.2	Huoltosuunnitelma	34
8	POHDINTA	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	39

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Outokumpu Stainless Oy:n kuumavalssauksen mekaanisen kunnossapidon kanssa. Työn tarkoituksena on tehdä huolto-suunnitelma kuumavalssauksen uudemman vedenkäsittelyn (vesilaitos 2) prosessipumpuille. Pumpuilla on ollut rikkoontumisia, joita tahdotaan ehkäistä ennakko- huolloilla. Rikkoontumisiin ei ole löydetty minkäänlaista yhteistä tekijää, joka korjaamalla ne voitaisiin ehkäistä.

Prosessiin kuuluu 13 pumppua. Näissä on pääsääntöisesti käytössä kahta eri pumppumallia viidessä eri koossa, jotka ovat huollettavuudeltaan melko samantaisia. Työhön kuuluu 4 suljetun kierron pumppua, joista 2 on tornikiertopumppua ja 2 on kiertopumppua sekä 9 avoimen kierron pumppua, joista 3 on matalapainepumppua, 3 on korkeapainepumppua ja 3 kuumavesipumppua. Prosessin pumpuista ei joko ole olemassa huolto-ohjeita tai ne ovat vanhat ja epäkäytännölliset. Pääasiallisena tavoitteena on tehdä ohjeet huoltojen toteuttamiseksi paikan päällä.

Työssä tehdään selvitys nykyisistä huoltokäytännöistä ja tarkastuksista, sekä käytettävistä varaosista. Näiden pohjalta tehtävänä on laatia suunnitelma pumpujen käytettävyyden parantamiseksi ja suunnitella huoltoväli, jolla estettäisiin turhat rikkoutumiset. Näistä tehdään ajastetut ennakko- huoltotyöt Outokummun kunnossapitojärjestelmään ja sinne laaditaan tarkastus- sekä huolto-ohjeet. Opinnäytetyössä on myös tarkoituksena laatia vähintään yhden pumpun huollosta yksityiskohtainen ja kuvallinen huolto-ohje, jotta pumppuja voitaisiin mahdollisesti tulevaisuudessa huoltaa ilman ulkopuolista apua.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Outokumpu Stainless Oy

Outokumpu on maailman laajuinen osakeyhtiö ja se on Euroopan suurin ruostumattoman teräksen tuottaja, sekä toiseksi suurin tuottaja Amerikassa. Outokummulla on myös pitkä historia kaivosteollisuudessa, ja se vieläkin toimii kaivostuotannossa Kemissä, jossa louhitaan kromimalmia ferrokromin tuotantoon. (Outokumpu 2023b.)

Outokummun liiketoiminta jakautuu kolmeen alueeseen, Europe, Americas ja Ferrochrome. Europe ja Americas tuottavat ja vastaavat nauha- ja levytuotteista ja niiden myynnistä. Ferrochrome vastaa kromimalmin ja ferrokromin myynnistä ja tuotannosta. (Outokumpu 2023b.)

2.2 Historia

Outokumpu aloitti toimintansa vuonna 1910 Itä-Suomessa, kun Kuusjärven Outokumpu nimiseltä kukkulalta löydettiin kupariesiintymä. Tästä neljä vuotta eteenpäin Suomen valtio ja malmiesiintymän omistaja Hackman & Co. perustivat Outokumpu Kopparverkin vastaamaan kuparituotannosta ja tällöin valmistui ensimmäinen kuparitehdas. Outokumpu laajentui nykyaikaiseksi tuotantolaitokseksi jo 1920-luvun lopulla. Tällöin vielä päätuotteena oli rikaste, mutta suunnitelmana oli jo laajentaa eteenpäin kuparin tuotantoketjussa. (Outokumpu 2021.)

Kemissä kaivostyöt aloitettiin 1964, kun makeavesikanavasta löytyi kromilohkare ja Outokumpu sai oikeuden tämän esiintymän tutkimiseen. Ferrokromisulatto rakennettiin kaivoksen läheisyyteen Tornioon, jossa aloitettiin ferrokromin tuotanto vuonna 1968. (Outokumpu 2021.)

Ensimmäinen erä ruostumatonta terästä valmistui Tornion uudessa terästehtaassa 1976 ja vuonna 2004 Outokumpu päätti keskittää tuotantonsa ruostumatomaan teräkseen. Outokumpu nousi ruostumattoman teräksen tuotannon ykköseksi vuonna 2012, ostettuaan Saksalaisen Inoxum GmbH:n ThyssenKruppin ruostumattoman teräksen toiminnot. (Outokumpu 2021.)

2.3 Tornion tehtaat

Torniossa on Outokummun ja maailman suurin täysin integroitu ruostumattoman teräksen tuotantotehdas, eli kaikki jalostusketjun vaiheet sijaitsevat samalla tehdasalueella. Tornion tehdasalueella sijaitsee kaikki terästuotannon osastot. Alueelta löytyy kaksi terässulattoa, kuumavalssaamo ja kylmävalssaamo. Myös ferrokromitehdas ja Tornion satama sijaitsevat samalla tehdasalueella. Outokummun Tornion tehtaat jakautuvat pääasiallisesti kahteen liiketoiminta-alueeseen, Outokumpu Stainless Oy ja Outokumpu Chrome Oy. Alueella toimii myös Outokumpu Shipping Oy, Röyttän satamassa. (Outokumpu 2023c.) Kuviossa 1 näkyy Outokummun Tornion tehtaat ja Röyttän satama.

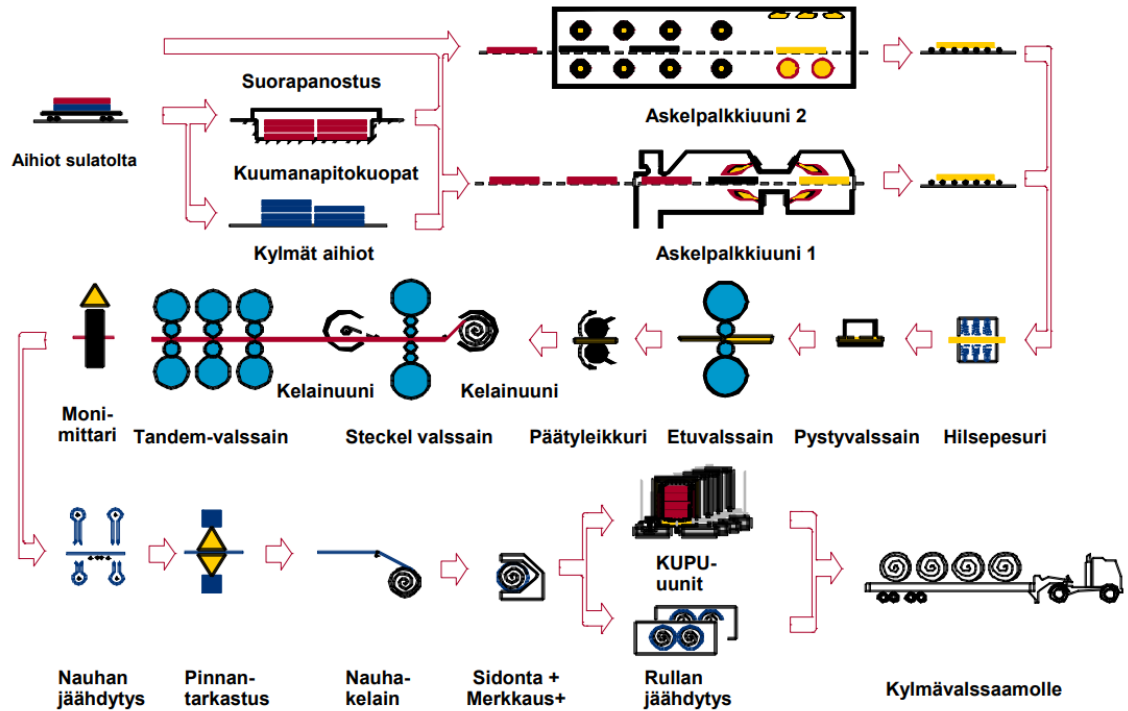


Kuvio 1. Ilmakuva Tornion tehtaista (Outokumpu 2023a.)

Merkittävin raaka-aine Tornion terästehtaalla on kierrätysteräs, jonka osuus on yli 80 % valmiista tuotteesta. Outokummun Tornion tehtaan tuotanto keskittyy pääasiallisesti Outokumpu "Classic" tuoteperheeseen, joihin kuuluu Moda, Core ja Supra. Suurin osa Tornion ruostumattomasta teräksestä koostuu austeniittisestä ja ferriittisestä teräksestä. (Outokumpu 2023c.)

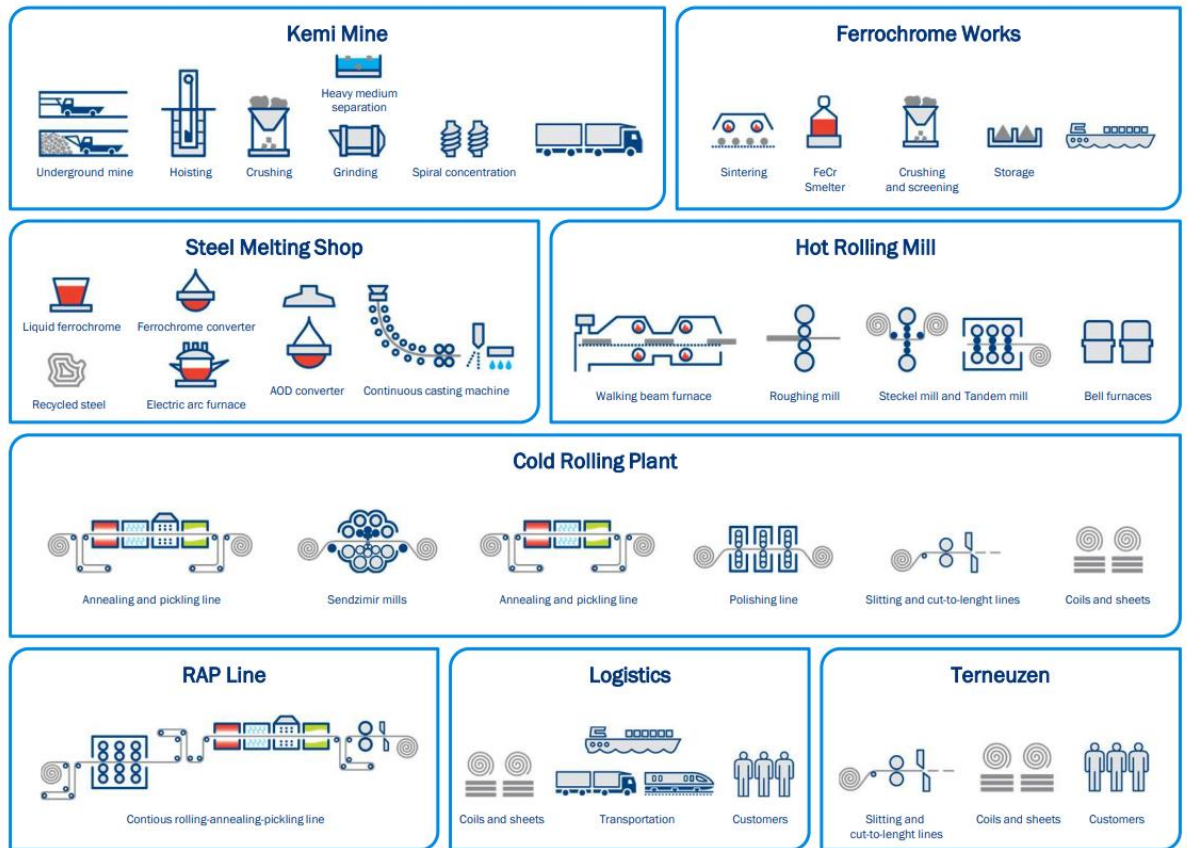
Outokummun tuotantoprosessi alkaa Kemin kaivoksella, jossa kromimalmi louhitetaan, murskataan ja rikastetaan. Pala- ja hienorikasteet kuljetetaan Tornioon ferrokromitehtaalle. Ferrokromitehtaalla näistä tehdään kromipellettejä, jotka vielä rikastetaan ja sulatetaan ennen kuljetusta terässulatolle. Terässulatolla sulaa ferrokromia vielä käsitellään, jotta siitä saadaan poistettua pii ja osa hiilestä. Ferrokromi sekoitetaan sulatettuun ja käsiteltyyn kierrätysteräkseen ja siirretään AOD-konvertteriin (Argon-Oxygen-Decarburisation), jossa sulasta poistetaan hiili sekä rikki ja se käsitellään seosaineilla. Tämän jälkeen sula siirretään senkka-aseman kautta jatkuvavalukoneelle, jossa valuvaa terässulaa jäähdytetään, että siitä saadaan katkaistua kiinteitä teräsaihioita. Tämän jälkeen aihiot siirtyvät linjaa pitkin kuumavalssaamolle. (Outokumpu 2016.)

Kuumavalssaamalla teräsaihiot panostetaan askelpalkkiuuneihin, jotta ne saadaan haluttuun lämpötilaan valssausta varten. Kuumavalssaamon valssauslinja on yhtenäinen pitkä linjasto. Aihiot syötetään ensimmäisenä etuvalssaimeen, jossa sitä valssataan edestakaisin haluttuun esipaksuuteen. Tämän jälkeen nauha valssataan steckel- ja tandemvalssaimilla haluttuun paksuuteen. Paksuuden saavutettua nauha kelataan rullaksi ja jäähdytetään jäähdytysaltaissa. Jäähdytyksen jälkeen teräs voidaan myydä suoraan mustana kuumanauhana tai siirtää jatkokäsittelyyn kylmävalssaamolle. Osa rullista käytetään kupu-uuneissa, jossa teräksen mikrorakennetta homogenisoidaan. (Outokumpu 2016.) Kuviossa 2 näkyy kuumavalssaamon tuotantoprosessi.



Kuvio 2. Kuumavalssaamon tuotantokaavio (Outokumpu 2023d.)

Kylmävalssaamolla rullat menevät ensimmäisenä hehkutus ja peittauslinjalle, jossa teräs puhdistetaan kuumavalssauksen jäljiltä jääneestä hilseestä. Tämän jälkeen teräs kylmävalssataan sendzimir-valssaimella haluttuun paksuuteen ja viedään uudestaan hehkutus ja peittauslinjalle, jotta teräksen mekaaniset ominaisuudet palautuvat. Tämän jälkeen teräsnauha kiillotetaan viimeistelyvalssaimella. Viimeistelyn jälkeen teräsnauha viedään halkaisu- ja katkaisulinjalle, jossa teräs leikataan levyiksi tai kelataan rulliksi asiakkaan vaatimusten mukaan. Kylmävalssausprosessi voidaan tehdä myös jatkuvatoimisella RAP-linjalla, jossa teräsnauha kulkee yhtä pitkää jatkuvatoimistalinjaa pitkin hehkutus ja peittauksesta aina valmiiseen rullaan itsenäisesti. RAP-linja sijaitsee kylmävalssaamon yhteydessä ja toimii kolmessa kerroksessa. Lopuksi tuotteet pakataan ja varastoidaan odottamaan lähetystä. (Outokumpu 2016.) Kuviossa 3 on selkeytetty koko Outokummun tuotantoprosessia.



Kuvio 3. Outokummun tuotantoprosessi (Outokumpu 2023d.)

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Kunnossapidon tarkoitus

Ensisijaisesti kunnossapidon tehtävä on pitää tuotannon laitteet jatkuvassa käytökunnossa. Korjaaminen ei enää nykyaikana ole kunnossapidon päätarkoitus, vaikka kunnossapitoon kuulukin edelleen rikkoutuneiden laitteiden ja komponenttien korjaaminen. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 25.)

Kunnossapito on suurena osana tuotanto-omaisuuden hallintaa. Käytännössä kunnossapito on tuotanto-omaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä ja kehittämistä. Tuotanto-omaisuudella tarkoitetaan yrityksen suoritteiden tuottamiseen käytettäviä resursseja, kuten koneet, laitteet, kiinteistöt ja maa-alueet. Kunnossapitoon kuuluvat esimerkiksi, laitteen toimintakunnon, laaduntuottokyvyn ja käytön turvallisuuden ylläpitäminen, laitteen modernisointi ja korjaaminen, laitteen elinajanjakson ja toiminnasta kerätyn tiedon hallinta. Näiden lisäksi myös oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen ja laitteen käyttö- sekä kunnossapitotaitojen kehittäminen kuuluvat tuotanto-omaisuuden ylläpitämiseen. (Järviö & Lehtiö 2012, 17-19.)

Kunnossapito on yksi suurimmista yritysten kontrolloimattomista kustannuseristä ja Suomessa kunnossapito on merkittävä liiketoiminta ja työllistäjä. Käytössä tuotanto-omaisuus kuluu ja rikkoontuu. Tuotanto-omaisuuden hoitamisella pyritään pitämään koneiden ja laitteiden kunto hyvänä ja uuden veroisena. Perinteisesti yritykset ovat huoltaneet valmistusprosessia käytännössä ainoastaan korjaavalla kunnossapidolla, joka on tarkoitettu kunnossapito-osaston tehtäviksi. Kuitenkin nykyaikana on mielletty, että kunnossapito ei ole ainoastaan korjaamista vaan myös vikojen hallintaa ja ehkäisyä, näin myös kunnossapitotehtävät on laajentunut kunnossapitäjien lisäksi myös koneiden käyttäjien tehtäviksi. Näin ollen toimintakunnon ylläpitämiseen kuuluu korjaavan kunnossapidon lisäksi paljon ennakoitavia toimintoja, kuten esimerkiksi kunnonvalvontaa, oikeanlainen päivittäinen käyttö ja säännöllinen huolto. Näitä kunnossapidon toimintoja voidaan suunnitella ja aikatauluttaa etukäteen, tällä ehkäistään rikkoontumisia ja säästetään aikaa sekä resursseja. (Järviö & Lehtiö 2012, 14-16.) Kunnonvalvonnasta keskusteltaessa tarkoitetaan monesti vain laitteen ja/tai prosessin toimintakyvyn ja

parametrien valvomista ja näiden tulosten analysoimista, mutta on hyvä huomioida, että kunnonvalvontaan kuuluu myös paljon muita toimia. Kunnonvalvonnan yksi tärkeimpiä tehtäviä on havainnoida ja kehittää toimenpiteitä, joilla laitteen ja/tai prosessin suorituskykyä voitaisiin nostaa suunnitellusta ennestään. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 26.)

Kunnossapitoalalla toimii nykyaikana suuri määrä erikoispalveluja tarjoavia yrityksiä, kuten esimerkiksi mittaus-, konsultointi-, ongelmanratkaisu- ja kunnonvalvontapalveluita. Näitä palveluita tarjoavat yritykset eivät yleensä tee varsinaista jatkuvaa kunnonvalvontaa, vaan palvelut usein liittyvät erikoistilanteisiin, kuten ongelmanratkaisuihin ja investoinnin yhteydessä tehtäviin muutoksiin. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 36.)

Viime vuosikymmenet ovat olleet merkittäviä kunnossapidon rintamalla. Suurta kehitystä on tapahtunut terminologian luomisessa ja käsitteiden yhtenäistämisessä. Suurimpina kehityssysäyksinä ovat olleen muun muassa laatuohjelmat, esimerkiksi ISO9000, ISO14000, Suomen lautupalkinto ja Euroopan lautupalkinto-ohjelmat. Myös TPM (total productive maintenance), RCM (reliability centered maintenance) ja asset management (tuotantovälineiden hallinta) ovat muuttaneet kunnossapitotoimintaa ja kunnossapitoon liittyvää tekemistä. Myös kunnossapidon perusstandardit, esimerkiksi SFS-EN 13306, pohjautuvat Euroopassa yleisesti käytettäviin käsitteisiin. (Järviö & Lehtiö 2012, 28.)

3.2 Kunnossapidon sukupolvet

Kunnossapito on ollut läsnä niin kauan, kun ihminen on koneita rakentanut ja käyttänyt. Alun perin kunnossapito on ollut reagoivaa, eli vikojen korjaamista. Koneellistuvan yhteiskunnan myötä on alettu huolehtimaan tuotannon koneistojen tehokkuudesta ja käyntivarmuudesta, jolloin kunnossapidon on pitänyt kehittyä ja alkaa muodostaa korjaavan kunnossapidon lisäksi myös ennakkoivaa kunnossapitoa. (Järviö & Lehtiö 2012, 21.)



Kuvio 4. Kunnossapidon sukupolvet (Sutterlin 2022; Pixabay 2016; Pixabay 2012.)

Kunnossapito voidaan jakaa karkeasti neljään eri sukupolveen. Kuviossa 4 on selkeytetty aikajana muodossa kunnossapidon sukupolvien kehittyminen. Ensimmäiselle sukupolvelle oli luonteenomaista reagoiva kunnossapito, joka tarkoittaa vikojen korjaamista ja huoltamista vasta niiden ilmentymisen jälkeen. Tämä näkyi myös koneiden yksinkertaisuudessa, ne vikaantuivat helpommin, mutta ne olivat myös helpommin korjattavia. Tällöin myös kunnossapitäjät olivat lähes aina yrityksen omaa henkilöstöä ja korjaavaa henkilökuntaa oli helpommin saatavilla, koska laitteistoihin perehtymiseen ei tarvinnut erikoisosaamista. Ensimmäisessä sukupolvessa ennakoiva kunnossapito koostui lähinnä laitteistojen puhtaanapidosta ja voitelusta. (Järviö & Lehtiö 2012, 21-26.) Ensimmäisen sukupolven aikaan laitevalmistajien rooli oli ainoastaan suunnitella ja valmistaa koneet ja laitteet asiakkaiden vaatimusten mukaan. Prosessi- ja laitekokonaisuudet suunniteltiin pelkästään tuotantolaitoksissa ja näiden osaksi tilattiin koneet ja komponentit tietyillä ominaisuuksilla. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 34.)

Kunnossapidon toinen sukupolvi sai alkunsa toisen maailmansodan aikaan ja jatkui aina seitsemänkymmentä luvulle saakka. Tuotantomäärien lisääntyessä koneisiin lisättiin jonkin verran automaatiota ja tuotantomääriä kasvatettiin yhdistämällä tuotannon koneita pidemmiksi ketjuiksi. Tällöin myös otettiin koneiden käyttäjiksi kokemattomia kotirintamalaisia. Ketjureaktiona myös vikaantumiset luonnollisesti lisääntyivät ja vioista johtuvat viivästyksen tulivat kalliimmiksi. Tästä tu-

loksena syntyi ehkäisevä kunnossapito, joka aluksi oli lähinnä koneiden jaksotettua huoltoa eli huollot tehtiin ennalta määrättyinä aikoina. Kunnossapitoa alettiin myös suunnittelemaan ja johtamaan, jotta resurssien käyttökustannukset pysyisivät hallittuna ja pyrittiin lisäämään koneiden käytävyyttä. (Järviö & Lehtiö 2012, 21-26.) Tällöin myös laitevalmistajien rooliin tuli merkittäviä muutoksia. Ne alkoivat hiljattain osallistua myös prosessin suunnitteluun, jotta laitteiden tehokkuutta pystyttäisiin täsmentämään juuri kyseessä olevalle prosessille. Laitevalmistajien vastuu myös hieman kasvoi, koska laitteelle luvattiin tietty kapasiteettien toimintojen lisäksi. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 34.)

Kolmas sukupolvi käynnistyi 1970-luvulla, kun avaruusprojektien innovaatiota alettiin ottamaan käyttöön teollisuudessa. Kolmannella sukupolvella kunnonvalvonta ja asiantuntijuus lähti nousuun, jolloin myös koneiden ja laitteiden erikoisosaamiseen alettiin kouluttaa henkilöitä. Kunnossapito ja huollettavuus alettiin huomioimaan paremmin jo konetta suunnitellessa ja asentaessa. Tehokkuuden ja luotettavuuden merkitys kasvoi, kun mekanismien ja automaation määrä kasvoi ja liiketoiminnasta tuli entistä enemmän riippuvainen koneiden luotettavuudesta. Kolmannen sukupolven aikaan myös kilpailutus muuttui maailman laajuiseksi, eikä paikallisuuden merkitys ollut enää ensisijaisena kilpailutekijänä. Tästä syystä alettiin kiinnittämään enemmän huomiota valmistettavien tuotteiden laatuun, hintaan ja toimitusvarmuuteen. Tuotantolaitokseen kiinnitettiin enemmän pääomaa ja välivarastointi alkoi käydä kalliiksi. Tästä syystä ennakoivan kunnossapidon tärkeys kasvoi, jotta laitteet pysyisivät toimintakunnossa ja tuotteet voitaisiin valmistaa suoraan vientiin ilman puskurivarastoja. (Järviö & Lehtiö 2012, 21-26.) Kolmannen sukupolven aikaan laitevalmistajat alkoivat ottamaan entistä enemmän vastuuta laitoksen rakentamisvaiheessa. Laitteen huollettavuutta täytyi miettiä jo suunnittelu vaiheessa, jolloin valmistajan oli järkevintä olla mukana jo itse prosessin suunnittelussa. Uusiksi asiakaslupauksiksi syntyi tällöin toimitus- ja käynnistysajat. Laitevalmistajat alkoivat myös tarjoamaan erikoiskunnossapitopalveluita, esimerkiksi seisokkihuoltoja ja laitteen päivitykseen vaadittavaa erikoisosaamista. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 34.)

Neljäs sukupolvi käynnistyi 1990-luvun aikana, kun mikroelektroniikka ja IT-tekniologia teki läpimurtoa. Neljännen sukupolven valmistusprosessien automaation kasvu nosti laitteiden hintoja niin korkealle, ettei rikkoontumiseen ja tuotannon

pysäytykseen ollut enää varaa. Kunnossapito- ja korjauskustannukset tulevat huomattavasti edullisemmaksi. Uuden teknologian myötä kunnossapitäjiltä vaaditaan yhä enemmän erikoisosaamista. Kunnossapito ei kohdistu enää pelkästään mekaaniseen laitteeseen, vaan myös ohjelmistojen ylläpitämiseen ja kehittämiseen. Uusi teknologia tuo mukanaan myös lyhenevät elinkaariajat ja jatkuvan ohjelmistokehityksen myötä alalle tarvitaan enemmän asiantuntijoita, jonka johdosta kunnossapito ja kehittäminen on siirtynyt useimmiten yrityksen ulkopuolisille toimijoille. (Järviö & Lehtiö 2012, 21-26.)

Neljäs sukupolvi on siirtynyt suurissa määrin tuotannon käynninvalvonnassa etävalvontaan, jolloin tätä hoidetaan useilla erilaisilla sensoreilla. Tämä tuo erikoisosaamisen lisäksi mukanaan tehokkuutta, ettei jatkuvaa ”turhaa” huoltoa tarvitse harjoittaa vaan kunnossapidon tarvetta pystytään seuraamaan valvontalaitteilla. Kunnossapidon tietojärjestelmät helpottavat laitteen toimintaan ja kunnossapitoon liittyvien tietomassojen hallintaa ja tiedon eteenpäin siirtämistä. Koneiden luotettavuus ei enää perustu nopeaan korjaamiseen vaan enemmän siihen, että konetta käytetään oikein ja käyttäjät osallistuvat myös luotettavan tehokkuuden vaalimiseen. Teollisessa kunnossapidossa on alettu myös priorisoimaan turvallisuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Tehokas ja luotettava kunnossapito perustuu koko ajan enemmän siihen, että laitteet pidetään moitteettomassa kunnossa, jotta dominoefektin todennäköisyyttä pienennetään, eli syntyvien vikojen aiheuttamia uusia vikoja. (Järviö & Lehtiö 2012, 21-26.)

Laitevalmistajien rooli on myös muuttunut merkittävästi neljännen kunnossapitosukupolven käynnistyttyä. Automaation ja IT-teknologian räjähdysmyötä koneet ja laitteet ovat monimutkaistuneet niin paljon, että näiden huoltoon ja yllä- sekä kunnossapitoon vaaditaan erikoisosaamista. Tämän takia laitteiden valmistajat ovat alkaneet tarjoamaan erikoishuoltojen lisäksi laitteilleen kokonaiskunnossapitopalvelua, joka merkitsee sitä, että valmistaja on vastuussa myös ennakkoivasta kunnossapidosta ja näin ollen myös laitteen käytettävyydestä ja kokonaistehokkuudesta. Tästä syystä monet laitevalmistajat ovat mahdollistaneet omien laitteidensa etävalvonnan, jotta saadaan ajantasaista tietoa laitteen kunnosta ja toiminnasta sekä prosessiolosuhteista. Tämä on ennakkoivan kunnossapidon lisäksi tärkeää tietoa myös tuotekehityksen kannalta. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 34-35.)

3.3 Standardien määritelmiä

Kunnossapidosta löytyy useita määritelmiä eri standardeista, sekä kunnossapidon teoksista. Suomessa näistä yleisimmin on käytössä SFS-EN 13360 ja PSK 6201. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 26.)

Euroopassa yleisesti käytössä oleva standardi SFS-EN 13360 määrittelee kunnossapidon yleisellä tasolla seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon” (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 26). Kuntoon perustuvan kunnossapidon (Condition Based Maintenance, CBM) SFS-EN 13306 määrittelee: ”Preventive maintenance based on performance and/or parameter monitoring and the subsequent actions” (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 100). Karkeasti suomennettuna tämä siis tarkoittaa, että kuntoon perustuva kunnossapito on kohteen suorituskyvyn ja parametrien seuraamista ja sen mukaisesti toimimista. Standardissa on myös maininta, että seuranta voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai vain tarvittaessa tehtyä. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 100.)

Toinen paljon käytössä oleva standardi PSK 6201 määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana” (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 36). Tämä sama määritelmä on käytössä myös standardilla PSK 7501.

Usein termistä Predictive Maintenance käytetään suomen kielessä termiä kunnonvalvonta, vaikka suoraan käännettynä tämä tarkoittaakin ennakoivaa kunnossapitoa. PSK 6201 määrittelee kuntoon perustuvan kunnossapidon/kunnonvalvonnan näin: ”Kunnonvalvonnalla määritellään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen mahdollisen vikaantumis-, huolto-, ja korjausajankohdan määrittämiseksi. Kunnonvalvonnan toimenpiteitä ovat aistein sekä mittalaittein tapahtuvat tarkastukset ja valvonta sekä mittaustulosten analysointi.

Kunnonvalvonta tuottaa lähtötietoja ehkäisevän kunnossapidon ja korjauksen suunnitteluun”. (Kunnossapitoyhdistys Promaint ym. 2009, 101.)

SFS-EN 13306 jakaa kunnossapitotoimet vian havaitsemisen mukaan, korjataan ja ehkäisevään. Ehkäiseväksi kunnossapidoksi lasketaan kaikki ne toimet, jotka suoritetaan ennen kuin laite pysähtyy vian takia. (Järviö & Lehtiö 2012, 46.) PSK 6201 taas jakaa kunnossapidon lajit suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Nimensä mukaisesti toimet lajitellaan sen mukaan ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriön. (Järviö & Lehtiö 2012, 46-47.)

3.3.1 Kunnossapidon käsitteitä standardeissa

Keskeisimpiä kunnossapidon terminologiaa käsitteleviä standardeja ovat:

- SFS-EN 13306:2017 Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia (SFS-EN 13306 2017)
- SFS-EN 15341:2019 + A1:2022:en Maintenance. Maintenance Key Performance Indicators (SFS-EN 15341:2019 + A1 2022)
- SFS-EN 17007:2017:en Maintenance process and associated indicators (SFS-EN 17007 2017)
- SFS-EN 16646:en Maintenance. Maintenance within physical asset management (SFS-EN 16646 2015)
- SFS-ISO 2041:2019:en Mechanical vibration, shock and condition monitoring-Vocabulary (SFS-ISO 2041 2019)
- SFS-ISO 13372 Koneiden kunnonvalvonta ja diagnostiikka (SFS-ISO 13372 2013)
- PSK 6201 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- PSK 6202 Prosessiteollisuuden kuntokartoitus (Järviö & Lehtiö 2012, 38)

- PSK 6501 Teollisuuden tavaroiden nimikeohjeet (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- PSK 7201 Teollisuuden koneistot. Vaihteiden ja tuotantokoneiden sekä niiden voiteluaineiden puhtaus. (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- PSK 7202 Teollisuuden voiteluaineet. Ryhmittely, käyttö ja ominaisuudet. (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- PSK 7501 Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- PSK 7502 Logistiikan tunnusluvut. Materiaalitoiminnot (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- PSK 7901 Teollisuuden kunnossapito. Palvelusopimus (Järviö & Lehtiö 2012, 38)
- IEC 60050-192:2015 Kansainvälinen sähkötekniikan sanasto (IEV) - Osa 192: Luotettavuus (IEC 60050-192:2015)

3.4 Kunnossapidon tietojärjestelmät

Nykyaikana tuotantolaitoksissa ja niiden kunnossapidossa on käytössä monenlaisia tietojärjestelmiä. Tietojärjestelmät ovat kunnossapidossa työkaluja halutun toiminnan saavuttamiseksi. Toisin kuin suomen kielessä, englanninkielisessä kirjallisuudessa käytetään kunnossapidon tietojärjestelmästä erilaisia nimityksiä, joilla on hieman erilaiset merkitykset, CMMS - Computerized Maintenance Management System, EAMS – Enterprise Asset Management, MIS – Management Information System. (Kunnossapitoyhdistys & Järviö 2007, 219.)

Kunnossapidon tietojärjestelmistä osa on täysin itsenäisiä kunnossapito-organisaation tietojärjestelmiä ja osa taas on integroitu suurempaan järjestelmäkokonaisuuteen. Tietojärjestelmät voidaan jaotella usealla eri perusteella, yleisimpinä esimerkkeinä integroitu järjestelmä/erillisjärjestelmä tai pakettiohjelma/räätälöity ohjelma. Integroidulla järjestelmällä tarkoitetaan sitä, että kunnossapidon tietojärjestelmä on yhdistetty suurempaan kokonaisuuteen ja erillisellä järjestelmällä tar-

koitetaan yksittäistä kunnossapidon tietojärjestelmää, jota ei käytetä muihin toimintoihin. Pakettiohjelmalla tarkoitetaan ohjelmakokonaisuutta, joka toimitetaan yritykselle semmoisenaan ja räätälöidyllä nimensä mukaisesti sitä, että kunnossapitojärjestelmä räätälöidään palvelemaan juuri kyseisen yrityksen tarpeita. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 219-220.) Kunnossapidon tietojärjestelmät sisältävät muun muassa laitepaikkojen ja laitteiden perustiedot, materiaalien, resurssien ja dokumenttien hallinnan, vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmän, työmääräinjärjestelmän, ennakkohuoltojärjestelmän, ostotilausjärjestelmän, yhteystietorekisterin ja työtuntien kirjauksen palkkalaskentaan. (Kunnossapitoyhdistys & Järviö 2007, 220-221.)

Kunnossapidon tietojärjestelmän rungon muodostavat laite- ja laitepaikkarekisterit. Tuotantolaitoksissa yksilöidään laitteet ja/tai laitepaikat niiden tunnistamista ja löytämistä helpottamaan. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa yleisesti yksilöidään laitteiden lisäksi kaikki laitepaikat, koska näissä yleensä on toiminnassa yksi pääprosessi, joka pysyy muuttumattomana. Tällöin laitteiden prosessipaikat pysyvät täysin samoina, vaikka näitä rikkoontuisi ja jouduttaisiin vaihtamaan uusiin. Prosessipaikkojen yksilöiminen helpottaa myös kustannuksien seurantaa prosessissa. Konepajateollisuudessa tuotteet yleensä valmistetaan vaihtuvan tuotantosuunnitelman mukaan, jolloin täällä ei ole pysyvää prosessia. Tässä tilanteessa prosessipaikkojen merkitseminen olisi täysin turhaa. Konekanta näissä kuitenkin pysyy samana, jolloin koneet yksilöidään yksilönumeroin. (Kunnossapitoyhdistys & Järviö 2007, 222-223.)

Laitepaikkakortin löytämistä helpottamaan on kehitetty laitehierarkia. Laitehierarkian tarkoituksena on rakentaa laitepaikoista looginen järjestys, jonka avulla laitepaikkakortin löytää ilman laitteen yksilöityä koodia. Hierarkiaa käytetään myös apuna prosessin kustannuksia seurattaessa. Sen avulla tiedetään, mitkä kaikki laitepaikat kuuluvat samaan kokonaisuuteen ja tätä kautta samaan kustannuspaikkaan. Perusideana tässä on siis koota laitepaikkoja ryhmiin prosessin, tuotannon tai sijainnin mukaan ja nämä ryhmän kootaan yhteen, kunnes löytyy kaikkia yhdistävä laitepaikkakortti. (Kunnossapitoyhdistys & Järviö 2007, 224.)

Vanhoissa kunnossapidon tietojärjestelmissä hierarkia rakennettiin aina laitepaikkakoodiin, esimerkiksi voimalaitoksissa on yleisesti käytössä saksalainen

KSS-koodaus. Tällaisen koodauksen tarpeellisuus näkyy esimerkiksi siinä, kun vanhoissa järjestelmissä ei pystytty käyttämään hakuavaimena muuta kuin laitepaikkakoodia. Nykyaikaisemmissa järjestelmissä laitepaikkakoodi ja hierarkia ei ole ohjelmallisesti yhteydessä. Tämä on mahdollistanut myös ei-hierarkkisen laitepaikkakoodauksen. (Kunnossapitoyhdistys & Järviö 2007, 224.)

Tietojärjestelmien käyttö on siirtynyt monelta osin myös kunnossapidossa mobiilikäyttöön. Mobiilijärjestelmän käyttö mahdollistaa muun muassa tehdyn työn raportoinnin, tuntikirjaukset, laitetietojen päivitykset ja ostotoimet reaaliaikaisesti muun työskentelyn ohessa. Asentajat saavat ajantasaista tietoa esimerkiksi varastosaldosta ja laitedokumenteista suoraan sinne missä kunnossapitotyö tehdään. Tämä parantaa järjestelmän sisältävän tiedon laatua ja mahdollistaa reaaliaikaisen tiedon saannin myös etäällä sijaitsevaan työkohteeseen. Työnjohdon näkökannalta mobiilikäyttö mahdollistaa ajantasaisen tiedon saannin meneillään olevista töistä ja helpottaa esimerkiksi töiden uudelleenjärjestämistä kesken päivän. Monet vanhat kiinteään verkkoon tarkoitetut kunnossapitojärjestelmät eivät tue sellaisenaan mobiilikäyttöä, jolloin mobiilipäätteet yhdistetään tietojärjestelmään sovelluksen avulla. (Kunnossapitoyhdistys & Järviö 2007, 224.)

4 PROSESSIPUMPUT

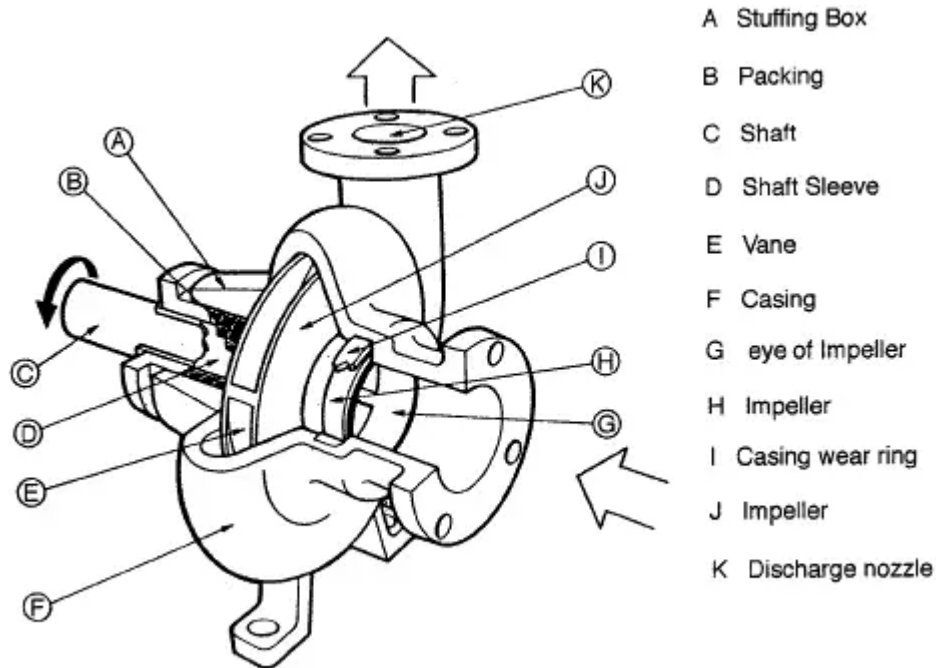
4.1 Prosessipumppujen tarkoitus

Pumppuja käytetään nesteiden siirtoon paikasta toiseen. Pumpulla voidaan nopeuttaa nesteiden siirtoa tasaisella alustalla tai saada neste virtaamaan, ylöspäin suuntaavassa putkistossa. Pumppuja voidaan käyttää esimerkiksi vedenottoissa, höyryvoimaloissa, lämmitysverkoissa ja teollisissa laitoksissa, veden ja lietteiden siirtoon jne. Prosessipumput voivat olla jatkuvatoimisia tai jaksotettuja. Yleisimmin prosesseissa on käytössä keskipakopumppuja, jotka ovat jatkuvatoimisia. (Wiksten 2009, 177-178.)

Teollisuudesta löytyy paljon erilaisia pumpputyyppejä ja saman tyypin eri rakenteita. Kaikilla näillä on omat käyttötarkoituksensa ja soveltuvuusalueensa. Pumpputyyppejen jaotteluun ei ole mitään vakinaistettua tapaa. Yleisesti pumput jaetaan eri ryhmiin pumppausmenetelmän tai käyttötehtävän perusteella. Pumppua valittaessa täytyy ensimmäisenä miettiä sen käyttötarkoitusta ja pumpattavan nesteen ominaisuuksia. Suurimpina vaikuttavina tekijöinä on pumpattavan nesteen määrä, viskositeetti ja lämpötila. Myös pumpun sijainti ja siihen vaikuttavat ulkoiset tekijät vaikeuttavat pumpun valintaa. (Jokilaakso 1987, 51-53.)

4.2 Keskipakopumput

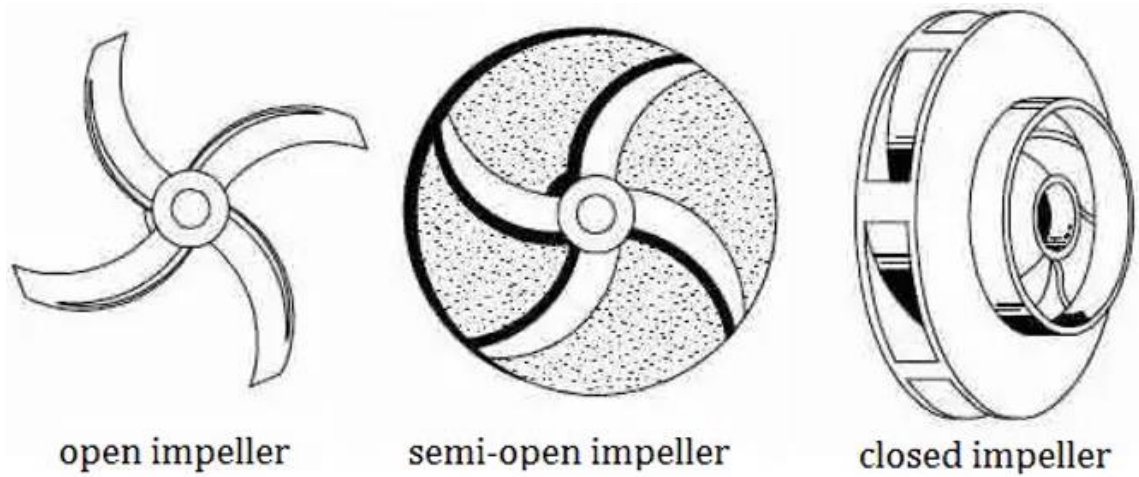
Tavanomaisimmin käytössä oleva pumpputyyppi on keskipakopumppu, koska näitä on saatavilla todella laajalla kapasiteettialueella ja ne soveltuvan moneen eri käyttötarkoitukseen. Keskipakopumpun etuja on lisäksi yksinkertaisuus, tasainen virtaus, pienet ylläpitokustannukset ja edullinen hankintahinta. Kaikkeen keskipakopumppukaan ei tietenkään sovi, esimerkiksi annostelutehtäviin sopivin valinta on pakkosyöttöpumppu. Keskipakopumpuissa pumpun kammio (kuviossa 5, F casing), jossa pumpattava neste liikkuu, on yhtenäinen ja neste pääsee melko vapaasti siellä liikkumaan. Toisin kuin pakkosyöttöpumpuissa kammion imu- ja menopuoli on erotettu toisistaan tiivistämällä, jotta pumpattavaa nestettä pääsee vain haluttu määrä eteenpäin. (Jokilaakso 1987, 51-53, Sullivan 1989, 122-124.)



Kuvio 5. Keskipakopumpun rakenne (Nuclear power 2023.)

Keskipakopumpuissa toiminta perustuu juoksupyörän muodostamaan keskipakovoimaan. Keskipakopumput voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, aksiaalisiin pumppuihin ja radiaalisiin (kuvio 5) pumppuihin. Tyypillisesti aksiaalisissa pumppuissa neste virtaa juoksupyörän läpi suorassa linjassa, eikä näissä pumppuissa ole erikseen kammiota. Radiaalisessa keskipakopumpussa neste syötetään pumpun imuaukkoon, joka tyypillisesti sijaitsee juoksupyörän keskellä, kuten kuviossa 5 nuolen osoittamaan suuntaan (G eye of impeller). Juoksupyörän muodostaman suuren keskipakovoiman vaikutuksesta neste suuntaa säteensuuntaisesti ylöspäin, saavuttaen suuren kineettisen energian ja saaden aikaan paine-eron pumpun imu- ja painepuolien välille. Yksinkertaistakin keskipakopumpun käyttötarkoitusta voidaan säätää vaihtamalla siipipyörä toisenlaiseen. Siipipyörän muotoa, kokoa ja pyörimisnopeutta muuttamalla saadaan erilaisia mahdollisuuksia paineen säätöön ja virtausmäärään. Esimerkiksi kiinteitä aineita sisältävien nesteiden pumppaukseen on kehitetty siipipyöriä, jotka eivät tukkeennu yhtä helposti, kuten veden pumppaukseen käytettävät pyörät. Puhtaan veden ja muun nesteen pumppaukseen käytetään yleisesti suljettuja siipipyöriä näiden tehokkuuden takia, mutta paksuun lietteeseen tai kiinteille aineille voidaan

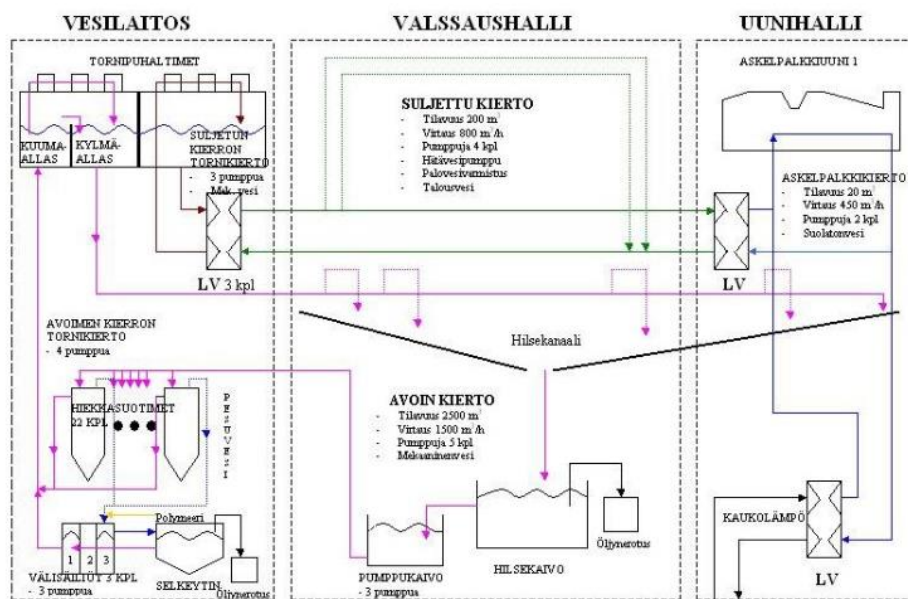
käyttää avoimia ja puoliavoimia siipipyöriä. Kuviossa 6 on esitetty avoin, puoliavoin ja suljettu juoksupyörä. (Jokilaakso 1987, 52-53, Sullivan 1989, 122-124.)



Kuvio 6. Keskipakopumpun juoksupyöriä (Nuclear power 2023.)

5 VEDENKÄSITTELYLAITOS 2

Kuumavalssaamon toinen vesilaitos valmistui 2005 steckel-projektin yhteydessä, vastaamaan kasvaneen vedenkulutuksen tarpeita. Vesilaitoksen tehtävä on puhdistaa, jäähdyttää ja jakaa vedet kuumavalssaamon prosessiin. Linjalla vesi jäähdyttää valssaimia ja rullarataa sekä puhdistaa valssattavasta teräksestä irtoavaa hilsettä ja prosessilinjalta sinne kuulumatonta likaa. Kuviossa 7 on esitelty vesilaitosprosessin toimintaa.



Kuvio 7. Vesilaitosprosessi (Outokumpu 2023d.)

5.1 Avoin kierto

Avoin kierto lähtee kylmäaltaasta, josta vesi pumpataan matala- ja korkeapaine-pumpuilla valssaamolle, omia putkistojaan pitkiin. Valssaamolta avoimen kierron vesi palautetaan, nauhakelaimen jäähdytysvesialtaan ja nauhavalssaimen hilsevesialtaan pumpuilla paluulinjaa pitkin takaisin vesilaitokselle. (Vaasa Engineering 2004.)

Ennen kuin vesi pumpataan takaisin kiertoon, se käy usean puhdistusprosessin. Paluulinjasta vesi menee hiekkasuotimille, jossa se suodatetaan hiekan läpi ja

siitä otetaan vettä talteen hiekan puhdistusta varten. Suotimilta vesi johdetaan selkeyttimelle ja hiekan puhdistukseen käytetty vesi menee välisäiliöön. Välisäiliössä sekä selkeyttimessä on omat öljynkerääjät, jotta vedestä saataisiin mahdollisimman öljytöntä uudelleen käyttöön. Selkeyttimellä öljyinen vesi johdetaan öljykonttiin ja kiinteä jäte valuu selkeyttimen pohjalle. Puhdas vesi valuu selkeyttimeltä takaisin suotimille. Suotimilta puhdas vesi menee avoimen kierron kuuma-vesialtaaseen, josta se pumpataan jäähdytystornien kautta takaisin kylmäaltaaseen. (Vaasa Engineering 2004.)

5.2 Suljettu kierto

Suljettu kierto muodostuu käytännössä kahdesta pumpusta, sivuvirtasuodattimesta, valssaamolle lähtevästä ja palaavasta linjasta sekä kolmesta lämmönvaihtimesta. (Vaasa Engineering 2004.)

Suljettu kierto jäähdytetään lämmönvaihtimissa erillisellä jäähdytysvedellä. Jäähdytysvesi on omassaan jäähdytysvesialtaassa, josta se pumpataan lämmönvaihtimille jäähdyttämään suljettua kiertoa. Tämän jälkeen kuuma jäähdytysvesi jäähdytetään jäähdytystorneilla. Jäähdytysvesi käytetään suotimien kautta, jotta se pysyisi suhteellisen puhtaana, eikä tukkisi putkia ja pumppuja. (Vaasa Engineering 2004.)

6 PUMPPUJEN HUOLTO

6.1 Vian tunnistus

Yleisesti pumppuvalmistajien huolto-ohjeissa löytyy listaukset todennäköisimmistä vioista ja niiden aiheuttajista. Pumpun tilauksen yhteydessä valmistajat toimittavat asennus ja huolto-ohjeet, joista nämä löytyvät. Yleisimpänä vikana näissä mainitaan pumpun vajavainen tuotto tai nesteen virtaus, pumpun kova tä-
rinä ja meteli sekä laakerien ylikuumeneminen. Taulukossa 1 on listattuna yleisimmät viat ja aiheuttajat. (ABS 2006, Sulzer 2017, Grundfos 2003.)

Taulukko 1. Prosessipumppujen yleisimpiä vikoja ja syitä (mukaillen Grundfos 2003; ABS 2006; Sulzer 2017.)

VIKA:	TODENNÄKÖISIÄ SYITÄ:
Pumpun vajaa tuotto/nostokorkeus.	Väärä pyörimissuunta
	Imuputkisto, imuventtiili tai juoksupyörä ovat tukossa.
	Tuloputkessa tai pumpussa ilmaa.
	Liian pieni pyörimisnopeus
	Painetta kantavat osat ovat kuluneet/vaurioituneet/tukossa.
	Putkiston virtausvastus on suurempi kuin pumpun antama nostokorkeus.
Pumppu käy liian äänekkäästi tai epätasaisesti ja tärisee.	Tulopaineen ja höyrynpaineen ero on liian pieni (kavitointi).
	Pumppuun kohdistuu rasituksia (putkistoa ei ole tuettu riittävästi).
	Pumppu ja/tai moottori on suunnattu väärin
	Pumppuyksikkö on huonosti kiinnitetty tai pumpun perustus ei ole riittävän tukeva.
	Vialliset laakerit, juoksupyörä tai akseli.
	Pumpussa vierasesineitä.
	Tuloputkessa tai pumpussa ilmaa.
Laakerit kuluvat liian nopeaa tai kuumenevat.	Vääränlainen voitelu.
	Pumppu ja/tai moottori on linjattu väärin.
	Vääränlainen voitelu.
	Taipunut tai epäkeskinen akseli.
	Juoksupyörä on vaurioitunut tai epätasapainossa.
	Moottori ylikuormittunut tai moottorinsuoja on väärä.
Pumpun tai moottorin lämpötila liian korkea.	Pumppu ja/tai moottori on suunnattu väärin.
	Vääränlainen voitelu.
	tuloputkessa tai pumpussa on ilmaa.
	Tulopaineen ja höyrynpaineen ero on liian pieni.
	Pyörivät osat hankaavat pumppua.
Vuoto pumpussa: liitoksissa, akseli- tiivisteissä, tai punostivisteissä.	Pumppu on jännityksessä (syntyy epätiivieyksiä pumppuun tai liitoksiin).
	Pumpun pesän tiivisteet ja/tai liitosten tiivisteet viallisia.
	Mekaaninen akseli- tiiviste likaantunut tai liimaantunut kiinni.
	Sulkunestepaine liian matala/korkea.
	Pumppu käynyt kuivana.
	Epäpuhtaudet tukkineet tiivisteet.

6.2 Ennakkohuollot

Jokaiselle pumpulle on hieman omanlaisensa huoltotavat, mutta lähtökohdat kaikissa lähes samat. Pumppujen toiminnan varmistamiseksi on hyvä seurata valmistajan laatimia ennakkohuolto-ohjeita. Ennakoivalla huollolla pidetään pumput toimintavarmoina ja ehkäistään turhia rikkoontumisia, säästään aikaa sekä rahaa. Prosessiteollisuudessa seisakit ovat monesti suuria kulueriä ja rikkoontumisista johtuva turha prosessin seisottaminen saattaa maksaa yritykselle jopa enemmän kuin uuden pumpun ostaminen. Yleisesti ennakkohuoltoihin kuuluu rasvaukset, puhtaanapito sekä laitteen kunnon ja toiminnan tarkkailu.

6.2.1 ABS:n asennus- ja huolto-ohje

ABS pumppujen asennus- ja huolto-ohjeessa suositellaan käytönaikaista ennakkohuoltoa laakereille, akselin tiivisteille ja nesteen virtauksille. Reunavoideltavat laakerit tulisi voidella kahdesti vuodessa, jos niitä käytetään kuivassa ja suhteellisen pölyttömässä tilassa. Likaisemmissa ja kosteammissa tiloissa ne tulisi voidella kerran kuukaudessa. Rasvan määrä vaihtelee laakerimallin mukaan 8–120 g/voitelukerta. ABS:n huolto-ohjeesta löytyy rasvan määrälle tarkka taulukko ja listaus sopivista rasvoista. Myös öljyvoideltujen laakerien öljyt tulisi vaihtaa kahdesti vuodessa ohjeen mukaan. Tässä öljyn määrä vaihtelee 0,25–2,8 l laakerista riippuen. Tällekin löytyy listaus huolto-ohjeesta. (ABS 2006.)

Pumpun akselin punostiivistettä tulisi ABS:n ohjeen mukaan tarkastella noin kolme kertaa viikossa. Punostiivisteiden tulisi vuotaa 10–15 tippaa minuutissa ylikuumentamisen ehkäisemiseksi. Jos vuoto on tätä voimakkaampi, voi sitä ehkäistä kiristämällä hieman tiivisteholkin kannen muttereita. Jos tämä keino ei tehoa, on tiiviste käynyt tehottomaksi ja vaatii uusimisen. Liukurengastiivisteiden tulee olla normaalisti vuotamaton, kuitenkin se saattaa päästää läpi muutamia tippoja nestettä. Voimakkaamman vuodon ilmestyttyä on liukurengastiiviste heti vaihdettava. Ohjeen mukaan dynaamiset tiivisteet tulisi olla täysin vuotamattomia. Jos nämä kuitenkin vuotavat on syynä yleensä liian suuri tulopaine tai kulu-

neet tiivisteet. Pumpun ollessa pysähdyksissä pidemmän aikaa tulee ohjeen mukaan dynaamiset tiivisteet huuhdella ennen käynnistystä ja pumppua tulee pyöritellä välillä, ettei laakerit ja muut liikkuvat osat juuttuisi kiinni. Huolto-ohje myös kehottaa tarkastelemaan nesteiden virtauksia säännöllisesti. (ABS 2006.)

6.2.2 Sulzerin asennus- ja huolto-ohje

Sulzer määrittelee pumpuille ennakkoiviksi huoltotoiksi laakereiden voitelut, lämpötilan, äänien ja värähtelyn tarkkailun, korroosion- ja kulumistarkastukset, akselitiivisteiden tarkkailun, säännöllisen pumpun pesun, mahdollisten vuotojen etsinnän sekä paineen, kapasiteetin ja tehotarpeen tarkkailun. Myös kolmen kuukauden välein tulisi tehdä kiinnitysvälineiden ja -ruuvien tarkastukset. (Sulzer 2017.)

Sulzer on määritellyt Ahlstar-prosessipumpuille tehdyssä käyttöohjeessaan rasvavoidelluiden laakerien jälkivoitelut pyörimisnopeuden ja pyörimisajan mukaan. Voiteluväli on sopiva, kun pintalämpötila pysyy alle 55 asteen. Tästä 15 asteen nousuissa tulee voiteluväli puolittaa. Öljyvoidelluiden laakerien öljyt tulisi ohjeen mukaan vaihtaa 0,5–1 vuoden välein, riippuen laakeripesän pintalämpötilasta. Sulzerin ohjeiden mukaisesti pumpuissa tulisi säännöllisesti tarkkailla lämpötiloja spiraali- ja laakeripesästä, akselitiivisteestä, pesästä sekä moottorista. Lämpötilamuutoksiin tulisi puuttua välittömästi, jotta suuremmilta vahingoilta välttyttäisiin. (Sulzer 2017.)

Sulzerin ohjeiden mukaan pumpun punostiivisteeseen tulisi vuotaa 30–80 tippaa minuutissa. Tätä pystytään säätämään tiivisteholkin kiristyksellä. Kiristyksestä huolimatta, jos tiiviste vuotaa voimakkaasti, tulee se vaihtaa uuteen. Liukurengastiivistyksen ja dynaamisten tiivisteiden ei tulisi vuotaa. Jos liukurengastiiviste tai dynaamiset tiivisteet vuotaa, on ne vaihdettava uuteen. Liukurengastiivistyksen käyttökään vaikuttaa pumpattavan nesteen puhtaus ja voiteluominaisuudet. Tiivisteen huuhtelu ja jäähdytys tulee toimia asianmukaisesti. Sulzerin ohjeistuksen mukaisesti laakerit tulee aina purkaessa vaihtaa, vaikka näissä ei olisi näkyviä vikoja. (Sulzer 2017.)

6.2.3 Grundfosin asennus- ja huolto-ohje

Grundfosin NK ja NKG pumppumalleille tarkoitetussa huolto- ja asennusohjeessa huolto-ohjeistus on melko suppea. Ohjeen mukaan ennen käynnistystä pumppu tulee täyttää vedellä sekä ilmata ja punostiivisteellisten pumppujen tiivistekannen asennus on tarkastettava. Jos pumppuakseli ei pyöri käsin, tulee punostiiviste löysätä tai purkaa. Käyttöönotossa myös tiivistekansi tulee jättää tarpeeksi väljäksi, jotta nestettä pääsee riittävästi voitelemaan akselia ja punostiivistettä. Tiivistepesän ja tiivistekannen saavuttaessa lähes saman lämpötilan kuin pumppu, on tiivisteiden käyttöönotto suoritettu. Tämän jälkeen tiivistettä voi tarvittaessa kiristää, mutta kuitenkin niin, että se vuotaa koko ajan vähän. Punostiiviste tulee vaihtaa, jos se vuotaa liikaa eikä siinä ole enää kiristysvaraa. (Grundfos 2003.)

Mekaaniset akselitiivisteet ovat Grundfosin ohjeen mukaan lähes huoltovapaita ja näiden tulee toimia vuotamatta. Jos tiivisteet alkavat epätavallisesti vuotamaan on nämä välittömästi tarkastettava ja tarvittaessa vaihdettava uusiin. Mekaaniset akselitiivisteet ovat kolahdusherkkiä ja niitä tulee käsitellä varoen. (Grundfos 2003.)

Pumpuissa on joko huoltovapaat kestovoidellut laakerit ja niissä pumpuissa ei ole rasvanippoja ollenkaan tai rasvattavat laakerit, jotka tulee rasvata säännöllisesti. Rasvattavat laakerit tulee rasvata vähintään 3500 käyttötunnin välein 30–41 grammalla rasvaa. Sopivien rasvojen ominaisuudet Grundfos on luettellonut ohjeeseensa. Pumppujen ollessa käyttämättöminä ja tyhjennettyinä tulee niitä pyöritellä säännöllisin väliajoin käsin, jotta ne eivät jumiudu kiinni. (Grundfos 2003, Grundfos 2021.)

6.3 Pumput kuumavalssaamalla

Opinnäytetyöhön kuului 4 suljetun kierron pumppua, joista 2 on tornikiertopumppua ja 2 on kiertopumppua sekä 9 avoimen kierron pumppua, joista 3 on matalapainepumppua, 3 korkeapainepumppua ja 3 kuumavesipumppua. Näissä on pääsääntöisesti käytössä Grundfosin NKG-mallin pumppuja ja Scanpump NB-

mallin pumppuja. NB-sarjan pumppuja on toimitettu vuosia myös ABS tuoteni-mellä. Vaikka pumput kuuluvatkin samaan tuotesarjaan, on niissä keskenään ko-koeroja.

NB-pumput tulee huoltaa viimeistään 50 000 käyttötunnin jälkeen, koska laakerit tulevat silloin käyttöikänsä päähän. NKG-pumput, jotka ovat kestovoideluilla laa-kereilla, tulee huoltaa viimeistään 17 500 käyttötunnin jälkeen ja rasvanipoilla va-rustetut pumput voivat kestää optimaalisissa olosuhteissa jopa 100 000 käyttö-tuntia, kunhan ne rasvataan säännöllisesti. Kummassakin pumppumallissa tiivis-teitä tulee tarkkailla ja ne tulee vaihtaa, jos normaalista poikkeavaa vuotoa ilme-nee. (Sulzer 2013, Grundfos 2021.)

Yli 11kW:n moottoreilla varustettuihin pumppuihin suositellaan käytettävän tä-rinänvaimentimia ja putkiston joustoliitoksia. Moottorin tehon ollessa 90kW tai enemmän on tärinänvaimentimet pakollisia. Tärinänvaimennukset vähentävät tä-rinän lisäksi myös pumpun käyntiääniä. Grundfosin huolto-ohjeessa mainitaan, että jos pumppu asennetaan tärinänvaimennuksella varustettuun perustukseen, tulisi pumpun laippoihin asentaa joustoliitokset. (Grundfos 2021.)

Kuumavalssaamon pumppujen huollot koostuvat tällä hetkellä jaksoittaisista ras-vauksista ja silmämääräisestä tarkastelusta, vikaantuessa ne on vaihdettu ja lä-hetetty huoltoon.

7 TOTEUTUS

7.1 Korkeapainepumpun huolto

Opinnäytetyöhön kuului tehdä vähintään yhdelle prosessipumpulle huolto, johon kuului pumpun purkaminen, kuluvien osien vaihto ja kasaus. Huolto tuli dokumentoida ja tehdä tästä kuvallinen huolto-ohje (liite 1) avustamaan tulevia asentajia huoltamaan pumput. Kuitenkin aikataulullisista syistä ja varaosien puutteesta johtuen huoltotyössä tehtiin vain purkaminen ja kasausvaihe käytiin vain suullisesti asentajan kanssa läpi. Tästä syystä huolto-ohjeesta tuli hieman vajavainen ja kasausohjeessa tuli käyttää purkuvaiheessa otettuja kuvia. Huolto-ohje on kokonaisuudessaan liitteenä 1. Korkeapainepumpun purkaminen ja kasauksen läpikäynti toteutettiin kolmen päivän aikana kuumavalssaamolla Torniossa. Kuviossa 8 näkyy huollettava korkeapainepumppu.



Kuvio 8. Korkeapainepumppu

Pumpun purkaminen aloitettiin irrottamalla siipipyörä ja kaksiosainen tiivistepaketti, sekä siipipyörän kehikko. Seuraavaksi purettiin pumppupaketin kytkimen puoli, johon kuuluu itse kytkin, suojalaippa ja jäähdyttimen siipi. Tämän jälkeen sai akselin ja laakeripaketin pumppuyksiköstä irti. Pumpun osien liikuttelussa tuli olla huolellinen ja käyttää nosturia sekä liinoja/kettinkejä tukena koko ajan, etteivät ne pääse putoamaan. Pumpun laakereiden irrotukseen käytettiin erilaisia itse tehtyjä vetimiä (Kuvio 9) ja nestekaasupoltinta.



Kuvio 9. Laakereiden ulosvedin

Kasaus aloitetaan uusien laakereiden asennuksella. Kyseiseen pumppuun kuuluu kolme viistokuulalaakeria ja yksi rullalaakeri. Laakereiden asennukseen käytetään induktiolaakerilämmitintä (Kuvio 10). Laakereiden asennuksessa tulee olla tarkkana, että laakerit menevät piirustuksessa merkityin päin akselille. Viistokuulalaakereiden kiristykseen käytetään hydraulimutteria, jotta ne saadaan tarpeeksi tiiviisti akseliin. Seuraavaksi kasataan akseli/laakeripaketti pystyasennossa asennuspukilla. Kasauksessa tulee laittaa pumppuun uudet akselitiivisteet ja o-renkaat. Tämän jälkeen kasataan akseli/laakeripaketti takaisin pumppuyksikön runkoon ja kiinnitetään siipipyörän kehikko.



Kuvio 10. Induktiolaakerilämmitin (Kraftmek Oy 2022.)

Kehikon kiinnityksen jälkeen pystyy alkaa asentamaan tiivistepakettia. Mekaaninen liukurengastiiviste tulee vaihtaa joka kerta purkamisen yhteydessä. Liukurengastiiviste muodostuu kahdesta korkeatasoisesti pintakäsitellystä renkaasta. Näistä toinen rengas pysyy paikoillaan ja toinen pyörii akselin mukana. Liukurengastiivisteiden vaihdossa tulee varoa kolahduksia, koska se on erityisen herkkä osumille ja on pienenkin kolahduksen jälkeen käyttökelvoton. Tiivistepaketin asennuksen jälkeen voi laittaa siipipyörän takaisin paikoilleen. Kuviossa 11 näkyy irrotettu tiivistepaketti. Tämän jälkeen on vuorossa kytkimen takaisin paikoilleen asennus. Kytkintä tulee lämmittää ennen paikoilleen laittoa, jotta se menee kohdalleen ongelmitta.



Kuvio 11. Liukurengastiiviste ja tiivisteholkki

7.2 Huoltosuunnitelma

Huoltosuunnitelman toteuttaminen kohtasi hieman haasteita, koska pumppuja rikkoontuu säännöllisen epäsäännöllisesti ja näiden käyttö on osittain ollut jaksotettua. Käytössä olleista pumpuista ei ole kerätty tietoa, montako tuntia pumppu on ollut käytössä, eikä pumpuilla ole säännöllistä huolto- tai vaihtoväliä. Huoltosuunnitelman on toteutettu pumppujen valmistajien antamia ohjeistuksia mukailen ja operaattoreita sekä asentajia konsultoiden.

Pumpuilla on ollut yllättäviä rikkoontumisia, joille ei ole löydetty yhtenäistä syytä. Kyseessä oleville pumpuille tulisi lisätä värinänvaimennukset perustuksiin ja jousitoliitos myös menopuolen laippaliitokseen. Nämä muutokset itsessään voisi ehkäistä huomattavasti pumppujen värinää ja hajoamista.

Valmis huoltosuunnitelma pitää sisällään päivittäisen visuaalisen tarkastuksen vuotojen ja värinän osalta, sekä päivittäisen tarkkailun muuttuvan käyntiäänen osalta. Myös viikoittain tehtävät pumppujen/moottoreiden värinän- ja lämpötilanmittaus, nesteen tulo- ja lähtöpaineen mittaus sekä näiden mittaustulosten ylös kirjaaminen seurantaan varten. Harvemmin tehtävät työt ovat pumppujen rasvaukset, jotka tulisi suorittaa joka kolmas kuukausi. Tähän on suositeltu rasvaksi SKF

LGHP2. Huoltosuunnitelmaan kuuluu myös pumppujen laakereiden vaihto, kestovoidelluille laakereille joka toinen vuosi ja säännöllisesti rasvatuille laakereille joka kuudes vuosi. Laakereiden vaihdon yhteydessä tulisi vaihtaa kaikki uudet tiivisteet, o-renkaat ja kytkimeen uudet joustoelementit, sekä tarkastaa pumpun pesä ja akseli kulumien varalta. Lisäksi suositeltavaa on valmistajan ohjeistuksen mukaisesti tärinänvaimennuksien ja putkiston joustoliitoksien lisääminen. Taulukossa 2 on listattuina huoltotyöt ja niiden aikataulut.

Taulukko 2. Huoltoaikataulu

	Päivittäin	Viikottain	Joka 3. kuukausi	Joka 2. vuosi	Joka 6. vuosi
Vuotojen tarkastus	x				
Tärinän tarkastus	x				
Käyntiäänten tarkastus	x				
Tärinän mittaus		x			
Lämpötilan mittaus		x			
Painemittaukset		x			
Rasvaus			x		
Pumpun huolto				x	x
Laakereiden vaihto (kestovoidellut)				x	
Laakereiden vaihto (rasvatut)					x
Tiivisteiden vaihto				x	x

8 POHDINTA

Opinnäytetyön pääasiallisena tavoitteena oli saada aikaan mahdollisimman kattava huoltosuunnitelma ja huolto-ohje, asentajien työskentelyn tueksi. Nämä kaksi tavoitetta tuli täytettyä työssä. Huoltotyön ja suunnitelman tekemistä vaikeutti varaosien puuttuminen ja datan vähyys, mitä käytössä olleista pumpuista oli kerätty. Lisäksi opinnäytetyötä tehdessä törmättiin puutteisiin, jotka olisi tulut huomioida jo pumppuja ja niiden paikkoja suunniteltaessa.

Huoltosuunnitelmasta tuli yleispätevä ja sitä pystyy hyödyntää kaikkiin kuumavalssaamon vesilaitoksen prosessipumppuihin, ja vaikka huoltotyötä ei voitu suorittaa käytännössä kokonaan loppuun, niin yhteistyössä asentajan kanssa saatiin aikaan kattava huolto-ohje. Näistä tuloksista erityisesti käyttöön meni huolto-ohje ja huoltosuunnitelman käyttöönottoa vielä alueen työnjohto suunnittelee ja muokkaa heidän tapoihinsa sopivaksi.

Keskipakopumpuista löytyi hyvin kirjallisuutta ja hyödynnettävää tietoa. Vaikka näistä suurin osa on jo kymmeniä vuosia vanhoja, ovat ne silti tänäkin päivänä päteviä, koska pumput ovat pysyneet täysin samanlaisina jo pitkään. Opinnäytetyössä käytettiin lähteinä suurimmaksi osaksi kirjalähteitä ja jonkin verran käytettiin myös verkossa olevia lähteitä. Pumppujen tuotekohtaiset lähteet löytyivät sekä Outokummun omista järjestelmistä, että pumppuvalmistajien sivuilta.

Opinnäytetyö eteni melko hiljaisesti ja työn edetessä olisi ollut hyvä pitää useampia palavereita toimeksiantajan kanssa. Tällöin työ olisi saattanut valmistua jopa aikaisemmin. Tämä työ opetti todella paljon erityisesti keskipakopumpuista sekä kunnossapidosta yleisesti, ja erityisesti kuumavalssaamon vedenkäsittelyn toiminta selkeytyi paljon tätä tehdessä.

LÄHTEET

ABS. 2006. Asennus ja huolto.

Grundfos. 2021. Grundfos instructions. NK, NKG Installation and operating instruction.

Grundfos. 2003. Grundfos instructions. NK, NKG Installation and operating instruction.

IEC 60050-192:2015 Kansainvälinen sähkötekniinen sanasto (IEV) - Osa 192: Luotettavuus. International Electrotechnical Commission.

Jokilaakso, A. 1987. Virtaustekniikan, lämmönsiirron ja aineensiirron perusteet. Espoo: Otakustantamo.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uud. p. Helsinki: KP-media Oy.

Kraftmek Oy. 2022. Laakerilämmittimet ja tarvikkeet. Viitattu 19.04.2023
<https://www.kraftmek.com/tuotteet/voitelulaitteet-ja-tyokalut/tyokalut-ntn-snr/laakerilammitimet-ja-tarvikkeet-ntn-snr/>

Kunnossapitoyhdistys & Järviö, J. 2007. Kunnossapito. 4. uud. p. Helsinki: KP-media Oy.

Kunnossapitoyhdistys Promaint, Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V.E., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S. & Mäkeläinen, R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito: Käsikirja. Helsinki: KP-Media.

Nuclear power 2023. Main parts of centrifugal pumps. Viitattu 29.3.2023.
<https://www.nuclear-power.com/nuclear-engineering/fluid-dynamics/centrifugal-pumps/parts-of-centrifugal-pump/>

Outokumpu 2016. Outokummun tuotantoprosessi 20.1.2016. Viitattu 29.3.2023.
https://www.youtube.com/watch?v=uvZJmWETTUE&ab_channel=Outokumpu-stainlesssteel

Outokumpu 2023a. Images. Viitattu 28.3.2023
<https://brand.outokumpu.com/d/HmQMbagutFfE/images>

Outokumpu 2023b. Organisaatio ja johtaminen. Viitattu 9.1.2023
<https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/organization>

Outokumpu 2023c. Tornio Stainless steel. Viitattu 9.1.2023
<https://www.outokumpu.com/fi-fi/locations/tornio-stainless-steel>

Outokumpu 2023d. O`net. Outokummun sisäinen intranet. Viitattu 19.4.2023

Outokumpu 2021. Outokummun historia. Viitattu 9.1.2023
<https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/history-of-outokumpu>

Pixabay 2016. Maintenance under construction. Viitattu 28.3.2023
<https://pixabay.com/illustrations/maintenance-under-construction-1151312/>

Pixabay 2012. Calendar days locked lock schedule. Viitattu 28.3.2023
<https://pixabay.com/vectors/calendar-days-locked-lock-schedule-31952/>

SFS-EN 15341:2019 + A1:2022:en. Maintenance. Maintenance Key Performance Indicators. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 17007:2017:en. Maintenance process and associated indicators. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-EN 16646:en 2015. Maintenance. Maintenance within physical asset management. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-ISO 2041:2019:en. Mechanical vibration, shock and condition monitoring- Vocabulary. Suomen Standardoimisliitto SFS.

SFS-ISO 13372 2013. Koneiden kunnonvalvonta ja diagnostiikka. Suomen Standardoimisliitto SFS.

Sullivan, J. A. 1989. *Fluid power: Theory and applications*. 3. ed. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall.

Sulzer. 2017. AHLSTAR Prosessipumput Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet.

Sulzer. 2013. NB End Suction Single-Stage Centrifugal Pump.

Sutterlin. E. 2022. Emerging technology and democracy: what can we expect to see? DemTech 28.3.2022. Viitattu 28.3.2023 <https://dem.tools/blog/emerging-technology-and-democracy-what-can-we-expect-see>

Vaasa Engineering. 2004. VK2/Koulutusmateriaali.

Wikstén, R. 2009. Virtauskoneet. 3. korj. p. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.

LIITTEET

Liite 1. Korkeapainepumpun huolto-ohje

[illegible]

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)						outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	6
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisupäivä	Versio
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Pelttari		1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
13	Irota suojakumin laakerointiyksikön ja akseliliivien päältä.	  					
14	Irota kehikon pultti (6kpl) ja laitaa nostoliina/nosturi tueksi						
15	Nosta kehikko nosturilla pumppuyksiköstä, varoen akselia			Noudatetaan yleisiä nostoturvallisuusohjeita.			
Siivoa jalkesi!							
Työn suorittamiseen vaadittava väline		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet Osaston normaalin suojaväitteiden lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:				
Tarkastaja: Päällikkö		Hyväksyjä: Johtaja					
Allekirjoitukset							

Liite 1 5(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Sivu	
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	9	
				Laatija	Julkaisu- päivä	
				Mira Peltari	Versio	
					1.0	
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat		
21	Irrota kytkimen suojalaippa (4pulttia)					
22	Irrota jäähdytimen siipi (lukitusmutteri)					
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet 			
Tarkastaja: Pääliikkö		Hyväksyjä: Johtaja	Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
Allekirjoitukset						

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Sivu	
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	10	
				Laatija	Julkaisu- päivä	
				Mira Peltari	Versio	
					1.0	
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat		
23	Irrota akseli/laakeripaketti nostimen avulla			Tue liinoilla/kettingeillä. PAINAVA		
24	Laakeriryksikön ja pesän välissä olevat säätölevyt talteen					
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet 			
Tarkastaja: Pääliikkö		Hyväksyjä: Johtaja	Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
Allekirjoitukset						

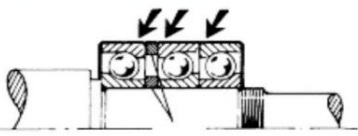
Liite 1 6(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Sivu	
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	11	
				Laatija	Julkaisu- päivä	
				Mira Peltari	1.0	
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat		
25	Irrota lukkorengas pesän sisältä rullalaakerin kyljestä, lukkorengaspihdeillä					
26	Käännä laakeriyksikön avoin puoli pöytää vasten ja poista vanha akselitiviste					
27	Laakeri irtoaa lyömällä tai painamalla se tasaisesti juoksupöydän puolelta alaspäin.					
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
Tarkastaja: Pääliikö		Hyväksyjä: Johtaja				
Allekirjoitukset						

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Sivu	
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	12	
				Laatija	Julkaisu- päivä	
				Mira Peltari	1.0	
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat		
28	Irrotetaan laakeripaketin kansi (6pulttia)					
29	Rullalaakerin sisäkooli lämmitetään ja liu'utetaan akselilta			Nestekaasuliekoin oikeaoppinen käyttäminen.		
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittamiseen vaadittava		tulityökortti	Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:		
Tarkastaja: Pääliikö		Hyväksyjä: Johtaja				
Allekirjoitukset						

Liite 1 8(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!			Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	15
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisupäivä
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peittari	1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat		
35	Aseta ulosvedin paikoilleen siten, että vetimen päätylevy ja vedinlevy tulevat tukevasti rullalaakereita vasten.			Jätä vetolevyn ja akselin päädyn väliin tarpeeksi tilaa tunkin asetusta varten		
36	Irrota laakerit tunkin ja vetimen avulla, tasaisesti vetämällä laakereita akselin suuntaisesti			Laakereiden välirengas talteen		
37	Tarkasta, hio ja puhdista akselin pinnat					
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet 			
Allekirjoitukset		Tarkastaja: Päällikkö	Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
		Hyväksyjä: Johtaja				

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!			Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	16
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisupäivä
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peittari	1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat		
	PUMPUN KASAUS					
38	Hio pienet epätasaisuudet akselin pinnalta tarvittaessa.					
39	Laakereiden asennusta helpottamaan, käännä akseli pystyasentoon siten, että laakereille tuleva puoli on ylöspäin					
40	Viistokuulalaakereita lämmitetään 110°C laakerinlämmittimellä.					
41	Ensimmäisen laakerin jälkeen tulee välirengas, jonka jälkeen loput laakerit					
42	Laakerit asetetaan paikoilleen siten, että kunkin laakerin ulkokehän leveämpi sivu tulee välirengasta kohden.					
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet 			
Allekirjoitukset		Tarkastaja: Päällikkö	Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
		Hyväksyjä: Johtaja				

Liite 1 10(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

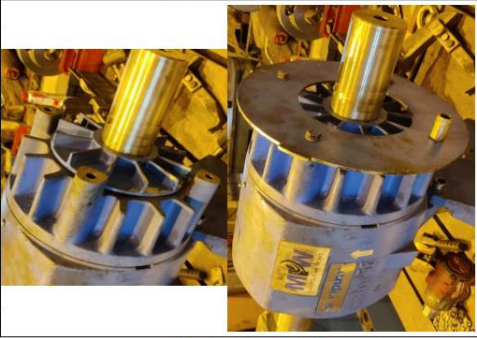
Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)						outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	19
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	Versio
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peittari		1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
48	Tarkasta että laakereiden välirenkään aukko tulee laakeripesän rasvausreian kohdalle!			Tarkasta että laakereiden välirenkään aukko tulee laakeripesän rasvausreian kohdalle!			
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet				
Tarkastaja: Pääliikö		Hyväksyjä: Johtaja	Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:				
Allekirjoitukset							

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)						outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	20
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	Versio
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peittari		1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
49	Kiinnitä lukitusrenas laakeripesään ja anna jäähtyä.			Anna jäähtyä ennen tiivisteitä			
50	Aseta uusi O-renas laakeripesän tiivisteuraan.						
51	Laita uusi akselitiiviste laakeripesän ja akselin väliin.						
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet				
Tarkastaja: Pääliikö		Hyväksyjä: Johtaja	Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:				
Allekirjoitukset							

[illegible]

Liite 1 12(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu		
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	23
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	Versio
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari		1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
57	Aseta säätölevyt/työtelevyt akselipukin ja laakeripesän väliin.						
58	Aseta akseli-laakeripaketti asennuspukilla olevaan laakeripukkiin, nosturia apuna käyttäen			Noudatetaan yleisiä nostoturvallisuusohjeita			
59	Tarkasta, että laakeripesän rasvausreikä tulee laakeripukin rasvanipan kohdalle!			Tarkasta, että laakeripesän rasvausreikä tulee laakeripukin rasvanipan kohdalle!			
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan		Henkilökohtaiset suojaimet			
Tarkastaja: Pääliikö		Hyväksyjä: Johtaja		Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
Allekirjoitukset							

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu		
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	24
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	Versio
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari		1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
60	Kiinnitä jäähdyttimen siipi akselille.						
61	Aseta kytkimen suojalevy paikoilleen.						
62	Kiinnitä suojalevy, laakeripesä ja laakeripukki pulteilla (4kpl)						
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan		Henkilökohtaiset suojaimet			
Tarkastaja: Pääliikö		Hyväksyjä: Johtaja		Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:			
Allekirjoitukset							

[illegible]

Liite 1 15(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu		
Kysy tarvittaessa apua!			Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	29	
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari	1.0	
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
71	Mitoita tiivisterenkaan ulkokehä akseliholkilille, tiivistepaketin ohjeiden mukaisesti.			Mitoitus esim. Mittaamalla vanhan tiivisteiden päästä holkin reunaan ja uuden tiivisteiden asettaminen samalle kohdalle.			
				Tiiviste voi olla valmistajasta riippuen hieman erinlainen, joten tiivisteiden paikkamitoituksessa tulee olla tarkka.			
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet				
Tarkastaja: Päälikkö			Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:				
Allekirjoitukset			Hyväksyjä: Johtaja				

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu		
Kysy tarvittaessa apua!			Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	30	
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari	1.0	
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat			
72	Aseta holkki akselille.						
73	Laita uusi o-rengas tiivisteuraan ja välirengas holkin päähän.						
74	Laita akselikiila uraan paikoilleen.						
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan	Henkilökohtaiset suojaimet				
Tarkastaja: Päälikkö			Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:				
Allekirjoitukset			Hyväksyjä: Johtaja				

Liite 1 16(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu															
Kysy tarvittaessa apua!			Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	31														
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisupäivä														
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari	1.0														
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!																				
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot		HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat															
75	Kiinnitä juoksupyörä ja lukituslevy akselille				Kiristetään pultit ohessa olevan taulukon mukaiseen momenttiin.															
76	Lukitse pultit kiristyksen jälkeen pisteitsillä tai rautalangalla kiinni.				Noudatetaan hitsaukseen ja tulityöhön annettuja ohjeistuksia.															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Akselin Ø juoksupyörän kohdalta</th> <th>Kiristysmomentti</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>Nm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>32</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>96</td> <td>350</td> </tr> </tbody> </table>		Akselin Ø juoksupyörän kohdalta	Kiristysmomentti	mm	Nm	32	80	50	190	60	190	80	190	96	350			
Akselin Ø juoksupyörän kohdalta	Kiristysmomentti																			
mm	Nm																			
32	80																			
50	190																			
60	190																			
80	190																			
96	350																			
Siivoa jälkesi!																				
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan		Henkilökohtaiset suojaimet 																
Tarkastaja: Päälikkö		Hyväksyjä: Johtaja		Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:																
Allekirjoitukset																				

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu	
Kysy tarvittaessa apua!			Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	32
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisupäivä
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari	1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!						
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot		HUOM! No	HUOM! Erityistä huomiota vaativat kohdat	
77	Aseta kiila akselin kytkimen puoleiseen päähän.					
78	Lämmitä kytkimen sisäkehää n. 160 asteiseksi ja aseta se akselille.					
79	Anna kytkimen jäähtyä, jonka jälkeen kiristä kytkimen lukitusmutteri.				Joustoelementit tulee uusia, jos näissä on halkeamia.	
80	Aseta joustoelementit paikoilleen.					
Siivoa jälkesi!						
Työn suorittamiseen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan		Henkilökohtaiset suojaimet 		
Tarkastaja: Päälikkö		Hyväksyjä: Johtaja		Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:		
Allekirjoitukset						

Liite 1 17(17). Korkeapainepumpun huolto-ohje

Vakiotyöohje (Standard Operating Procedure, SOP)					outokumpu		
Kysy tarvittaessa apua!				Johtamisjärjestelmän/Notesin ohjenumero:		Sivu	33
Osasto	Linja/Laite	Prosessikuvaus (Verbi & substantiivi)	Tuote (laatu, yms.)	C	Laatija	Julkaisu-päivä	Versio
Kuumavalssaamo	Vedenkäsittely/ Korkeapainepumppu	KP-pumpun purkaminen ja kasaus		HUOM!	Mira Peltari		1.0
Tee vaadittavat tarkastukset ja turvalukitukset ennen työn aloittamista!							
No	Työvaiheet	Valokuvat/Kaaviot	HUOM! No	HUOM! Eriyistä huomiota vaativat kohdat			
81	Rasvaa laakerit rasvanippojen kautta						
Siivoa jälkesi!							
Työn suorittami- seen vaadittava		Kalibrointi vaaditaan		Henkilökohtaiset suojaimet			
			Osaston normaalin suojavaatetuksen lisäksi tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:				
Allekirjoitukset	Tarkastaja: Pääliikö	Hyväksyjä: Johtaja					