

Jukka Kerola

## **KYLMÄVALSSAAMOIDEN KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN**

# KYLMÄVALSSAAMOIDEN KUNNONVALVONNAN KEHITTÄMINEN

Jukka Kerola  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

---

Tekijä: Jukka Kerola  
Opinnäytetyön nimi: Kylmävalssaamoiden kunnonvalvonnan kehittäminen  
Työn ohjaajat: Kai Jokinen, Jouni Juuso  
Työn valmistumislukukausi- ja vuosi: kevät 2016  
Sivumäärä: 72 + 7 liitettä

---

Tämä insinöörityö käsittelee kunnonvalvonnan värähtelymittausten kohdennusta Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamoilla. Työn tavoitteena oli selvittää värähtelymittausten oikea kohdennus kylmävalssaamo 1:n hehkutus- ja peittauslinjoilla 1, 2, 3, ja 4 sekä kylmävalssaamo 2:lla. Lisäksi työssä arvioitiin kohteita, joihin olisi tarpeellista asentaa jatkuvatoiminen kunnonvalvontajärjestelmä. Se rajataan pumppujen ja puhaltimien sekä niiden sähkömoottoreiden laakerivikaantumisten tarkasteluun.

Työssä laadittiin linjakohtaisesti Excel-taulukko, jonka tietoja käytettiin värähtelymittausten kohdennukseen. Työ alkoi linjojen laitekannan keräämisellä kunnossapidon tietojärjestelmästä. Taulukkoon lisättiin seuraavaksi nykyisin valvottavat laitteet ja laitteiden kriittisyysluokittelu. Nykyisin valvonnassa olevista ja kriittistä laitteista selvitettiin vikaantumisherkyys, pyörimistaajuus ja sähkömoottorin teho. Taulukkoa täydennettiin linjojen työnjohtajien kanssa.

Linjojen työnjohtajien kanssa käytiin läpi laitekohtaisesti vikaantumisen vaikutukset ja se, onko laitteille olemassa varalaitteita. Samalla taulukkoon lisättiin kunnossapidon tietojärjestelmästä puuttuneita laitteita, joiden tietoja täydennettiin myöhemmin. Kerättyjen tietojen pohjalta annettiin laitekohtainen suositus värähtelymittausten tarpeellisuudesta.

Arvio värähtelymittausten kohdennuksesta perustui useisiin seikkoihin. Tärkeimpänä tekijänä olivat tuotannollinen kriittisyys ja vikaantumisen vaikutukset. Lisäksi huomioitiin laitteen häiriöherkkyttä, arvoa ja laitteiden luoksepäästävyyttä. Mittaustiheys valittiin häiriöherkkyden ja pyörimistaajuuden perusteella. Tärkeimpiin tai vaikeasti mitattaviin kohteisiin esitettiin jatkuvatoimista mittausjärjestelmää.

Linjojen värähtelymittaukset olivat pääpiirteittäin kohtuullisella tasolla, mutta työ paljasti useita uusia kohteita, joissa laiterikko vaikuttaa välittömästi tuotantoon. Valvonnasta puuttui esimerkiksi tärkeitä uunin savukaasupuhaltimia ja kaasunpesujen puhaltimia, joiden rikkoontuminen pysäyttää välittömästi linjan tuotannon. Lisäksi työssä esitettiin muutoksia nykyisin määrääjain mitattavien kohteiden mittausväleihin.

Työn tuloksena luotiin Outokummulle käyttöön työkalu, joka auttaa kehittämään värähtelymittaus-toimintaa sekä määrääjain tehtävissä että jatkuvatoimisissa mittauksissa. Taulukkoon on kerätty tärkeimmät tiedot, joiden perusteella värähtelymittauksia kohdennetaan. Työn pohjalta voidaan tehdä laitekohtaisesti lopullinen päätös, lisätäänkö kohde värähtelymittausten piiriin.

---

Asiasanat: kunnossapito, luotettavuus, kunnonvalvonta, värähtely, kohdentaminen

## ALKULAUSE

Työn tilaajana oli Outokumpu Stainless Oy. Yrityksessä työtäni valvoi kunnossapitoinsinööri Jouni Juuso ja ohjaavana opettajana toimi Kai Jokinen Oulun ammattikorkeakoulusta.

Kiitokset kuuluvat työn ohjaajalle Jouni Juusolle ja ohjaavalle opettajalle Kai Jokiselle työhöni saaduista ehdotuksista, neuvoista ja ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää ennakkohuollon työnjohtajia ja kunnonvalvontamiehiä, jotka antoivat työlleni tukea käytännön näkökulmasta, sekä linjojen työnjohtajia, jotka auttoivat vikaantumisten tuotannollisen vaikutuksen arvioinnissa.

Suurin kiitos kuuluu avopuolisolleni Leenalle, joka on tukenut ja kannustanut minua sekä opintojeni varrella että insinööriyössä kevään aikana.

Oulussa 3.6.2016

Jukka Kerola

# SISÄLLYS

ALKULAUSE.....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 OUTOKUMPU OY.....	8
2.1 Tornion tehtaat.....	8
2.2 Hehkutus- ja peittäuslinja.....	10
2.3 Kylmävalssaamo 2, RAP5.....	11
2.4 Mittaava kunnonvalvonta Outokummulla.....	12
3 PUMPUT JA PUHALTIMET.....	13
3.1 Puhaltimet.....	13
3.2 Pumput.....	15
4 VIKAANTUMINEN.....	17
4.1 Vikaantumisen eteneminen.....	17
4.2 Vikaantumismekanismit.....	18
5 KUNNOSSAPITO.....	20
5.1 Kunnossapidon taloudellinen merkitys yrityksen toimintaan.....	20
5.2 Kunnossapitolajit.....	21
5.3 Kunnossapidon tietojärjestelmä.....	23
6 KUNNONVALVONTA.....	25
6.1 Kunnonvalvonnan tarkoitus.....	25
6.2 Kunnonvalvonnan hyödyt.....	26
7 VÄRÄHTELYMITTAUS.....	28
7.1 Mittalaitteiden jako asennustavan mukaan.....	29
7.1.1 Kiinteä kunnonvalvontajärjestelmä.....	29
7.1.2 Puolikiinteä mittausjärjestelmä.....	31
7.1.3 Kannettavat mittalaitteet.....	31
7.2 Kylmävalssaamoilla laakereiden kunnonvalvontaan käytettävä laitteisto.....	32
7.3 Mittaustulosten analysointi.....	34
7.4 Mittausaikaväli.....	36
7.5 Jatkuvatoimisen kunnonvalvontajärjestelmän edut.....	36

8	KUNNONVALVONNAN KOHDENTAMINEN.....	38
8.1	Kriittisyysluokittelu.....	39
8.2	Muita kohdennusperusteita .....	40
8.3	Varmennettu järjestelmä.....	41
9	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS.....	42
9.1	Linjakohtaisten tietojen kerääminen .....	42
9.2	Käytön työnjohdon haastattelut .....	44
9.3	Kunnonvalvojen haastattelut.....	44
10	VÄRÄHTELYMITTAUSTEN TARKASTELU .....	46
10.1	HP1 .....	47
10.1.1	Värähtelymittausten nykytila .....	47
10.1.2	Muutokset mittauksiin .....	48
10.2	HP2 .....	50
10.2.1	Kunnonvalvonnan tilanne.....	50
10.2.2	Muutokset mittauksiin .....	51
10.3	HP3 .....	52
10.3.1	Kunnonvalvonnan tilanne.....	53
10.3.2	Muutokset mittauksiin .....	53
10.4	HP4 .....	54
10.4.1	Kunnonvalvonnan tilanne.....	55
10.4.2	Muutokset mittauksiin .....	56
10.5	RAP.....	57
10.5.1	Kunnonvalvonnan tilanne.....	57
10.5.2	Muutokset mittauksiin .....	58
11	JATKUVATOIMISEN KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄN KOHDENTAMINEN.....	62
11.1	Käytettävä laitteisto .....	62
11.2	HP2:n uuni- ja jäähdytysalueen puhaltimet .....	63
11.3	RAP5:n pölynpoistopuhaltimet .....	65
12	YHTEENVETO .....	66
	LÄHTEET.....	68
	LIITTEET .....	72

# 1 JOHDANTO

Outokummulla aloitettiin mittaava kunnonvalvonta kymmenen vuotta sitten. Nykyiset värähtelymittauskohteet ovat valikoituneet linjoittain alueen työnjohdon näkemysten mukaan. Värähtelymittauskohteista on tehty kunnossapidon tietojärjestelmään (KUTI) malliennakkohuoltotöitä, jotka käydään läpi päätetyillä aikaväleillä. Kohteista ja ennen kaikkea mittausten oikeasta kohdennuksesta ei ole linjoittain tarkkaa tietoa. (Raattama 2016.)

Nykyisin kunnonvalvontaresursseja saatetaan käyttää kohteisiin, joiden vikaantuminen ei ole prosessilinjan kannalta kriittistä. Vastaavasti välittömästi linjan pysäyttäviä tai tuotantoa hidastavia kohteita saattaa olla valvonnan ulkopuolella. Tällaisissa kohteissa yllättävä vikaantumien aiheuttaa suuria tuotannollisia ja taloudellisia menetyksiä. On tärkeää selvittää, että värähtelymittauksia tehdään oikeissa kohteissa.

Outokummulla on ylimääräisiä jatkuvatoimisen värähtelymittausjärjestelmän komponentteja, jotka tällä hetkellä odottavat asennusta sopivaan kohteeseen. Ne ovat peräisin kuumavalssaamolta, jossa valssaimen laakereiden kunnonvalvontaan on päivitetty paremmin soveltuva mittausjärjestelmä. Ylimääräiset komponentit ovat vanhempaa tekniikkaa, eikä niiden mittaustiheys riitä seuraamaan valssaimen toimintaa. Ne kuitenkin soveltuvat hyvin pumppujen ja puhaltimien valvontaan, jossa riittävä mittaustiheys on esimerkiksi kerran vuorokaudessa. Opinnäytetyössä valitaan kohteita, joissa jatkuvatoimisesta järjestelmästä saadaan suurin hyöty.

## 2 OUTOKUMPU OY

Outokumpu on Suomessa 1930-luvulla perustettu metalliteollisuuden alalla toimiva yhtiö, jonka päätuotteena on nykyisin ruostumaton teräs. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Suomen Espoossa ja toimitusjohtaja on hollantilainen Roeland Baan. Outokumpu on maailman suurimpia ruostumattoman teräksen valmistajia kansainvälisesti noin 8 prosentin ja Euroopassa noin 30 prosentin markkinaosuudella. Suomen lisäksi yhtiöllä on toimintaa Ruotsissa, Saksassa, Iso-Britanniassa, Hollannissa, Yhdysvalloissa, Meksikossa ja Kiinassa. Maailmanlaajuisesti yhtiön palveluksessa oli noin 11 000 työntekijää vuoden 2015 lopussa. (Yritysesitys\_2016, 5, 6, 15.)

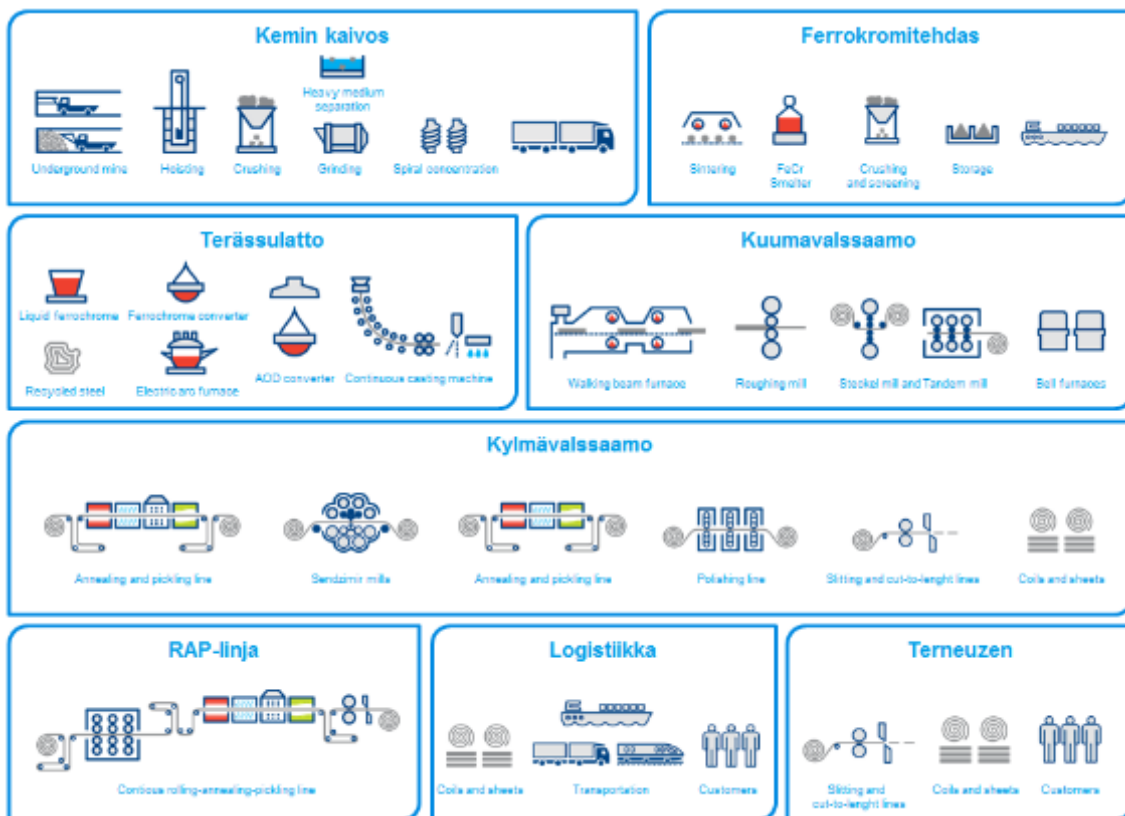
### 2.1 Tornion tehtaat

Outokummun Tornion tehtaat ovat maailman integroiduin ruostumattoman teräksen tuotantolaitos. Siellä toimii ferrokromitehdas ja kaikki terästuotannon osastot. Lisäksi tehdasalueella sijaitsee Röyttän satama, joka toimittaa raaka-aineita tehtaille ja valmiita tuotteita muualle maailmaan. Tornion tehdasalueella työskentelee noin 2 200 Outokummun työntekijää. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 11, 22.)

Tuotantoketju käynnistyy Keminmaassa sijaitsevalta Euroopan ainoalta kromikaivokselta. Ferrokromirikaste kuljetetaan kuorma-autoilla Tornioon ferrokromitehtaalle, jossa rikastetta käsitellään ja sula ferrokromi siirretään viereiselle terässulatolle. Sulatolla kierrätysteräksestä ja ferrokromista seostetaan asiakkaan haluamaa ruostumatonta terästä. Sula terässeos valetaan jatkuvavalukoneella ja katkaistaan 16 - 26 tonnin aihioiksi. Teräsaihiot siirtyvät kuumavalssaamon askelpalkkiuniin, jossa aihiot valssataan ja kelataan rullaksi. Kelat jäähdytetään ja siirretään kylmävalssaamoille tai kuljetetaan kuumanauhana Outokummun ulkomaisiin tehtaisiin. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 15 - 19.)

Kylmävalssaamoilla tuotenuhalle tehdään viimeisteleviä toimenpiteitä. Nauha puhdistetaan hehkutus ja peittäuslinjoilla, valssataan Senzimir-valssaimilla, tasoitetaan ja kiillotetaan viimeistelyvalssaimilla sekä halkaistaan ja leikataan asiakkaan haluamiin mittoihin. Lopuksi tuotteet pakataan ja toimitetaan varastoon. Tornion tehtaiden tuotantokaavio kromikaivokselta asiakkaalle on esitetty kuvassa 1. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 20.)





KUVA 1. Kemin kaivoksen ja Tornion tehtaiden toiminnot (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 14)

Tornion tehtailla sijaitsee kaksi kylmävalssaamaa, kylmävalssaamo 1 ja kylmävalssaamo 2 eli RAP5. Vuonna 2003 valmistunut RAP5 on jatkuvatoiminen valssaus-, hehkutus- ja peittäuslinja, joka mahdollistaa erittäin suuren kylmävalssattujen nauhojen tuotantokapasiteetin. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 20 - 21.) Suuri kapasiteetti mahdollistetaan integroidulla prosessilinjalta, jossa on kylmävalssaus- ja hehkutus-peittäustoiminnot (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 14).

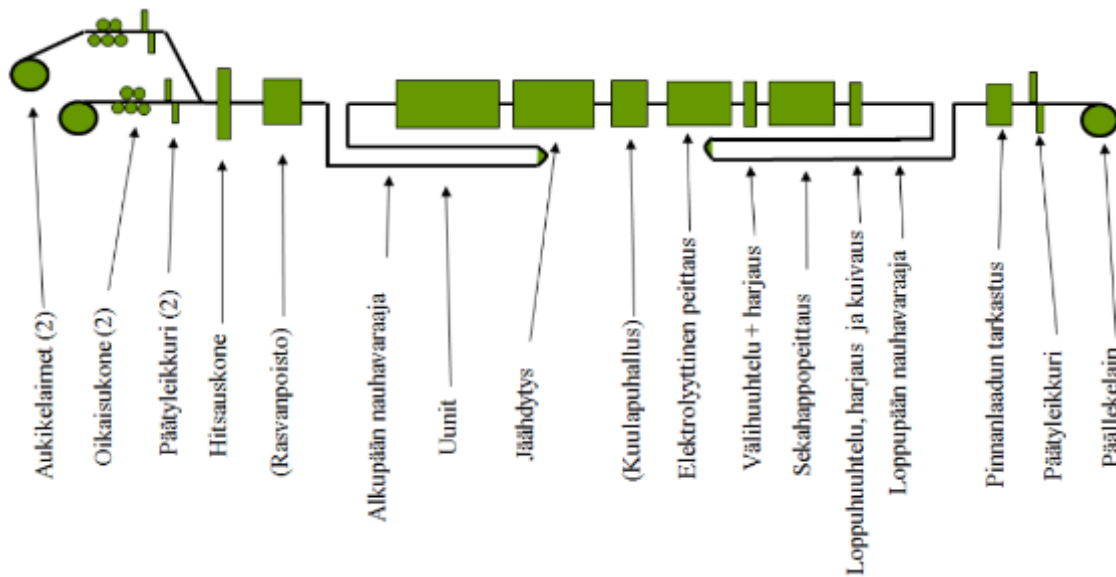
Tornion tehtaiden myyntituotteisiin kuuluvat austeniittiset, ferriittiset ja duplex-teräkset sekä ferrokromirikaste (Yritysesittely\_2016, 13). Vuotuinen teräksen tuotantokapasiteetti on 1,65 miljoonaa tonnia kuumavalssattuja nauhoja ja 1,2 miljoonaa tonnia kylmävalssattuja tuotteita. Niistä kirkkaita kuumanauhoja, jotka on peitattu, muttei kylmävalssattu, on 450 000 tonnia, ja kylmävalssattuja nauhoja 750 000 tonnia. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos, 20.)

## 2.2 Hehkutus- ja peittäuslinja

Hehkutus- ja peittäuslinjoja käytetään sekä kuumavalssaamolta tulleiden nauhojen esihehkutukseen että kylmävalssattujen nauhojen loppuhehkutukseen. Lisäksi valssauskierrosten välillä on mahdollista suorittaa välillä niin sanottu välihehkutus. Linjojen tarkoituksena on palauttaa materiaalin mekaaniset ominaisuudet muokkauksen jälkeen sekä puhdistaa nauhan pinnasta hilse ja kromiköyhä vyöhyke. Mekaaniset ominaisuudet palautuvat hehkutuksella ja nauha puhdistuu peittämällä elektrolyttisesti ja happokäsittelyllä. (Hehkutus- ja peittäuslinjat, Oppisopimusluennot, 6, 8, 10.)

Kylmävalssaamo 1:llä on neljä erillistä hehkutus- ja peittäuslinjaa, HP1, HP2, HP3 ja HP4. Niistä käytetään myös nimitystä käsittelylinjat. Ne ovat toimintaperiaatteeltaan samanlaisia, mutta niistä löytyy pieniä rakenteellisia eroja riippuen, onko linja tarkoitettu nauhojen esi- vai loppuhehkutukseen. Esihehkutuksella tarkoitetaan kuumavalssatun nauhan käsittelyä ennen kylmävalssausta ja loppuhehkutuksella kylmävalssauksesta johtuvan muokkauslujittumisen poistoa. Esihehkutukseen soveltuvat linjat HP1 ja HP3 on varustettu mekaanisella kuulapuhalluksella. Loppu- ja välihehkutukseen tarkoitettut HP2 ja HP4 on varustettu rasvanpoistolla, jossa valssausöljy pestään pois ennen hehkutusta. (Hehkutus- ja peittäuslinjat, Oppisopimusluennot, 24.)

Hehkutus- ja peittäuslinjat ovat jatkuvatoimisia linjoja, joissa nauhan kulkunopeus pidetään vakiona prosessiosuudella. Prosessiosuudella tarkoitetaan linjan toimintoja nauhavarajien välillä. Nauhaa syötetään linjaan vuorotellen kahdella aukikelaimella. Nauhojen päät hitsataan yhteen ja käsittelyn jälkeen nauha rullaan päällekelaimelle ja katkaistaan hitsausauman kohdalta. (Hehkutus- ja peittäuslinjat, Oppisopimusluennot, 8.) Kuvassa 2 esitetään hehkutus- peittäuslinjan periaate.



KUVA 2. Hehkutus-peittauslinjan periaate (Hehkutus- ja peittauslinjat, Oppisopimusluennot, 7)

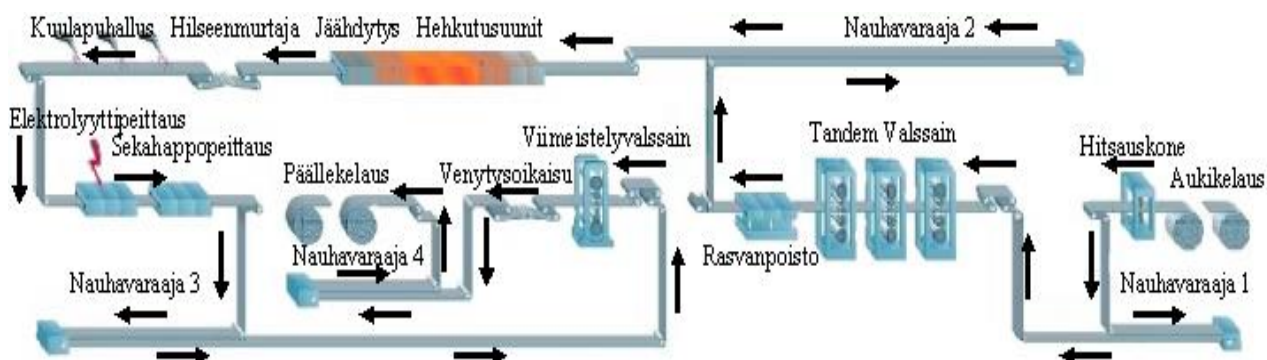
Prosessiosuuden alussa eli hehkutusuunissa valssauksessa syntyneet jännitykset poistetaan ja muokkauslujittuminen palautetaan, minkä jälkeen nauha jäähdytetään ilman ja veden avulla. Kuumanauhojen käsittelyn yhteydessä jäähdytystä seuraa kuulapuhallus. Seuraavaksi nauhan pinnasta liuotetaan kromioksidia sähkökemiallisen reaktion avulla elektrolyyttisessä peittäyksessä. Viimeisessä vaiheessa sekahappopeittäyksellä poistetaan oksidikerroksen jäänteet ja kromiköyhä vyöhyke. Nauhaa huuhdellaan ja harjataan eri peittäusvaiheiden välillä ja peittauksen jälkeen. (Hehkutus- ja peittauslinjat, Oppisopimusluennot, 10, 15, 18, 20.)

### 2.3 Kylmävalssaamo 2, RAP5

Kylmävalssaamo 2 poikkeaa kylmävalssaamo 1:stä siinä, että se on jatkuvatoiminen prosessilinja, johon on integroitu kylmävalssaamo- sekä hehkutus-peittauslaitteet. Lisäksi linjaan kuuluvat viimeistelyvalssaamo ja venytysoikaisu. Linjasta käytetään yleensä nimitystä RAP5 tai RAP. Lyhenne tulee englannin kielen sanoista Rolling, Annealing ja Pickling eli suomeksi valssaamo, hehkutus ja peittäys. Numero viisi merkitsee Tornion viidettä hehkutus- ja peittauslinjaa. (RAP5 Esittely, 1, 7.)

Nauha kulkee RAP-linjan läpi yksi tai kaksi kertaa. Ensimmäisellä kierroksella kuumanauhalle suoritetaan hehkutus-peittäuskäsittely, kuulapuhallus ja valssaamo Tandem- tai viimeistelyvalssaimella. Ensimmäisen kierroksen jälkeen saadaan kirkasta kuumanauhaa, joka voidaan toimittaa eteenpäin KYVA 1:lle tai siirtää korkeavaraan odottamaan toista ajokierrosta RAPilla. Toisella

kiirroksella nauhaa ohennetaan Tandem-valssaimilla, suoritetaan hehkutus- peittäuskäsittely, viimeistelyvalssaus ja venytysoikaisu. (RAP5 Esittely, 11, 24.) Kuvan 3 prosessikaaviosta ilmenee RAPin toimintaperiaate.



KUVA 3. RAP5:n prosessikaavio (RAP5 Esittely, 10)

## 2.4 Mittaava kunnonvalvonta Outokummulla

Outokummulla koko tehdasalueen mittaavasta kunnonvalvonnasta vastaa kunnonvalvontaryhmä, joka kuuluu voiteluhuollon ohella ennakkohuollon organisaatioon. Ryhmään kuuluu kolme kunnonvalvojaa ja yksi työnjohtaja. Kunnonvalvojen vastualueet on jaettu niin, että kylmävalssaamoiden alueella toimii yksi ja muun tehtaan alueella kaksi kunnonvalvojaa. (Mittaava kunnonvalvonta, 8.)

Kunnonvalvontaryhmän tehtäviin kuuluvat värähtelymittaukset, lämpökamerakuvaukset, toimilaitteiden linjaustyöt, tasapainotukset ja vaihteistojen visuaaliset tarkastukset. Lisäksi ryhmä avustaa tutkittavien prosessilaitteiden mittauksissa. Ennakkohuoltoryhmä tekee säännöllisesti hydraulikkaja vaihteistovoiteluöljyjen partikkelimittauksia. (Mittaava kunnonvalvonta, 12.)

Pääosa kylmävalssaamoiden värähtelymittauksista suoritetaan kannettavalla mittauslaitteistolla, tietyn aikavälein, periodisina mittauksina. RAPilla on käytössä puhaltimien kunnonvalvontaan jatkuvatoiminen värähtelymittausjärjestelmä. Linjan laitteista 49 on periodisissa mittauksissa ja jatkuvatoimiseen mittausjärjestelmään on liitetty 51 kohdetta. Kylmävalssaamo 1:lla käytetään puhaltimien ja pumppujen valvontaan ainoastaan kannettavaa mittauslaitteistoa, jolla seurataan 94 laitetta. Lisäksi kylmävalssaamon Senzimir-valssaimilla ja RAP:n Tandem-valssaimella käytetään akustiseen emissioon perustuvaa jatkuvatoimista kunnonvalvontajärjestelmää. (Mittaava kunnonvalvonta, 13 - 14.; Hietala 2015.)

### 3 PUMPUT JA PUHALTIMET

Pumpuilla ja puhaltimilla on tärkeä merkitys kylmävalssaamoiden toiminnassa. Pumpuilla siirretään muun muassa prosessihappoja, öljyjä, jäähdytysvettä sekä luodaan tehtaan paine linjojen hydraulikkajärjestelmään. Puhaltimilla esimerkiksi kierrätetään uunin ilmaa, jäähdytetään nauhaa, imetään öljysumua, kiinteitä partikkeleita tai happokaasuja jatkokäsittelyyn. Yksittäisen puhaltimen tai pumpun vikaantuminen voi kriittisessä kohteessa pysäyttää koko linjan toiminnan laitteen korjauksen ajaksi.

#### 3.1 Puhaltimet

Puhaltimia käytetään tyypillisesti ilman siirtämiseen tilasta toiseen, mutta usein niitä hyödynnetään myös kaasujen, pölyn tai höyryn siirrossa. Puhaltimiksi nimitetään laitteita, jotka tuottavat enintään 0,3 bar:n ylipaineen ja suuremmissa paineissa puhutaan kompressoreista. Prosessissa puhaltimia nimetään usein myös imureiksi, jos ne tuottavat kohteessa alipainetta. Puhallin toimii imurina, mikäli kohde on puhaltimen imupuolella. (Perttula 2000, 88.)

Puhaltimien karkea jako jakaa ne aksiaali- ja radiaalipuhaltimiin. Radiaali- eli keskipakoispuhallin soveltuu kohteisiin, joissa tarvitaan suurta tilavuusvirtaa ja hyvää puhdistettavuutta. Kylmävalssaamoilla aksiaalipuhaltimia löytyy esimerkiksi nauhankuivausyksiköistä ja lauhduttimien jäähdytyspuhaltimina. Yleensä aksiaalipuhallin ei tuota riittävää painetta prosessikäyttöön, joten suuri osa prosessin kaasujen siirrosta tehdään keskipakoispuhaltimilla. (Perttula 2000, 88.) Kuvassa 4 on esimerkki kytkinkäyttöisestä keskipakoispuhaltimesta.



*KUVA 4. Keskipakoispuhallin HP1:n jäädytyksen pölynpoistossa*

Teollisuudessa puhallinta käytetään yleensä sähkömoottorilla, jonka rotaatio välitetään siipipyörälle joko suoraa tai välityssuhdetta muuttamalla. Suorassa käytössä juoksupyörä on moottorin kanssa samalla akselilinjalla. Välityssuhdetta voidaan muuttaa joko kiilahihnojen tai välivaihteen avulla. Kiilahihnojen käyttö on tyypillisempää. Välityssuhteen muutos mahdollistaa muun muassa edullisemmän moottorin valinnan, mutta lisää kohteen huollon tarvetta. (Puhallintekninen käsikirja, 40 - 41.)

Keskipakoispuhalltimen siipipyörä laakeroidaan kahdella vierintälaakeriryksilöllä, joista toinen ottaa vastaan aksiaaliskuormia. Aksiaaliskuormia ottavasta laakerista käytetään nimitystä ohjaava laakeri. Tyypillisesti kytkimen puoleinen laakeri on ohjaava ja siipipyörän puoleinen on vapaa. Laakereita kutsutaan kannatinlaakereiksi. Laakerit ovat tyypiltään yleensä pallomaisia kuula- tai rullalaakereita. (Keskipakoispuhalltimen käyttö- ja huolto-ohjeet. 2002, 6.) Tyypillisesti kannatinlaakerit ovat rasvavoideltuja ja varustettu voitelunipalla. Öljyvoitelua voidaan käyttää kohteissa, joissa laakerin jäädytystä tulee tehostaa. Laakerin lämpötila voi nousta esimerkiksi korkean pyörimisnopeuden tai kuumien käyttöolosuhteiden vuoksi. (Hietala 2016.)

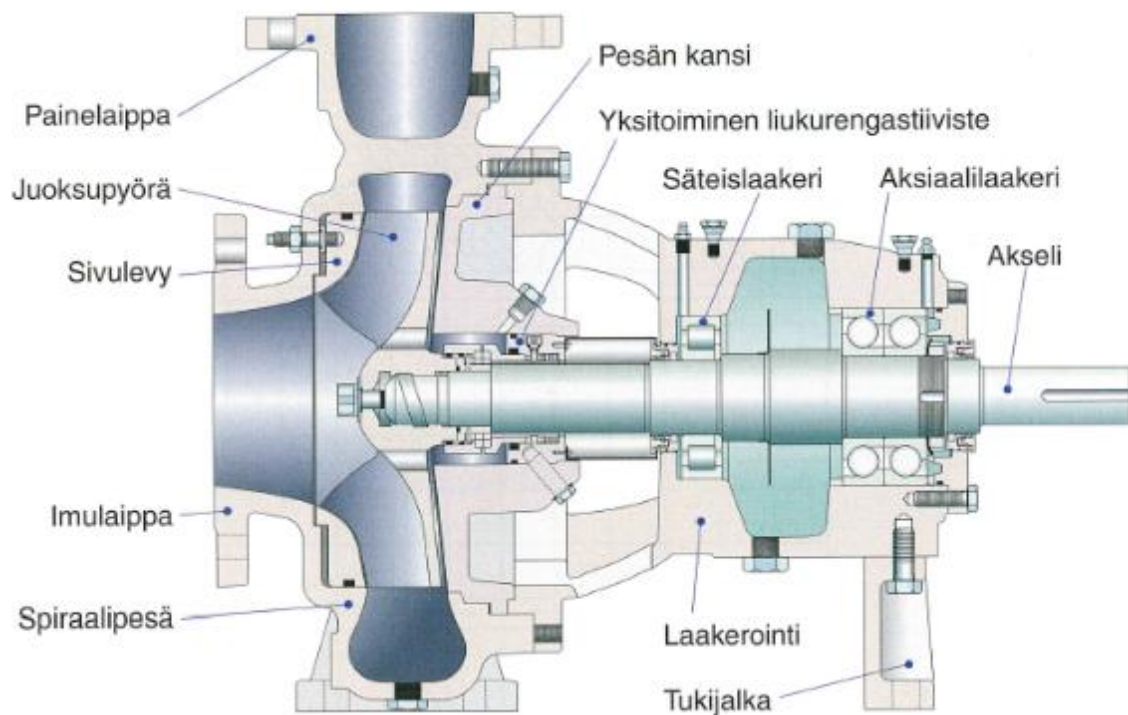
Puhaltimien värähtelyssä siipipyörä on merkittävä värähtelyn aiheuttaja. Tämän vuoksi se tasapainotetaan dynaamisesti valmistuksen jälkeen. Epätasapainon aiheuttama värähtely rasittaa laakereita, kiinnitysalustaa ja kaikkia muita kiinteästi yhteydessä olevia osia. Värähtely voi löyhyyttää tai katkoa pultteja, mikä aiheuttaa linjausvirhettä johtaen laakereiden ja kytkimen nopeampaan kulumiseen. (Puhallintekninen käsikirja, 85, 87.)

### 3.2 Pumput

Pumppuja käytetään nesteiden ja seosten siirtoon. Ne voidaan ryhmitellä toimintaperiaatteen mukaan syrjäytuspumppuihin ja dynaamisiin pumppuihin. Syrjäytuspumput soveltuvat käytettäväksi, kun tarvitaan suhteellisen pientä tilavuusvirtaa ja suurta nostokorkeutta eli painetta. Dynaamisia pumppuja käytetään suurten tilavuusvirtojen siirtoon. (Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen, Samu 2013, 134.)

Syrjäytuspumppujen toiminta perustuu siihen, että syrjäytyselin siirtää pesässä olevan nesteen pumpun paineenalaiseen poistoputkeen. Pumpun aikaansaama tilavuusvirta on lähes riippumaton järjestelmän vastapaineesta. Syrjäytuspumppuja ovat mäntä-, kalvo-, siipi-, ruuvi-, letku- ja hammaspyöräpumput. Käytetyimpiä näistä ovat erilaiset hammaspyöräpumput. (Huhtinen ym. 2013, 134.) Syrjäytuspumppuja käytetään kylmävalssaamalla esimerkiksi annosteltu ja tyhjennyspumppuina.

Dynaamiset pumput voidaan jakaa aksiaali- ja keskipakoispumppuihin. Aksiaalipumppuja käytetään erittäin suuren tilavuusvirran tarvitsemissa kohteissa, kuten voimalaitosten jäähdytysvesipumppuina. Syrjäytys- ja aksiaalipumppujen väliin jää keskipakoispumput, jotka ovat teollisuuden käytetyin pumpputyypit. Keskipakoispumput soveltuvat hyvin monipuolisiin käyttökohteisiin. (Huhtinen ym. 2013, 135.) Kuvassa 5 on nähtävillä leikkauskuva Sulzer Alhstar -keskipakoispumpun rakenteesta.



KUVA 5. Keskipakoispumppu (Huhtinen ym. 2013, 136)

Sähkömoottorin käyttämä keskipakoispumppu siirtää nestettä pyörivän juoksupyörän avulla. Pumpun pyöriessä pyörä linkoaa nestettä spiraalipesän seinämään, joka ohjaa muodostuneen paineen kohti paineputkea. Samanaikaisesti juoksupyörä luo sisäkehälle alipaineen, joka imee imukanavasta uutta nestettä tilalle. Näin syntyy jatkuva virtaus pumpun läpi. Juoksupyörä muuttaa mekaanisen energian liike- ja paine-energiaksi. (Huhtinen ym. 2013, 136.)

Pumppu on laakeroitu kahdesta pisteestä. Tyypillisesti juoksupyörän puoleinen laakeri toimii vapaana ja kytkimen puoleinen ohjaavana. Kuvan 5 Sulzer Ahlstarissa ohjaavat laakerit (kuvassa aksiaalilaakeri) ovat tyypiltään viistokuulalaakereita ja vapaalaakeri lieriörullalaakeri. (AHLSTAR™ Prosessipumput 2001, 15 - 16.) Normaalisti pumppujen laakerit ovat rasvavoideltuja, mutta myös öljyvoitelu on mahdollinen.

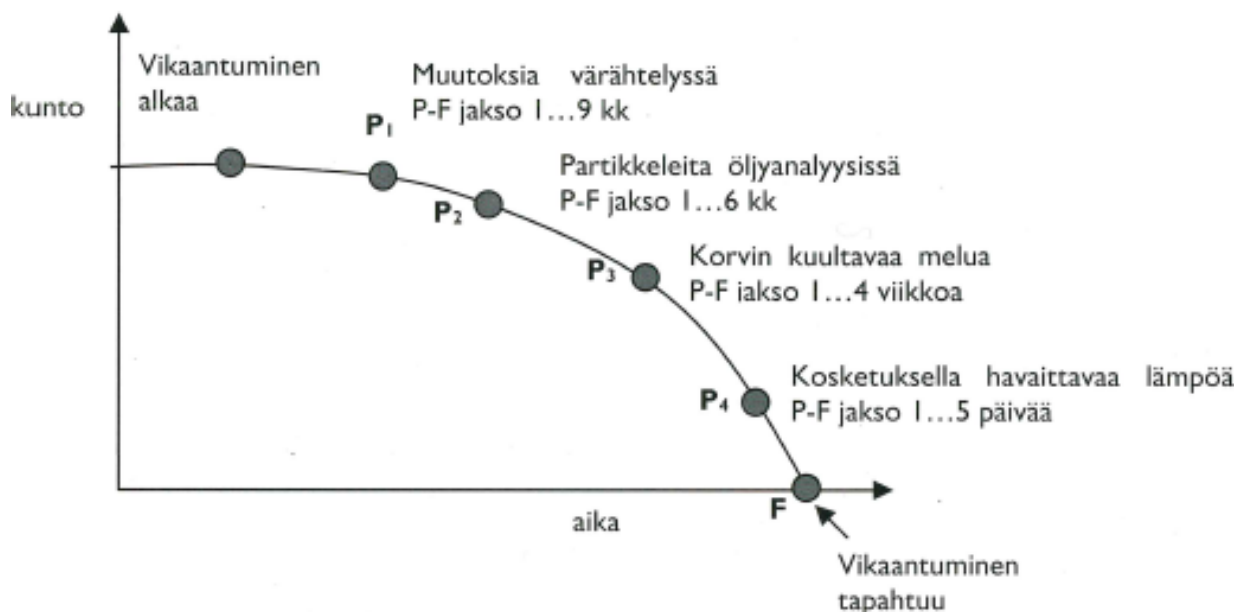


## 4 VIKAANTUMINEN

Laitteet suunnitellaan toimimaan moitteettomasti. Mikäli niitä käytetään ja ylläpidetään oikein, ne eivät rikoontu. Viat eivät synny itsestään, vaan niillä on oma kehittymismekanisminsa. Ennen kuin vikaantumista havaitaan laitteen toimimattomuutena, vikaantuminen on edennyt oman ketjunsä mukaisesti. Mitä varhaisemmassa vaiheessa vikaantumisen merkkejä havaitaan, sitä enemmän jää aikaa kunnossapitotoimien suunnittelulle. (Järviö – Piispa – Partanen – Åström 2007, 53 - 54.)

### 4.1 Vikaantumisen eteneminen

Laitteen vikaantumisen voi saada aikaan esimerkiksi vääränlainen käyttö, ylikuormitus tai jokin poikkeavuus suunniteltuihin käyttöolosuhteisiin. Poikkeavuus voi olla esimerkiksi ympäristön lämpötilan nousu, voitelun puute tai epäpuhtaudet. Tämän jälkeen vikaantuminen kehitty aluksi latenttina (=läsnä oleva, näkymätön). Jonkin ajan jälkeen vika alkaa oireilla. Se vaikeuttaa laitteen toimintaa, mutta ei estä sitä. Oireilun kesto voi kohteesta riippuen vaihdella kymmenistä vuosista muutamiin sekunteihin. (Järviö ym. 2007, 55 - 56) Kuva 6 esittää laakerivikaantumisen etenemisen vaiheita.



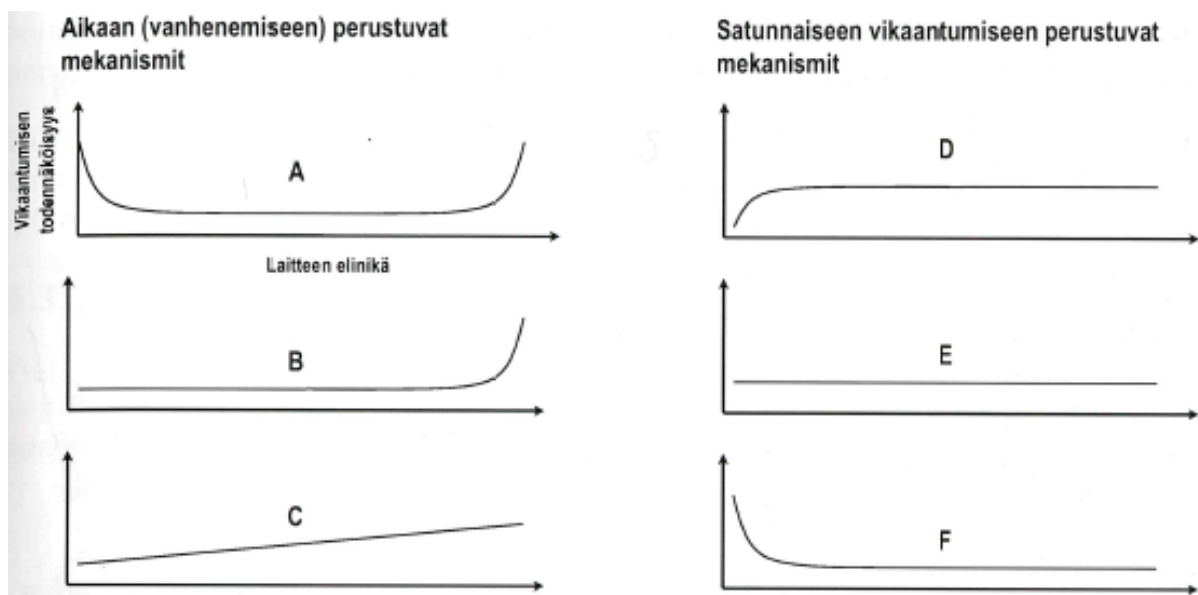
KUVA 6. Esimerkki vierintälaakerin vikaantumisesta aiheutuvista oireista sisältävästä P-F-käyrästä (Mikkonen 2009, 141)

Kuvasta 6 nähdään, missä vaiheessa alkava laakerivikaantuminen voidaan havaita (P) eri menetelmillä ja mikä on arvioitu vikaantumishetki (F). Käyrästä voidaan päätellä, että värähtelymittauksilla voidaan havaita merkkejä vikaantumisesta huomattavasti aikaisemmin kuin esimerkiksi korva-kuulolla. Havainnon perusteella voidaan arvioida jäljellä oleva elinikä ja määrittää sopiva korjausajankohta. (Järviö ym. 2007, 56, 59.)

Mikäli laitteen vikaantuminen pääsee liian pitkälle, se voi aiheuttaa sivuvaikutuksia muuhun laitteistoon. Esimerkiksi sähkömoottorin laakerin vikaantuessa, moottori on vaihdettava ennen kuin laakerivika on niin paha, että se aiheuttaa pumpun laakerin vikaantumisen tai kytkimen hajoamisen. (TTS 20856 2016, 5.) Kunnonvalvonta auttaa havaitsemaan viat riittävän aikaisessa vaiheessa.

## 4.2 Vikaantumismekanismit

Perinteisen käsityksen mukaan vikaantuminen ja laitteen elinikä noudattaa kuvan 7 A-mallin mukaista ”kylpyamme”-mallia. Aluksi uuden laitteen vikaantumistodennäköisyys on suurempi, mutta se vakiintuu lyhyen käytön jälkeen. Tietyn käyttöajan jälkeen vikaantumiskäyrä lähtee jälleen nousuun johtuen loppuun kulumisesta tai hajoamisesta. Tämä vikaantumismallin käyttö aiheutti sen, että hyvää luotettavuutta tavoiteltaessa, suunniteltu kunnossapito oli pääolisien komponenttien määraikaista vaihtamista. (Järviö ym. 2007, 57, 59.)



KUVA 7. Vikaantumismekanismit (Järviö ym. 2007, 58)

Nykyisen tiedon mukaan laitteille on tunnistettavissa kuusi erilaista vikaantumismallia. Kolme mallista perustuu osien vanhenemiseen ja kolme satunnaisiin vikaantumisiin. Tutkimusten mukaan teollisuuden vikaantumiset noudattavat aikaan pohjautuvia malleja (A-, B- ja C-mallit) ainoastaan 5-10 %:n osalta, loput viat ovat satunnaisia (D-, E- ja F-mallit). (Järviö ym. 2007, 57, 59.)

Aikaan pohjautuvia vikaantumismekanismeja löytyy kolme erilaista, A-, B- ja C-malli. B-malli muistuttaa A:ta, muttei siinä ilmene "lastentauteja". C-mallissa vikaantumisen todennäköisyys kasvaa tasaisesti laitteen käyttöä myötä. Aikaan pohjautuvia vikaantumisia ilmenee yksinkertaisilla laitteilla ja osilla, jotka joutuvat suoraan kontaktiin esimerkiksi siirrettävien materiaalien ja tuotteiden kanssa. Tyypillisiä esimerkkejä tästä ovat pumppujen ja puhaltimien juoksupyörät, erilaiset kuljettimet sekä kitkapinnat. Vikaantumiset johtuvat rakenteen väsymisestä, korroosiosta ja mekaanisesta kulumisesta. (Järviö ym. 2007, 57 - 59.)

Satunnaista vikaantumismallia noudattavat D-, E-, ja F-mekanismit. D-mekanismin mukaan vikaantuminen on alussa vähäistä, mutta todennäköisyys nousee nopeasti tasaiselle tasolle. E-mekanismissa vikaantumisen todennäköisyys on samaan suuruuteen koko eliniän ajan. F-mekanismissa vikaantumisen todennäköisyys on vaihdon jälkeen korkealla, mutta se laskee vakaalle tasolle, jolla se pysyy loppueliniän ajan. (Järviö ym. 2007, 58.)

Ruotsalaisen SKF:n mukaan laakereiden vikaantuminen noudattaa E-mekanismia. SKF:n tutkimusten mukaan laakerivauriot aiheutuvat

- 36 % puutteellisesta voitelusta
- 34 % muista syistä (epätasapaino, irronnut osa, normaali väsyminen)
- 16 % asennusvirheistä
- 14 % epäpuhtauksista. (Järviö ym. 2007, 58.)

Laitteet vikaantuvat tyypillisesti satunnaisesti, joten on perusteltua korjata laitteet niiden kunnan perusteella. Kuntoon perustuvan kunnossapidon ehtona on, että valvontaan löytyy sopivia menetelmiä, joilla vikoja voidaan havainnoida. Lisäksi kunnonvalvonnan kustannuksien tulee pysyä vikakorjauksen kustannuksia pienempinä. (Järviö ym. 2007, 59.) Laakerivaurioita pyritään selvittämään värähtelymittausten avulla ja niistä noin 90 prosenttia voidaan havaita kuukausia ennen laakerin lopullista tuhoutumista (Mikkonen 2009, 311).

## 5 KUNNOSSAPITO

Tehtaat tarvitsevat koneita ja laitteita, joilla niissä voidaan valmistaa tarvituista raaka-aineista asiakkaiden tarvitsemia tuotteita. Yritys on laitteet hankkiakseen tehnyt investointeja, joista se haluaa saada mahdollisimman suuren hyödyn. Investoinnit maksetaan takaisin rahoittajille, kun yritys on saanut tuotteista riittävästi myyntituloja ja voittoa. Jotta yritys saa investoinnista mahdollisimman suuren hyödyn, laitteiden on toimittava luotettavasti ja turvallisesti. Hyvin huolletut laitteet tuottavat laadukkaita tuotteita ja niiden käyttöikä on riittävän pitkä. Laitteiden käyttöikään voidaan vaikuttaa elinkaaren aikana tehtävillä parannuksilla. Kunnossapidon tehtävä on varmistaa, että laitteisto kykenee suorittamaan halutun tehtävän koko käyttöikänsä ajan. (Järviö ym. 2007, 13 - 14.)

Perinteisesti kunnossapito on käsitetty ainoastaan vain vikojen korjaamisena, yrittämättä sen suu-remmin ennalta ehkäistä niitä. Nykykäsityksen mukaan sen tehtävä on pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Kunnossapitoon kuuluu edelleenkin rikkoontuneiden laitteiden ja komponenttien korjaukset, mutta korjaustoiminta ei ole missään nimessä kunnossapidon päätarkoitus. Myös koneiden käyttäjien toiminnalla ja ohjeiden mukaisella käytöllä on suuri vaikutus laitteiden luotettavaan toimintaan. (Järviö – Lehtiö 2012, 14; Mikkonen 2009, 25.)

### 5.1 Kunnossapidon taloudellinen merkitys yrityksen toimintaan

Kunnossapidon aikaansaama laitteiden hyvä käytettävyys vaikuttaa positiivisesti hyvin moneen osa-alueeseen yrityksen toiminnassa. Ongelmana kuitenkin on, että kunnossapidon taloudellista merkitystä yritykselle mitataan yleensä vain sen aiheuttamina kuluina eikä huomioida siitä saatavia hyötyjä. Kunnossapidossa tehtävät säästöt kuitenkin näkyvät huonona käytettävyytenä, jonka aiheuttamia kokonaiskustannuksia on erittäin vaikea arvioida. (Penson 2014.)

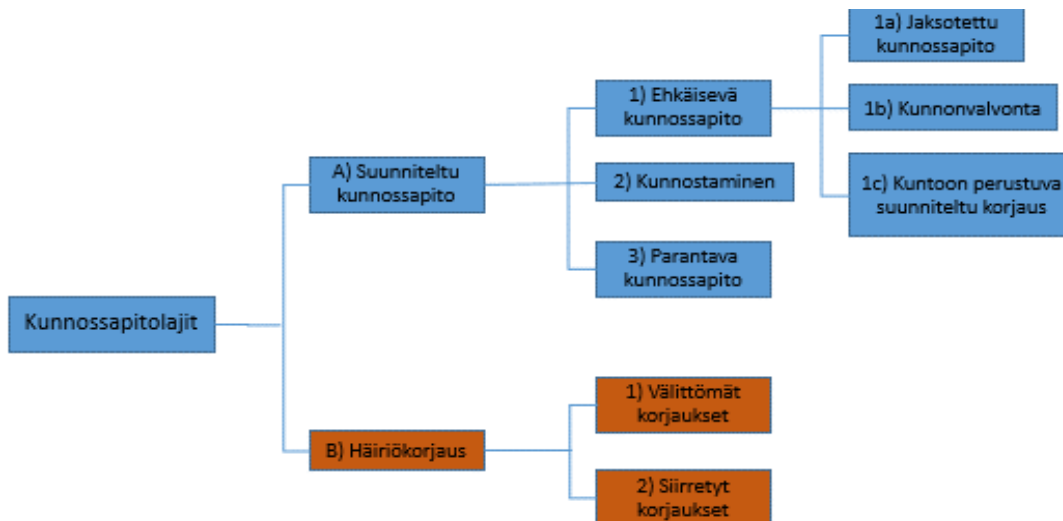
Kunnossapidon kustannukset voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin kustannuksiin. Suorat kustannukset tarkoittavat kuluja, jotka voidaan osoittaa johtuvan kunnossapidon toimista. Niiden arviointi on melko helppoa ja yleensä hyvä arvio kunnossapidon suorista kustannuksista saadaan kunnossapidon tietojärjestelmästä. Suoria kustannuksia ovat muun muassa työ-, varaosa-, hankinta-, varastointi- sekä materiaali- ja tarvikkeekustannukset. Lisäksi alihankinta- ja ulkopuoliset työ- ja materiaalikustannukset voidaan kohdentaa tietyille kunnossapitotoimille. (Järviö ym. 2007, 135.)

Epäsuorat kustannukset ovat kuluja, jotka aiheutuvat yritykselle laitteiden huonosta käytettävyydestä. Niille ominaista on, että kohdentaminen on vaikeaa eikä toimivia taloudellisia mittareita ole olemassa. Epäsuoria kustannuksia ovat esimerkiksi linjan tuottama huono laatu, uudelleen tekeminen, suuret varastot, varakapasiteetti, laitteiden tehoton käyttö ja tuotannon ylityökustannukset. Lisäksi myöhästyneet toimitukset voivat aiheuttaa sakkoja, tilausmenetyksiä tai jopa asiakasmenetyksiä. Kunnossapidon välilliset kustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin mitattavat suorat kustannukset. (Järviö ym. 2007, 135 - 136.)

Suorien kustannusten vaikutus koko toiminnan tulokseen on luultua pienempi, eikä yleensä osata huomioida sen positiivisia hyötyjä. Usein yrityksen etsiessä toiminnastaan kustannussäästöjä, kunnossapidosta leikataan resursseja. Se saattaa aiheuttaa yritykselle huomattavasti suuremmat epäsuorat kustannukset. Suorien ja epäsuorien kustannusten välistä suhdetta voidaan havainnollistaa jäävuorimallilla. Kunnossapidon kokonaiskustannukset ovat näkyvissä ainoastaan suorien kustannusten osalta. Huomattavasti suurempi vaikutus yrityksen kannattavuuteen on huonon käytettävyyden epäsuorilla kustannuksilla, joita ei voida suoraa nähdä tai taloudellisesti arvioida. (Järviö ym. 2007, 135 - 136; Penson 2014.)

## **5.2 Kunnossapitolajit**

Kunnossapitotoimet voidaan luokitella eri lajeihin. Luokittelut vaihtelevat eri standardien välillä. Kansallisen PSK 7501 -kunnossapitostandardin mukaisesti kunnossapito jaetaan suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen, jotka jaetaan vielä yksityiskohtaisempiin lajeihin. Siinä myös kunnonvalvonta on luokiteltu omaksi kunnossapitolajiksi. Kuvan 8 kaaviossa esitetään lajien ryhmittely PSK-standardin mukaisesti. (Mikkonen 2009, 95 - 99.)



KUVA 8. Kunnossapitolajit PSK 7501:n mukaisesti (Mikkonen 2009, 96)

Suunniteltu kunnossapito jaetaan ehkäisevään ja parantavaan kunnossapitoon sekä kunnostamiseen. Ehkäisevällä kunnossapidolla ylläpidetään laitteen tärkeitä ja tarpeellisia käyttöominaisuuksia pyrkien estämään vakavan vaurion syntyminen. Mikäli laitteen toimintakuntoa voidaan arvioida kunnonvalvonnalla, tehdään kuntoon perustuvia korjauksia. (Mikkonen 2009, 97.) Jotta tuotanto olisi tehokasta ja se saavuttaa asetetut käytettävyyksivaatimukset, tulee kunnossapidon painottua suunniteltuun kunnossapitoon. (TTS 20856 2016, 5.)

Kohteet, joiden kuntoa ei voida arvioida kunnonvalvonnan avulla tai se ei ole kustannuksiltaan järkevää, liitetään jaksotetun kunnossapidon piiriin. Se suoritetaan esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan tai tuotantomäärän perusteella. Jaksotetun kunnossapidon toimet ovat esimerkiksi laitteiden määräaikaista huoltoa ja voiteluhuoltotöitä. (Mikkonen 2009, 97.) Perinteinen runsas jaksotettu kunnossapito ei takaa korkeaa luotettavuutta, vaan voi jopa laskea sitä, sillä kohde altistetaan A ja F vikaantumismekanismeille (kuva 7). (Järviö ym. 2007, 60.)

Häiriökorjauksilla tarkoitetaan toimia, joilla vikaantunut laite palautetaan takaisin toimintakuntoon. Ne jaetaan välittömiin ja siirrettyihin korjauksiin. Välittömässä häiriökorjauksessa korjaus suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen. Tarkoituksena on palauttaa laitteen toimintakyky mahdollisimman nopeasti alkuperäiselle tasolle ja estää lisävaurioiden syntyminen. Yleensä välittömät korjaukset tehdään päivystävän kunnossapidon toimesta. Häiriökorjaukset voidaan myös siirtää myöhempään ajankohtaan, mikäli vikaantuminen ei suoraan vaikuta linjan toimintaan. Tällöin puhutaan

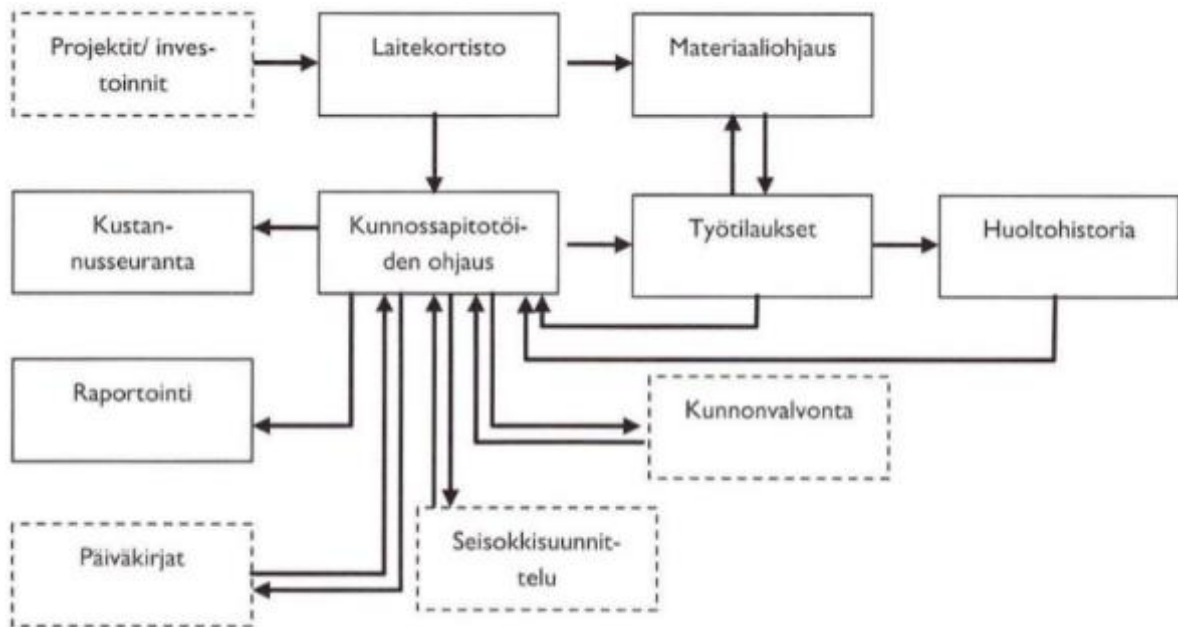
siirretyistä häiriökorjauksista. Myöhempi ajankohta on tyypillisesti seuraava päiväseisokki tai vuosihoito. (Mikkonen 2009, 97.)

### **5.3 Kunnossapidon tietojärjestelmä**

Kunnossapidon tietojärjestelmä tai kunnossapitojärjestelmä on tarkoitettu kunnossapidon materiaalinhallintaan ja toiminnanohjaukseen. Se on yhdistetty tuotantolaitoksen muihin tarpeellisiin tietojärjestelmiin kuten toiminnanohjausjärjestelmään ja tuotantolinjojen tuotannonohjausjärjestelmään. Järjestelmää käyttää pääasiassa kunnossapidon organisaatio, mutta myös tuotannon organisaatio tekee siihen merkintöjä. (Mikkonen 2009, 116.)

Outokummulla on käytössään kunnossapidon toiminnanohjaukseen oma tietojärjestelmänsä, KUTI. Järjestelmän on kehittänyt TietoEnator ja se on otettu tehtaalla käyttöön vuonna 2002. Järjestelmällä hallitaan tehtaan laitehierarkiaa, osaluetteloita, työsuunnittelua, vikailmoituksia ja työtilauksia sekä näiden historiaa. KUTille luodut malliennakkohuoltotyöt muodostavat töitä niiden ajastuskriteerien mukaan. Nämä malliennakkohuoltotyöt muodostavat kunnossapidon pohjan. (Kuti-käsikirja 2014, 3 - 5; TTS 20856 2016, 3.)

Järjestelmän ominaisuuksia ovat laitekortisto, työtilaukset, huoltohistoria, materiaalien ja kunnossapitotöiden ohjaus. Lisäksi järjestelmästä löytyy kunnossapidon kustannuslaskenta sekä raportointi-, päiväkirja- ja laskutustoimintoja. Näitä tietoja hyödynnetään muissa yrityksen toiminnoissa kuten ostajien tavarantilauksissa ja kirjanpidossa. Kuvassa 9 havainnollistetaan kunnossapidon tietojärjestelmän ominaisuuksia ja toimintoja. (Mikkonen 2009, 117 - 118.)



KUVA 9. Kunnossapitojärjestelmän ominaisuuksia ja toimintoja (Mikkonen 2009, 116)

Järjestelmän kustannusten seuranta kirjaa kaikki kunnossapidosta aiheutuneet kustannukset ja helpottaa niiden valvontaa. Päiväkirjat mahdollistavat viestinnän tuotannon ja kunnossapidon välillä. Niihin kirjataan kaikki kunnossapitoon liittyvät tapahtumat, kuten tuotannon häiriöt ja vikareportit. Kunnossapidon työohjausta hoidetaan työtilausten, huoltohistorian ja työsuunnittelun avulla. (Mikkonen 2009, 116 - 118.)

Laitekortisto toimii kunnossapitojärjestelmän runkona. Kortistoon kirjataan muun muassa laiteposiitiot, laitteet ja varaosat. Lisäksi on mahdollista lisätä huolto-ohjeita, dokumentteja ja muita asiakirjoja laitteisiin liittyen. Materiaalin ohjauksen avulla voidaan tarkastella tehtaan varaston varaosastoja ja varata osia kunnossapitotöitä varten. Työlle hankitut varaosat ja siihen käytetyt työresurssit kirjautuvat järjestelmään, mikä mahdollistaa korjauksesta aiheutuneiden kustannusten myöhemmän tarkastelun. (Mikkonen 2009, 116 - 118.)



## 6 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvontaa on toiminta, jolla selvitetään toimivan laitteiston kunto. Se pyritään tekemään käynnin aikana ilman laitteen avaamista. Ennakoivan kunnossapidon yksi tärkeistä periaatteista on, että laitetta ei korjata, ellei mittauksilla tai muilla tavoilla voida osoittaa, että siinä on jotain vikaa. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 1.4.) Laitteen avaaminen ja korjaaminen altistaa sen vikaantumismekanismeille A ja F. Näissä vikaantumismekanismeissa vikaantumisen todennäköisyys kasvaa korkeaksi heti korjaamisen jälkeen ja kunnossapitotoimet aiheuttavat turhia kustannuksia. (Järviö ym. 2007, 60.)

Kunnonvalvontaan on käytössä paljon eri menetelmiä. Yleisimmin käytetty kunnonvalvontamenetelmä on ihmisen aisteihin perustuva kunnonvalvonta, jolla tehtyjen havaintojen perusteella siirrytään mittaaviin kunnonvalvontamenetelmiin. Aistinvaraisen valvonnan ongelmana on, että havaintojen luotettavuus perustuu paljon havainnoijan näkemykseen ja kokemukseen, joita on vaikea mitata. Havaintojen kirjaaminen ja aiempiin tuloksiin vertaaminen on vaikeaa. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 2.2.) Aistinvarainen kunnonvalvonta täydentää mittaavilla valvontamenetelmillä tehtäviä mittauksia. Usein esimerkiksi epäilyttävän äänen perusteella aloitetaan tarkemmat mittaukset. (Mittaava kunnonvalvonta, 17.)

Mittaavat kunnonvalvontamenetelmät arvioivat laitteen kuntoa eri fysikaalisten suureiden perusteella. Niillä korvataan ja täydennetään aistinvaraista kunnonvalvontaa. Tärkeimpiä menetelmiä ovat värähtely-, lämpötila- ja äänimittaukset, voiteluaineanalyysit ja ainetta rikkomattomat, NDT-tarkastukset. (Mikkonen 2009, 417.)

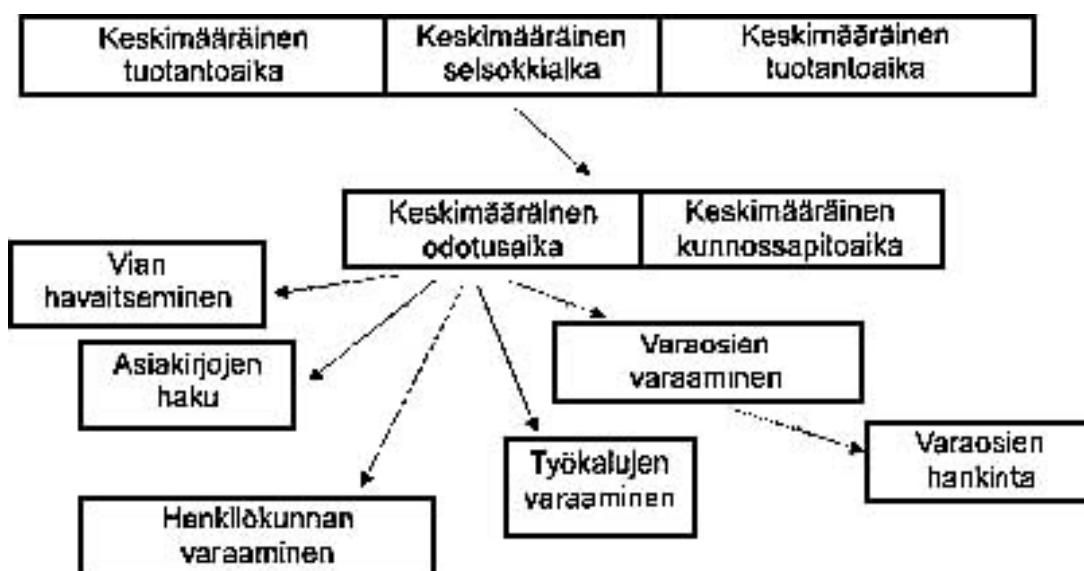
### 6.1 Kunnonvalvonnan tarkoitus

Kunnonvalvonnalla on tarkoitus antaa lähtötietoja kuntoon perustuvalla kunnossapidolle. Sen avulla saadaan tietoa laitteiston kunnosta ja voidaan ennakoida mahdollinen rikkoontuminen. Vian oireiden voimakkuuden perusteella, määritetään jäljellä oleva luotettava käyttöaika ja arvioidaan sille sopiva korjausajankohta. Kunnonvalvonnalla havaittujen vikojen korjauksia voidaan alkaa valmistelemaan hyvissä ajoin, ennen varsinaista vikaantumista. (Nohynek – Lumme 2004, 13.)

Kunnonvalvonnan tehtävänä on välttää häiriökorjauksia ajoittamalla kuntoon perustuva suunniteltu korjaus oikeaan ajankohtaan. Odottamattomat häiriökorjaukset vältetään tekemällä korjaus joko suunnitellun päiväseisokin tai vuosihuollon yhteydessä. Kunnonvalvonnan tuoma kustannussäästö muodostuu muun muassa vähentyneistä tuotantokatkoksista ja lisävaurioiden ehkäisystä. Lisäksi se auttaa välttämään turhia laitevaihtoja. Kunnonvalvonta ei poista siis vikaantumisten korjausta vaan siirtää niitä parempaan ajankohtaan.

## 6.2 Kunnonvalvonnan hyödyt

Kunnonvalvonta auttaa havaitsemaan vikoja ennen laitteen vikaantumista ja nopeuttaa korjausten valmistelua. Lisäksi se lyhentää keskimääräistä seisakkiaikaa, kuten kuvasta 10 nähdään. Sen avulla pyritään laitteiden vikaantuminen havaitsemaan hyvissä ajoin, ennen kuin vika pääsee niin vakavalle asteelle, että se johtaa koneen pysähtymiseen ja mahdollisesti suunnittemattomaan seisakkiin. Havaittujen vikojen korjaukset voidaan suunnitella ja valmistella seuraavaan suunniteltuun seisakkiin, jolloin korjaus ei haittaa normaalia tuotantoa ja aiheuta suuria taloudellisia menetyksiä. (Nohynek – Lumme 2004, 12.)



KUVA 10. Kunnonvalvonnan vaikutus keskimääräiseen seisokkiaikaan (Nohynek – Lumme 2004, 12)

Kuva 10 havainnollistaa korjauksen vaatimia valmistelevia toimenpiteitä. Kaikki odotusaikana tehtävät toimenpiteet voidaan tehdä ennen korjausta ja se nopeuttaa korjaukseen kuluvaan seisakkiaikaan huomattavasti. Esimerkiksi varaosien tilaaminen voi kestää useita viikkoja tai kuukausia, joten on ehdottoman tärkeää, että alkaneesta vikaantumisesta saadaan tieto mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Kunnonvalvontaan uhratut resurssit työvoimana ja pääomana, voidaan saada moninkertaisena takaisin tuotantolaitoksen säästöinä sekä kunnossapito- ja käyttökustannuksissa. Oikein suunnitellulla kunnonvalvonnalla voidaan ehkäistä odottamattomia seisakkeja, vähentää turhia huoltoja, pienentää varaosavaroja ja tehostaa välttämättömiä suunniteltuja huoltoseisokkeja. (Nohynek – Lumme 2004, 13.) Ilman kunnonvalvontatoimintaa tarvitaan enemmän korjaavaa ja jaksotettua kunnossapitoa, jolloin kunnossapitokustannukset kasvavat.

## 7 VÄRÄHTELYMITTAUS

Värähtelymittaus on yleisin menetelmä teollisuuden pyörivien laitteiden ja koneiden kunnonvalvontaan. Värähtelymittaukset ja tietokoneavusteiset kunnonvalvontajärjestelmät ovat viime vuosikymmeninä yleistyneet merkittävästi. Värähtelyvalvonnan suunnittelu ja mittausasetusten määrittäminen on haastava prosessi ja vaatii monien asioiden huomioon ottamista. Värähtelyvalvonnanassa on ymmärrettävä muun muassa valvottavien laitteiden toimintaperiaatteet ja vikaantumismekanismit sekä prosessi, jossa valvonnan kohteena olevat laitteet toimivat. (Mikkonen 2009, 223; Nohynek – Lumme 2004, 17.)

Kaikki pyörivät koneet värähtelevät käydessään, eikä kaikkia aiheuttavia tekijöitä voida käytännössä kokonaan poistaa. Värähtely johtuu herätteistä, joita koneen dynaamiset voimat aiheuttavat. Pyörivien koneiden värähtelyn tyypillisiä syitä ovat epätasapaino, välykset, linjausvirheet, kuormitusvaihtelut ja mekaaniset viat kuten laakeriviat. Mittaamalla ja analysoimalla koneen värähtelyä, saadaan selville värähtelyn syy. Liiallisen värähtelyn syynä on yleensä vikaantunut komponentti. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 3.2; Mikkonen 2009, 224.)

Suurin osa kylmävalssaamoiden pumppujen ja puhaltimien värähtelymittauksista suoritetaan periodisina reittimittauksina kannettavalla mittauslaitteistolla. Reittimittauksia varten luodaan tietokoneohjelmalla mittausreitti, joka sisältää laitteet laakeritietoineen ja muita mittausasetuksia. Ennen mittauskierrosta reitti siirretään ohjelmasta mittalaitteeseen. Kierroksen jälkeen saadut mittaustulokset siirretään tietokoneelle tallennusta ja analysointia varten. (Annala 2016.)

Värähtelymittaus suoritetaan kiihtyvyyssanturilla, joka nykyisin on ylivoimaisesti käytetyin anturityyppi. Kiihtyvyyssanturi toimii laajalla taajuusalueella ja on hinnaltaan edullinen. Se soveltuu hyvin mittauksiin, kun laitteen pyörimisnopeus on välillä 300 - 9 000 kierrosta minuutissa. Kiihtyvyyssignaali voidaan integroida nopeudeksi (mm/s), joka on käytetyin mittaussuure. Värähtelynopeus omaa sekä laajan herkkyuden eri taajuusalueella eikä se korosta tiettyjä taajuusalueita, kuten kiihtyvyyss- ja siirtymämittaukset. (Nohynek – Lumme 2004, 46, 50, 89.)

Vierintälaakerien kunnonvalvonnan kannalta on tärkeää tietää tarkka pyörimisnopeus ja laakerin tarkat tiedot. Laakerin vikaantuminen aiheuttaa matalataajuisia värähtelyä, joka on verrannollinen akselin pyörimisnopeuteen, laakerin mittoihin ja kuulien tai rullien lukumäärään (Laakeridiagnos-

tiikka 2016). Herätetaajuudet ovat yleensä suoraan verrannollisia koneen pyörimisnopeuteen. Lisäksi on tärkeää huomioida laitteen kuormitusmuutoksia ja muita koneen käyntiin vaikuttavat tekijöitä. (Nohynek – Lumme 2004, 88 - 89.)

## **7.1 Mittalaitteiden jako asennustavan mukaan**

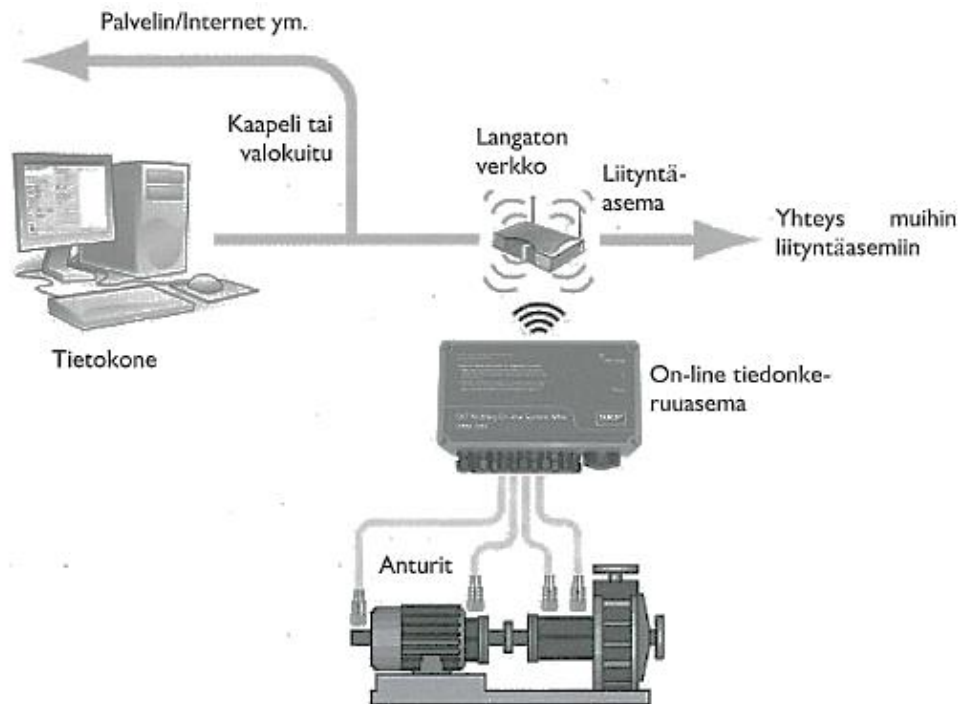
Kunnonvalvontamittauksiin käytettävä mittauslaitteisto voidaan luokitella esimerkiksi asennustavan perusteella. Asennustapa valitaan vikojen kehitysnopeuden ja kohteen suojaustarpeen mukaan. (PSK 5705, 6.) Lisäksi asennustavan valintaan vaikuttaa laitteiden luoksepäästävyys, mittausolosuhteet ja kunnonvalvontaan käytettävissä oleva rahamäärä. Mittauksia voidaan suorittaa

- kiinteällä järjestelmällä
- puolikiinteällä järjestelmällä
- kannettavalla mittauslaitteella. (Mikkonen 2009, 263.)

### **7.1.1 Kiinteä kunnonvalvontajärjestelmä**

Kiinteästi asennettavaa, jatkuvatoimista, järjestelmää käytetään kohteissa, joiden vikaantuminen on nopeaa, häiriöherkkyys on suuri ja tarvittava mittausväli on lyhyt. Lisäksi kiinteä mittausjärjestelmä mahdollistaa hyvin vaikeissa olosuhteissa olevien kohteiden, kuten valssaimen sisäpuolisten laakereiden, valvonnan. Laitteiden kuormituksen ja pyörimisnopeuden vaihtelu vaikeuttaa vertailukelpoisten mittaustulosten saantia. (Mikkonen 2009, 263.)

Kuvassa 11 on esimerkki kiinteästä mittausjärjestelmästä. Se koostuu laitteisiin asennettavista antureista, anturikaapeleista ja mittausyksiköstä eli tiedonkeruuasemasta. Mittausyksikkö lähettää anturin mittaustulokset langattoman verkon kautta kunnonvalvontahenkilöstön tietokoneille analysointia varten. Järjestelmän mittausmenetelmäksi voidaan valita skannaus tai todellinen jatkuva mittaus. Skannauksessa anturien mittaustiedot luetaan läpi vuorotellen. Jatkuvässä mittauksessa jokaista anturia seurataan reaaliaikaisesti. Menetelmän valinta riippuu vikojen kehittymisnopeudesta. (Nohynek – Lumme 2004, 28 - 29.)



KUVA 11. Esimerkki kiinteästä kunnonvalvontajärjestelmästä (Mikkonen 2009, 262)

Jatkuvatoimiseen kunnonvalvontajärjestelmään voidaan asettaa laitekohtaisia mittausehtoja, jotka tulee täyttyä, jotta anturin mittaus tieto tallennetaan. Tyypillinen mittausehto on kierroslukualue, jolla mittaus tehdään. Mittausehdoilla estetään, että järjestelmään ei tallenneta anturin mittaus tietoa laitteen ollessa pysähdyksissä esimerkiksi vuosihuollossa. Näin ohjelman piirtämä mittaus historia, mittaus trendi, saadaan pidettyä siistinä, eikä käytetä turhaa tallennuskapasiteettia. (Raattama 2016.)

Pumppujen ja puhaltimien laakereiden kunnonvalvontaan riittää hyvin skannaava järjestelmä, koska vikaantuminen ei etene kovin nopeasti. Esimerkiksi RAPin puhaltimet mitataan läpi kerran vuorokaudessa. Tiheämmästä mittausvälistä ei saada mitään käytännön hyötyjä. Liiallinen mittaus data aiheuttaa myös ongelmia tallennustilan kanssa. Jo kerran vuorokaudessa tehtävä mittaus tarjoaa huomattavasti enemmän mittaus tietoa kuin periodinen mittaus. (Annala 2016.)

Todellista onlinejärjestelmää, jossa jokaista anturia mitataan jatkuvasti, käytetään kohteissa, joissa vikaantuminen on nopeaa (Nohynek – Lumme 2004, 29). Esimerkkinä tästä ovat kylmävalssausalueiden alueella valssaimet, joissa laakerin vikaantumisesta johtuva kuumeneminen voi aiheuttaa

tulipalon sytyttämällä valssausöljyn palamaan. Valsaimet on varustettu Andritzin Optimatic-mittausjärjestelmällä, joka mittaa antureita muutaman millisekunnin tarkkuudella. Valsaimilla on hiili-dioksidisammutusjärjestelmä tulipalojen varalle. (Hietala 2015.)

### **7.1.2 Puolikiinteä mittausjärjestelmä**

Puolikiinteällä järjestelmällä helpotetaan kannettavalla mittalaitteella tehtäviä periodisia mittauksia. Mitattavaan kohteeseen asennetaan kiinteästi anturit, jotka liitetään anturikaapeleilla erilliseen liitäntäyksikköön. Mittaus suoritetaan liittämällä kannettava mittalaite liitäntäyksikköön. Järjestelmä soveltuu kohteisiin, joiden luokse on vaikea tai mahdotonta päästä tai mittaukseen liittyy työturvallisuusriski. (Nohynek – Lumme 2004, 28 - 29.)

Outokummulla puolikiinteää mittausjärjestelmää on asennettu esimerkiksi RAPille S-rullien laakereiden valvontaan. Osa kohteista on aidan takana, jonne ei käynnin aikana ole pääsyä. S-rullien laakereita on kiinteästi anturoitu ja anturikaapelit on koottu liitäntäyksikköön. Mitattava anturi valitaan liitäntäyksiköstä löytyvällä valintakytkimellä. (Annala 2016.)

### **7.1.3 Kannettavat mittalaitteet**

Kannettavilla mittalaitteilla mitataan säännöllisin määräajoin laitteet, joiden on todettu tarvitsevan kunnonvalvontaa, mutta kriittisyys ei edellytä jatkuvatoimista mittausjärjestelmää tai siihen ei ole vielä investoitu. Kunnonvalvojien käyttämät mittalaitteet on varustettu sisäisellä muistilla, johon mittauskierroksella saatavat tulokset tallennetaan. (Nohynek – Lumme 2004, 29; Annala 2016.)

Tulokset analysoidaan laitteen kanssa toimivalla ohjelmistolla, jota käytetään tietokoneella. Ohjelmalla luodaan mittaustietokanta, johon mittaustulokset tallennetaan jokaisen mittauskierroksen jälkeen. Tulosten perusteella tietokanta antaa hälytysraportteja ja mittausarvojen kehittymistä voidaan arvioida graafisesti mittaustrendistä. (Nohynek – Lumme 2004, 29.)

## 7.2 Kylmävalssaamoilla laakereiden kunnonvalvontaan käytettävä laitteisto

Kylmävalssaamolla käytössä olevat kannettavat mittalaitteet ovat SKF:n CMAS 100-SL värähtelykynä ja SKF Microlog CMVA 65. Kiinteitä järjestelmiä ovat SKF:n Optitude ja Andritzin akustiseen emissioon perustuva Optimatic-mittausjärjestelmä. (Annala 2016.) Optimaticia käytetään valsaimien laakereiden kunnonvalvontaan, eikä sitä käsitellä tarkemmin tämän opinnäytetyön yhteydessä.

Kuvan 12 värähtelymittauskynällä tehdään yksinkertaisia värähtelymittauksia. Sillä voidaan mitata värähtelynopeuden kokonaistasoa alueella 10-1 000 Hz, lämpötilaa +200 °C:een saakka sekä verhoikäyrän (envelope) arvoja. (Machine Condition Advisor 2016.) Verhoikäyräanalyysissä signaalia käsittelemällä saadaan korostettua konevioista johtuvaa tärinää kuten laakerivikoja. (Nohynek – Lumme 2004, 74.) Laite on tarkoitettu laitosmiehen tarkkailumittauksiin, eikä varsinaisten kunnonvalvojen työkaluksi. Laitteessa ei ole sisäistä muistia, joten se ei sovellu reittimittauksiin. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 2.8.)



KUVA 12. SKF CMAS 100 värähtelymittauskynä (Machine Condition Advisor 2016)

Kuvassa 13 näkyvä SKF Microlog CMVA 65 on kannettava yksikanavainen FTT analysointilaitteisto, joka soveltuu käytettäväksi reittimittauksissa, vianetsinnässä ja tasapainotuksissa. Laite on tarkoitettu kunnonvalvojan päivittäiseksi mittaustyökaluksi ja omaa monipuoliset ominaisuudet, joita voidaan täydentää lisävarusteilla. (Microlog® CMVA 65 2004, 1–4.) Kaikki kylmävalssaamoiden reittimittaukset suoritetaan Micrologia käyttäen. Vaikka laite on vanha ja melko kookas, se soveltuu käyttötarkoitukseensa hyvin. (Annala 2016.)





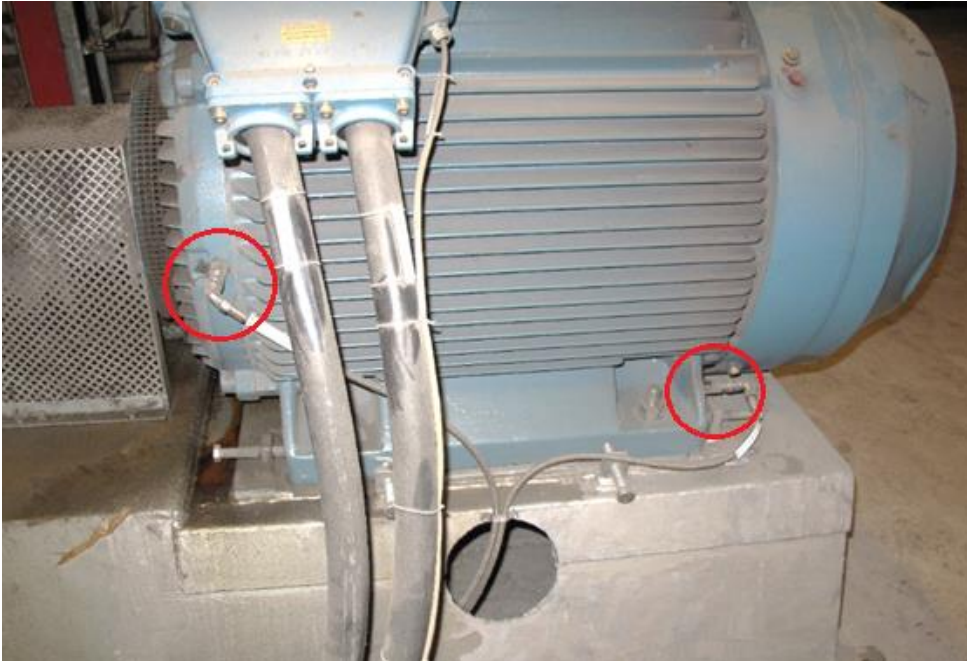
KUVA 13. SKF Microlog CMVA 65 kannettava analysaattori (Microlog® CMVA 65 2004, 1)

Micrologin mittausreitit luodaan SKF Optitude -ohjelmalla ja syötetään laitteeseen ennen mittaus-  
ten aloittamista. Kohteen mittaus aloitetaan mittaamalla stroboskoopilla laitteen pyörimisnopeus,  
tieto syötetään Micrologiin. Seuraavaksi suoritetaan varsinainen värähtelymittaus käymällä laitteen  
asetetut mittauspisteet magneettikiinnitteisellä kiihtyvyyssanturilla. Mittapisteistä nauhoitetaan lait-  
teelle aikatasosignaalia, jota käsitellään tietokoneella. Mittauskierroksen jälkeen tulokset siirretään  
ohjelmaan, jolla tehdään varsinainen analysointityö. (Annala 2016.)

RAPilla tärkeimpien puhaltimien ja niiden sähkömoottoreiden laakereissa on käytössä SKF:n jat-  
kuvatoiminen kunnonvalvontajärjestelmä. Järjestelmä on vanhempaa tekniikkaa, joka skannaa mit-  
tauspisteet läpi halutuun aikaväliin. Mittaustiedot siirtyvät samaan SKF:n Optitude-ohjelmistoon,  
johon myös Micrologilla periodisissa mittauksissa kerätyt tiedon tallentuvat. (Raattama 2016; An-  
nala 2016.)

SKF:n online-järjestelmä koostuu kiihtyvyyssantureista, anturikaapeleista, CMU-mittausyksiköstä ja  
serveritietokoneista. Periaatteeltaan se vastaa kuvan 11 mukaista jatkuvatoimista järjestelmää.  
Laitteen koosta riippuen sen anturointiin tarvitaan yhdestä kolmeen anturia. Antureina käytetään  
yleensä SFS CMSS2100-kiihtyvyyssantureita, jotka muuntavat värähtelyn digitaaliseksi jännitetie-  
doksi. Anturikaapelit siirtävät mittaustiedon CMU-mittausyksikölle. Lisäksi jokaisen laitteen pyöri-  
misnopeus mitataan takometrillä ja tieto siirretään mittausyksikölle. (Raattama 2016.) Kuvassa 14

nähdään puhaltimen sähkömoottori, joka on kytketty kiinteään mittausjärjestelmään. Kuvassa vasen anturi on kiinnitetty runkoon mittaamaan etulaakerin värähtelyä ja toinen anturi mittaa takalaakerin värähtelyä.



*KUVA 14. Kiinteästi anturoitu puhaltimen sähkömoottori*

CMU yksikköön voidaan kytkeä 4 - 32 anturia ja 8 laitteen pyörimisnopeustiedot (Kunnonvalvontakoulu 2007). Mittaustiedot siirretään mittausyksiköltä verkkoreitittimelle, joka siirtää tiedot pilvessä sijaitsevalle serveritietokoneelle ja tietokantapalvelimelle. Mittaustiedot siirtyvät verkosta kunnonvalvojen tietokoneille Optitude-ohjelmaan. (Raattama 2016.)

### **7.3 Mittaustulosten analysointi**

Kylmävalssaamoilla mittaustulosten analysointiin käytetään Optitude-ohjelmaa. Kunnonvalvojat käyttävät ohjelmaa laitekannan hallintaan, asetusten tekemiseen ja mittaustulosten analysointiin. Järjestelmä sisältää muun muassa laitekohtaiset laakeritiedot, suunnitellut mittausreitit, niiden asetukset, laitekohtaisen mittaushistorian ja jatkuvatoimisen järjestelmän asetukset kuten mittausvälin ja mittausehdot. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 3.1, 5.2.)

Periodisten mittausten analysointi pyritään suorittamaan samana päivänä, heti kierretyn mittausreitien jälkeen. Jatkuvatoimisen järjestelmän kohteet käydään läpi päivittäin. Mittaustulosten analysointi aloitetaan purkamalla mittausdata tietokoneelle. Ensimmäisessä vaiheessa verrataan laitteen värähtelyn kokonaistasoa aikaisempien mittausten trendiin. Ohjelma ilmoittaa, mikäli laitteen värähtelyn kokonaistaso ylittää sille asetetun hälytys- tai vauriorajan. (Annala 2016.) Kokonaistason rajat perustuvat standardiin PSK 5704 ja niitä tarkennetaan saatujen mittaustulosten perusteella. Oikein asetetut hälytysrajat nopeuttavat huomattavasti mittausreittien analysointia. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 7.4, 7.5, 7.7.)

Kokonaistaso kuvaa värähtelyn kokonaisenergiaa mitattuna tietyllä taajuusalueella. Tyypillisesti mitataan värähtelynopeuden tehollisarvoa välillä 1 - 1 000 Hz, joka antaa karkean arvion laitteen kunnosta. Sen perusteella ei kuitenkaan pystytä yksilöimään, mikä nousee värähtelytason aiheuttaa. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 7.5.) Syynä voi olla esimerkiksi puhaltimen juoksupyörälle kiinnittynyt lika tai laitteen löystynyt kiinnitys. Tarkempi analysointi edellyttää mittauksessa nauhoitetun aikatasosignaalin tutkimista. (Jänkä 2016.)

Mittaustulosten tarkempi analysointi suoritetaan tyypillisesti nopeuden taajuusspektrin ja verhoikäyräanalyysin (envelope) perusteella (Jänkä 2016). Nopeusmittauksen avulla saadaan esille esimerkiksi epätasapaino, linjausvirheet ja mekaaninen väljyys. Verhokäyrämittausta käytetään pääsääntöisesti laakerien kunnonvalvontaan. Se perustuu kiihtyvyyssmittauksen suodatetun taajuuskaistan tarkasteluun, joka korostaa konevivoista johtuvaa värinää ja mahdollistaa vikojen havainnoinnin aiemmassa vaiheessa. (Nohynek – Lumme 2004, 74.)

Taajuusspektri saadaan kiihtyvyyssanturilla mitatusta aikatasosignaalista FFT-laskennalla tai käytämällä kapeakaistaisia taajuussuodattimia. (Nohynek – Lumme 2004, 88.) Taajuusspektri kuvaa värähtelyn amplitudia eri taajuuksilla. (Kunnonvalvontakoulu 2007, 3.4.) Jokaiselle amplitudipiikille on oma syynsä. Taajuuden ja käyrän muodon perusteella voidaan määrittää hyvin yksityiskohtaisesti, mikä koneen osa sen aiheuttaa. Piikin taajuutta verrataan pyörimistaajuuteen ja sen monikertoihin. Laitetietoihin syötetyn laakerin ohitustaajuudet eli vikataajuudet saadaan näkyviin taajuusspektriin, joka helpottaa vikojen tunnistamista. Ilman laakerin tarkkoja tietoja laakerivikojen määrittäminen on hyvin vaikeaa. (Jänkä 2016.) Värähtelyn taajuusspektrin analysointia kuvataan standardissa PSK 5707 (Kunnonvalvontakoulu 2007, 6.2).

## 7.4 Mittausaikaväli

Periodisessa mittauksessa mittausväli määritetään laitteen häiriöherkkyyden ja vaurioiden kehittymisnopeuden perusteella. Mittausaikavälin tulee olla niin lyhyt, etteivät havaitut mitat pääse kehittymään mittausten välillä vaurioiksi. Tyypillisesti teollisuudessa käytetään mittausvälinä neljää viikkoa. Vikaantumisen merkkejä havaittaessa, mittauksia tehdään tiheämmin, jotta vian kehitystä voidaan seurata. (Nohynek – Lumme 2004, 29 - 30.) Taulukossa 1 on esitetty pumppujen ja puhaltimien ohjeelliset mittausvälit laitteen kriittisyyden ja rasituksen perusteella.

TAULUKKO 1. Pumppujen ja puhaltimien ohjeelliset mittausaikavälit PSK 5705 -standardin mukaisesti. (PSK 5705. 2006, 9)

KRIITTISYYS	RASITUS	SUOSITELTAVA MITTAUSVÄLI				
		kiinteä	2 vko	4 vko	2 kk	4 kk
kriittinen	kova	X				
	kevyt	X				
ei kriittinen	kova					
	kevyt					

Mikäli laitteen mittausväli asetetaan yli kahteen kuukauteen, menetetään kunnonvalvonnan kyky ennakoita vikoja. Tässä ajassa laitteeseen voi syntyä monia vikoja, jotka aiheuttavat vaurion. Yli kahden kuukauden välein suoritettavia mittauksia kutsutaan tarkistusmittauksiksi, joita voidaan esimerkiksi käyttää laitteiden kunnon kartoitukseen ennen seisakkia. (Nohynek – Lumme 2004, 30.)

## 7.5 Jatkuvatoimisen kunnonvalvontajärjestelmän edut

Jatkuvatoimisen kunnonvalvonnan käyttö antaa monia etuja periodisiin mittauksiin verrattuna. Se mahdollistaa sellaisten kohteiden valvonnan, joiden tarkkailu jaksottaisilla mittauksilla olisi epäluotettavaa ja tulosten vertailu vaikeaa. Useiden tärkeiden kohteiden valvonta on liki mahdotonta periodisilla mittauksilla vaikeista olosuhteista tai nopeasta vikaantumisesta johtuen. Lisäksi merkittävän etuna on, että mittausdataa saadaan käyttöön huomattavasti enemmän. (Juuso, J. 2016.)

Suurin periodisia mittauksia vaikeuttava tekijä on muuttuva pyörimisnopeus. Uusilla tuotantolinjoilla pumppujen ja puhaltimien tilavuusvirran säätöön käytetään hyvin usein pyörimisnopeussäätöä,

joka tehdään taajuusmuuntajan avulla. Aikatasosignaalia nauhoitettaessa on erittäin tärkeää tietää laitteen pyörimisnopeus, koska herätetaajuudet esiintyvät pyörimistaajuudella tai sen monikerroilla. Mikäli kierrosnopeus muuttuu mittausjakson aikana, ei saada laadukasta signaalia analysointia varten. Jatkuvatoimisessa järjestelmässä pyörimisnopeustieto tuodaan reaaliaikaisesti mittausyksikölle. Tieto saadaan moottoriin kytketyllä takometrillä tai prosessinohjausjärjestelmästä. (Nohynek – Lumme 2004, 88; Juuso, J. 2016.)

Toinen merkittävästi tulosten vertailuun vaikuttava tekijä on kuormituserot mittauskertojen välillä. Tyypillisesti värähtelyn suuruus on suoraan verrannollinen kuormitukseen. Pumpuissa ja puhaltimissa kuormitukseen vaikuttaa tilavuusvirran säätö virtausta kuristamalla. Yleensä kunnonvalvojan on vaikea saada selville, millainen laitteen kuormitustilanne on. (Nohynek – Lumme 2004, 113; Annala 2016.)

Tulosten analysoinnin kannalta merkittävä hyöty jatkuvatoimisessa järjestelmässä on, että mittausdataa saadaan huomattavasti enemmän. Suurempi tietomäärä vähentää kuormituksen ja muiden mittaukseen vaikuttavien tekijöiden aiheuttamaa tulosten hajontaa, mikä takaa tarkemman seurannan kohteen kunnosta. Lisäksi online-järjestelmä nopeuttaa kunnonvalvontatyötä, koska tietoa ei tarvitse kerätä kentältä ennen analysointia. (Juuso, J. 2016.)

## 8 KUNNONVALVONNAN KOHDENTAMINEN

Kunnonvalvontaan on käytettävissä rajallisesti resursseja, joten se on kohdennettava prosessilinjan kriittisimpiin kohteisiin. Värähtelymittausten kohdennusta voidaan arvioida ennakkohuolto-ohjelman laadinnan yhteydessä tai keskittyä arvioimaan erikseen kunnonvalvonnan mittaustoimintaa. Tässä työssä värähtelymittausten kohdennusta arvioidaan nykyisten värähtelymittausten pohjalta ja selvitetään, miltä osin toiminnassa on kehitettävää.

Normaalisti kunnonvalvonnan tarve määritellään laitekohtaisien ennakkohuoltosuunnitelmien luonnin yhteydessä. Suunnitelmat tehdään kriittisyysluokittelun perusteella tehtävien tarkempien laitteistoanalyysien perusteella, joilla selvitetään laitteiden vikaantumistapoja. Lisäksi ennakkohuolto-ohjelmiin vaikuttavat valmistajan huoltosuositukset ja takuuvaatimukset. Ennakkohuolto-ohjelmaan valitaan soveltuvimmat toimenpiteet, joilla pyritään ehkäisemään vikaantumisten aiheuttamia häiriöitä. Kunnossapitotoimien laajuus riippuu kohteen kriittisyydestä. (TTS 20856 2016, 3.)

Kunnonvalvonnan värähtelymittausten suunnittelua käsitellään PSK 5705 -standardissa. Mittaus-tarve määritetään turvallisuus- ja ympäristötekijöiden, tuotannon menetysten ja kunnossapitokustannusten perusteella. Nykyisen standardin esimerkki jakaa ne 11 eri tekijään, joille on omat painoarvonsa ja kertoimensa. Näiden kaikkien selvittäminen on hyvin haastavaa ja siitä syystä tässä työssä kohteita arvioitiin hieman yksinkertaisemmalla mallilla. (PSK 5705 2006, 13 - 14.)

Työssä kohteita arvioidaan PSK 5705 -standardin vanhemman version arviointitaulukon mukaan, mikä löytyy kirjasta Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset (Nohynek – Lumme 2004, 27.). Arviointi perustuu liitteen 1 mukaiseen taulukkoon. Se antaa 40 prosentin painoarvon laitteen tuotannolliselle kriittisyydelle, joka saadaan selville prosessilinjoille tehtyjen kriittisyysluokitteluista. Muut tekijät rahallista arvoa lukuun ottamatta saadaan kohtuullisen helposti selville laitekohtaisia tietoja keräämällä. Seuraavaksi kerrotaan tarkemmin linjoille tehdyistä kriittisyysluokitteluista, joita myös hyödynnettiin laitteiden arvioinnissa.

## 8.1 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyysluokittelulla kohdistetaan enemmän ennakkohuoltoa tärkeisiin kohteisiin. Sen pohjalta voidaan suunnitella kohteille mielekkäät ja tarvittavat ennakkohuolto-ohjelmat ja määrittää varastossa oltavat varaosat. Suomessa yleisesti käytetty kriittisyysluokittelumenetelmä on PSK 6800-standardi. Outokummulla on käytössä oma PSK 6800:een pohjautuva kolmiportainen kriittisyysluokittelu. (Junnonaho 2013, 24.; TTS 20856 2016, 3.)

Outokummun kriittisyysluokittelussa luokassa 1 ovat ”kriittiset laitteistot”, luokassa 2 ”vähemmän kriittiset laitteistot” ja luokassa 3 ”ei-kriittiset laitteistot”. Lisäksi neljäntenä (4) luokkana voidaan käyttää ”ei luokiteltu”. Kriittiset laitteistot ovat sellaisia, joiden vikaantumisella on välitön vaikutus tuotantoon, laatuun tai turvallisuuteen. Vähemmän kriittisen laitteiston vikaantuminen ei vaikuta suoraan tai välittömästi tuotantoon. Ei-kriittisillä laitteistoilla ei ole vaikutusta tuotantoon, laatuun tai turvallisuuteen. (TTS 20856 2016, 3.)

HP1:stä lukuun ottamatta, kaikille HP-linjoille ja RAPille on tehty kriittisyysluokittelut vuosien 2007 ja 2009 välillä. Luokittelu on tehty linjakohtaisen käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön yhteistyönä. Arviointiperusteet ja niiden painotukset ovat hieman vaihdelleet ryhmästä riippuen. Luokitteluja ei ole tehty laitekohtaisesti vaan ne on arvioitu laitteistotasolla, jotta työmäärä pysyisi kohtuullisena. Eri tekijöille on annettu painoarvo ja niiden eri vaihtoehdoille on annettu kertoimet. Näiden lukujen pohjalta on laskettu yhteispisteet, jotka ovat antaneet laitteiston kriittisyysluokituksen. Liitteessä 2 esitetään RAPin kriittisyysluokittelussa käytetyt arviointiperusteet, niiden painoarvot ja kertoimet.

Kriittisyysluokittelun tulos vaikuttaa kunnossapitotoiminnan laajuuteen. Junnoahon diplomityön esimerkistä voidaan nähdä, miten luokitus vaikuttaa ennakoivaan kunnossapitoon ja varaosakan-taan. Seuraavassa on esimerkki neliluokkaisen kriittisyysluokittelun laitekohtaisesta kunnossapi-tostrategiasta:

- Luokan 1 laitteilla on oltava kunnonvalvonta ja täydellinen ennakko-huolto-ohjelma sekä täydellinen varaosakanta. Tällöin ennakoimattomia vikoja ei sallita, vaaditaan korkeaa turvallisuutta ja ympäristöystävällisyyttä.
- Luokan 2 laitteilla on oltava osittainen kunnonvalvonta ja harkittu ennakkohuolto-ohjelma sekä valikoidut varaosat varastossa. Tällöin tilapäisiä häiriöitä voidaan sallia, mutta kor-jaukset on suoritettava nopeasti.

- Luokan 3 laitteilla on oltava suppea ennakkohuolto-ohjelma ja suppea varaosakanta.
- Luokan 4 laitteet ajetaan rikkoutumiseen saakka. (Junnonaho 2013, 35 - 36.)

Esimerkistä nähdään, että luokan 1 laitteilla tulee olla kunnonvalvonta ja luokan 2 laitteille se on suositeltavaa. Mikäli luokan 1 laitetta ei oteta värähtelymittauksen piiriin, siihen tulee olla vahvat perusteet. Perusteena voi olla esimerkiksi laitteelle löytyvä varalaite, sen pieni teho tai kierrosnopeus, laitteen soveltumattomuus värähtelymittauksiin tai vaihtolaitteen edullinen hinta.

Värähtelymittausten kohdennusta ei voida tarkastella pelkästään kriittisyysluokittelun pohjalta, vaan käyttöön tulee ottaa myös muita kohdennusperusteita. Esimerkiksi HP4:lla tällä hetkellä mitauksissa olevista laitteista kaksi kolmannelta kuuluu luokkaan 3, jonka laitteita ei kriittisyytensä perusteella tarvitse valvoa. Nykyisten mittauskohteiden ja kriittisyysluokituksen välisiin ristiriitoihin on useita syitä. Ensimmäinen syy on, että kriittisyysluokitus on tehty laitteistojen tasolla, eikä se ole arvioinut yksittäisiä laitteita. Toisena syynä voi olla, että luokitus ei välttämättä painota riittävästi tuotannollista kriittisyyttä. Näistä syistä johtuen luokittelua käytetään tässä opinnäytetyössä hyvänä lisätietona ja suurempi painoarvo annetaan käytön työnjohdon kommentteille laiteiden vikaantumisen vaikutuksesta tuotantoon.

## 8.2 Muita kohdennusperusteita

Värähtelymittauksen kohdennuksen kannalta hyviä lisätietoja tuotannollisen kriittisyyden lisäksi ovat käyttöteho, pyörimisnopeus, häiriöherkkyys sekä luoksepäästävyys ja ympäristöolosuhteet. Nämä tekijät ovat kohtuullisen helppoja selvittää. Lisäksi kohdennukseen vaikuttaa, onko laite tällä hetkellä värähtelymittausten piirissä. Mittausten poistamiselle tulee olla hyvä peruste.

Häiriöherkkyys kuvaa, kuinka tiheästi kohteella on vikatilanteita. Värähtelymittausten kannalta vikaantumisia tarkastellessa, tulee tarkastella ainoastaan laakereista aiheutuvia laitevaihtoja, puuttumatta esimerkiksi pumppujen vuotoista johtuviin vaihtoihin. Vikaantumishistoria saadaan selvitettyä parhaiten kunnossapidon tietojärjestelmässä.

Käyttöteho kuvaa laitteen kokoa, huollettavuutta sekä antaa kohtuullisen arvion sen arvosta. Käyttötehotiedot saadaan laitedokumenteista tai kentältä tarkastamalla. Kunnonvalvonnan tarve kasvaa laitekoon kasvaessa. (Juuso, J. 2016.)



Laitteen pyörimisnopeus vaikuttaa sen vikaantumisnopeuteen. 3 000 kierroksella minuutissa laite vikaantuu nopeammin kuin 1 500 tai 750 kierroksella. Vikaantumisen etenemisnopeuksien välisen eron suuruusluokkaa on vaikea arvioida, koska siihen vaikuttavat monet tekijät. Kuitenkin voidaan sanoa alkaneen vikaantumisen etenevän nopeakäytisessä laiteessa huomattavasti nopeammin. (Juuso, J. 2016.)

Ankarat käyttöolosuhteet ja huono luoksepäästävyys ohjaavat puolikiinteään tai kiinteään mittausjärjestelmään. Ankarissa, esimerkiksi kuumissa, olosuhteissa laakerin vikaantuminen on nopeampaa. Huonon luoksepäästävyuden vuoksi korjauksen valmistelu vaatii enemmän aikaa ja se on hitaampaa. Tehokkaalla kunnonvalvonnalla valmisteluun voidaan saada aikaa useita viikkoja, jopa kuukausia. (Juuso, J. 2016.)

### **8.3 Varmennettu järjestelmä**

Vaihtoehtona kunnonvalvonnalle voidaan käyttää myös kohteen kahdennusta, mikä on hyvin perinteinen tapa lisätä luotettavuutta. Kunnonvalvonnan kohdentamista suunnitellessa tulee miettiä, onko laitteelle olemassa varalaite, joka voidaan ottaa käyttöön vikaantumisen yhteydessä. Esimerkiksi nesteiden kierrätysjärjestelmät on tyypillisesti varustettu useilla pumpuilla, joista vain osa on käytössä. Vähintään yksi pumppu on varalla ja se otetaan käyttöön toisen pumpun vikaantuessa. Vikaantumisesta ilmoitetaan kunnossapidolle, joka ajoittaa vikaantuneen vaihdon seuraavaan päiväseisokkiin. Yleensä näille laitteille on jo odottamassa huollettu varalaite, joka voidaan kohtuullisen nopeasti vaihtaa paikalle. Vikaantunut laite palautetaan käyttökuntoon kunnostamalla.

Varmennetun järjestelmän kohteita ei ole järkevää valvoa, elleivät ne ole kooltaan suuria ja arvokkaita. Kunnonvalvonta ei poista tai nopeuta korjaustoimenpiteitä kohteissa, joissa varalaite on valmiiksi kytkettynä odottamassa käynnistystä. Signaali varmennetun järjestelmän korjaukseen saadaan laitteen vikaantumisesta, joten värähtelymittausten tekemisestä ei saada juuri hyötyä.

## 9 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyössä on tarkasteltu linjojen pumppujen ja puhaltimien kunnonvalvonnan tilannetta koamalla niistä tietoja Excel-tiedostoon. Tavoitteena oli saada kattava listaus, jonka perusteella voidaan arvioida kunnonvalvonnan tarvetta. Tärkeistä laitteista kerättiin tarkempia tietoja kuten teho, pyörimisnopeus sekä laakereiden vikaantumishistoriaa. Listaukset käytiin läpi linjoittain alueen työnjohdon ja kunnonvalvontahenkilöstön kanssa. Kerättyjen tietojen ja haastatteluiden pohjalta esitettiin värähtelymittauksiin tehtäviä muutoksia ja jatkuvatoimisen kunnonvalvonnan kohdenusta. Opinnäytetyössä laaditut taulukot ovat nähtävillä liitteissä 3 - 7.

Tietoja kerättiin pääasiassa kunnossapidon tietojärjestelmän laitehierarkiasta ja malliennakkohuoltotöistä. KUTIlta saatuja tietoja täydennettiin linjakohtaisilla kriittisyysluokitteluilla, puhallin sekä moottorilistauksilla, mikäli sellaisia oli tehty. Laitteiden vikaantumista tarkasteltiin KUTIn historiatiedoista. Tietolähteitä yhdistäessä huomattiin, että KUTIn laitetiedot ovat puutteellisia ja laitteille on annettu eri nimiä lähteestä riippuen. Puutteiden määrä vaihteli paljon eri linjojen välillä.

### 9.1 Linjakohtaisten tietojen kerääminen

Laitekannan tietolähteeksi valittiin kunnossapidon tietojärjestelmä. KUTIlta kerättiin linjoittain kaikki pumput ja puhaltimet. Listaukseen poimittiin laitteen nimen lisäksi tieto, mihin osaprosessiin se kuuluu ja mikä on laitteen positio laitehierarkiassa. Heti alussa oli tiedossa, että sen tiedoissa on puutteita laitekannassa, koska laitteita ei ole lisätty tai laitekannan muutostyöt on jäänyt päivittämättä järjestelmään. Siitä huolimatta sen todettiin olevan paras käytettävissä oleva lähde laitekannan tarkasteluun.

Vaihteistovoitelu- ja hydraulikkajärjestelmät rajattiin työn ulkopuolelle laitteiston listausvaiheessa. Ensimmäisenä syynä rajaukseen oli, että niiden kunnonvalvonta ei kuulu Outokummun oman kunnonvalvonnan piiriin. Järjestelmien kuntoa selvitetään linjasta riippuen yhdestä kolmeen kertaa vuodessa Ahlsellin toimesta (Hietala 2016). Rajauksen toisena syynä oli, että niiden tietoja oli lisätty KUTIlle valitettavan huonosti.

Seuraavaksi haettiin malliennakkohuoltotöistä linjakohtaiset värähtelymittaustyöt, joista nähtiin mi-  
hin kohteisiin ja millä suoritusstiheydellä värähtelymittauksia kohdennetaan tällä hetkellä. RAPilla  
kiinteään mittausjärjestelmään kytketyt laitteet selvitettiin SKF Optitude -ohjelmasta. Myös pe-  
riodissa mittauksissa olevat kohteiden paikkansapitävyys tarkistettiin samasta tietolähteestä.

Kunnonvalvonnan jälkeen laitteille merkittiin kriittisyysluokitus ja siinä saadut pisteet. Linjojen kriit-  
tisyysluokittelussa oli tarkasteltu laitteita pääasiassa laitteistotasolla eikä laitekohtaisesti. Kriitti-  
syysluokittelu antoi kuitenkin hyvän pohjan kunnonvalvonnan kohdennusta varten, mutta siihen ei  
saa tukeutua liikaa, kuten aiemmin värähtelymittausten kohdennuksen yhteydessä mainittiin.

Kriittisyysluokittelun lisäämisen jälkeen tarkasteltiin laitteiden laakerivaurioita. Vaurioita tarkastet-  
tiin kriittisimmän luokan 1 ja tällä hetkellä kunnonvalvonnassa olevista laitteista. Laakeririkkoja et-  
sittiin KUTIn historiatiedoista sekä laite- että ylemmältä laitteistokohtaiselta hierarkiatasolta. Laa-  
kerivauriot kirjattiin erikseen moottorille ja pumpulle tai puhaltimelle. Kirjaukseen merkittiin vaurioi-  
den määrä ja vauriovuodet koko KUTI-historian ajalta.

Vikaantumisten kirjauksen jälkeen kerättiin samoille laitteille lisätietoja saatavilla olleista moottori  
ja puhallinluetteloista. Mikäli luetteloja ei ollut käytössä, tärkeimpien laitteiden tiedot hankittiin ken-  
tältä. Lisätietoihin kirjattiin moottorin nimellisteho ja pyörimisnopeus. Ne antavat kuvaa laitteen ra-  
hallisesta arvosta ja vikaantumisnopeudesta. Seuraavaksi linjakohtaiset taulukot käytiin läpi käytön  
työnjohdon kanssa.

Vikaantumis- ja laitetietoja täydennettiin työnjohdon haastattelujen perusteella. Tiedot lisättiin sel-  
lasiin luokan 2 ja 3 laitteisiin, jotka olivat nousseet haastattelussa tuotannon kannalta tärkeiksi  
kohteiksi. Lisäksi selvitettiin laitekohtaisesti vikaantumisen vaikutus linjan toimintaan. Näiden tieto-  
jen pohjalta voitiin tehdä valintoja kunnonvalvonnan kohdennuksesta.

Kunnonvalvonnan kohdennuksessa käytettiin luvun 8 mukaisia perusteita. Taulukkoon lisättiin kun-  
nonvalvonnan ”Muutos”-sarake, johon merkittiin esitetyt muutokset värähtelymittauksiin. Kohteita  
esitettiin lisättäväksi periodisiin mittauksiin tai tehtiin muutoksia periodisten mittausten mittausaika-  
väleihin. Joitakin kohteita ehdotettiin jatkuviin mittauksiin. Lisäksi osaan kohteista merkittiin niiden  
tarvitsevan tarkempaa selvitystä.

## 9.2 Käytön työnjohdon haastattelut

Kunnonvalvonnan kohdennuksessa linjan toiminnan ymmärtäminen on tärkeää. Linjojen työnjohdon tuntemusta ja kokemusta hyödynnettiin laitteiden vikaantumisten seurauksia selvittäessä. Kriittisyysluokittelun antama kuva laitteiston tai laitteen kriittisyydestä ei kerro vikaantumisen seurauksista tai varalaitteiden olemassaolosta. Linjan työjohto osasi auttaa näiden tekijöiden määrityksessä.

Laitelistaus käytiin läpi linjakohtaisesti työnjohtajien kanssa. He merkitsivät listaan kriittiset laitteet ja vikaantumisen vaikutukset linjan toimintaan. Lisäksi he auttoivat täydentämään listaa laitteilla, joita eivät löytyneet KUTIn hierarkiasta. Useat kohteet, jotka luokittelun perusteella olivat kriittisiä, olivat varustettu rinnan kytketyllä varalaitteella. Tällä perusteella kunnonvalvonnan tarve poistui lukuisissa kohteissa. Lisäksi he osasivat kertoa, mikäli laite oli linjan ajolukitussa ja sen vikaantumisella on ympäristövaikutuksia. Tällaiset laitteiden osalta oli tutkittava tarkemmin värähtelymittausten toteutettavuutta.

Tarkasteluissa hyödynnettiin sekä työnjohtajien omaa laitteistotietoutta ja RAPin yhteydessä myös prosessin ohjausjärjestelmää, josta kaikki prosessin laitteet ovat nähtävissä. Tarkastelua vaikeuttivat laitteiden eriävät nimeämiset tietolähteestä riippuen, kuten työn muissakin vaiheissa. Haasteista huolimatta laitteistolistaan saatiin työnjohdon avulla paljon tärkeää informaatiota värähtelymittausten kohdennusta varten.

## 9.3 Kunnonvalvojien haastattelut

Opinnäytetyön suorittamisen aikana kunnonvalvontaryhmän henkilöt olivat tärkeä tiedonlähde. He auttoivat avaamaan värähtelymittausten teoriapohjaa, kertoivat värähtelymittauslaitteistosta ja mitausten suorittamisesta käytännössä sekä tulosten analysoinnista. Lisäksi he antoivat oman näkemyksensä värähtelymittausten ja kunnonvalvonnan nykytilasta.

Haastattelujen perusteella nykyiset värähtelymittauskierrokset ehditään yleensä suorittamaan aikataulun mukaisesti. Sairastapaukset tai muut poissaolot eivät aiheuta puutteita reittimittauksiin. Välillä tulee kuitenkin tilanteita, ettei mittauskierrokselta saatuja tuloksia ehditä analysoida saman

päivän aikana. Tästä johtuen mittauskierroksella havaittuja ympäristöseikkoja, kuten linjan ajotilannetta tai muita tekijöitä, on vaikeampi ottaa huomioon. (Annala 2016.)

Mittausväleistä keskustellessamme tuli esille seikka, ettei vikaantumisherkkiä kohteita seurata riittävän tiheästi. HP-linjoilla periodisten mittausten suoritusväli on noin kaksi kuukautta. Yleistä mittaussväliä ei tulisi tihentää koko laitekannan osalta, vaan ainoastaan vika-alttiiden kohteiden osalta. HP-linjojen vikaherkkiä kohteita voitaisiin koota yhden kuukauden välein kierrettävän kierrettäväksi työksi. (Annala 2016.)

Tehdyt laitteistolistaukset käytiin yhdessä läpi etsien vaikeasti mittavia kohteita. Keskustellessa nousi esille HP2:n puhaltimet, joiden pyörimisnopeus vaihtelee ajoittain hyvin suuresti ja tekee mittaustyöstä mahdotonta. Mittaus joudutaan usein uusimaan seuraavana päivänä. Tällaisiin kohteisiin tulisi kohdentaa jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä. (Annala 2016.)

## 10 VÄRÄHTELYMITTAUSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa käsitellään linjakohtainen värähtelymittausten nykytila sekä esitetään linjojen tarkasteluissa ilmenneet muutokset värähtelymittauksiin. Muutoksille kerrotaan perusteluita ja lisäetuja. Linjojen laitekohtaiset värähtelymittaustiedot on kerätty Excel-tiedoston välilehdille. Linjakohtaiset tiedot ovat nähtävissä liitteistä 3 - 7, joihin linjoja käsitellessä viitataan. Taulukkoon 2 on koostettu linjojen värähtelymittausten lähtötilanne ja tarvittavat muutokset mittauksiin.

TAULUKKO 2. Värähtelymittausten lähtötilanne ja opinnäytetyössä ehdotetut muutokset linjoittain

Linja	LAITTEET			KUNNONVALVONTA		MUUTOKSET		
	Pumput	Puhaltimet	Yhteensä	Periodinen	Online	Lisäys	Mittausväli	Online
HP1	39	15	54	10	0	4	1	
HP2	66	25	91	10	0	4	1	16
HP3	59	24	83	11	0	2	1	
HP4	80	34	114	22	0	6	0	
RAP5	165	62	227	33	32	14	3	4

Taulukosta 2 on nähtävissä linjoittain kerätty laitemäärä, kunnonvalvonnan nykytila ja esitetyt muutokset. Vertaamalla hehkutus- peittäuslinjojen laitemäärää toisiinsa, voidaan nähdä, että HP1:n ja HP3:n KUTIn laitekannassa on paljon puutteita. Linjojen toimintaperiaate on hyvin samanlainen, joten laitemäärän tulisi olla lähempänä toisiaan. Muutoksista nähdään, että periodisiin mittauksiin esitetään lisättäväksi 30 uutta kohdetta ja kuuden kohteen mittausväliä muutettavaksi. Jatkuvatointamiseen kunnonvalvontaan ehdotetaan HP2:lla 16:sta kohdetta ja RAPilla neljää kohdetta. Tarkemmat tiedot löytyvät linjakohtaisissa luvuissa 10.1. - 10.5.

Linjakohtaisten muutosten lisäksi esitetään, että hehkutus- peittäuslinjoille luodaan yksi tiheämpi mittauskierto, jossa tarkkaillaan vikaantumislaitteita ja kriittisiä laitteita tiheämmällä yhden kuukauden ajastuksella. Alkuun tiheämpään mittauskiertoon kannattaa poimia HP2:n sekahappopeittauksen kaasunpesun poistopuhallin, HP1:n jäähtytyksen kuivausilmapuhallin ja HP3:n savukaasupuhallin. Perustelut valinnoille löytyvät linjakohtaisista muutoksista.

## 10.1 HP1

HP1 on vanhin hehkutus- ja peittäuslinja. Se on valmistunut vuonna 1976 ja modernisoitu vuonna 1993. Linja on varustettu HP3:n tavoin kuulapuhalluksella, mikä mahdollistaa kuumanauhojen käsittelyn. Linjaa käytetään kuitenkin pääasiassa kylmänauhojen käsittelyyn, koska kuumanauhojen käsittely on hitaampaa kuin HP3:lla. (Hehkutus- ja peittäuslinjat, 24.) Linjalla ei ole sekahappopeitaukseen omaa kaasunpesua, se tapahtuu viereisen HP2:n puolella (Vitikka 2016.)

Linjan tuotanto oli talvella ajettuna alas ja sen tulevaisuus on hieman epävarma. Tästä syystä investointeja jatkuvatoimiseen kunnonvalvontajärjestelmään ei kannata tehdä. (Juuso, J. 2016.) Värähtelymittausten muutokset rajoittuvat periodisen mittauksen parempaan kohdennukseen ja mittauksista puuttuvien laitteiden määrittelyyn.

Linjan tarkastelua vaikeutti hieman se, ettei linjalle ole tehty kriittisyysluokittelua (Ekman 2016). Lisäksi linjan laitehierarkia KUTilla oli hyvin puutteellinen, kuten laitteiden määrästä on nähtävissä. Laitehierarkiaan ei ollut esimerkiksi listattu jäähdytysalueen puhaltimien muutoksia vuonna 1993 tehdyssä modernisoinnista. Myös WebDohalta löytyvät piirustukset näyttivät vanhan laitekannan mukaista järjestystä. Selvyys puhaltimiin ja jäähdytysalueen toimintaan saatiin tarkastamalla kohteet kentällä käytön työnjohdon kanssa.

Jäähdytysvyöhykkeillä 1 - 4 ei ole varsinaisia poistopuhaltimia. Vyöhykkeelle 1 johdetaan sekä tuoilmapuhallin 1:n sekä pölynpoistopuhaltimien kaasuvirta. Vyöhykkeiden 2, 3 ja 4 kaasunpoisto tapahtuu pölynpoistopuhaltimilla. Samalla nauhasta irtoava hilse siirtyy neljään hilsesiiloon. Kuivausilmapuhallin kuivaa vesi-ilmaseoksella jäähdytetyn nauhan sen alapuolelta ja kuivausvyöhykkeen poistovirtaus suuntaa tehtaan katolle. (Juuso, O. 2016.)

### 10.1.1 Värähtelymittausten nykytila

Linjan värähtelymittaukset on koottu yhteen työhön, joka suoritetaan kahdeksan viikon välein. Työssä on kymmenen uuni- ja jäähdytysalueen puhallinta, jotka ovat kohtuullisen hyvin mitattavissa. Puhaltimet ovat toimineet melko luotettavasti kuivausilmapuhallinta lukuun ottamatta. Linjan värähtelymittaukset ilmenevät liitteestä 3. Nykyisin värähtelymittauksissa olevat kohteet löytyvät kunnonvalvonnan "Nykytila"-sarakkeesta.

Värähtelymittaukset on kohdennettu oikein jäähdytysalueen puhaltimien osalta. Uunin, elektrolyyt-tipeittauksen ja kuulapuhalluksen alueilta löytyi yhteensä neljä kohdetta, joiden vikaantuminen vai-kuttaa linjan toimintaan. Lisäksi kahta kohdetta on arvioitava tarkemmin mittauksien kannalta. Muu-toksia ja lisäarviointia vaativat kohteet on merkitty kunnonvalvonnan ”Muutos”-sarakkeeseen.

### 10.1.2 Muutokset mittauksiin

Uunialueen puhaltimista savukaasupuhallin ja uunin sekoitusilmapuhallin on lisättävä linjan väräh-telymittauskierrokseen. Savukaasu- tai sekoitusilmapuhaltimen vikaantuminen pysäyttää uunin toi-minnan (Juuso, O. 2016). Savukaasupuhaltimen ja sekoitusilmapuhaltimen vikaantumisilta on his-toriatietojen mukaan toistaiseksi vältytty. Värähtelymittausten lisäksi savukaasupuhaltimelle voisi harkita voiteluautomaattia, koska kyseessä on linjan toiminnan kannalta erittäin tärkeä puhallin. Nykyisin sen kannatinlaakerit ovat nippavoitelussa. Savukaasupuhallin esitetään kuvassa 15.



KUVA 15. HP1:n savukaasupuhallin



Elektrolyyttipeittauksen kaasunpesun imuri tulee olla jaksottaisessa valvonnassa, koska se on ympäristövaikutusten vuoksi ajolukituksissa. Imuri on vikaantunut tarkasteluajavälillä kahdesti. Saman kaasunpesun pienen kiertopumpun värähtelymittauksia tulee myös harkita ajolukituksista johtuen (Juuso, O. 2016). Pumpulle ei ole merkitty vikaantumisia KUTille.

Kuulapuhalluksen pölynpoistopuhaltimen vikaantuminen estää kuulapuhallusvyöhykkeen käytön kuumanauhojen ajon yhteydessä. Vaikka HP1:sta käytetään pääasiallisesti kylmänauhojen käsittelyyn, sillä ajetaan ajoittain kuumanauhaa, HP3:n tavoin. Kuumanauhaa ajettaessa kuulapuhalluksen pölynpoistopuhallin tulee olla käytössä. (Juuso, O. 2016.) Kuulapuhalluksen pölynpoistopuhallinta ei löydy KUTIn hierarkiasta, joten vikaantumisia ei voida arvioida. Kuulapuhalluksen pölynpoistopuhallin on esitetty kuvassa 16.



*KUVA 16. HP1:n Kuulapuhalluksen pölynpoistopuhallin*

Jäähdytyksen kuivausilmapuhallinta kannattaa miettiä lisättäväksi tiheämpään värähtelymittauskiertoon, koska se on vikaantunut tarkasteluvälillä neljästi. Vikaantuminen ei suoraan pysäytä linjaa, mutta se vaikuttaa määrän nauhan kuivumiseen jäähdytysvyöhykkeiden jälkeen. Viimeisellä jäähdytysvyöhykkeellä nauhaa jäähdytetään vesi-ilmaseoksella. Mikäli kuivain vikaantuu, nauha tulee märkänä S-rullasto 3:lle. (Juuso, O. 2016.)

Jäähdytysveden kierrätyspumpun mittausta tulee arvioida tarkemmin. Vesi on mukana jäähdytyksessä viimeisellä jäähdytysvyöhykkeellä. Jäähdytyksessä on käytössä suljettu vesikierto, jota jäähdytetään raakavedellä. Jäähdytyskierrätyksen vikaantuessa voidaan vyöhykkeelle ohjata suoraa raakavettä, mutta sen käyttö kuitenkin lisää hilseisen veden puhdistustarvetta HP:3:n vedenpuhdistuksessa. (Niskala 2016.) Kierrätyspumpua käytetään kiilahihnojen välityksellä 30 kW:n sähkömoottorilla. Laitteen historiasta ei ilmene laakerivikaantumisia.

## **10.2 HP2**

HP2 on tuorein hehkutus- ja peittäuslinja. Se on otettu käyttöön vuonna 2009 (Hehkutus- ja peittäuslinjat, 24). Linjaa käytetään valssattujen nauhojen loppuhehkutukseen ennen siirtoa leikkauslinjoille. Linja on HP1:n vieressä ja ne jakavat sekahappopeittauksen kaasunpesun, joka on KUTIIlla merkitty HP2:n hierarkiaan. (Vitikka 2016.)

HP2:n tarkastelu onnistui parhaiten HP-linjoista, koska KUTIn tiedoista ei ollut juuri puutteita ja linjalle oli tehty hyvä laitekohtainen kriittisyysluokittelu. Luokittelussa oli puutteita vain muutamien laitteiden osalta. Linjan moottoriluetteloa ei ollut saatavilla, joten tärkeimpien laitteiden tiedot kerättiin kentältä.

### **10.2.1 Kunnonvalvonnan tilanne**

HP2:n kunnonvalvonnan tilanne on esitetty liitteessä 4. Periodiset värähtelymittaukset on koottu yhteen työhön, joka toistetaan seitsemän viikon välein. Työssä on 17 puhallinta. Linjan värähtelymittaukset on kohdennettu kohtuullisen hyvin tärkeimpiin kohteisiin, kuten uuni- ja jäähdytysalueen puhaltimiin, mutta tarkastelussa löytyi lisättäväksi kolme uutta laitetta, joiden vikaantumien vaikuttaa välittömästi linjan toimintaan.

HP2:n uuni- ja jäähdytysalueen puhaltimien mittaamisessa on ongelmana vaihteleva pyörimistäajuus, puhaltimien tuottoa säädetään taajuusmuuntajilla. Puhaltimien mittaus joudutaan välillä uusimaan seuraavana päivänä. (Annala 2016.) Toistaiseksi suuret puhaltimet ovat pelanneet luotettavasti uunin polttoilmapuhallinta lukuun ottamatta. Polttoilmapuhallin on vikaantunut kahdesti ja sen sähkömoottori on vaihdettu kerran. Puhaltimille esitetään jatkuvatoimista kunnonvalvontajärjestelmää. Laitteista kerrotaan tarkemmin luvussa 11.2.

## 10.2.2 Muutokset mittauksiin

Periodisiin mittauksiin tulisi lisätä uunin savukaasupuhallin, rasvanpoiston höngänpoistopuhallin ja sekahappopeittauksen kaasunpesun höngänpoistopuhallin. Kaikki kolme kohdetta ovat linjan ajolukituksissa. (Vitikka 2016.) Kohteissa on toistaiseksi vältytty vikaantumisilta. Lisäksi rasvanpoiston nauhakuivaimen mittausta tulee harkita.

Kuvan 17 savukaasupuhallin ei ole värähtelymittausten piirissä, vaikka sen vikaantuminen pysäyttää uunin. Savukaasupuhallin sijaitsee linjan takana esilämmitysuunin vieressä eikä uunialueen puhallinhuoneessa, kuten sekoitusilmapuhallin ja polttokaasupuhallin. Poikkeava sijainti voi olla syynä sen puuttumiseen mittausreitiltä. Ennen jatkuvatoimisen järjestelmän rakentamista esitetään sitä mitattavaksi seitsemän viikon välein kuten muutkin HP2:n puhaltimet.



KUVA 17. HP2:n Hehkutusuunin savukaasupuhallin

Rasvanpoiston puhaltimen vikaantuessa, ajolukitus pysäyttää linjan toiminnan. Vaikka puhallin on teholtaan pieni, 22 kW, se on kriittisyytensä vuoksi lisättävä reittimittausten piiriin. Puhallin sijaitsee hoitotasolla rasvanpoiston vieressä. Luoksepääsystä ei ole ongelmaa.

Sekahappopeittauksen kaasunpesun (Steuler) poistopuhallin on ehdottomasti lisättävä mittauskieroksiin, koska sen vikaantuminen pysäyttää sekä HP2:n että HP1:n tuotannon (Vitikka 2016). Puhaltimen korkea pyörimistaajuus nopeuttaa laakerien vikaantumista. Puhallinta ehdotetaan lisättäväksi periodisiin mittauksiin, osana HP-linjojen kriittisten kohteiden kiertoa, yhden kuukauden ajatuksella.

Rasvanpoiston nauhakuivaimen katolla on kaksi puhallinta, joiden mittausta tulee miettiä tarkemmin. Puhaltimien vikaantuminen hidastaa linjan ajonopeutta (Vitikka 2016). Kohde on korkealla paikalla ja katolle nousu edellyttää yhteydenottoa nosturiin.

### 10.3 HP3

HP3 on kylmävalssaamo 1:n tärkeimpiä linjoja, koska suurin osa kylmävalssaamo 1:lle tulevista kuumanauhoista kulkee ensimmäisenä sen läpi. Se on varustettu kolmivaiheisella kuulapuhalluksella. Linja on otettu käyttöön vuonna 1991 ja siihen on tehty muutoksia 1995. (Hehkutus- ja peittäuslinjat, 24.) Lisäksi kesällä 2015 aloitettiin uusi modernisointi, jonka ensimmäisessä vaiheessa uusittiin loppuhuuhdelun laitteita. Modernisointi tehdään vaiheittain vuosihuoltojen yhteydessä, jotta kylmävalssaamon tuotanto ei joudu kärsimään pitkistä yhtäjaksoisista seisakista.

Linjan tarkastelussa oli käytössä apuna vajaa kymmenen vuotta vanha kriittisyysluokiteltu, joka oli osittain tehty laitetason tarkkuudella. Lisäksi käytössä oli kylmävalssaamoiden puhallinluettelo, jonka laitetiedot osoittautuivat vanhoiksi ja ne jouduttiin keräämään kentältä. KUT:llta löytyneissä laitetiedoissa oli puutteita ja runsaasti vanhoja tietoja. Eniten hämmennystä aiheuttivat jäähdytysalueiden puhaltimet.

Puhallinhuoneessa sijaitsevat jäähdytysvyöhykkeiden puhaltimien tiedoja ei ollut päivitetty KUT:n laitehierarkiaan. Epäselvää puhallintilannetta selvitettiin käytön työnjohtajan ja kunnossapitoinsinöörin kanssa. Saimme selville, että 1995 asennetut Rotoklon 1 ja 2 puhaltimet siirtävät molemmat kaasuja kolmeen eri kohteeseen, eikä jäähdytysvyöhykkeissä ole varsinaisia poistopuhaltimia (Rantamäki 2016.). Puhaltimien oikeat nimet jäivät edelleen epäselviksi, mutta kaikki kahdeksan puhallinhuoneesta löytyvää jäähdytyspuhallinta ovat tällä hetkellä värähtelymittausten piirissä (Annala 2016).

### 10.3.1 Kunnonvalvonnan tilanne

Linjan kunnonvalvonnan kohdentaminen on tällä hetkellä melko hyvällä tasolla. Ainoastaan elektrolyytti ja happopeittauksen kaasunpesuista löytyy puutteita. Värähtelymittaukset on koottu yhden kahden kuukauden välein suoritettavan työn alle. Työssä on 11 uuni- ja jäähdytysalueen puhallinta. HP3:n kunnonvalvonnan tilanne ilmenee liitteestä 5.

Kunnossapidon tietojärjestelmän puutteista johtuen HP3:n kuulapuhalluksen arviointi tuli mieleen vasta työn viimeistelyvaiheessa. Kyseisen alueen laitekohtaisia tietoja ei löydy KUTI:ltä. Kuulapuhalluksen kiertomäntäpuhaltimien ja vyöhykkeiden pölynpoistopuhaltimien valvontaa kannattaa miettiä, koska laitevikaantumisista seuraa alennettu ajonopeus (Vitikka 2016.). Kohteita ei ole tarkasteltu tässä työssä.

### 10.3.2 Muutokset mittauksiin

Nykyisten mittauskohteiden osalta muutoksia voidaan miettiä polttoilmapuhaltimien ja savukaasupuhaltimien osalta. Polttoilmapuhaltimia on kaksi kappaletta, joista toinen on varalla. Yhden vikaantuminen ei pysäytä linjaa (Vitikka 2016). Ne ovat kooltaan suuria ja niiden korjaus edellyttää valmisteluja, joten ne kuitenkin kannattaa yhä pitää värähtelymittausten piirissä. Lisäksi korkea pyörimistaajuus puoltaa jatkamaan periodisia mittauksia.

HP3:n savukaasupuhallinta ehdotetaan lisättäväksi HP-linjojen tihennettyyn mittauskierrokseen. Puhallin on vikaantunut kahdesti viimeisen kahden vuoden aikana. Sen vikaantumien pysäyttää uunin välittömästi (Vitikka 2016). Puhaltimen vikaantuminen voi vaikuttaa materiaalipulana myös muiden kylmävalssaamo 1:n linjojen toimintaan.

Uusiksi kohteiksi esitetään elektrolyytti- ja sekahappopeittauksen kaasunpesuja. Molemmissa kohteissa puhaltimet ovat ajolukituksissa ympäristöpäästöistä johtuen (Vitikka 2016). Puhaltimet ovat pienehköjä, mutta niiden pyörimistaajuus on korkea. KUTIlla ei ole puhaltimille vikaantumismerkintöjä. Lisäksi tulee arvioida elektrolyyttipeittauksen kaasunpesusta löytyvän kiertopumpun kunnonseurantaa. Pumppu on esitetty kuvassa 18. Happopeittauksen kaasunpesusta ei tarkasteluissa löytynyt kiertopumppua, mutta sitä tulee vielä tarkemmin tiedustella linjan henkilöstöltä.



*KUVA 18. HP3:n elektrolyyttipeittauksen kaasunpesun kierrätyspumppu*

#### **10.4 HP4**

HP4 on otettu käyttöön vuonna 1997, jonka jälkeen siihen ei ole tehty muutoksia. Linjaa käytetään valssattujen nauhojen loppuhehkutukseen. Linjalla on käytössä HP2:n tavoin rasvanpoistojärjestelmä. (Hehkutus- ja peittauslinjat, 24.)

Linjan käsittelyä vaikeutti muiden linjojen tavoin pienet laitepuutteet sekä ristiriidat KUTIn ja linjalta löytyvien tietojen välillä. Linjan kriittisyysluokittelua ei ollut tehty kaikissa kohteissa laitteistoposition tasolle, joka aiheutti pientä epätarkkuutta muihin linjoihin verrattuna. Esimerkiksi osa periodissa mittauksissa olevista uuni- ja jäähdytysalueenpuhaltimista sai luokituksen 3, joka tarkoittaa ei kriittistä laitteistoa.

Kentältä kerättyjen laitetietojen pohjalta voidaan sanoa, että erityisesti puhallinhuoneiden laitteissa on epäselvyyttä, joten puhaltimien vikaantumistiedoissa voi olla virheitä. Kaikki puhallinhuoneissa sijaitsevat puhaltimet ovat kuitenkin periodisissa mittauksissa (Annala 2016). Kaikkia listaan merkittäviä puhaltimia ei ehditty ajan puutteen vuoksi selvittää, mutta niistä tärkeimmät ovat seurannassa.

#### **10.4.1 Kunnonvalvonnan tilanne**

Linjan värähtelymittausten tilanne on nähtävissä liitteessä 6. Mittaukset on koottu yhteen työhön, joka toistetaan kahdeksan viikon välein. Ne kattavat tällä hetkellä hyvin uuni- ja jäähdytysalueen puhaltimet. Lisäksi mittauksessa on sekahappopeittauksen kaasunpesun poistopuhallin. Puutteita nykyisissä mittauksissa on nauhakuivainten osalta. Lisäksi tulee arvioida tarkemmin rasvanpoiston-, elektrolyyttipeittauksen- ja sekahappopeittauksen kaasunpesun pienten pumppujen mittausta, kuten HP1:lla ja HP3:lla.

Linjalla on kolme nauhankuivausyksikköä. Kuivaimet löytyvät esirasvanpoistosta, rasvanpoistosta ja loppuhuuhtelusta. Kuivaimet ovat rakenteeltaan samanlaisia, kuvan 19 mukaisia. Niissä on kaksi puhallinta. Kuvassa etualalla oleva esipuhallin, 30 kW, puhalttaa kuivausyksikköön sisään halli-ilmaa. Kuivaimen katolla olevan varsinaisen kuivauspuhaltimen puhaltamaa ilmaa lämmitetään erillisellä lämmityskierolla. Sivussa oleva esipuhallin on kiilahihnakäyttöinen. Toisessa puhaltimen juoksupyörä on kiinnitetty 37 kW:sen sähkömoottorin akselille. (Niskala 2016.)



*KUVA 19. HP4:n rasvanpoiston nauhakuivain*

#### **10.4.2 Muutokset mittauksiin**

Nauhankuivaimia esitetään lisättäväksi linjan reittimittauskiertoon. Kuivaimien toiminta ei suoraan vaikuta linjan toimintaan, mutta ne voivat vaikuttaa nauhojen pinnanlaatuun. Mikäli se pääsee rasvanpoistosta märkänä uuniin, nauhaan voi tulla laikkuja. Ne vaikuttavat nauhan laatuluokitukseen. (Juuso, O. 2016.) Vikaantumisen vaikutuksista tulee tarkemmin keskustella linjan työnjohtajan kanssa ja tehdä yhdessä arvio värähtelymittauksista.

Kaasunpesuissa on käytössä pieniä kierrätyspumppuja, joiden vikaantuminen voi vaikuttaa linjan toimintaan (Juuso, O. 2016). Pumput ovat tehon ja pyörimistaajuuden puolesta todella pieniä. Todennäköisesti niiden vikaantuessa koko pumppu vaihdetaan kerralla, eikä siinä mielessä mittaus ole välttämätöntä. Pumppujen mittauksesta tulee kuitenkin keskustella tarkemmin linjan henkilöstön kanssa.



## 10.5 RAP

Kylmävalssaamo 2:n osalta laitelistaukseen kertyi yhteensä noin 230 laitetta. Listaus käytiin yhdessä läpi RAPin kunnossapitoinsinöörin kanssa ja epäselvät kohdat selvitettiin linjan työnjohtajilta. Laitetiedot löytyivät kohtuullisen hyvin kunnossapidon tietojärjestelmästä ja niitä täydennettiin työnjohdon tietojen mukaan. RAPille laadittu kriittisyysluokitus oli laadukas ja se helpotti laitteiden läpikäyntiä.

Kylmävalssaamo 1:n hehkutuspeittauslinjoihin verrattuna laitteita on enemmän ja niiden koko on suurempi. Esimerkiksi peittauksista ja valssausöljyjärjestelmistä löytyy todella suuria pumppuja, mutta niitä ei tarvitse ottaa värähtelymittauksiin rinnakkaisten varalaitteiden vuoksi. Järjestelmistä löytyy vähintään yksi varalaite. Lisäksi laitteiden vikaantumistaajuus on alhainen. KUTIIlta löytyvien malliennakkohuoltotöiden perusteella valssausöljyjärjestelmien pumput ovat säännöllisen ennakoivan huollon piirissä.

Valssausalueen tarkastelussa nousi esille kriittisinä RC2:n patruunasuodattimien neljä pumppua ja RC1:n laitteista kahdeksan toisiopumppua. Molemmissa pumppujen vikaantuminen voi hieman rajoittaa tuotantoa. Laitteiden vikaantumisia tarkasteltaessa ilmeni, että vikaantumiset ovat hyvin harvinaisia. Kyseisiä pumppuja ei ehdoteta värähtelymittausten piiriin, koska vikaantumiset ovat satunnaisia ja laitekoko on kohtuullisen pieni.

Laitelistan tarkastelussa ilmeni sekahappopeittauksen kaasunpesun kierrätys sekä jäähdytys- ja poistopumpun tärkeä merkitys pesurin toiminnalle. Alueen työnjohtajan mukaan pumppujen pesä syöpyy kuitenkin puhki ennen laitteen vikaantumista, joten mittaus ei ole järkevää (Huhtalo 2016). Historiatarkasteluista ei ilmennyt laakerivikaantumisia.

### 10.5.1 Kunnonvalvonnan tilanne

RAP:n värähtelymittaukset esitetään liitteestä 7. Mittaukset ovat melko hyvällä tasolla, eikä vakavia puutteita ilmene valssauksen öljysumuimuria lukuun ottamatta. Uuni-jäähdytysalueen kaikki 32 puhallinta on SKF:n online-järjestelmässä ja kannettavalla mittauslaitteistolla käydään läpi kolme erillistä mittausreittiä. Periodisten mittausreittien ajastukset ovat 1, 2 ja 3 kuukautta. Hyvästä tilanteesta huolimatta linjalta löytyi monia kohteita, joiden vikaantuminen vaikuttaa linjan tuotantoon.

Periodisissa mittauksissa on puhaltimien lisäksi useita pumppuja. Esilämmityksessä mitataan korkeapainepesurin pumppuja ja esilämmityksen puhaltimia. Rasvanpoisto 1:ssä on mittauksessa huuhtelupumppuja ja kaksi höngänpoistopuhallinta. Elektrolyytti- ja sekahappopeittauksen puhaltimia on mittauksessa ympäristövaikutuksista johtuvien ajolukitusten vuoksi. Nauhan ja uunin kannatusrullien jäähdytysvesipumput ovat seurannassa kolmen kuukauden välein. Kuulapuhalluksen ja hilseenmurtajan pölynpoistopuhaltimet tarkastetaan joka toinen kuukausi. Viimeisenä mitattavana laitekokonaisuutena on välivesijärjestelmän kaksi kierrätyspumppua, joista toinen on varalla.

### **10.5.2 Muutokset mittauksiin**

Nykyisiin mittauksiin esitetään lisäyksiä, muutoksia sekä muutamia kohteita tulee arvioida tarkemmin. Mittauksiin lisättäväksi esitetään valssaimen öljysumuumuri, kolmen nauhakuivaimen puhaltimia, kuulapuhalluksen kiertomäntäpuhaltimia ja sekahappopeittauksen lämmityskiertopumppuja. Muutoksia mittausväleihin ehdotetaan esilämmitysyksikön poistopuhaltimeen, elektrolyyttipeittauksen kaasunpesun puhaltimiin ja neljään pölynpoistopuhaltimeen.

Periodisiin mittauksiin on ehdottomasti lisättävä valssaimen öljysumuumuri, joka on linjan toiminnan kannalta välttämätön (Fyhr 2016). Esitän mittausväliksi kahta kuukautta matalasta pyörimistaajuudesta johtuen. Toistaiseksi vikaantumisilta on vältytty. Syksyllä 2015 imurin voimakkaasta savuamisesta johtuen puhaltimen laakereille putkitettiin rasvaputket ja laakereiden kunto tarkastettiin, mutta kohdetta ei lisätty värähtelymittausten piiriin. Puhaltimen laakereille tulee asentaa kiinteästi anturit, koska muuten mittausta ei ole mahdollista suorittaa käynnin aikana. Öljysumuumuri on nähtävissä kuvassa 20.



*KUVA 20. Tandem-valssaimen öljysumuimuri*

Toisena lisättävänä kohteena esitetään rasvanpoistojen 1 ja 2 sekä loppuhuuhtelun nauhankuivaimia, kahden kuukauden mittausvälillä. Rasvanpoisto 1:n ja loppuhuuhtelun nauhankuivaimissa on molemmissa kaksi puhallinta, rasvanpoisto 2:n nauhankuivaimesta löytyy kolme puhallinta. Linja normaalisti pysäytetään vikaantuneen puhaltimen vaihdon ajaksi. Syynä pysäyttämislle on riski määrän nauhan luistamiseen S-rullilla. Luistaminen aiheuttaa nauhaan naarmua ja se voidaan joutua romuttamaan. (Huhtalo 2016.)

Kolmantena lisäyksenä ovat hilseenmurtajan ja kuulapuhalluksen kiertomäntäpuhaltimet, joita käytetään kiilahihnojen välityksellä. Puhaltimia on yhteensä seitsemän kappaletta ja ne ovat kaikki käytössä kuumanauhaa ajettaessa. Yhdenkin kiertomäntäpuhaltimen vikaantuminen vaikuttaa ajonopeuteen. (Kuusela 2016.) Kohteita ehdotetaan mitattavaksi kahden kuukauden välein. Kiertomäntäpuhaltimet ovat kuvassa 21.



*KUVA 21. Hilseenmurtajan ja kuulapuhallusyksiköiden kiertömäntäpuhaltimet*

Viimeisenä lisäyksenä periodisiin mittauksiin ovat sekahappopeittauksen yhdeksän lämmityskier-topumppua. RAPilla on sekahappopeittauksessa kolme erillistä happokiertoa, joissa jokaisessa on lämmityskierto. Lämmityskierroissa on kaksi kierrätyspumppua ja yksi säiliöpumppu. Yhdenkin pumpun vikaantuminen vaikuttaa linjan ajonopeuteen. Pumpuille löytyy yksi vaihtopumppu, jonka vaihto kestää kahdesta neljään tuntia. (Huhtalo 2016.) Pumppuja esitetään mitattavaksi kolmen kuukauden välein.

Nykyisiin mittausväleihin ehdotetaan muutoksia esilämmityksikön poistopuhaltimessa ja elektrolyyttipeittauksen kaasunpesun keskipakopuhaltimissa. Lisäksi hilseenmurtajan ja kuulapuhalluksen neljään pölynpoistopuhaltimeen esitetään asennettavaksi jatkuvatoimista mittausjärjestelmä. Jatkuvatoimisen järjestelmän kohdennuksesta kerrotaan tarkemmin luvussa 11.

Esilämmityksen poistopuhallin mitataan nykyisin kerran kuussa. Kohde ei ole vikaantunut tarkkailuvälillä kertaakaan ja pyörimistaajuus on matala. Mittausväliä esitetään muutettavaksi kahteen kuukauteen.

Kaasunpesussa on rinnakkain kaksi puhallinta. Toinen on varapuhallin. Ne mitataan nykyisin kuukauden välein, mutta mittaustiheyttä ehdotetaan muutettavaksi kahteen kuukauteen. Perusteina muutoksille ovat matala pyörimistaajuus, varalaitte ja matala vikaantumistaajuus. Kohteet on ajolukitusten vuoksi pidettävä mittausten piirissä (Fyhr 2016).

RAPin pumpuista tarkempaa tarkastelua edellyttävät valssausöljyn neljä tyhjennyspumppua sekä vakuumpumppu A04. Kuvan 22 tyhjennyspumput ovat merkitty kriittisyysluokituksessa tärkeimpään A- luokkaan, eikä niille ole varalaitteita. Vikaantumien voi rajoittaa kylmänauhakapasiteettia. (Juusola 2016.) Pumput ovat teholtaan 3 kW ja niiden pyörimisnopeus on 2980 kierrosta minuutissa. Vakuumpumpulle ei ole varalaitetta (Fyhr 2016).



*KUVA 22. Valssausöljyn tyhjennyspumput*

## 11 JATKUVATOIMISEN KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄN KOHDENTAMINEN

Prosessilinjojen tarkastelussa valittiin jatkuvatoimisen kunnonvalvontajärjestelmän kohteiksi HP2:n uuni- ja jäähdytysalueen puhaltimet sekä RAPin pölynpoistopuhaltimet. Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin jatkuvatoimiseen värähtelymittaukseen ehdotettavista kohteista. Lisäksi kerrotaan lyhyesti lisätietoja käytettävästä värähtelymittauslaitteistosta.

Hehkutus- ja peittäuslinja 2:n puhaltimet valittiin mittauskohteeksi puhaltimien muuttuvan mittausnopeuden vuoksi (Annala 2016). Vaikka niillä ei ole havaittavissa vikaantumisia polttoilmapuhallinta lukuun ottamatta, vaikea mitattavuus puoltaa valintaa. Matalaan vikaantumistaajuuteen voi osaltaan vaikuttaa hyvä voitelu. Puhaltimien kannatinlaakerit ovat kytkettynä keskusvoiteluun.

Toisena valittuna kohteena on RAPin neljä pölynpoistopuhallinta, jotka ovat tällä hetkellä kahden kuukauden periodisissa mittauksissa. Kolme puhallinta poistaa pölyä kuulapuhallusvyöhykkeiltä ja yksi puhallin hilseenmurtajalta. Syynä valintaan on puhaltimien tuotannollinen kriittisyys. Vaihtopuhallinta ei ole olemassa, joten vikaantuminen voi vaikuttaa tuotantoon useamman päivän. (Kuusela 2016.) Neljästä puhaltimesta yksi on vikaantunut vuonna 2009.

### 11.1 Käytettävä laitteisto

Jatkuvatoiminen kunnonvalvontajärjestelmä toteutetaan hyödyntäen SKF:n CMU -mittausyksiköitä. Ne ovat jääneet ylimääräiseksi kuumavalssaamon kunnonvalvontapäivityksen yhteydessä ja odottavat asennusta sopiviin kohteisiin. Mittausyksikköihin voidaan kytkeä 32 mittausanturia ja nopeustiedot voidaan tuoda kahdeksalta laitteelta. (Raattama 2016.) Järjestelmää esiteltiin jo aiemmin sivulla 30.

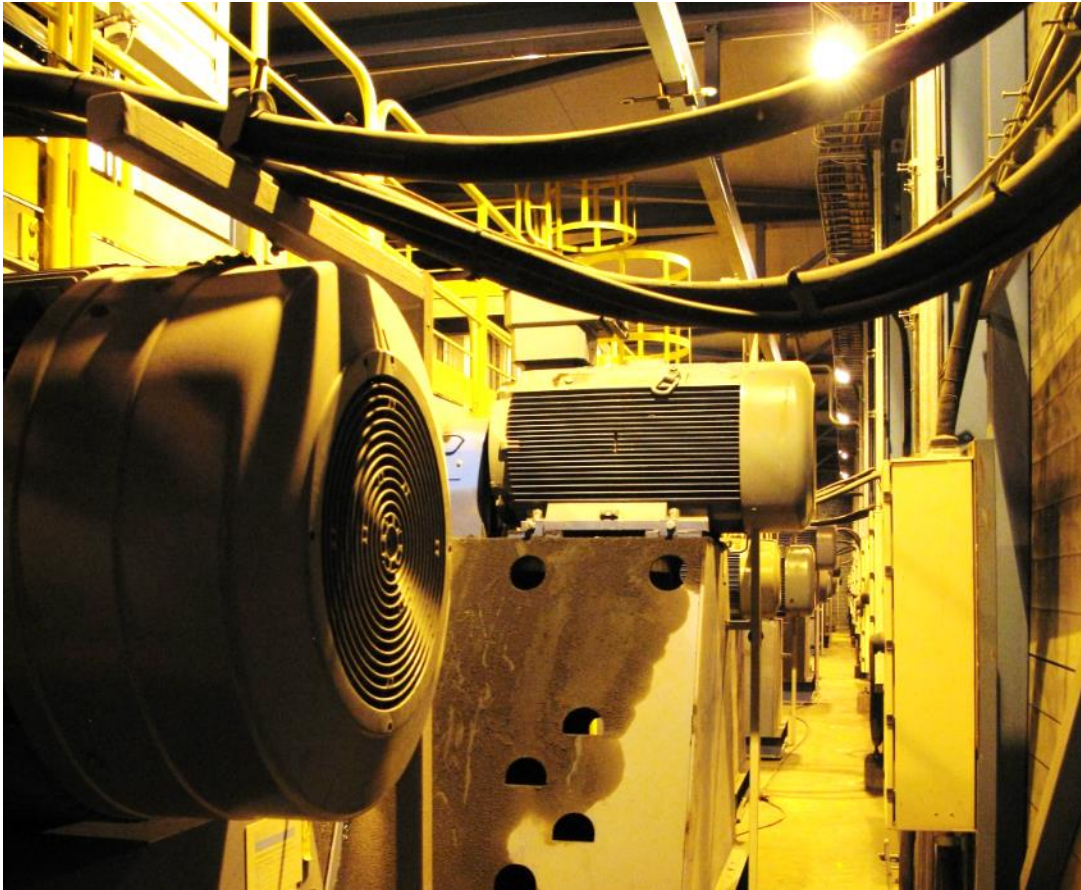
Anturien määrä riippuu kohteen koosta. Yleensä suurempiin puhallinkokonaisuuksiin käytetään neljää anturia. Kannatinlaakereihin ja sähkömoottoriin asennetaan molempiin kaksi anturia. Tyypillisesti anturit asennetaan laakerin säteissuunnassa, mutta tarvittaessa voidaan lisätä yksi anturi myös seuraamaan akselin suuntaista värähtelyä. Antureina käytetään kiihtyvyyssantureita. (Raattama 2016.)

Anturoinnissa käytetään SKF:n CMSS 2100 -kiihtyvyyssanturia, joka soveltuu normaaleihin mittaolosuhteisiin. Se asennetaan laitteen runkoon kierteytettyyn reikään ja yhdistetään CMU-mittausyksikköön anturikaapelin avulla. (Raattama 2016.) Aiemmin esitetyssä kuvassa 14 on nähtävissä esimerkki anturoidusta sähkömoottorista.

## **11.2 HP2:n uuni- ja jäähdytysalueen puhaltimet**

HP2:lla jatkuvatoimiseen mittausjärjestelmään otetaan mukaan 16 puhallinta. Niistä on kolme käytössä uunialueella ja loput 13 puhallinta löytyvät jäähdytyksestä. Jokaisella neljällä jäähdytysvyöhykkeellä on kaksi jäähdytyspuhallinta ja yksi poistopuhallin. Lisäksi mukaan otetaan jäähdytyksen nauhankuivauspuhallin. Puhaltimien suuresta määrästä johtuen ne joudutaan jakamaan kahteen kahdeksan puhaltimen ryhmään. Molemmille ryhmille tulee oma CMU-mittausyksikkö, jotka sijoitetaan puhallinhuone 1:een.

Uunialueen puhaltimet sijaitsevat puhallinhuone 2:ssa, pilarivälillä A4 - A6 ja jäähdytysalueen puhaltimet puhallinhuone 1:ssa, pilarien A10 ja A16 välissä. Kuivauspuhallin löytyy puhallinhuone 1:n seinän takaa, linjan puolelta, pilarien A15 ja A16 välistä. Kuvassa 23 on näkymä puhallinhuone 1:seen, jossa kaikki jäähdytyspuhaltimet sijaitsevat lukuun ottamatta nauhankuivainta.



*KUVA 23. HP2:n jäähdytysalueen puhaltimet*

Ensimmäiseen mittausryhmään tulee uunin savukaasupuhallin, polttoilmapuhallin ja sekoitusilmapuhallin sekä viisi jäähdytysalueen puhallinta. Uunin puhaltimien lisäksi mittausryhmään otetaan viisi jäähdytysalueen puhallinta. Kyseinen mittausryhmä on kriittisempi, koska minkä tahansa uunin puhaltimen vikaantuminen sammuttaa uunin (Vitikka 2016). Toiseen mittausryhmään otetaan mukaan loput seitsemän jäähdytyksen puhallinta ja seinän takaa kuivauspuhallin.

Mittausjärjestelmän rakentamiseen tarvitaan kiihtyvyyssantureita, kaksi CMU yksikköä, anturikaapelia ja verkkoliitäntäasema. Kiihtyvyyssantureita tarvitaan 62, mikäli suurista puhaltimista anturoidaan kahdella anturilla myös sähkömoottori. Sekoitusilmapuhaltimen juoksupyörä on kiinni suoraa moottorin akselilla, joten se tarvitsee anturit ainoastaan moottorin laakereille.



### 11.3 RAP5:n pölynpoistopuhaltimet

Hilseenmurtajan pölynpoistopuhaltimen vikaantuminen estää kuumanauhan ajamisen ja kuulapuhallusvyöhykkeen puhallinrikko pudottaa ajonopeutta. Yhden kuulapuhallusvyöhykkeen poistaminen voi lisäksi vaikuttaa nauhan pinnanlaatuun. Alueella on myös käytössä hiilidioksidisammutusjärjestelmä pölyn paloherkkyyden vuoksi, joka voi vaarantaa periodisten mittausten suoritusta. (Kuusela 2016.)

Kuvan 24 pölynpoistopuhaltimet sijaitsevat hallin länsipäädyssä toisessa kerroksessa. Ne on sijoitettu linjan taakse pölynpoistohuoneeseen, jossa puhaltimet imevät pölyä suuriin siloihin. Puhaltimet ovat kiilahihnakäyttöisiä. (Kuusela 2016.) Sähkömoottorit ovat teholtaan 90 kW ja pyörimisnopeus on 1480 kierrosta minuutissa. Kannatinlaakerit ovat keskusvoitelussa.



*KUVA 24. Hilseenmurtajan ja kuulapuhalluksen pölynpoistopuhaltimet*

Pölynpoistopuhaltimien liittäminen jatkuvatoimiseen kunnonvalvontaan vaatii yhden CMU-mittausyksikön. 32 anturipaikasta käytetään 16, kun puhaltimet ja sähkömoottorit anturoidaan kahdella kiihtyvyydianturilla. Vapaisiin anturipaikkoihin voisi kytkeä esimerkiksi osa viereisessä huoneessa sijaitsevien kiertomäntäpuhaltimien sähkömoottoreista. Lisäksi järjestelmä vaatii anturikaapelit ja verkkoliitäntäaseman.

## 12 YHTEENVETO

Työssä käytiin läpi kunnonvalvonnan värähtelymittausten tilanne kylmävalssaamoiden viidellä tuotantolinjalla. Tarkastelussa löydettiin 30 kohdetta, jotka tulisi lisätä värähtelymittausten piiriin. Lisäksi kahdenkymmenen laitteen värähtelymittaus ehdotetaan muutettavaksi jatkuvatoimiseksi. Opinnäytetyössä luotujen Excel-taulukkojen perusteella kunnonvalvontaryhmän on helppo saada kokonaiskäsitys linjojen värähtelymittauksista ja parantaa niitä.

Työn pohjalta saavutettava nykyistä parempi kunnonvalvonnan kohdennus parantaa tuotantolinjojen luotettavuutta vähentämällä kriittisten kohteiden häiriökorjauksia. Värähtelymittaukset auttavat ajoittamaan tulevat korjaukset tuotannon kannalta edulliseen ajankohtaan kuten päiväseisakkiin tai vuosihuoltoon. Outokumpu saa kustannussäästöjä vähentyneiden häiriökustannusten lisäksi muun muassa kunnossapidon työkustannuksissa. Lisäksi parempi luotettavuus vaikuttaa toimitusvarmuuteen ja tuotannon laatuun.

Tarkastelluilla linjoilla kunnonvalvonnan värähtelymittaukset olivat yleisesti ottaen hyvällä tasolla, mutta kriittisissä laitteissa löytyi jonkin verran puutteita. Syynä puutteisiin on, ettei linjojen värähtelymittauksia ollut aiemmin tarkasteltu kokonaisuutena. Tarkasteluja kannattaisi vielä tehdä kylmävalssaamalla esimerkiksi valssaimien alueella.

Uusiksi mittauskohteiksi ehdotetuista laitteista tärkeimmät tullaan lisäämään välittömästi mittauksiin, mutta uudentyyppisten kohteiden mittaamista tullaan harkitsemaan tarkemmin. Selviä kohteita ovat esimerkiksi uunialueen puhaltimet. Vastaavasti nauhankuivaimien mittausta tullaan varmasti pohtimaan tarkemmin, koska lukeutuvat sellaisiin kohteisiin, joita ei ole mitattu aiemmin.

Työssä esitetään, että nauhankuivaimet otetaan mittauksiin linjoilla, joilla tehdään loppuhehkutuksia. Työnjohdon haastattelujen perusteella kuivaimilla on selvä yhteys nauhan pinnanlaatuun. Märkä nauha voi luistaa ja naarmuuntua tai sen pintaan tulee uunissa laikkuja. Lisäksi puhaltimen vikaantuminen vaikuttaa ajonopeuteen tai jopa pysäyttää linjan vaihdon ajaksi.

Opinnäytetyö oli aiheena laaja, ja se edellytti kunnossapidollisen näkemyksen ohella perehtymistä linjojen toimintaan. Se opetti perusteita kunnonvalvonnan kohdennukselle ja värähtelymittausten

tekniikkaa. Lisäksi se osoitti kunnossapidon tietojärjestelmän tärkeyden kunnossapidon hallinnassa ja kehittämisessä. Uskon, että ainakin kunnonvalvontaan liittyvistä opeista on varmasti hyötyä tulevaisuudessa.

Työn haasteina olivat laaja laitemäärä sekä kunnossapidon tietojärjestelmän huonot linjakohtaiset tiedot. Erityisesti vanhimmilla linjoilla sen hierarkiaa ei ollut päivitetty ajan tasalle nykyisten laitteiden osalta, mikä varmasti vaikuttaa myös päivittäiseen kunnossapitotoimintaan. Myös linjojen työjohtajien tavoittaminen aiheutti ajoittain hankaluuksia. Haasteista huolimatta työssä päästiin hyvään tulokseen, jonka pohjalta värähtelymittauksia voidaan kehittää kylmävalssaamoilla.

Työn pohjalta voidaan siirtyä jatkotoimenpiteisiin. Ensimmäisenä tulee käydä läpi ehdotetut muutokset ja tehdä päätös niiden toteutuksesta. Osa kohteista vaatii vielä tarkempia lisätietoja linjojen työjohtajilta. Valintojen jälkeen tulee hankkia mitattavista laitteista tarvittavat laakeritiedot sekä päivittää periodisten mittausten reitit ja värähtelymittausten ennakkohuoltotyöt. Viimeisenä vaiheena on rakentaa toimiva jatkuvatoiminen kunnonvalvontajärjestelmä valittuihin kohteisiin.

## LÄHTEET

AHLSTAR™ Prosessipumput 2001. Korjaukset. PDF-tiedosto. Sulzer Pumps Finland Oy.

Annala, Petri 2016. Kunnonvalvoja, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut maaliskuun – toukokuun 2016 aikana.

Ekman, Kai 2016. Kunnossapitoinsinööri, Outokumpu Stainless Oy. Sähköpostikeskustelu 29.3.2016.

Fyhr, Einari 2016. Kunnossapitoinsinööri, CRM Production, Outokumpu Outokumpu Stainless Oy. Haastattelu 12.5.2016.

Hehkutus- ja peittäuslinjat, Oppisopimusluennot. PowerPoint-diasarja. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 20.4.2016

Hietala, Juha. Aluetyönjohtaja, voiteluhuolto ja mittaava, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut toukokuun 2015 – toukokuun 2016 aikana.

Huhtalo, Petteri 2016. Päivätyönjohtaja, RAP5, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut huhtikuun – toukokuun 2016 aikana.

Huhtinen, Markku – Korhonen, Risto – Pimiä, Tuomo – Urpalainen, Samu 2013. Voimalaitostekniikka. 2. p. Helsinki: Opetushallitus

Junnonaho, Juha 2013. Kriittisyysluokitus perustana kunnossapitotoiminnalle. Diplomityö. Oulu: Oulun yliopisto, konetekniikan osasto.

Juuso, Outi 2016. Aluetyönjohtaja, käsittelylinjat, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut huhtikuun – toukokuun 2016 aikana.

Juuso, Jouni 2016. Kunnossapitoinsinööri, voiteluhuolto ja mittaava, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut helmikuun – toukokuun 2016 aikana.

Juusola, Riku 2016. Aluetyönjohtaja, RAP5, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut huhtikuun – toukokuun 2016 aikana.

Jänkälä, Veli-Matti 2016. Kunnonvalvoja, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut huhtikuun 2016 aikana.

Järviö, Jorma – Piispa, Taina – Partanen, Timo – Åström, Thomas 2007. Kunnossapito. 4. p. Kunnossapidon julkaisusarja nro 10. Helsinki: KP-Media Oy, Kunnossapitoyhdistys Ry.

Järviö, Jorma – Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitamien. 5. p. Kunnossapidon julkaisusarja nro 10. Helsinki: KP-Media Oy, Kunnossapitoyhdistys Ry.

Keskipakoispuhaltimen käyttö- ja huolto-ohjeet. 2002. Dust Control Systems Oy. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 30.4.2016

Kriittisyysluokittelutaulukko ver6 RAP5. Excel-tiedosto. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 30.3.2016

Kunnonvalvontakoulu 2007. Koulutusaineisto 20.-22.11.2007. Vantaa: SKF valmennuskeskus

Kuti-käsikirja, 2014. PDF-tiedosto. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 20.3.2016

Kuusela, Petri 2016. Päivätyönjohtaja, RAP5, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut huhtikuun – toukokuun 2016 aikana.

Laakeridiagnostiikka. 2016. MIP Electronics Oy. Saatavissa: <http://www.mip.fi/cms/fi/sovellukset/kunnonvalvonta/laakeridiagnostiikka> Hakupäivä 2.5.2016

Machine Condition Advisor 2016. SKF CMAS 100-SL. Saatavissa <http://www.skf.com/group/products/condition-monitoring/basic-condition-monitoring-products/vibration-measurement-tools/machine-condition-advisor/index.html> Hakupäivä 1.5.2016

Microlog® CMVA 65 2004. PDF tiedosto. SKF Reability Systems. Saatavissa <http://www.albest.com.tw/skf/cmva65.pdf> Hakupäivä 1.5.2016

Mikkonen, Henry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja nro 13. Helsinki: KP-Media Oy, Kunnossapitoyhdistys Ry.

Mittaava kunnonvalvonta. Powerpoint-diasarja. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 20.4.2016

Nohynek, Petri – Lumme, Veli Erkki 2004. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. 2. p. Kunnossapidon julkaisusarja nro 11. Helsinki: KP-Media Oy, Kunnossapitoyhdistys Ry.

Niskala, Ilkka 2016. Käyttömies, käsittelylinjat. Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut toukokuun 2016 aikana.

Penson, Kari 2014. T324203 Kunnossapitotekniikka 1 3 op, opintojakson oppimateriaali syksyllä 2014. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Perttula, Jarmo 2000. Energiatekniikka. Helsinki: WSOY

PSK 5705. 2006. Kunnonvalvonta. Värähtelymittaus. Mittaustoiminnan suunnittelu. 5. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry

Puhallintekninen käsikirja. Ilmateollisuus Oy.

Raattama, Lasse 2016. Aluetyönjohtaja, voiteluhuolto ja mittaava, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut maaliskuun – toukokuun 2016 aikana.

Rantamäula, Janne 2016. Kunnossapitoinsinööri, CRM Production, Outokumpu Stainless Oy Keskustelut maaliskuun – huhtikuun 2016 aikana.

RAP5 esittely, PowerPoint-diasarja. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 18.3.2016.

Salla, Saku 2010. Keskipakopumpun huolto ja korjaus. Insinööriyö. Rauma: Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tornio\_animaatio\_print. PDF-tiedosto. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 16.3.2016.

Tornion tehtaat ja Kemin kaivos. PowerPoint -diasarja. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 15.3.2016.

TTS 20856. 2016. Ennakkohuoltostrategian ja -töiden luominen KUTI-kunnossapitojärjestelmään, Tehdasstandardi. Outokumpu Oy. Revisio 2. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 15.3.2016

Vitikka, Esko 2016. Vanhempi päivätyönjohtaja, käsittelylinjat, Outokumpu Stainless Oy. Keskustelut huhtikuun – toukokuun 2016 aikana.

Yritysesitys\_2016. PowerPoint -diasarja. Outokummun sisäinen Intranet. Hakupäivä 15.3.2016.

## LIITTEET

Liite 1 Mittaustarpeen määrittely (PSK 5705)

Liite 2 Kriittisyysluokittelun pisteytysesimerkki (Kriittisyysluokittelutaulukko ver6 RAP5)

Liite 3 HP1:n värähtelymittaukset

Liite 4 HP2:n värähtelymittaukset

Liite 5 HP3:n värähtelymittaukset

Liite 6 HP4:n värähtelymittaukset

Liite 7 RAP5:n värähtelymittaukset



PROSESSITEOLLISUUDEN  
STANDARDOIMISKESKUS r.y.

PSK 5705

## OPASTAVIA TIETOJA

ESIMERKKI. KUNNONVALVONNAN VÄRÄHELY-  
MITTAUS. MITTAUSTARPEEN MÄÄRITTELY

Tekijä	Painoarvo	Kertoimen valinta
Kriittisyys	40	<p>0 Pysähtymisellä ei merkitystä tehtaan tai osaston tuotannolle</p> <p>2 Lyhyt seisokki, vähäinen tuotannon menetys, järjestelyvaraa tai käyttövalmis varalaitte.</p> <p>4 Laaja seisokki, suuri tuotannonmenetys, vähän järjestelyvaraa tai ei varalaitetta.</p> <p>8 Tehtaan tai osaston täydellinen pysähtyminen, pitkä korjausaika, huono varaosien saatavuus tai katastrofivaura.</p>
Häiriöherkkyyys	15	<p>1 Varmakäyntinen</p> <p>2 Vähäisiä häiriöitä</p> <p>4 Häiriöherkkä</p> <p>8 Erittäin häiriöherkkä</p>
Ympäristöolosuhteet ja luoksepäästävyys	15	<p>1 Hyvät tai kohtuulliset, lattiatasolla</p> <p>2 Kosteutta, likaa, syrjässä</p> <p>4 Kuuma, kylmä tai hankala luoksepäästävyys.</p> <p>8 Erittäin kuuma, märkää, likaa, syövyttäviä kaasuja tai luoksepäästävyys käynnin aikana lähes mahdoton.</p> <p>16 Erittäin ankarat olosuhteet tai mitauspaikalle ei pääse laitetta purkamatta.</p>
Pyörimisnopeus	15	<p>1 <math>n &lt; 100</math> 1/min</p> <p>2 <math>n = 100 \dots 2000</math> "</p> <p>4 <math>n = 2000 \dots 5000</math> "</p> <p>8 <math>n = 5000 \dots 10000</math> "</p> <p>16 <math>n &gt; 10000</math> "</p>
Rahallinen arvo	10	<p>1 <math>H &lt; 20000</math> mk</p> <p>2 <math>H = 20000 \dots 200000</math> "</p> <p>3 <math>H = 200000 \dots 1000000</math> "</p> <p>4 <math>H = 1 \dots 10</math> Mmk</p> <p>5 <math>H &gt; 10</math> "</p>
Käyttöteho	5	<p>1 <math>P &lt; 5</math> kW</p> <p>2 <math>P = 5 \dots 50</math> "</p> <p>4 <math>P = 50 \dots 200</math> "</p> <p>6 <math>P = 200 \dots 500</math> "</p> <p>8 <math>P &gt; 500</math> "</p>

n pyörimisnopeus 1/min  
H kohteen hankintahinta mk  
P käyttöteho kW

KRIITTISYYSLUOKITTELUN PISTEYTYSESIMERKKI (KRIITTISYYSLUOKITTELUTAULUKKO VER6 RAP5)

LIITE 2

Kriittisyyskijä	Painoarvo	Kerroin	Lisätietoja kertoimen valintaan	Määritysajat esim.
<b>Kriittisyys prosessin kannalta</b>	<b>30</b>	0	Pysähtymisellä ei merkitystä osaston tuotannolle	Ei seisokkia
		2	Lyhyt seisokki, vähäinen tuotannon menetys, järjestelyvaraa, käyttövalmis varalaitte	Seisokki < 2 h
		4	Lähes työvuoron seisokki, merkittävästi tuotannon menetystä, jonkin verran järjestelyvaraa, ei varalaitetta	Seisokki 2...8 h
		6	Laaja seisokki, suuri tuotannon menetys, vähän järjestelyvaraa, ei varalaitetta	Seisokki 8...24 h
		10	Osaston täydellinen pysähtyminen, pitkä korjausaika, huono varaosien saatavuus	Seisokki > 24 h
<b>Häiriöherkkyys</b>	<b>25</b>	0	Varmakäyntinen	Vikaväli > 5 vuotta
		2	Vähäisiä häiriöitä	Vikaväli 1...5 vuotta
		4	Häiriöherkkä	Vikaväli < 1 vuosi
		8	Erittäin häiriöherkkä	Vikaväli < 3 kk
<b>Huollettavuus, luoksepäästävyys</b>	<b>15</b>	1	Hyvät, kohtuulliset, lattiatasolla	Huoltoaika < 2 h
		2	Kosteutta, likaa, syrjässä, kuuma tai hankala luoksepäästävyys	Huoltoaika 2...8 h
		4	Erittäin kuuma, märkää, likaa, kaasuja, tai luoksepäästävyys käynnin aikana lähes mahdoton	Huoltoaika 8...24 h
		8	Erittäin ankarat olosuhteet tai paikalle ei pääse laitetta purkamatta	Huoltoaika > 24 h
<b>Turvallisuus, terveys, ympäristö</b>	<b>10</b>	0	Ei vaikutuksia tai hyvin vähäinen haitta/riski	
		4	Kohtalainen haitta/riski. (esim. ensiapua, osaston sisäinen ympäristövahinko, pieni tulipalo / sammutus itse)	
		12	Vakava haitta/riski. (esim. terveysasemakäynti, osaston ulkoinen ympäristövahinko, tulipalo / oma paloryhmä)	
		50	Erittäin vakava haitta/riski (esim. pysyvä vamma, laajamittainen ympäristövahinko, tulipalo / palokunta)	
<b>Laatu</b>	<b>20</b>	0	Ei vaikutusta tuotteen laatuun. Priimalaatu.	
		2	Vähäisiä laatuvirheitä tuotteissa.	
		4	Laatuvirheitä tuotteissa. Vaatii korjauskäsittelyä.	
		6	Vakavia laatuvirheitä tuotteissa. Osa virheellisistä tuotteista on romutettava.	
		10	Erittäin vakava laatuvirhe. Kaikki tuotteet on romutettava kokonaan laatuvirheen vuoksi.	
<b>Yhteensä Max.pisteet</b>	<b>100</b>			
	<b>Luokka</b>	<b>Osuus</b>	<b>Kriittisyysluokat</b>	<b>Luokan pisteet, esim.</b>
	<b>1</b>		Kaikkein kriittisimmät	
	<b>2</b>		Melko kriittiset	
	<b>3</b>		Vähemmän kriittiset	



HP1:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 3/2

10 KUULAPUHALLUSALUE									
pölynkäsittely	Pölynpoistopuhallin 1	4-HP1-10-0200-		8vk		45	1475	Ei Kutilla	
11 ELEKTROLYTTIPEITTAUS- ESIVÄLIHUUHTELU									
	Kierrätyspumppu 1 p1.1	4-HP1-11-0300-184							
	Kierrätyspumppu 2 p1.2	4-HP1-11-0300-185							
	Kierrätyspumppu 3 p1.3	4-HP1-11-0300-186							
	Lietteenpoistopumppu p2.1	4-HP1-11-0400-189							
välihuuhdtelu	Kiertopumppu 1 p3.1	4-HP1-11-0600-198							
	Kiertopumppu 2 p3.2	4-HP1-11-0600-199							
	Kiertopumppu 3 p3.3	4-HP1-11-0600-200							
kaasunpesu	Kiertopumppu p4.1	4-HP1-11-0700-197		Arvioitava		8	1440		
	Imuri/puhallin v4.1	4-HP1-11-0700-2200		8vk		30	1479		
pohjakaivo 1	Pumppu p5.1	4-HP1-11-0800-196							
13 SEKAHAPPOPEITTAUS- KUIVAUS									
happopeittaus kierto	Kierrätyspumppu 1 p6.1	4-HP1-13-1000-179							
	Kierrätyspumppu 2 p6.2	4-HP1-13-1000-180							
	Kierrätyspumppu 3 p6.3	4-HP1-13-1000-181							
	Haponpoistopumppu 1 p7.1	4-HP1-13-1000-182							
	Haponpoistopumppu 2 p7.2	4-HP1-13-1000-183							
pohjakaivo 3	Pohjakaivon pumppu 1 p10.1	4-HP1-13-1300-187							
	Pohjakaivon pumppu 2 p10.2	4-HP1-13-1300-188							
loppuhuuhdtelu	Puhallin 1 v9.1	4-HP1-13-1100-3802							
	Puhallin 2 v9.2	4-HP1-13-1100-3802							
loppuhuuhdtelun kierto	Pumppu p12.1	4-HP1-13-1500-190							
	Pumppu p12.2	4-HP1-13-1500-191							
	Pumppu p12.3	4-HP1-13-1500-192							
	Pumppu p12.4	4-HP1-13-1500-193							
	Pumppu p12.5	4-HP1-13-1500-194							
	Pumppu p12.6	4-HP1-13-1500-195							
Nauhankuivain	Nauhankuivauspuhallin	4-HP1-13-1600-		8 vk		30	1470	Ei Kutilla	
kuumavesiasema	Pumppu 1 p11.1	4-HP1-13-1650-201							
	Pumppu 2 p11.2	4-HP1-13-1650-202							



## HP2:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 4/2

18 UUNIALUEET JA JÄÄHDYTYS											
savukaasujärjestelmä	Savukaasupuhallin (linjan puolelta)	4-HP2-18-330-100	370	1		7 vk	ONLINE 1 (8 laitetta)		75	1480	
	Sekoitusilmapuhallin	4-HP2-18-330-120	320	2	7 vk			18,5	1475		
polttoilmajärjestelmä	Polttoilmapuhallin	4-HP2-18-340-100	370	1	7 vk			200	2980		
19 JÄÄHDYTYS											
jääh.vyöh. 1	Jäähdytysilmapuhallin 1	4-HP2-19-370-160	350	1	7 vk		ONLINE 1 (8 laitetta)		250	1488	Kutilla vain 1kpl
	Jäähdytysilmapuhallin 2	4-HP2-19-370-160	350	1	7 vk			250	1488		
	Poistoilmapuhallin	4-HP2-19-370-180	390	1	7 vk			160	744		
jääh.vyöh. 2	Jäähdytysilmapuhallin 1	4-HP2-19-380-160	350	1	7 vk		ONLINE 2 (8 laitetta)		315	1490	
	Jäähdytysilmapuhallin 2	4-HP2-19-380-160	350	1	7 vk			315	1490		
	Poistoilmapuhallin	4-HP2-19-380-180	390	1	7 vk			200	743		
jääh.vyöh. 3	Jäähdytysilmapuhallin 1	4-HP2-19-390-160	310	2	7 vk		ONLINE 2 (8 laitetta)		315	1490	
	Jäähdytysilmapuhallin 2	4-HP2-19-390-160	310	2	7 vk			315	1490		
	Poistoilmapuhallin	4-HP2-19-390-180	350	1	7 vk			160	744		
jääh.vyöh. 4	Jäähdytysilmapuhallin 1	4-HP2-19-400-160	310	2	7 vk		ONLINE 2 (8 laitetta)		250	1488	
	Jäähdytysilmapuhallin 2	4-HP2-19-400-160	310	2	7 vk			250	1488		
	Poistoilmapuhallin	4-HP2-19-400-180	350	1	7 vk			132	740		
nauhakuivain	Puhallin	4-HP2-19-403-140	?	?	7 vk			132	1488	Erillään muiss	
kannatusrullien	Kiertovesipumppu 1	4-HP2-19-405-120	60	3							
jäähdytysvesijärjestelmä	Kiertovesipumppu 2	4-HP2-19-405-140	60	3							
	Lisäainepumppu	4-HP2-19-405-160	0	3							
jääh.vyöh. 5	hilsevesipumppu	4-HP2-19-420-127400	?	?							
22 NEOLYTTIEPA											
kierrätysjärjestelmä	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-22-440-P01	60	3							
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-22-440-P02	60	3							
	Kierrätyspumppu 3	4-HP2-22-440-P03	60	3							
	Lämmönvaihdin 1 pumppu	4-HP2-22-440-P04	200	3							
	Lämmönvaihdin 2 pumppu	4-HP2-22-440-P05	200	3							
	Sakanpoistopumppu 1	4-HP2-22-440-P06	60	3							
	Sakanpoistopumppu 2	4-HP2-22-440-P07	60	3							
23 NEOLYTTIEPAN KAASUNPESU											
	Pumppu 1	4-HP2-23-460-P01	30	3							
	Pumppu 2	4-HP2-23-460-P02	30	3							
	Puhallin 1	4-HP2-23-460-F01	30	3							
	Puhallin 2	4-HP2-23-460-F02	30	3							

## HP2:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 4/3

24 NEOLYYTTI EPAN POHJAKAIVO										
	Pumppu 1	4-HP2-24-465-P01	60	3						
	Pumppu 2	4-HP2-24-465-P02	60	3						
	Pumppu 3	4-HP2-24-465-P03	60	3						
25 NEODYTTI EPAN VÄLIHUUHTELU										
kierrätysjärjestelmä	Välihuuhtelupumppu 1	4-HP2-25-480-P01	60	3						
	Välihuuhtelupumppu 2	4-HP2-25-480-P02	60	3						
27 TYYPPIHAPPO EPA										
kierrätysjärjestelmä	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-27-510-P01	330	2						
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-27-510-P02	330	2						
	Sakanpoistopumppu 1	4-HP2-27-510-P04	330	2						
	Sakanpoistopumppu 2	4-HP2-27-510-P05	330	2						
28 TYYPPIHAPPO EPAN VÄLIHUUHTELU										
kierrätysjärjestelmä	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-28-555-P01	330	2						
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-28-555-P02	330	2						
29 SEKAHAPPOEITTAUS 1										
kierrätysjärjestelmä	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-29-570-P01	330	2						
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-29-570-P02	330	2						
	Kierrätyspumppu 3	4-HP2-29-570-P03	330	2						
	Lämmönvaihdin 1 pumppu	4-HP2-29-570-P04	500	1						
	Lämmönvaihdin 2 pumppu	4-HP2-29-570-P05	440	1						
	Sakanpoistopumppu 1	4-HP2-29-570-P06	330	2						
	Sakanpoistopumppu 2	4-HP2-29-570-P07	330	2						
30 SEKAHAPPOEITTAUS 2										
kierrätysjärjestelmä	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-30-590-P01	330	2						
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-30-590-P02	330	2						
	Kierrätyspumppu 3	4-HP2-30-590-P03	330	2						
	Lämmönvaihdin 1 pumppu	4-HP2-30-590-P04	500	1						
	Lämmönvaihdin 2 pumppu	4-HP2-30-590-P05	440	1						
31 SEKAHAPPOEITTAUKSEN KAASUNPESU										
		Jakaa kaasunpesun HP1:n kanssa								
kaasunpesurin	Puhallin 1	4-HP2-31-610-120	270	3	7 vk			22	1470	
	Puhallin 2	4-HP2-31-610-140	270	3	7 vk			22	1470	
	Poistopuhallin	4-HP2-31-610-200-B20-M01				1 kk		55	2988	Ei Kutilla
	Kierrätyspumppu	4-HP2-31-610-160	470	1						
	Pesurin tyhjennyspumppu	4-HP2-31-610-170	?	?						
	Tyhjennyspumppu	4-HP2-31-610-180	470	1						

## HP2:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 4/4

32 LOPPUHUUHTELU										
nauhan huuhtelu	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-32-620-P01	330	2						
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-32-620-P02	330	2						
	Kierrätyspumppu 3	4-HP2-32-620-P03	330	2						
harjakone	Kierrätyspumppu 4	4-HP2-32-630-P04	60	3						
	Kierrätyspumppu 5	4-HP2-32-630-P05	60	3						
	Kierrätyspumppu 6	4-HP2-32-630-P06	60	3						
loppuhuhtelu	Kierrätyspumppu 7	4-HP2-32-640-P07	60	3						
	Kierrätyspumppu 8	4-HP2-32-640-P08	60	3						
33 PEITTAUKSEN NAUHAKUIVAIN										
	Puhallin 1	4-HP2-33-660-F01	310	2						
	Puhallin 2	4-HP2-33-660-F02	310	2						
34 PEITTAUKSEN LAUHTEEN KIERRÄTYS										
	Kierrätyspumppu 1	4-HP2-34-670-P01	30	3						
	Kierrätyspumppu 2	4-HP2-34-670-P02	30	3						
35 PEITTAUKSEN POHJAKAIVO										
	Pumppu 1	4-HP2-35-680-P01	30	3						
	Pumppu 2	4-HP2-35-680-P02	30	3						



# HP3:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 5/1

HP3		yht		83		Periodinen mittaus		11																							
Pumput, puhaltimet ja niiden sähkömoottorit		pumput		59		Lisäys		2																							
		puhaltimet		24		Mittausvälin muutos		1																							
Kriittisyysluokitus						Arvioitava tarkemmin		1																							
Laite-/ Laitteistokohtainen																															
"1-2-3" 2007?																															
Osaprosessi		Laite		sähköposti		Positio		Pisteet		Luokitus		Nykytila		Muutos		Laakerivikaantumiset kpl (2003 ->)		Moottori		KRIITTINEN LAITE (Esko Vitikka)											
																Moott.		Pump./puh.		Teho (kW)		rpm		HUOM		Ei		Kyllä		Lisätietoja	
03 UUNIT JA ALUEEN REVOLVERIT 1-4																															
jäähdytysallas		Tyhjennyspumppu		4-HP3-03-0025		92,5		3																							
hehkutusuuni 1		suuluuk. kiertovesipumppu 1		303 A23		4-HP3-03-0060-101054		357,5		1										2,2		1430									
		suuluuk. kiertovesipumppu 2		303 A24		4-HP3-03-0060-101054														2,2		1430									
hehkutusuuni 2		uunin lunkan jääh.pumput		4-HP3-03-0100-127340		345		1																							
kannattinruullien-jäähdytys		jäähdytysilmapuhallin HCTR-8		4-HP3-03-0405-102825																				Poistettu 2002							
		jäähdytysilmapuhallin HCTR-9		4-HP3-03-0406-102826																				Poistettu 2002							
04 POLTTOILMAN ESILÄMMITYSLAITTEET																															
		Savukaasupuhallin		302 B1		4-HP3-04-0030-3761		255		1		2 kk		1 kk						200		1485									
		Sekoitusilmapuhallin		301 A1		4-HP3-04-0050-3767		230		2										2,2		1430									
		Polttoilmapuhallin 1		303 B1		4-HP3-04-0080-3760		115		3		2 kk								250		2975									
		Polttoilmapuhallin 2		304 A22		4-HP3-04-0090-102827		115		3		2 kk								132		2975									
06 JÄÄHDYTYSLIMAKANAVAT LAITTEINEEN																															
jäähd. yks. 1		Tuloilmapuhallin		jäähdytysilmapuhallin 1		305 A21		4-HP3-06-0010		135		2		2 kk						250		1482									
		Poistoilmapuhallin		Rotoklon 1		304 A25		4-HP3-06-0020		147,5		2								315		744									
jäähd. yks. 2		Tuloilmapuhallin		jääh. vyöh. 2 jäähdytysilmapuhallin		305 A22		4-HP3-06-0030		135		2		2 kk						250		1489									
		Poistoilmapuhallin		Rotoklon 1		304 A25		4-HP3-06-0040		147,5		2																			
kaasupesuri		Poistopuhallin 1		Rotoklon 1		304 A25		4-HP3-06-0042		172,5		2		2 kk																	
		Poistopuhallin 2		Rotoklon 2		304 A22		4-HP3-06-0060		?		?		2 kk						200		989									
jäähd. yks. 3		Tuloilmapuhallin 1		jäähdytysilmapuhallin 3		305 A23		4-HP3-06-0070		130		2		2 kk						132		1485									
		Tuloilmapuhallin 2		Rotoklon 2		304 A22		4-HP3-06-0080		130		3		2 kk																	
jäähd. yks. 4		Suhkeilmapuhallin						4-HP3-06-0090																		ei käytössä/poiste					
		Tuloilmapuhallin		jääh. vyöh. 4. puhallin		304 A24		4-HP3-06-0091		130		3		2 kk						132		989									
		Poistoilmapuhallin		Rotoklon 2		304 A25		4-HP3-05-0100		130		3		2 kk																	
kuivausyksikkö		Kuivausilmapuhallin		Kuivain Kuivausilmapuhallin		309 A21		4-HP3-05-0150		117,5		3		2 kk						55		1470									
		Poistopuhallin				310 A21		4-HP3-05-0170		117,5		3												katolla							
Puhallinhuoneen puhaltimen nimet eivät täsmää, mutta kaikki 8 puhallinta on mittausten piirissä.																															

HP3:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 5/2

U8 VEIJENKASII TELLY									
hilskaivo 1	Kiertovesipumppu		4-HP3-08-0010	67,5	3				
	Pumppu 1		4-HP3-08-0020	80	3				
	Pumppu 2		4-HP3-08-0030	80	3				
hilskaivo 2	Pumppu 1		4-HP3-08-0100	67,5	3				
	Pumppu 2		4-HP3-08-0110	67,5	3				
lietkaivo	Lietkaivopumppu		4-HP3-08-0120	55	3				
kiertovesikaivo	Pumppu 1		4-HP3-08-0140	67,5	3				
	Pumppu 2		4-HP3-08-0150	67,5	3				
	Pumppu 3		4-HP3-08-0160	67,5	3				
11 PEITTAUS, HUUHTELUPUTKISTO + KAASUNPESU									
esihuuhTELUN kierrätys	Kierrätyspumppu p1.1		4-HP3-11-0020-91						Poistettu
	Kierrätyspumppu p1.2		4-HP3-11-0020-92						Poistettu
elektrolyyttiliuoksen kierto	Kiertopumppu p2.1		4-HP3-11-0060-93	90	3				
	Kiertopumppu p2.2		4-HP3-11-0060-94	90	3				
	Kiertopumppu p2.3		4-HP3-11-0060-96	90	3				
	Lietepumppu p3.1		4-HP3-11-0060-97	90	3				
	Lietepumppu p3.2		4-HP3-11-0060-98	90	3				
lietteen poisto	Kiertopumppu p3.3		4-HP3-11-0080-95	102,5	3				
välihuuhTELU	Kiertopumppu p1.3		4-HP3-11-0120-99	55	3				
	Kiertopumppu p1.4		4-HP3-11-0120-100	55	3				
	Kiertopumppu p1.5		4-HP3-11-0120-101	55	3				
epän kaasunpesu	Kiertopumppu p11		4-HP3-11-0140-104	170	2		Arvioitava	2,2	?
	Imuri		4-HP3-11-0140-3755				2 kk	15	2962
elp:n pohjakaivo 1	Pumppu p4.1		4-HP3-11-0160-102	152,5	2				
	Pumppu p4.2		4-HP3-11-0160-103	152,5	2				
happo- imulaitteisto	Isätkänkäimuri		4-HP3-11-0200-102867	247,5	2				Eikäytössä
	Imuri		4-HP3-11-0200-122629				2 kk	35	2962
happo- Kierrätys	Kiertopumppu p5.2		4-HP3-11-0220-109						
	Kiertopumppu p5.1		4-HP3-11-0220-110	180	2				
	Kiertopumppu p5.3		4-HP3-11-0220-111						
	Tyhjennyspumppu p6.1		4-HP3-11-0220-112	142,5	2				
	Tyhjennyspumppu p6.2		4-HP3-11-0220-114						
	Lietepumppu p7.1		4-HP3-11-0220-115	117,5	3				
	Lietepumppu p7.2		4-HP3-11-0220-116						
	Kuumavesipumppu p8.1		4-HP3-11-0220-117	115	3				
	Kuumavesipumppu p8.2		4-HP3-11-0220-118						
	Kiertopumppu p5.4		4-HP3-11-0220-122109						
	Kiertopumppu p5.5		4-HP3-11-0220-122110	180	2				
loppuhuuhTELU 2014 esihuuhTELU	Kierr. 1: Kierrätyspumppu 1		4-HP3-11-0515-103-103	?	?				
	Kierr. 1: Kierrätyspumppu 2		4-HP3-11-0515-103-103	?	?				
	Kierr. 1: Sakanpoistopumppu		4-HP3-11-0515-103-103	?	?				

# HP3:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 5/3

harjakone 1	Kierr. 2: Kierrätyspumppu 1		4-HP3-11-0515-204-204	?	?							
harjakone 2	Kierr. 3: Kierrätyspumppu 1		4-HP3-11-0515-304-304	?	?							
	Kierr. 2&3: Varapumppu		4-HP3-11-0515-304-304	?	?							
	Kierr. 2&3: Sakanpoistopumppu		4-HP3-11-0515-304-304	?	?							
HuuhTELUYKSİKÖT 4&5	Kierr. 4: Pumppu 1		4-HP3-11-0515-404-404	?	?							
	Kierr. 5: Pumppu 1		4-HP3-11-0515-404-404	?	?							
	Kierr. 4&5: Varapumppu		4-HP3-11-0515-404-404	?	?							
loppuhuuhTELUN kierrätys	HuuhTELUVESIPUMPPU p9		4-HP3-11-0280-113									
	Kiertopumppu p10.1		4-HP3-11-0280-119									
	Kiertopumppu p10.2		4-HP3-11-0280-120									
	Kiertopumppu p10.3		4-HP3-11-0280-121									
	Kiertopumppu p10.4		4-HP3-11-0280-122									
	Kiertopumppu p10.5		4-HP3-11-0280-123									
	Kiertopumppu p10.6		4-HP3-11-0280-124									
nauhan kuivaaja	Tuuletin-puhallin		4-HP3-11-0300-3757	145	2							
	Puhallin-kuivaaja		4-HP3-11-0300-3758									
happopeittaus pohjakaivo 2	Pumppu p4.3		4-HP3-11-0320-125	90	3							
	Pumppu p4.4		4-HP3-11-0320-126									

Poistettu

# HP4:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 6/1

HP4				yh	114			Periodinen mittaus	22									
Pumput, puhaltimet ja niiden sähkömoottorit				pumput	80			Lisäys	6									
				puhaltimet	34			Mittausvälin muutos	0									
Kriittisuusluokitus								Arvioitava tarkemmin	3									
Huono laitteistokohtainen "1-2-3" 2008																		
Osaprosessi		Laite	sähköpositio	huone	Positio	Pisteet	Luokitus	Nykytila	Muutos	Laakerivikaantumiset kpl(2004 ->)		moottorin nimellinen		KRIITTINEN LAITE (Outi Juuso)				
04 ESIRASVANPOISTO																		
rasvanpoiston kierrätys	Pumppu p31.1				4-HP4-04-2041-664064	200	2											
	Pumppu p31.2				4-HP4-04-2041-664065													
	Pumppu p31.3				4-HP4-04-2041-104100													
	Pumppu p31.4				4-HP4-04-2041-104101													
harjakoneen kierto	Pumppu p32.1				4-HP4-04-2041-104103	200	2											
	Pumppu p32.2				4-HP4-04-2041-104104													
nauhankuivain	Kierrätyspuhallin v37.2				4-HP4-04-2043-104111	330	2		8vk			37	1470					
	Kuivausilmapuhallin v37.1				4-HP4-04-2043-629105				8vk				30	1470				
pohjakaivo b38	Pumppu p38.1				4-HP4-04-2047-641971	30	3											
	Pumppu p38.2				4-HP4-04-2047-643805													
kaasunpesu	Hönlämuri V5				4-HP4-04-2049-21	30	3					7,5	1470	Ei Kutilla				
	Hönlämuri V6				4-HP4-04-2049-22								7,5	1470	Ei Kutilla			
	Pumppu pf2				4-HP4-04-2049-104143				Arvioitava				5,5	1470				
06 RASVANPOISTO 2																		
rasvanpoistoliuo sasema	Pumppu p52.1				4-HP4-06-4021-105048	0	3											
	Pumppu p52.2				4-HP4-06-4021-105049													
	Pumppu p52.3				4-HP4-06-4021-105051													
	Pumppu p52.4				4-HP4-06-4021-105052													
B41kierto	Pumppu 41.1				4-HP4-06-4023-105029													
	Pumppu 41.2				4-HP4-06-4023-105030													
B42 harjakoneen	Pumppu 42.1				4-HP4-06-4023-105033													
	Pumppu 42.2				4-HP4-06-4023-105034													
B43-B46	Pumppu 43				4-HP4-06-4023-105037	0	3											
	Pumppu 44				4-HP4-06-4023-105038													
	Pumppu 45				4-HP4-06-4023-105039													
	Pumppu 46				4-HP4-06-4023-105040													
	Pumppu 47				4-HP4-06-4023-105041													
nauhankuivain	Kierrätyspuhallin				4-HP4-06-4025	120	2		8vk			37	1470	Ei Kutilla				
	Kuivausilmapuhallin				4-HP4-06-4025				8vk				30	1470				



HP4:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

08 PEITTAUS													
epa 1:n kierrätys	Pumppu p1.1		4-HP4-08-6061-105070	100	3								
	Pumppu p1.2		4-HP4-08-6061-105071										
	Pumppu p1.3		4-HP4-08-6061-105072										
	Siirtopumppu p1.4		4-HP4-08-6061-105073										
	Siirtopumppu p1.5		4-HP4-08-6061-105074										
harjakone 1:n kierrätys	Pumppu p2.1		4-HP4-08-6063-105085	100	3								
	Pumppu p2.2		4-HP4-08-6063-105086										
	Pumppu p2.3		4-HP4-08-6063-105087										
epa 2:n kierrätys	Pumppu p3.1		4-HP4-08-6065-105100	100	3								
	Pumppu p3.2		4-HP4-08-6065-105101										
	Pumppu p3.3		4-HP4-08-6065-105102										
	Siirtopumppu p3.4		4-HP4-08-6065-105103										
	Siirtopumppu p3.5		4-HP4-08-6065-105104										
epan pohjakaivo	Pumppu p20.1		4-HP4-08-6067-105089	180	3								
	Pumppu p20.2		4-HP4-08-6067-105090										
epan kaasunpesu	Hönläpöhuolin V1		4-HP4-08-6068-21	360	2				11	1470	Ei Kutilla		
	Hönläpöhuolin V2		4-HP4-08-6068-22					11	1470	Ei Kutilla			
	Pis. erot. keskipakopumppu		4-HP4-08-6068-111008				Arvioitav	5,5	1500				
harjakone 2:n kierrätys	Pumppu p4.1		4-HP4-08-6069-105137	160	2								
	Pumppu p4.2		4-HP4-08-6069-105138										
	Pumppu p4.3		4-HP4-08-6069-105139										
	Pumppu p4.4		4-HP4-08-6069-105140										
sha 1/ kuumavesiasem pohjakaivo	Pumppu p29.1		4-HP4-08-6100-105147	0	3								
	Pumppu p29.2		4-HP4-08-6100-105148										
	Pumppu p 28.1		4-HP4-08-6100-105149										
sha 1:n kierrätys	Pumppu p 28.2		4-HP4-08-6100-105150	330	2								
	Pumppu p5.1		4-HP4-08-6101-105159										
	Pumppu p5.2		4-HP4-08-6101-105160										
	Pumppu p5.3		4-HP4-08-6101-105161										
	Siirtopumppu p5.4		4-HP4-08-6101-105162										
sha 2:n kierrätys	Siirtopumppu p5.5		4-HP4-08-6101-105163	600	1								
	Pumppu p6.1		4-HP4-08-6103-105174										
	Pumppu p6.2		4-HP4-08-6103-105175										
	Pumppu p6.3		4-HP4-08-6103-105176										
	Siirtopumppu p6.4		4-HP4-08-6103-105177										
sha 3:n kierrätys	Siirtopumppu p6.5		4-HP4-08-6103-105179	600	1								
	Pumppu p7.1		4-HP4-08-6105-105196										
	Pumppu p7.2		4-HP4-08-6105-105197										
	Pumppu p7.3		4-HP4-08-6105-105198										
	Siirtopumppu p7.4		4-HP4-08-6105-105199										
Siirtopumppu p7.5		4-HP4-08-6105-105200					45	1480					
								45	1480				
								45	1480				

# HP4:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 6/4

sha:n sakanpoist	Pumppu p8		4-HP4-08-6106-105207	60	3							
	Pumppu p9		4-HP4-08-6106-105209									
sha:n pohjakaivo	Pumppu p28.2		4-HP4-08-6107-649202	180	2							
	Pumppu p28.3		4-HP4-08-6107-105269									
sha:n kaasunpes	Poistopuhallin V450		4-HP4-08-6108-119417	420	2	8 vk		30	2960			
	Hönhäpuhallin V3		4-HP4-08-6108-					18,5	1470	Ei Kutilla		
	Hönhäpuhallin V4		4-HP4-08-6108-					18,5	1470	Ei Kutilla		
	Pis. erot. kierrätyspumppu		4-HP4-08-6108-124219				Arvioitava	4	1470			
harjakone 3/ huut	Pumppu p10.1		4-HP4-08-6109-618738	370	2							
	Pumppu p10.2		4-HP4-08-6109-105224									
	Pumppu p10.3		4-HP4-08-6109-105225									
	Pumppu p11		4-HP4-08-6109-105230									
	Pumppu p12.1		4-HP4-08-6109-105231									
	Pumppu p12.2		4-HP4-08-6109-105232									
lauhdesäiliö	Pumppu p27.1		4-HP4-08-6109-105234									
	Pumppu p27.2		4-HP4-08-6109-105235									
nauhankuivain	Kuivaus-ilmapuhallin v13.2		4-HP4-08-6110-105239	250	2	8vk		30	1480	Ei Kutilla		
	Kierrätys-ilmapuhallin w13.1		4-HP4-08-6110-105240				8vk	37	1480	Ei Kutilla		

# RAP5:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 7/1

RAP5		yht.	227	Online	32										
Pumput, puhaltimet ja niiden sähkömoottorit		pumput	165	Periodinen	33										
Kriittisyysluokitus		puhaltimet	62	Lisäys	14										
Laitteistokohtainen A-B-C-ei luok.				Mittausvälin muutos	3										
				Arvioitava tarkemmin	0										
				Kunnonvalvonta		Laakeri vikaantumiset kpl (2003 ->)		Moottori			KRIITTINEN LAITE				
Osa-prosessi	Laitte	KUTI-Positio	Pisteet	Luokka	Nykytila	Muutos	Moottori	Pump./puh.	Teho (kW)	rpm	Huom	Ei	Kyllä	Lisätietoja	
06 ESILÄMMITYS	(Kuusela)	6-RAP5-06-													
korkeapainepesurin vedenkierrätys	KP-pesupumppu	170-160-P1101	160	C	3 kk				75	3000					
	KP-pesupumppu	170-160-P1102			3 kk				75	3000					
	suodatinpumppu	170-160-P1115	160	C											
	pohjakaivopumppu	170-160-P1116													
	tyhjennyspumppu (=Hilsevesipumppu)	170-160-P1117			3 kk				11	1460					
tyhjennyspumppu (=Hilsevesipumppu)	170-160-P1118	3 kk				11	1460								
kuumavesiallas	täyttöpumppu 1	175-200-P1106	55	C											
	täyttöpumppu 2	175-200-P1107													
	kierrätyspumppu 1	175-220-P1103	0	Ei luokkaa											
	kierrätyspumppu 2	175-220-P1104	0	Ei luokkaa											
	kierrätyspumppu 3	175-220-P1105	0	Ei luokkaa											
höngän poisto	höngänpoistopuhallin	175-240-B1108	30	C	3 kk				37	1480					
esikäsittelyn nauhan	kuivatuspuhallin	180-B1109	360	B	3 kk				15	1460					
	polttoilmahuuhallin	185-160-120363	205	C	3 kk				90	2976					
esilämmitysyksikkö	savukaasun poistopuhallin	185-180-120367	255	B	1 kk	2 kk			315	991					
07 VALSSAUS (Juusola) JA RASVANPOISTO 1 (Huhtala)		6-RAP5-07-													
RC 2 patruunasuodatus	patr.suod.pumppu P10	231-160-100-xxxx	190	C					30	1470					
	patr.suod.pumppu P11	231-160-100-xxxx							30	1470					
	patr.suod.pumppu P12	231-160-100-xxxx							30	1470					
	patr.suod.pumppu P13	231-160-100-xxxx							30	1470					
	puhdasöljysäiliön pumppu P14	231-160-120-xxxx	105	C					4	1440					
	puhdasöljysäiliön pumppu P15	231-160-120-xxxx							4	1440					
	poistopumppu selkeytys P16	231-160-140-xxxx							3	1435					
	poistopumppu selkeytys P17	231-160-140-xxxx							3	1435					
	lik. öljyn pumppu P18	231-160-160-xxxx							30	1470					
	lik. öljyn pumppu P19	231-160-160-xxxx							30	1470					
puht. ölj. pumppu P20	231-160-180-xxxx					5,5	2925								
valssausöljypumput	valssausöljypumppu B1	235-100-B1	265	B					160	1490					
	valssausöljypumppu B2	235-100-B2							160	1490					
	valssausöljypumppu B3	235-100-B3							160	1490					
	valssausöljypumppu B4	235-100-B4							160	1490					
	valssausöljypumppu B5	235-100-B5							160	1490					
	valssausöljypumppu B6	235-100-B6							160	1490					
	valssausöljypumppu B7	235-100-B7							160	1490					



RAP5:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 7/2

	ensiöpumppu A01	235-120-A01	295	B			15	1460		
	ensiöpumppu A02	235-120-A02						15	1460	
	ensiöpumppu A03	235-120-A03						15	1460	
	ensiöpumppu A04	235-120-A04						15	1460	
	ensiöpumppu A05	235-120-A05						15	1460	
	ensiöpumppu A06	235-120-A06						15	1460	
	ensiöpumppu A07	235-120-A07						15	1460	
	ensiöpumppu A08	235-120-A08						15	1460	
	ensiöpumppu A09	235-120-A09						15	1460	
	toisiopumppu A01	235-140-A01	295	B			15	1460		
	toisiopumppu A02	235-140-A02						15	1460	
	toisiopumppu A03	235-140-A03						15	1460	
	toisiopumppu A04	235-140-A04						15	1460	
	toisiopumppu A05	235-140-A05						15	1460	
	toisiopumppu A06	235-140-A06						15	1460	
	toisiopumppu A07	235-140-A07						15	1460	
	toisiopumppu A08	235-140-A08						15	1460	
	tyhjennyspumppu A01	235-160-A01	430	A	Arvioitava t	3	2890			
	tyhjennyspumppu A02	235-160-A02			Arvioitava t	3	2890			
	tyhjennyspumppu A03	235-160-A03			Arvioitava t	3	2890			
	tyhjennyspumppu A04	235-160-A04			Arvioitava t	3	2890			
	toisiosuodatuspumput 3kpl	235-180	160	B						
	vakuumpumppu A01	235-200-A01	170	C			30	1465		
	vakuumpumppu A02	235-200-A02						30	1465	
	vakuumpumppu A03	235-200-A03						30	1465	
	vakuumpumppu A04	235-200-A04					Arvioitava t	30	1465	
	vakuumpumppu A05	235-200-A05						30	1465	
	vakuumpumppu A06	235-200-A06						30	1465	
rasvanpoisto 1	sakanpoistopumppu	240-145-P48	300	B			30	1465		
	sakanpoistopumppu	240-145-P49						30	1465	
	huuhtelupumppu	240-145-P50			2 kk		8,5	1460		
	huuhtelupumppu	240-145-P51			2 kk		8,5	1460		
	korkeapainepumppu	240-145-P53			2 kk		110	2980		
	tyhjennyspumppu	240-145-P58					18,5	1460		
	Lamor-pumppu	240-145-120521								
	korkeapainepumppu	240-145-P52			2 kk		110	2980		
	kierätyspumppu (harjakone)	240-155-P53					4	1440		
	kierätyspumppu (harjakone)	240-155-P60					4	1440		
	huuhtelupumppu	240-210-P61			11	2930				
	huuhtelupumppu	240-210-P62			11	2930				
	huuhtelupumppu	240-210-P63			11	2930				
	huuhtelupumppu	240-210-P64			11	2930				
lauhdepumppu	240-215-P67			11	1460					
lauhdepumppu	240-215-P68			11	1460					
			225	C						

RAP5:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 7/3

	Reunapuhallin	240-220-?	274	B		2 kk		75	3000	
	Radiaalipuhallin	240-220-?	275	B		2 kk		55	1475	
	pohjakaivopumppu	240-240-P65						11	1460	
	pohjakaivopumppu	240-240-P66						11	1460	
	siirtopumppu	240-240-P81						0,75	2850	
	siirtopumppu	240-240-P82	285	B				0,75	2850	
	siirtopumppu	240-240-P83						0,75	2850	
	siirtopumppu	240-240-P84						0,75	2850	
	pohjakaivopumppu (peittaus)	240-240-119738								
	Lamor-pumppu	240-240-120529								
valssauksen ja rasvanpoiston apulaitteet	kierrätyspumppu	250-120-P79								
	kierrätyspumppu	250-120-P80	315	B						
	puhallin (hönkäpuhallin)	250-120-RB3			3 kk	2 kk		22	1460	
	puhallin (hönkäpuhallin)	250-120-RB4			3 kk	2 kk		22	1460	
	pohjakaivopumppu (itä)	250-200-P1	?	?						
	pohjakaivopumppu (länsi)	250-200-P2	?	?						
	Öljysuimuri	250-100		A		2 kk		160	742	
09 LUUNIALUEET ja JÄÄDYTYYS (Kuusela)		6-RAP5-09-								
Uunialue 1	tiivistysilmahuuhallin (=Laimennus)	285-100	260	B	Online			18,5	1465	Kutilla väärä r
	Pilot-ilmapuhallin	285-180.3	335	B	Online			5,5	2325	
	savukaasupuhallin 1	285-200	400	B	Online			250	992	
	polttoilmahuuhallin 1	285-220	450	A	Online			400	2362	
	polttoilmahuuhallin 2	285-220	450	A	Online			400	2362	
Uunialue 2	Pilot-ilmapuhallin	290-180.3	335	B	Online			5,5	2325	
	savukaasupuhallin 2	290-200	400	B	Online			125	986	
	polttoilmahuuhallin 1	290-220	450	A	Online			250	2360	
	polttoilmahuuhallin 2	290-220	450	A	Online			250	2360	
	sekoitusilmahuuhallin	290-050	260	B	Online					
laimennusilmahuuhallin (savukaas)	290-140.2	550	A	Online			11	1460	Ei Kutilla	
jäähd.vyöhd. 1	jäähdytyspuhallin 1(=tuloilmahuuh)	300-100-xxxx	425	A	Online			250	1487	
	jäähdytyspuhallin 2	300-100-xxxx			Online			250	1487	
jäähd.vyöhd. 2	jäähdytyspuhallin 3	305-100-xxxx	425	A	Online			250	1487	
	jäähdytyspuhallin 4	305-100-xxxx			Online			250	1487	
jäähd.vyöhd. 3	jäähdytyspuhallin 5	310-100-xxxx	425	A	Online			250	1487	
	jäähdytyspuhallin 6	310-100-xxxx			Online			250	1487	
poistokaasujärjestelmä yks. 1-3	poistokaasupuhallin 1	315-100-xxxx	560	A	Online			630	744	
	poistokaasupuhallin 2	315-100-xxxx			Online			630	744	
jäähd.vyöhd. 4	jäähdytyspuhallin 7	320-100-xxxx	425	A	Online			250	1487	
	jäähdytyspuhallin 8	320-100-xxxx			Online			250	1487	
jäähd.vyöhd. 5	jäähdytyspuhallin 9	325-100-xxxx	425	A	Online			250	1487	
	jäähdytyspuhallin 10	325-100-xxxx			Online			250	1487	
jäähd.vyöhd. 6	jäähdytyspuhallin 11	330-100-xxxx	425	A	Online			250	1487	
	jäähdytyspuhallin 12	330-100-xxxx			Online			250	1487	

RAP5:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 7/4

jäähd.vyöhd. 7	jäähdytyspuhallin 12	335-100-xxxx	425	A	Online		250	1487		
	jäähdytyspuhallin 13	335-100-xxxx			Online		250	1487		
jäähd.vyöhd. 9	Blow of fan 1 (= Vedenpoistopuha	345-100-xxxx	115	C	Online		22	2930		
	Blow of fan 2 (= Vedenpoistopuha	345-100-xxxx			Online		22	2930		
poistokaasujärjestelmä yks. 4-9	poistokaasupuhallin 3	350-100-xxxx	560	A	Online		800	745		
	poistokaasupuhallin 4	350-100-xxxx			Online		800	745		
kuivaaja	kuivausilmahuone	360-110	360	B	Online		90	2975		
nauhan jäähd. vesijärjestelmä	pesuvesipumppu 1	365-120-P004	0	Eiluokkaa			7,5	1450		
	pesuvesipumppu 2	365-120-P005					7,5	1450		
	kaivopumppu	365-120-P007					15	1455		
	jäähdytysvesipumppu 1	365-120-P008			3 kk		45	2960		
	jäähdytysvesipumppu 2	365-120-P009			3 kk		45	2960		
	jäähdytysvesipumppu 3	365-120-P010			3 kk		250	1487		
	jäähdytysvesipumppu 4	365-120-P011			3 kk		250	1487		
	jäähdytysvesipumppu 5	365-120-P012			3 kk		250	1487		
	annostelupumppu	365-120-P013								
kannatusrullien jäähd. vesijärjestelmä	annostelupumppu	370-120-P001								
	jäähdytysvesipumppu 1	370-120-P002	3 kk		90	2976				
	jäähdytysvesipumppu 2	370-120-P003	3 kk		90	2976				
10 HILSEENMURJTJA (Kuusela)										
pölyn poisto	Pölynpoistopuhallin	400-220	240	B	2 kk	Online		110	1486	EiKutilla
	kieromäntäpuhallin	400-220				2 kk		132	1487	
11 KUULAPUHALLUS (Kuusela)										
kuulapuhallusyksikkö 1	kieromäntäpuhallin 1	420-1-xxxx	250	B		2 kk		132	1487	
	kieromäntäpuhallin 2	420-1-xxxx				2 kk		132	1487	
kuulapuhallusyksikkö 2	kieromäntäpuhallin 3	420-2-xxxx	251	B		2 kk		132	1487	
	kieromäntäpuhallin 4	420-2-xxxx				2 kk		132	1487	
kuulapuhallusyksikkö 3	kieromäntäpuhallin 5	420-3-xxxx	252	B		2 kk		132	1487	
	kieromäntäpuhallin 6	420-3-xxxx				2 kk		132	1487	
suodatitimet	polynpoiston puhallin 1	425-xxxx	190	C		2 kk	Online	90	1483	
	polynpoiston puhallin 2	425-xxxx				2 kk	Online	90	1483	
	polynpoiston puhallin 3	425-xxxx				2 kk	Online	90	1483	
12 PEITTAUS (Huhtala)										
esihuhtelun kierrätysjärj.	kierrätyspumppu 1 P29	455-140-xxxx	120	C				18,5	1465	
	kierrätyspumppu 2 P30	455-140-xxxx						18,5	1465	
elektrolyyttipeittäys kierrätys 1	kierrätyspumppu 1 P31	460-160-EP 1	0	Eiluokkaa				200	1486	
	kierrätyspumppu 2 P32	460-160-EP 1					200	1486		
	kierrätyspumppu 3 P33	460-160-EP 1					200	1486		
elektrolyyttipeittäys kierrätys 2	kierrätyspumppu 4 P34	460-160-EP 2					200	1486		
	kierrätyspumppu 5 P35	460-160-EP 2					200	1486		
	kierrätyspumppu 6 P36	460-160-EP 2					200	1486		



RAP5:N VÄRÄHTELYMITTAUKSET

LIITE 7/6

elekt. peit. kaasunpesu	keskipakopumppu 1	490-100-P46	625	A			4	1440		
	keskipakopumppu 2	490-100-P47					4	1440		
	keskipakopuhallin 1	490-100-RB1			1 kk	2 kk	30	988		
	keskipakopuhallin 2	490-100-RB2			1 kk	2 kk	30	988		
STEULER kaasunpesu	kaas. pesun jäähd. ja poistopump	490-120-xxxx	750	A			2,2	2980		
	kaas. pesun kierrätyspumppu	490-120-xxxx					7,5	2980		
	Esikuumennuspuhallin	490-120-xxxx			2 kk		?	?	Ei kutilla	
	Poistokaasupuhallin	490-120-xxxx			2 kk		90	2975	Ei kutilla	
	keskipakopuhallin HRV 28-280	490-120-xxxx			2 kk		22	988		
	keskipakopuhallin HRV 63-630 K	490-120-xxxx			2 kk		22	988		
peittauksen muut laitteet	pohjakaivopumppu 1 (pk1, ep)	500-100-P39	210	C						
	pohjakaivopumppu 2 (pk1, ep)	500-100-P40								
	pohjakaivopumppu 1 (pk2, shp)	500-120-P16	160	C						
	pohjakaivopumppu 2 (pk2, shp)	500-120-P17								
	pk2 pump. säil. pumppu	500-130-xxxx	145	C						
	kuum. vesi pumppu 1	500-180-P27	255	B			30	1465		
kuum. vesi pumppu 2	500-180-P28					30	1465			
16 RASVANPOISTO 2 (VO2:n jälkeen) (Huhtalo)		6-RAP5-16-								
huuhtelu ja harjaus	pumppu	555-P75	86,66	C						
	pumppu	555-P76								
kierrätysjärjestelmä	korkeapainepumppu P69	560-100-P69	15	C						
	korkeapainepumppu P70	560-100-P70								
	korkeapainepumppu P71	560-100-P71								
	kierrätyspumput (k kpl)	560-120								
rasvanpoisto 2 pohjakaivo	pohjakaivopumppu P77	565-P77	180	C						
	pohjakaivopumppu P78	565-P78								
nauhan kuivain	radiaalipuhallin 1	575-120	275	B		2 kk	37	1470	Ei Kutilla, nimi	
	reunojenpuhallin	575-120				2 kk	75	2974	Ei Kutilla, nimi	
	radiaalipuhallin 2	575-140	275	B		2 kk	37	1470	Ei Kutilla, nimi	
33 VÄLIVESIJÄRJESTELMÄ		6-RAP5-33-								
	Kierrätyspumppu 1	900-100.1	?	?	2 kk		160	993	Käytössä	
	Kierrätyspumppu 2	900-100.2	?	?	2 kk		250	1487	Varalla	