KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka / käynnissäpito

Jonne Lassila

PITKÄN TUOTANNON KESKEYTYKSEN VAIKUTUS HITAASTI PYÖRIVIIN LAITTEISIIN SELLUTEHTAALLA

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

LASSILA, JONNE	Pitkän tuotannon keskeytyksen vaikutus hitaasti pyöriviin laitteisiin sellutehtaalla
Opinnäytetyö	62 sivua + 5 liitesivua
Työn ohjaajat	Yliopettaja Simo Ollila
	Yksikön päällikkö Mikko Vaahersalo
Toimeksiantaja	Empower Oy
Tammikuu 2012	
Avainsanat	kunnossapito, laakerit, kunnonvalvonta, vauriot

Stora Enso Sunilan sellutehdas pysäytettiin vuonna 2009 maaliskuussa ja tuotannon jatkuminen oli epävarmaa. Tehdas päätettiin käynnistää uudelleen joulukuussa vuonna 2009. Työn aiheeseen päädyttiin, koska pitkän seisonnan jälkeen on tehtaalla ilmennyt useita vakavia vaurioita eikä pitkän seisontajakson vaikutuksista ole aiempaa kokemusta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, kuinka pitkä seisontajakso on vaikuttanut tehtaan raskaisiin pyöriviin laitteisiin ja niiden kunnossapitoon. Työ toteutettiin Empower Oy:n toimeksiannosta haastatteluja, kunnossapidon historiatietoja, kunnonvalvonnan mittaustuloksia sekä aiempia aiheeseen liittyviä julkaisuja apuna käyttäen. Tarkempaan tarkasteluun on valittu kuusi vaakasuunnassa pyörivää laitetta, joihin epäiltiin pitkällä pysäytyksellä olleen vaikutusta. Valituilta laitteilta on arvioitu tehdyn kunnossapidon määrän vaihteluita sekä pyritty selvittämään pitkän seisonnan vaikutusta laitteisiin ja niiden vikaantumisiin.

Työn teoriaosassa on käsitelty laakereiden vikaantumisia, kunnonvalvontaa sekä kunnossapitoa. Laakereiden oletettiin joutuneen suurien rasitusten alaisiksi koneiden ollessa pitkään käyttämättöminä, joten erityisesti on tarkasteltu pyörintäelimien toiminnassa tapahtuneita muutoksia seisonnan seurauksena.

Laitekohtaisessa tarkastelussa löydettiin mahdollisia kehityskohteita ja tekijöitä, joiden parempi huomiointi edistää yleisesti käyttövarmuutta. Pitkät tuotantokatkot eivät ole hyväksi laitteille, mutta vikaantumista edistäviä vaikutuksia tai selviä muutoksia laitteiden käytettävyydessä ei työhön kerättyjen tietojen perusteella pystytty osoittamaan.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
University of Applied Sciences
Mechanical Engineering and Production Technology

LASSILA, JONNE	Effect of Long-Term Shutdown to Slowly Rotating Equipment in a Pulp Mill
Bachelor's Thesis	62 pages + 5 pages of appendices
Supervisors	Simo Ollila, Principal Lecturer
	Vaahersalo Mikko, Unit Manager
Commissioned by	Empower OY
January 2012	
Keywords	maintenance, bearings, condition monitoring, damages

Stora Enso Sunila Mill was stopped in March 2009 and its future was unclear. In December 2009 they made a decision to start the mill again. The topic of this thesis work was chosen because, after the stop there have been observed many serious damages at the mill and there is no previous experience on this topic.

The purpose of this thesis work was to examine how long-term suspension of production has affected the factory's heavy rotating equipment and its maintenance. The material used for this thesis was gathered from interviews, maintenance histories, condition monitoring test results and previously published written materials.

Six horizontal devices were selected for closer examination and they were investigated to find the effects of the long-term shutdown. Also, maintenance variations were investigated and an attempt was made to identify the long-term shutdown effects on the devices and their damages.

The theoretical part deals with failures of bearings, condition monitoring and maintenance. Special attention was focused on the bearings and their functionalities, because they were under large loads during the stoppage time. The result of thesis work was that long interruptions in production are not recommendable but it was not possible to prove the effects off a long-term shutdown.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO 6

1.1 Työn tarkoitus 6
1.2 Työn rajaus 6
1.3 Työn kulku 7

2 YRITYKSET 7

2.1 Stora Enso Sunilan tehdas 7

2.1.1 Sulfaattisellun valmistus 8
2.2 Empower Oy 9

3 KUNNOSSAPIDON MÄÄRITELMIÄ 10

3.1 Standardit 10
3.2 Kunnossapito 11
3.3 Vikaantuminen 13

3.3.1 Yleistä vikaantumisesta 13
3.3.2 Vian kehittymisvaiheet 14
3.3.3 Vikaantumismallit 15
3.3.4 Laakeriviat 17
3.4 Kunnossapidon lajit 18

3.4.1 Ehkäisevä kunnossapito 18
3.4.2 Korjaava kunnossapito 19
3.5 Kunnonvalvonta 20

3.5.1 Laakereiden kunnonvalvonta 22
3.5.2 Sunilan tehtaan kunnonvalvonta 28

4 TARKASTELTAVIEN LAITTEIDEN VALINTA 30

4.1 Aihealueen kartoitus 30

4.1.1 Voimalaitos 32

4.1.2 Puunkäsittely 32

4.1.3 Kuitulinja 33

4.2 Seisokkikorjaukset 34

4.3 Lopulliset laitevalinnat 36

5 LAITEKOHTAINEN TARKASTELU 36

5.1 Yleistä 36

5.2 Meesauuni 2, polttopään kannatuspyörä 37

5.3 Kuivauskoneiden puristinosat 40

5.3.1 Puristintelan laakerin silmämääräinen tarkastus 42

5.3.2 Käytetyn laakerin kunnostuttaminen toimittajalla 44

5.4 Kuivauskone 6, imusylinteri 45

5.5 Kuivauskone 4, kuivaussylinterit 48

5.6 Ylisuuren hakkeen käsittelijä 51

5.7 Pesupuristin 53

6 JOHTOPÄÄTÖKSET 54

7 YHTEENVETO 58

LÄHTEET 60

HAASTATTELUT 62

LIITTEET

Liite 1. Kunnossapitotyöt laitekohtaisesti vuosina 2006 - 2011

Liite 2. Puristintelojen värähtelymittaustulokset

Liite 3. SKF Laakerikunnostuksen esitietolomake

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Stora Enso Sunilan sellutehdas oli vuonna 2009 pysäytettynä yhdeksän kuukautta. Tehtaan toiminnan jatkuminen oli tänä ajanjaksona vaakalaudalla, mikä vaikutti erityisesti kunnossapidon tasoon kyseisinä kuukausina sekä noin vuoden seisontaa edeltävänä aikana. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten yhdeksän kuukauden katko tuotannossa ja kunnossapidossa sekä edeltäneenä ajanjaksona muodostunut kunnossapitovelka ovat vaikuttaneet laitteisiin ja niiden osiin kunnossapidon kannalta.

Tehtaalla on paljon normaalin tuotannon aikana jatkuvasti pyöriviä laitteita ja komponentteja. Erityisesti pyritään kohdistamaan huomiota suuriin vaakasuunnassa pyöriviin laitteisiin ja niiden laakerointeihin. Vuosina 2010 ja 2011 on tehtaalla ollut useampaan otteeseen äkillisiä laitevaurioita, joiden syntymisen on saatettu epäillä johtuneen juuri pitkästä seisontajaksosta. Ennestään ei löydy selkeää tietoa vioista, niiden syntymisen syistä ja siitä, kuinka niitä on korjattu. Tavoitteena on saada muodostettua kuva syntyneistä ongelmista ja mahdollisista toimenpiteistä niiden eliminoimiseksi tulevaisuudessa. Lisäksi pyritään selvittämään laakereiden kunnonvalvonnan kehityskohteita ja pohtimaan tarvittavan kunnossapidon määrää. Tehtaan kunnossapidosta vastaa Empower Oy, joka toimii myös työn toimeksiantajana.

1.2 Työn rajaus

Toimeksiantovaiheessa työn kohteeksi määritettiin tehtaan suuret pyörivät laitteet ja niiden mahdollisesti pitkästä seisonnasta johtuvat vikaantumiset. Lisäksi tarkoituksena oli tarkastella pitkäaikaisen seisonnan vaikutuksia seuraavien vuosien kunnossapidon tarpeeseen. Työtä lisää rajattaessa päätettiin ensimmäiseksi määrittää tehtaalta osastot, joihin työ kohdistetaan. Osastoista valittiin kuitulinja, voimalaitos ja puunkäsittely. Ensimmäinen jako pidettiin vielä melko laajana ja sitä päätettiin kohdistaa tarkemmin työn edetessä. Tavoitteeksi asetettiin, että joka osastolta valittaisiin kolmesta neljään halutut kriteerit täyttävää laitetta, joihin keskityttäisiin jatkossa. Ilman tarkkoja rajauk-

sia olisi ollut suuri riski, että työstä olisi tullut liian laaja ja työläs toteuttaa annetussa ajassa.

1.3 Työn kulku

Työn alussa tutustuin ensimmäiseksi kunnossapitoon liittyviin julkaisuihin sekä kirjojen että erilaisten verkkojulkaisuiden avulla. Perusteisiin tutustumisen jälkeen aloin kohdistaa tiedon hankintaa Sunilan tehtaaseen. Tutkin kunnossapidon tietojärjestelmästä kunnossapitohistoriaa ja etenkin siinä viime vuosien aikana mahdollisesti tapahtuneita muutoksia. Lisäksi kävin keskusteluja eri osastoiden kunnossapidon työnjohtajien kanssa, koska heiltä löytyi käytännön kokemuksia vikaantumisista ja kunnossapidosta muiltakin osin. Haastattelujen pohjalta kohteiden määrää rajattiin ennen laitekohtaisia tarkasteluja.

Pyörivien laitteiden suuren määrän vuoksi päädyttiin keskittämään tarkastelu erityisesti kuivaussaliin ja siellä oleviin laitteisiin. Lisäksi mukaan valittiin muilta osastoilta viime vuosina äkkinäisesti vaurioituneita kohteita. Vuoden 2011 vuosihuollossa töiden kohteina olevia laitteita painotettiin valinnoissa, koska niitä päästiin työn aikana tarkastelemaan tarkemmin. Valittujen kohteiden ennakkohuollon mittauksista saatuja tietoja tarkasteltiin laakereiden osalta. Tavoitteena oli saada muodostettua kuva vikaantumisten etenemisistä ja lisäksi pyrittiin löytämään mahdollisia vaurioiden yhteyksiä pitkään seisontajaksoon.

Työssä olevat valokuvat, joiden lähdetietoja ei ole merkitty ovat kaikki työn laatijan itse ottamia.

2 YRITYKSET

2.1 Stora Enso Sunilan tehdas

Stora Enso on maailmanlaajuinen paperi-, pakkaus- ja puutuotealalla toimiva yritys. Konsernin palveluksessa on noin 26 000 henkilöä ja yhteensä 85 tuotantoyksikköä eri puolilla maailmaa. Yrityksen liikevaihto oli 10,3 miljardia euroa vuonna 2010. (1.)

Stora Enso Sunilan tehdas on Kotkassa sijaitseva sulfaattisellutehdas. Siellä valmistetaan valkaistua havupuusellua, jonka raaka-aineena ovat mänty ja kuusi. Tehdas työllistää noin 170 henkilöä ja vuotuinen tuotantokapasiteetti on noin 375 000 tonnia. Vuoden 2009 maaliskuussa tehtiin päätös tuotannon keskeytyksestä ja toiminta pysäytettiin, eikä jatkokäytöstä ollut täyttä varmuutta. Loppuvuodesta 2009 tehtiin kuitenkin päätös jatkaa tehtaan toimintaa ja käyntiin tehdas saatiin uudelleen joulukuussa. Kunnossapito Sunilassa on ulkoistettu vuoden 2011 alussa Empower Oy:lle. (1.)

Kuva 1. Stora Enso Oyj Sunilan tehdas (1)

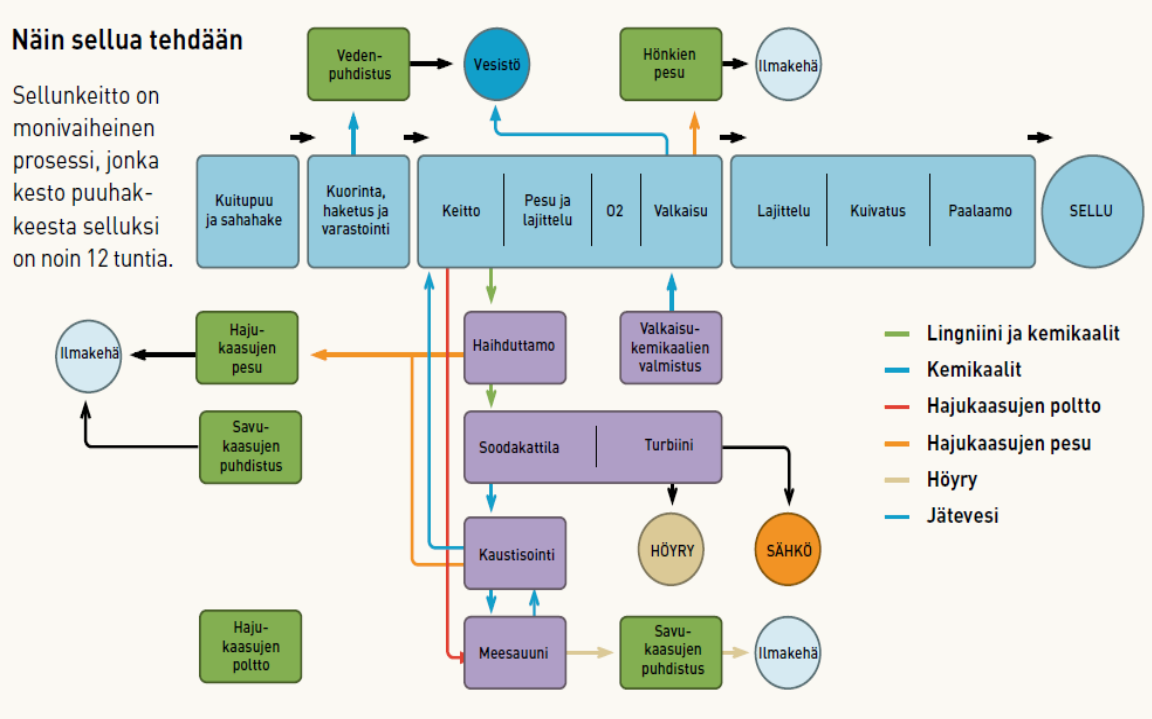
2.1.1 Sulfaattisellun valmistus

Sulfaattisellun valmistus onnistuu kaikista tavallisista puulajeistamme, mutta käytetyin on kuitenkin edullisen hinnan vuoksi mänty. Ennen keittämistä puu haketetaan ja seulotaan, jotta hake on tasalaatuista ja keittonesteet pääsevät tunkeutumaan puuainekseen mahdollisimman hyvin. (2, 71.)

Hakevarastosta hake kuljetetaan hihnalla keittämön keittimeen, jossa siihen lisätään keitto- eli valkolipeää. Seuraavaksi suoritettavan keiton aikana kuituja yhteen liittävä ligniini liukenee. Keiton lopputuloksena saadaan liukenemattomasta osasta puuta sulfaattisellua ja käytetty keittolipeä ja liuennut osa puusta puolestaan muodostavat mustalipeää. (2,26-27.) Käytetyille kemikaaleille on oma talteenottojärjestelmä, jonka toimintaan tässä työssä ei perehdytä tarkemmin lukuun ottamatta meesauunin kannatuspyöriä.

Pesemössä kuitumassasta erotetaan mustalipeä mahdollisimman väkevänä ja tarkasti. Tämän jälkeen massa menee lajittamoon, jossa siitä poistetaan sellun puhtauden kannalta huonot ainekset. Seuraavaksi massa menee valkaisimoon valkaistavaksi ja sieltä se johdetaan kuivattamoon. (2,260-261.)

Sunilan tehtaalla ei ole integroituna paperitehdasta sellutehtaan yhteyteen, joten sellu kuivataan ennen kuljetusta. Tehtaalla on kaksi kuivauslinjaa, joista toisessa on sylinterikuivaus ja vuonna 2000 uusitulla linjalla puolestaan puhallinkuivain.



Kuva 2. Sellun keiton vaiheet (3)

2.2 Empower Oy

Empower on Itämeren alueella toimiva energia- ja tietoliikennealan sekä teollisuuden palveluja tarjoava yritys. Henkilöstön määrä oli vuonna 2010 noin 3000 ja liikevaihto noin 307 miljoonaa euroa. Henkilöstön jakautuminen maittain on esitetty kuvassa 3. (4.)

Kuva 3. Empowerin henkilöstön jakautuminen maittain (4)

Teollisuustoimialan pääasiakkaita ovat metsäteollisuusyritykset ja energiayhtiöt sekä näiden toimialojen laitetoimittajat ja toimijat Itämeren alueella. Liiketoiminta muodostuu pääosin liikkuvasta ja paikallisesta palvelutuotannosta. Lisäksi yritys tuottaa keskitetysti projektointi ja asiantuntija sekä tiedonhallinta ja huoltokeskustoimintoja. Yhteensä teollisuustoimiala työllistää noin 600 henkilöä eri puolilla Suomea. (4.)

3 KUNNOSSAPIDON MÄÄRITELMIÄ

3.1 Standardit

Kunnossapidon SFS-EN 13306 -standardin mukainen määritelmä on seuraava:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon” (5,15).

John Moubray on esittänyt kunnossapidolle hieman kansanomaisemman määritelmän:

”Tavoitteena tuotantovälineiden toiminnan varmistamiseksi niiden koko elinkaaren aikana ovat:

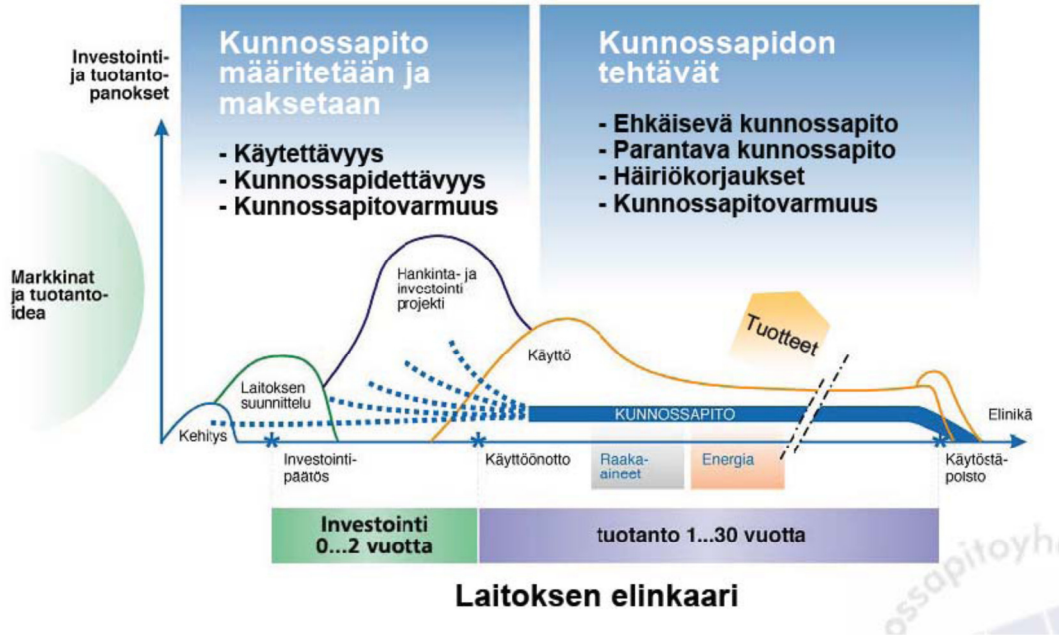
- *varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys*

- *valita ja käyttää kaikkein sopivimpia kunnossapidon menetelmiä, joilla hallitaan tuotantovälineiden vikaantumisen seurauksia*

- *saada kaikkien kunnossapitoon vaikuttavien ihmisten aktiivinen tuki kunnossapidon toimille"* (5,15).

3.2 Kunnossapito

Kunnossapidolla pyritään pitämään teollisuuteen ja yhteiskunnan rakenteisiin sijoitettu pääoma toiminta- ja kilpailukykyisenä koko investoinnin elinkaaren ajan. Elinkaaren pidentämisen tavoittelu on ehdottomasti yksi tärkeimmistä kunnossapidon päämääristä. Kunnossapidolle luodaan pohja jo laitoksen suunnittelu- ja hankintavaiheessa, kun määritetään laitoksen käytettävyys ja kunnossapidettävyys. Laitoksen toiminnan aikana keskitytään kunnossapidossa ehkäisevään ja parantavaan kunnossapitoon, häiriökorjauksiin sekä kunnossapitovarmuuden ylläpitoon ja kehittämiseen. (6.)



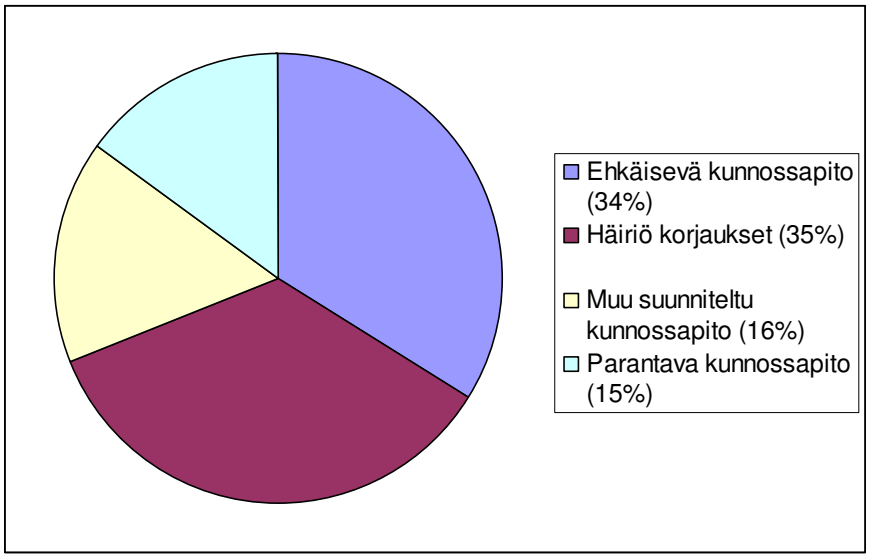
Kuva 4. Kunnossapito laitoksen elinkaaressa (7)

Tuotantotoiminnan kunnossapidolle on tärkeää saada laitteiden ja koneiden huollot suoritettua mahdollisimman kustannustehokkaasti ja pienellä viiveellä vian havaitsemisesta. Toisaalta riittävän ajoissa havaittu vika mahdollistaa myös kunnossapitotoimenpiteiden ajoittamisen tuotannon kannalta mahdollisimman joustavaksi. Myös asi-

akkaiden tyytyväisyys on tärkeä osa kunnossapitoa, varsinkin nykyään, kun kunnossapito on usein ulkoistettu ulkopuoliselle yritykselle. (6.)

Kannattava kunnossapito on ehdottomasti yksi toimivan yrityksen tärkeimmistä tekijöistä. Kunnossapidon ollessa puutteellista vaikutus on huomattava myös muissa yrityksen toiminnoissa. Kokonaistuotantoa ajatellen on yritysten mietittävä tarkasti, kuinka huoltopalvelut olisi kannattavinta hoitaa. Nykyaikana osaamista on kuitenkin vaikea löytää, koska tekniikan kehittyessä vaaditaan myös huoltohenkilökunnalta uudenlaista tietämystä. Oman yrityksen sisältä puuttuvaa osaamista on alettu ostaa yhä enemmän ulkopuolisilta toimijoilta. Tämän lisäksi moni yritys on hankkinut koko kunnossapidon ulkopuoliselta kunnossapitoyritykseltä. Yritykset, jotka vielä toistaiseksi hoitavat kunnossapidon kokonaan itse, ovat joutuneet kovien paineiden alle tehokkuuden maksimoimiseksi. Aikaisemmin vallinnutta uskomusta siitä, että mitä enemmän kunnossapitoa, sitä varmempaa on myös laitteiden toiminta, ei enää nykyään pidetä totuutena. Kunnossapitoalalta on kadonnut lukuisia työpaikkoja, ja sama suuntaus näyttäisi jatkuvan vielä tulevaisuudessakin. (8.)

Kunnossapito rakentuu eri osa-alueista, joiden osuutta on havainnollistettu alla olevalla kuvalla 5.



Kuva 5. Kunnossapidon osa-alueet teollisuudessa (9,22)

- **Ehkäisevään kunnossapitoon** lukeutuvat määräaikaiset toimenpiteet, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunnittelu.

- **Häiriökorjauksiin** puolestaan luetaan vauriot ja viat sekä suunnittelemattomat korjaukset.
- **Parantavalla kunnossapidolla** tähdätään luotettavuuden ja kunnossapidettävyyden parantamiseen.
- **Muu suunniteltu kunnossapito** käsittää yleisen kunnostamisen. (9,22.)

3.3 Vikaantuminen

3.3.1 Yleistä vikaantumisesta

Termi vika ilmaisee toiminnan päättymistä tai potentiaalisen toimintamahdollisuuden estymistä. Vikaantuminen puolestaan kuvaa vian ilmenemistapahtumaa. Vian kohteena voi olla järjestelmän osa tai vaihtoehtoisesti koko järjestelmän toiminta. Mikäli vikaantuneen laitteen toiminta on mahdollista korvata rinnakkaisella yksilöllä, puhutaan vain häiriön syntymisestä, vakavammissa tapauksissa kyseessä on vaurio. (10.)

Vialla on aina syntymä- ja kehittymismekanismi. Varsinaisena vioittumismekanismina voi olla esimerkiksi kemiallinen tai fysikaalinen tapahtumaketju. Yleensä vian kehittyminen päättyy vikatilaan, joka on tapahtumaketjun viimeinen vaihe. Mitä aikaisemmin vian kehittyessä sitä päästään tutkimaan, sitä todennäköisemmin se saadaan korjattua ennen vikatilaa. Kuitenkin korjaamistakin tärkeämpää on saada viat estettyä kokonaan. Voidaankin sanoa, että toimivan kunnossapidon ensisijaisena tavoitteena tulisi olla kunnossapidon määrän vähentäminen ja vasta sen jälkeen pyrkimys tehokkaaseen toimintaan. (5,53-57.)

Viat voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, piileviin ja paljastuviin vikoihin. Piilevät viat ovat pahimpia, koska niitä on vaikea huomata ilman mittauksia ja tarkastuksia. Lisäksi on olemassa riski, että piilevän vian kehittyminen johtaa laajempaan vaurioon. Esimerkiksi telojen laakeroinnissa saattaa pitkittynyt vika johtaa myös telan tai akselin vaurioon. Paljastuvat viat ovat kunnossapidon kannalta selkeästi helpompia, koska ne voidaan huomata heti syntyhetkellä. Aikaisessa vaiheessa huomattujen vikojen etuna on, että korjaamiseen tarvittavan kunnossapidon määrä vähenee, jolloin syntyy selviä kustannussäästöjä. Vikojen ennakointi ja aikainen huomaaminen onkin oleellinen osa toimivaa kunnossapitoa. Apuna käytetään määräajoin tehtäviä tarkas-

tuksia, joilla pyritään löytämään alkavat vikaantumiset jo ennen kuin ne vaikuttavat haittaavasti laitteiden toimintaan ja sen myötä tuotantoon. (10.)

3.3.2 Vian kehittymisvaiheet

Vian kehittymisessä voidaan erottaa kolme vaihetta. Ensimmäinen vaihe on vian alku, jonka jälkeen vika alkaa kehittyä, ja tapahtumaketju päättyy lopulta vikaantumiseen. Kunnossapidon kannalta on tärkeää tuntea eri kohteiden vikaantumismallit. Mallin selvittäminen onnistuu parhaiten aikaisempien kokemusten ja niiden analysointien pohjalta. Äkillisten vikaantumisten ennakointi on huomattavasti vaativampaa kuin hitaasti kehittyvien. Vikaantumiset olisi hyvä saada vaiheistettua, jotta osataan tulkita tarkastusten tuloksia oikein ja pystytään arvioimaan vikaantumisen meneillään oleva vaihe mahdollisimman tarkasti. (10.)

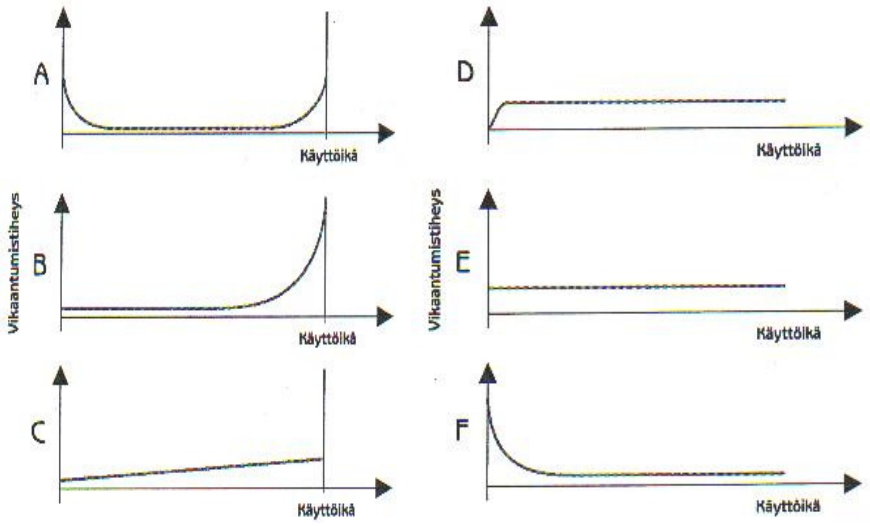
Vikaantuminen on usein monen tekijän summa. Pääsyy on kuitenkin yleensä erotettavissa kohtuullisen selkeästi. Muut syyt ovat usein korostaneet pääsyyn vaikutusta, jolloin vikaantuminen tulee selkeämmin havaittavaksi. Vikojen tarkastelussa on syytä merkitä muistiin vikaantumisten syyt, jolloin niitä voidaan hyödyntää jatkossa vastaavissa tapauksissa. Yleisimmät vikaantumisen syyt on luetteloitu seuraavassa:

- Onnettomuus on ulkoisten syiden aiheuttama, esimerkiksi tärähdys, törmäys tai kastuminen. Voi olla joko täysin huomaamaton ja vaarattoman tuntuinen tai aiheuttaa välittömän vikaantumisen.
- Ylikuormitus johtuu kohteelle määritettyjen suoritusarvojen ylittämisestä, esimerkiksi mekaaninen rasitus, lämpötila, jännite, virta jne.
- Korroosio on materiaalin muuttumista käyttökelvottomaan muotoon ympäristön vaikutuksesta, usein kemiallinen tai sähkökemiallinen ilmiö.
- Väsyminen johtuu materiaaliin kohdistuvasta kuormitusvaihtelusta tai lämpötilan vaihtelusta. Perustuu särön kasvuun esimerkiksi kulkuneuvoissa tai voimansiirrossa.
- Kuluminen seuraa kahden kosketuksissa olevan pinnan liukumisesta toisiinsa nähden. Ilmenee esimerkiksi laakereissa ja saranoissa.

- Abraasio perustuu kahden eri kovuuden omaavan kappaleen hankaamiseen, jolloin pehmeämpi kappale kuluu ja naarmuuntuu, esimerkiksi voitelemattomat laakerit.
- Eroosio: Suurella nopeudella virtaavassa vedessä olevat kiinteät partikkelit kuluttavat pintaa.
- Inhimillinen virhe aiheutuu taitamattomuudesta, välinpitämättömyydestä tai jopa tahallisuudesta.
- Komponenttien ”vanheneminen” ilmenee esimerkiksi paristoissa tai kumituotteissa. (10.)

3.3.3 Vikaantumismallit

Vikaantumismalleja selvitettäessä on tarkasteltu vikaantumisen todennäköisyyttä suhteessa laitteen elinikään. Vanhassa mallissa vikaantumista kuvattiin kylpyammekäyrä mallilla, mutta se todettiin toimimattomaksi 1960-luvulla. Kyseisessä mallissa uskottiin vikaantumisen olevan todennäköisimmillään laitteen eliniän alussa ja lopussa. Amerikkalaiset Nolan ja Heap testasivat mallin toimivuutta lentokoneilla. Koneisiin vaihdettiin jopa 85 % osista säännöllisesti, mutta vikaantumisia ei saatu kuitenkaan hallintaan. 1978 Nolan ja Heap päätyivät kuuteen erilaiseen vikaantumismalliin. Puolet malleista perustuu aikaan eli laitteen vanhenemiseen ja muut kolme perustuvat satunnaiseen vikaantumiseen. Kuvassa 6. olevat kuvaajat esittävät eri vikaantumismalleja. (5,57-59.)



Kuva 6. Vikaantumismallit (11)

Mallit A, B ja C perustuvat aikaan. Mallissa A vikaantuminen on todennäköisintä heti laitteen käyttöönoton jälkeen sekä käyttöiän lähestyessä loppuaan. Näiden välissä puolestaan on tasaisen toiminnan vaihe. Malli B ajoittaa vikaantumisen todennäköisimmäksi toiminnan loppuosassa. Mallissa C vikaantumisen riski kasvaa tasaisesti laitteen ikääntyessä.

Mallit D, E ja F ovat satunnaisuuteen perustuvia. Mallissa D vikaantumisten määrä pysyy stabiilina, kun laite on saatu käyttöön. Malli E pitää vikaantumista yhtä todennäköisenä koko käyttöiän ajan. Mallissa F käyttöönoton jälkeen todennäköisyys vikaantumisille laskee alhaiselle tasolle ja pysyy siellä. Moubrayn mukaan teollisuudessa esiintyvistä vioista n. 80 % on satunnaisuuteen perustuvia. Lopuista vioista vain puolet on sellaisia, joiden ehkäisyyn on mielekästä soveltaa ennakoivaa kunnossapitoa. Eli ennakoivaa kunnossapitoa voidaan näin ollen Mobrayn tutkimuksen mukaan soveltaa vain 10 %:ssa vioista. (5,59.)

Laakereiden luotettavuus käyttäytyy mallin E mukaan. SKF on tutkinut vuonna 2003 laakereiden vaurioitumisiin johtaneita syitä ja saanut seuraavat tulokset:

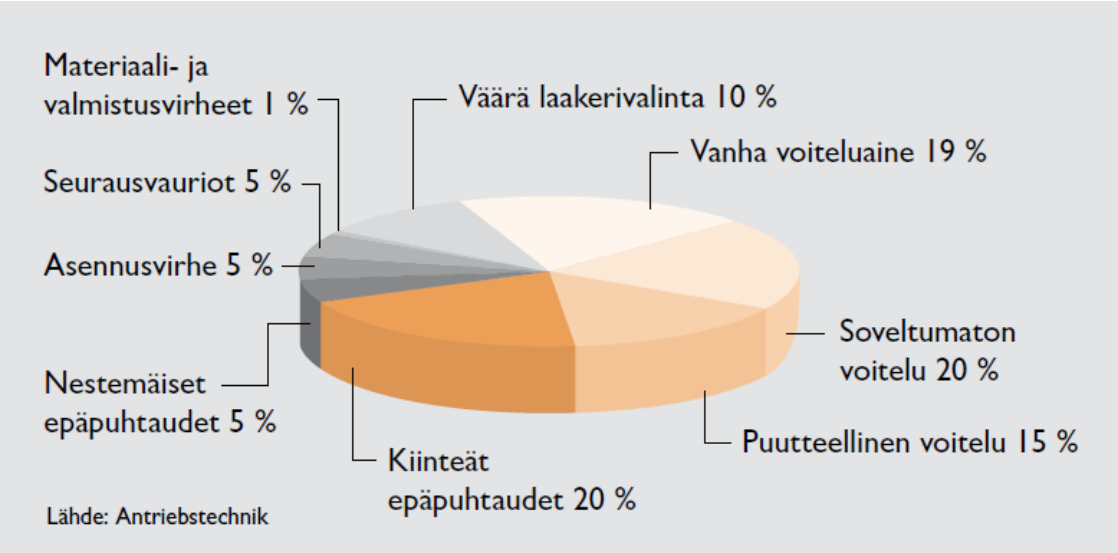
16 % asennusvirheet
36 % puutteellinen voitelu
14 % epäpuhtaudet
34 % muu syy (epätasapaino, irronnut osa, normaali väsyminen)

Syitä tarkasteltaessa huomataan, että väsymistä lukuun ottamatta syyt eivät ole ajasta riippuvaisia. Tarkasteltaessa pitkäkestoisen tuotannon pysäytyksen vaikutusta laakereihin ja muihin pyöriviin elimiin on väsyminen oletettavasti merkittävä syy. Pysäytetyt painavat telat aiheuttavat laakereille suuria pistekuormia, jotka johtavat ajan myötä laakereiden väsymiseen. Lisäksi uudelleen käynnistyksessä mahdollinen voitelun puute korostaa vielä laakereihin kohdistuvaa kuormitusta. (5,58.)

3.3.4 Laakeriviat

Laakereiden vikaantumiset ovat tyypillisimpiä pyörivien laitteiden vikoja. Laakerin tehtävänä on toimia eräänlaisena sulakkeena laitteessa, jotta vältytään vaikeammin korjattavilta vioilta, kuten akselivaurioilta. Ajoissa löydetyllä laakerivauriolla pystytään välttämään suuret ja aikaa vievät korjaukset, jotka saattaisivat aiheuttaa pitkän katkon tuotantoon.

Suurin osa laakereista kestää koneita ja laitteita kauemmin. Syitä vaurioitumiselle voivat olla esimerkiksi ennakoitua suurempi kuormitus, tehottomat tiivisteet tai epäsopivat sovitteet. Erilaiset vaurioitumisen syyt pystytään yleensä päättelemään vioittuneesta laakerista siinä esiintyvien vahinkojen perusteella. Syyn löytyminen on tärkeää, koska näin on mahdollista pyrkiä jatkossa ehkäisemään vastaavat vaurioitumiset. Vierintälaakereiden vaurioitumistilasto on esitetty kuvassa 7. (12,18.)

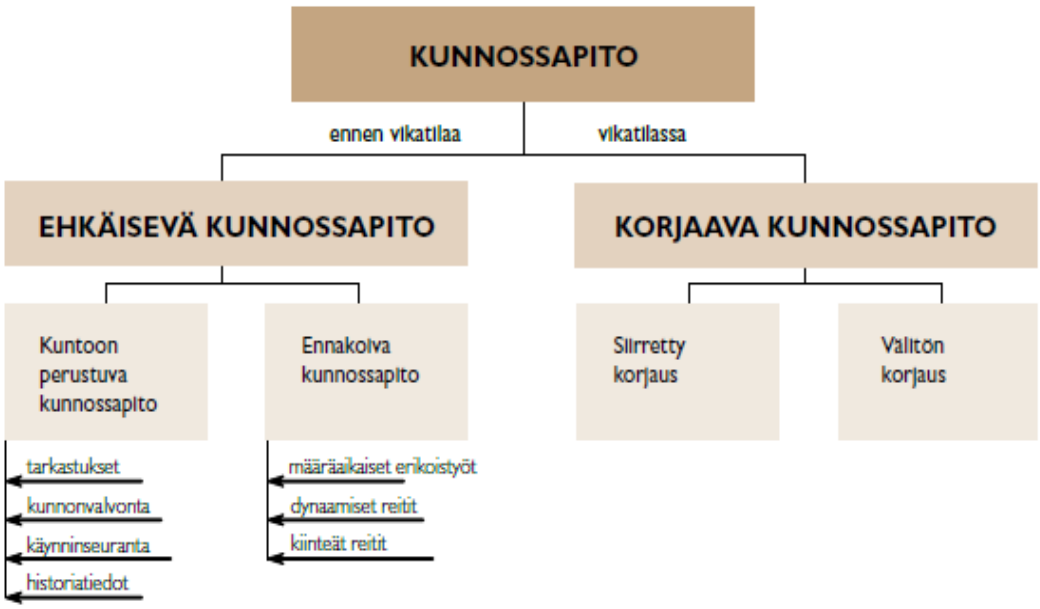


Kuva 7. Vierintälaakereiden vaurioitumisen syyt (13)

Kuten kuvasta 7 näkyy, suurin osa laakerivaurioista on vahvasti sidoksissa voiteluun. Voitelun ja epäpuhtauksien aiheuttamien ongelmien osuus on noin 90 % kaikista vaurioista. Kuitenkin vain 0,35 % laakereista vaurioituu ennenaikaisesti, joten mitenkään yleisinä huonon voitelun aiheuttamia vaurioita ei voida pitää. Selluloosateollisuudessakin pääasialliset syyt vaurioille ovat huono voitelu ja epäpuhtaudet. Etenkin kosteissa paikoissa toimivien laakereiden tiivistys on tärkeää, ettei kosteus pääse haittaamaan voitelua ja muuttamaan voiteluaineen ominaisuuksia. (12,18.)

3.4 Kunnossapidon lajit

Kunnossapito on helposti jaettavissa kahteen alakategoriaan SFS-EN 13306 -standardin mukaan. Kategoriat ovat ennen vikaantumista tehtävä ehkäisevä kunnossapito ja vian havaitsemisen jälkeen suoritettava korjaava kunnossapito.



Kuva 8. Kunnossapitolajit standardin SFS-EN 13306 mukaan (14)

3.4.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito määritellään eri standardeissa hieman eri tavoin. Standardin SFS-EN 13306 mukainen määritelmä on seuraavanlainen:

”Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täyttyessä. Tavoitteena on vähentää laitteen rikkoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä” (5,72).

PSK 6201:n mukainen määritelmä puolestaan on:

”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurioituminen” (5,72).

Ehkäisevä kunnossapito koostuu kolmesta elementistä, jotka ovat olosuhteiden vaaliminen, tarkastukset ja kunnostaminen. Tyypillisesti ehkäisevää kunnossapitoa tehdään sekä käytön aikana että seisokeissa. Kahtena päälajina on kuntoon perustuva kunnossapito ja ennakoiva kunnossapito. (14.) Tarkempi erittely selviää kuvasta 8.

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelussa on lukuisia haasteita. Kunnossapidon historiatiedot ovat usein vaikeasti löydettävissä tai niitä on kirjattu vajavaisesti. Myös tarvittavien tietojen löytäminen ja tulkitseminen on vaikeaa, mikäli ei ole aiempaa kokemusta kyseisestä toimialueesta. Hyvin suunniteltuna ja toteutettuna ehkäisevä kunnossapito tuo huomattavia säästöjä, koska tuotannon yllättävät ja kalliit katkot vähenevät. Tarkka ohjeistus auttaa töiden suorittamisessa etenkin, jos tekijät vaihtelevat. Tällöin määrätyt tarkastukset ja huoltotoimet tulee tehtyä, mikäli työntekijät noudattavat tarkasti annettuja ohjeita. Kunnonvalvonta on tärkeää, jotta ehkäisevää kunnossapitoa voidaan tehdä riittävän kattavasti. On kuitenkin syytä muistaa, ettei toimivien laitteiden korjaaminen ole yleensä kannattavaa, koska laitteen avaaminen lisää vikaantumisriskiä huomattavasti.

3.4.2 Korjaava kunnossapito

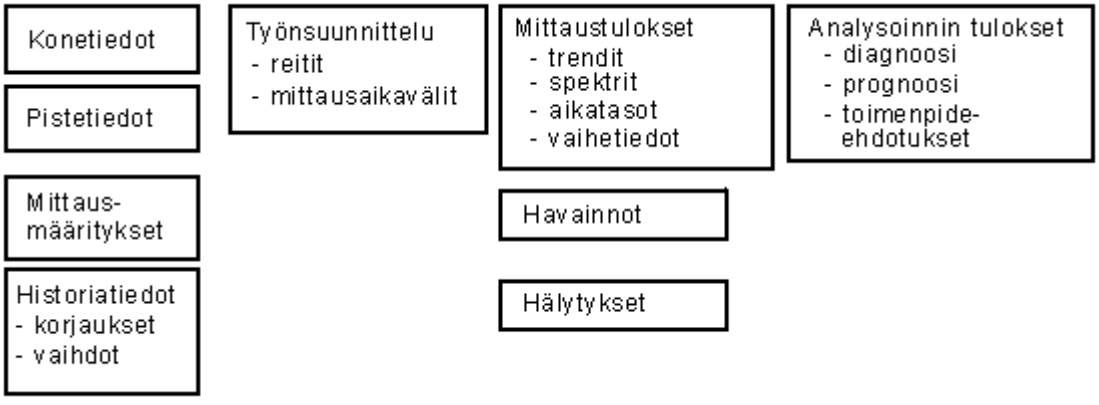
Korjaava kunnossapito käsittää koneen korjaamisen silloin, kun vika on jo havaittu tai laitteen toiminta on pysähtynyt. Koneen osien eliniän loppu on yleisin syy, jonka johdosta korjaavaa kunnossapitoa tehdään. Toisaalta joskus syynä voi olla myös laiminlyönnit tai puutteet ehkäisevän kunnossapidon puolella, jotka myöhemmin johtavat laitteen vikaantumiseen tai rikkoutumiseen. Korjaavan kunnossapidon tavoitteena on saada laite toimimaan tarkoituksen mukaisella tavalla ilman häiriötekijöitä. (15.)

Kokemus on todella tärkeää myös korjaavassa kunnossapidossa. Asentaja, joka on tehnyt vastaavia korjauksia aiemmin, selviytyy työstä nopeasti, ja yleensä työn tuloskin on laadukkaampaa kuin kokemattomalla. Taloudellisesti käytön aikaiset toimenpiteet tulevat usein kalliiksi, koska tuotanto häiriintyy tai keskeytyy suunnittelemattomasti. Lisäksi kriittisten paikkojen vaurioituminen voi johtaa myös vaurioihin muualla prosessissa. Kunnossapidon henkilökunnan on tärkeää tietää laitteiden heikot kohdat, jotta sopivat varaosat osataan hankkia ennakkoon varastoon.

Laitteen rikkoutuessa on tehtävä päätös, voidaanko korjausta siirtää seuraavaan seisokkiin vai onko laite korjattava heti. Päätökseen vaikuttaa, voidaanko laitteen toimintaa korvata tai ohittaa ilman, että kokonaistoiminta häiriintyy. Seisokin aikaiset korjaukset saadaan aina suunniteltua ja häiriö on huomattavasti pienempi kuin käynnin aikana tehtävissä korjauksissa. Uudelleen käynnistyksessä on tarkkailtava korjattuja laitteita, jotta voidaan varmistua halutun kaltaisesta toiminnasta.

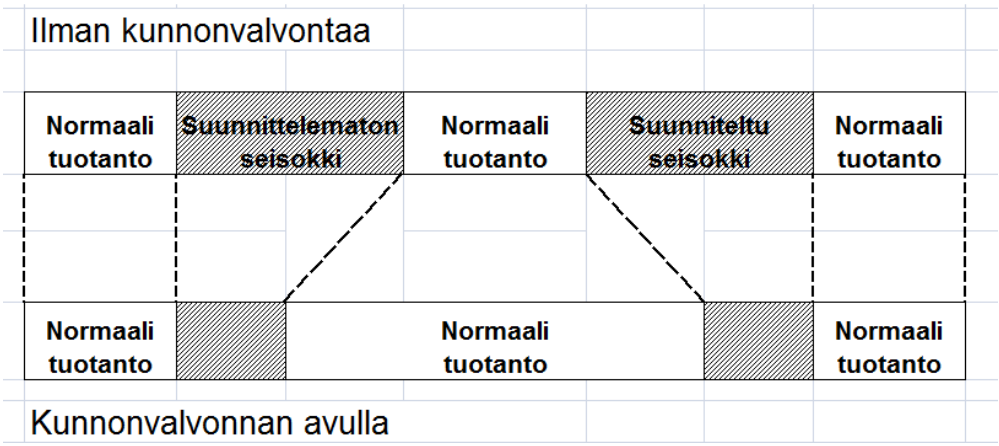
3.5 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on tärkeä osa kunnossapitoa, koska sillä parannetaan käyttövarmuutta ja aikaansaadaan kustannussäästöjä. Tekniikan kehityksen myötä myös kunnonvalvonnan menetelmät ovat lisääntyneet ja parantuneet. Valvonnassa saatujen tietojen käsittely onnistuu entistä helpommin tietokoneella, vaikka tietojen määrä olisikin suuri. Lisäksi tietokone helpottaa myös tulosten tulkintaa erilaisilla apuohjelmilla. Nykyään kunnonvalvonta on monesti automatisoitu online-kunnonvalvontajärjestelmällä. Järjestelmän etuna on, että hankalissa paikoissa sijaitsevat kohteet saadaan tarkkailun piiriin, jolloin työläiltä mittausoperaatioilta säästytään. Toisaalta myös tuotannon kannalta kriittisimmät laitteet on hyödyllistä saattaa kiinteän valvonnan piiriin. Online-järjestelmään liittäminen ei ole kuitenkaan kannattavaa satunnaisesti mitattavissa kohteissa. Automatisoitumisesta huolimatta vanhat keinot, kuten laitteiden tunnustelu ja kuuntelu, ovat myös nykyään hyödyllisiä apuvälineitä. Myös ihmisten välistä kommunikointia pidetään tärkeänä vielä nykypäivän kunnonvalvonnassa, vaikka koneiden osuus on lisääntynyt tietojen käsittelyssä. Kunnonvalvonnan eri osa-alueita on esitelty kuvassa 9.



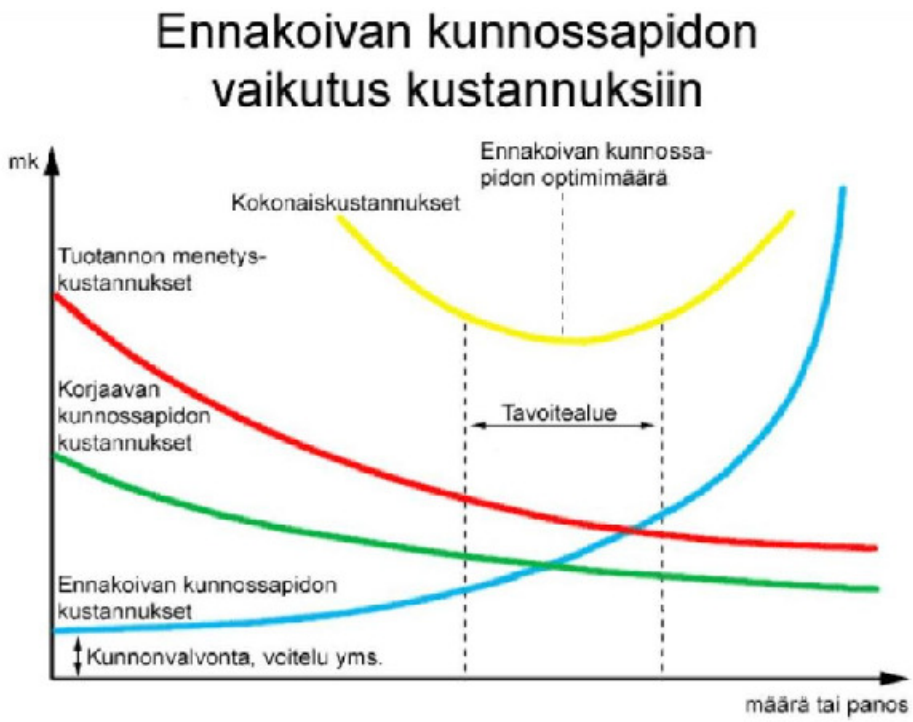
Kuva 9. Kunnonvalvonnan osa-alueiden jaottelu (16)

Suurinta osaa kunnonvalvontamenetelmistä voidaan käyttää käynnin aikana, jolloin ei tarvita kuvassa 10 esitettyjä ylimääräisiä pysäytyksiä tuotannossa. Tällä keinolla kallis seisokkiaika saadaan hyödynnettyä paremmin, kun sitä ei tarvitse käyttää erilaisten tarkastusmittausten tekemiseen, vaan voidaan keskittyä konkreettiseen kunnossapitoon. Mikäli syntymässä olevat vauriot havaitaan ajoissa, on niiden korjaamisen suunnittelu helpompaa. Havaintojen pohjalta tehdään päätös, kuinka nopeasti ongelmaan on puututtava vai onko toimenpiteet mahdollista siirtää seuraavaan seisokkiin. Kunnonvalvontaa pidetäänkin nykyään tärkeänä tuottavuudelle paitsi korjauksien paremman ajoituksen, myös laitteiden käyttöiän pitenemisen myötä. (16.)



Kuva 10. Kunnonvalvonnan merkitys (16)

Kunnonvalvonnan ja ennakoivan kunnossapidon kustannuksia arvioitaessa on usein hankalaa löytää optimialuetta kokonaiskustannuksille. Tärkeänä lähtökohtana pidetään sitä, että kustannusten on oltava järkevässä suhteessa riskien todennäköisyyteen ja vakavuuteen. Ennakoivan kunnossapidon kustannuksia verrataan vaurioiden todennäköisyyteen ja niistä syntyviin kustannuksiin, jotta saadaan määritettyä kannattava ennakoivan kunnossapidon taso. Turvallisuudella on myös oma osansa kustannusten arvioinnissa. Suurten turvallisuusriskien alaisissa kohteissa ennakoivat toimet ovat huomattavan tärkeitä, vaikka niistä syntyisi lisäkustannuksia. Kuvassa 11 esitetään ennakoivan kunnossapidon määrän vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Suurena haasteena on saada kokonaiskustannukset pysymään optimialueella ilman, että kunnossapidon määrä jää liian vähäiseksi. (17.)



Kuva 11. Kunnossapidon kokonaiskustannusten riippuvuus ennakoivan kunnossapidon osuudesta (17)

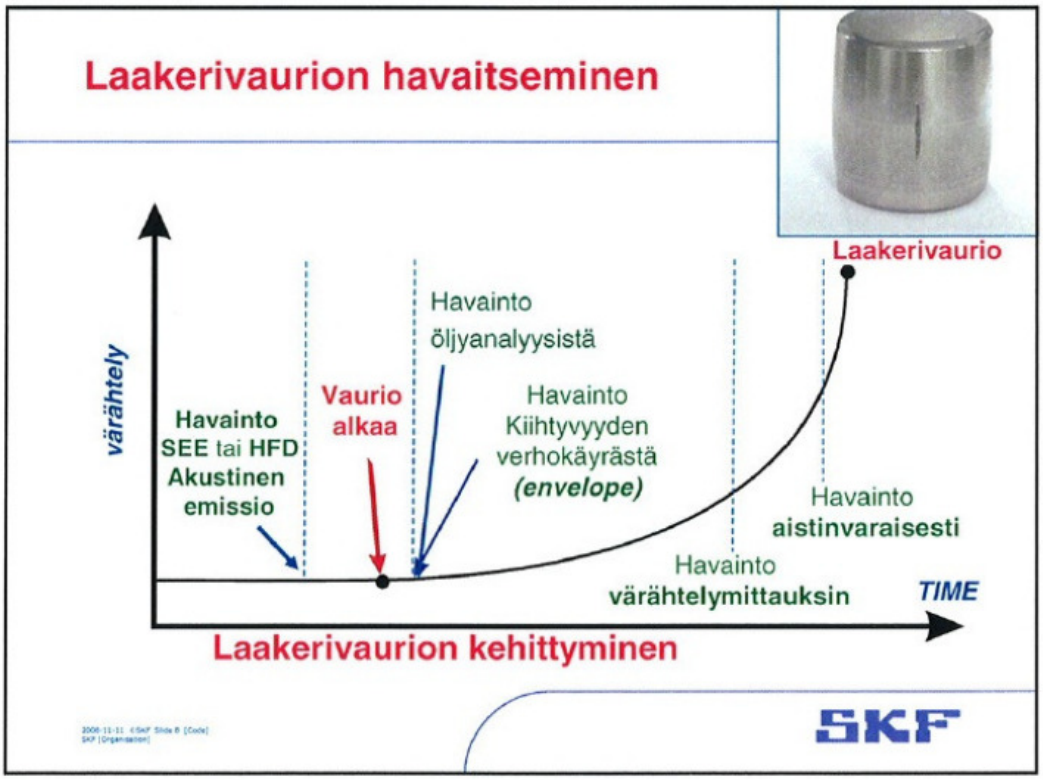
Ennakoiviin huoltoihin ja kunnonvalvontaan osallistuvien työntekijöiden laitetuntemus ja kokemus ovat ensiarvoisen tärkeitä. Oikeilla mittauksilla vältytään turhalta työltä ja tulosten analysointi helpottuu, kun aineisto on oikein rajattu. Hyvä laitetuntemus helpottaa myös syntymässä olevien vikojen tunnusmerkkien tunnistamista aikaisessa vaiheessa. Tärkeintä on varmistaa kunnonvalvonnalla, että kunnossapitotöiden ajoitus on oikea ja ylimääräisten kunnossapitotöiden määrä saadaan minimoitua.

3.5.1 Laakereiden kunnonvalvonta

Yleisimmät laakereiden kunnonvalvonnassa käytetyt menetelmät ovat:

- värähtelymittaukset
- akustinen emissio
- visuaaliset tarkastukset
- lämpötilamittaukset
- öljyanalyysit (18).

Mittausmenetelmä on valittavat tapauskohtaisesti laitteesta riippuen. Valintaan vaikuttaa laitteen häiriöherkkyys ja mahdollisten vaurioiden kehittymisnopeus. Mittausten aikaväli tulee valita siten, etteivät viat ehdi kehittyä vaurioiksi. Tarkkailun kohteena ovat mittaustuloksissa tapahtuneet muutokset, joiden perusteella tehdään tulkintoja. Kuva 12 esittää laakerivaurioiden havaitsemisvaiheita eri mittausmenetelmillä.



Kuva 12. Laakerivaurion havaitseminen eri menetelmillä (19,26)

Akustinen emissio perustuu elastisen korkeataajuisen (150–160 kilohertsiä) värähtelyn mittaamiseen rakenteesta. Värähtelyä syntyy, kun kiinteä rakenne altistuu mekaaniselle kuormitukselle. Akustista emissiota on arvosteltu, koska sen havaitsema laakerivaurio on silmillä havaitsematon. Laakerin käyttökelpoisuudessa ei ole siinä vaiheessa tapahtunut vielä mitään muutosta. Akustista emissiota syntyy vain silloin, kun murtuma ydintyy tai kasvaa. (20,83.)

Öljyanalyysi on vaurion aikaisen havaittavuuden kannalta toimiva menetelmä, mutta sen kustannukset ovat suhteellisen korkeat. Yhden analyysin hinta voi olla satoja euroja. (19,26.)

Kiihtyvyyden verhokäyrä-menetelmä löytyy nykyään jokaisesta kannettavasta värähtelyanalysaattorista. Sillä saadaan etenkin hitaasti pyörivien laitteiden viat selville aiemmin kuin muilla (nopeus, kiihtyvyys) värähtelymittauksilla. (19,27.)

Aistinvaraisesti havaittavat viat ovat kehittyneet jo pitkälle ja koneen pysäyttäminen saattaa olla järkevää. Vian kehittyessä vaurioksi syntyy yleensä lisävaurioita, kuten akselin vaurioituminen. Tällöin korjauksen yhteydessä joudutaan uusimaan tai korjaamaan myös akseli. (19,27.)

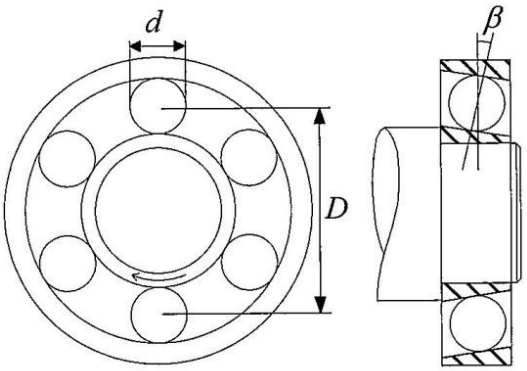
Värähtelymittauksia käytetään erilaisten pyörivien laitteiden kunnonvalvonnassa ja niitä pidetään yleisesti parhaana mittausvälineenä ennakkohuollossa. Oikein kohdistettuna ja suunniteltuna värähtelyjä mittaamalla voidaan selvittää laakerivikoja, epätasapainoa, linjausvirheitä, resonansseja, huonoja kiinnityksiä sekä mekaanisia vaurioita. (18.)

Laakereiden värähtelyä mittaamalla on mahdollista paikallistaa taajuuden perusteella, missä kohdassa laakeria oletettu vika on. Mahdolliset ulkopuoliset värähtelyn taajuudet saadaan suodatettua tarkastelusta pois, kun tiedetään kyseessä olevan laakerin vikataajuudet. Osa kunnonvalvonnan apuna olevista ohjelmista osaa tunnistaa kunkin laakerin vauriotaajuudet syötettyjen tietojen pohjalta. Pientä epätarkkuutta saattaa kuitenkin ilmetä, mikäli laitteessa olevan laakerin merkistä ei ole varmuutta. Laakerin eri osien vauriotaajuudet pystytään myös määrittämään seuraavien SKF:n laakerien kunnossapito-oppaasta poimittujen kaavojen avulla:

$$f_{ord} = \frac{z}{2} \times \frac{n}{60} \left(1 - \frac{d}{D} \times \cos\alpha\right) \qquad (1)$$

$$f_{ird} = \frac{z}{2} \times \frac{n}{60} \left(1 - \frac{d}{D} \times \cos\alpha\right) \qquad (2)$$

$$f_{bd} = \frac{1}{2}\frac{D}{d} \times \frac{n}{60} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \times \cos\alpha\right)^2\right] \qquad (3)$$



Kuva 13. Vauriotaajuuksien laskenta-arvoja

f_{ord} = ulkorenkaan vauriotaajuus (Hz)

f_{ird} = sisärenkaan vauriotaajuus (Hz)

f_{bd} = vierintäelimien vauriotaajuus (Hz)

z = vierintäelimien määrä rivissä

n = sisärenkaan pyörimisnopeus (r/min)

d = vierintäelimien halkaisija (mm)

D = laakerin keskihalkaisija (mm)

β = kosketuskulma (astetta) (12.)

Suurien pyörivien laitteiden kunnonvalvonta on haastavaa etenkin laakereiden osalta. Suurin ongelma liittyy telojen ja muiden suurien laitteiden hitaaseen pyörimisnopeuteen. Värähtelymittauksista on vaikea saada luotettavaa tietoa laakereiden kunnosta, koska pulssien väli muodostuu pitkäksi. Pitkässä pulssivälissä mahdollinen vian aiheuttama signaali jää lyhyeksi ja vaikeasti havaittavaksi. Mittauksissa käytettävien asetusten merkitys korostuu hitaasti pyörivillä laitteilla erityisesti. Laakereille käytettävistä kunnonvalvontamenetelmistä käytetyimpiä ovat värähtelymittaukset ja voiteluaineanalyysit.

Laakereiden kunnonvalvonnan kohteita määritettäessä otetaan huomioon useita tekijöitä. Alla olevassa listassa on esimerkkejä arviointikriteereistä:

- laitteen kriittisyys tuotannon kannalta
- huollettavuus
- kunnossapitokustannukset
- varaosien saatavuus
- luoksepäästävyys
- ympäristöolosuhteet
- käyttöolosuhteet
- häiriöherkkyys
- pyörimisnopeus
- laitteen rahallinen arvo
- turvallisuusmääräykset (21,7.)

Edellä luetellut tekijät vaikuttavat mittauslaitteiden tyypin valintaan. Vaihtoehtoina on kiinteitä, puolikiinteitä tai kannettavia mittauslaitteita. Kiinteillä laitteilla suoritetaan usein jatkuvatoimisia sekä määräajoin tehtäviä mittauksia. Etenkin hankalissa paikoissa sijaitseville laitteille kiinteä mittaus on hyvä ratkaisu. Myös nopeasti vikaantuvissa kohteissa on useasti paras turvautua kiinteään mittaukseen. Puolikiinteissä laitteissa anturit ovat paikallaan kohteessa, mutta itse mittaus suoritetaan kannettavalla laitteella kiertomittauksena. Kannettavilla laitteilla tehtävät mittaukset on aikataulutettu ja niitä tehdään määräajoin kiertomittauksina. Taulukko 1. antaa tietoja siitä, minkälaisia tekijöitä tulee ottaa huomioon mietittäessä kunnonvalvonnan tarvetta.

Taulukko 1. Värähtelyvalvonnan tarpeen määrittely standardin PSK7505 mukaisesti. (21, 13-14)

Kohde	Tekijä	Paino	Kerroin	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristö-vaikutukset	Turvallisuusriskit	20	0	Ei turvallisuusriskiä
			4	Vähäinen turvallisuusriski
			8	Merkittävä turvallisuusriski
	Ympäristöriskit	20	0	Ei ympäristöriskiä
			4	Vähäinen ympäristöriski
			8	Merkittävä ympäristöriski
Tuotannonmenetyksen kustannusvaikutukset	Kriittisyys (laitteen toimimattomuuden merkitys)	20	0	Ei merkitystä tehtaan tuotannolle
			2	Voi johtaa tuotannon häiriöön, seisokkiin tai laatukustannuksiin
			4	Aiheuttaa tuotannon menetyksiä
			8	Aiheuttaa tuotannon pysähtymisen
	Laatu (laitteen toimimattomuuden merkitys)	10	0	Ei aiheuta laatukustannuksia
			2	Aiheuttaa laatukustannuksia
			4	Laitteen puutteellinen toiminta aiheuttaa laatukustannuksia
Kunnossapidon kustannusvaikutukset	Häiriöherkkyys	5	1	Varmakäyntinen
			2	Vähäisiä häiriöitä
			4	Häiriöherkkä
	Kunnossapitotyön kustannukset	5	1	Vähäiset
			2	Kohtuulliset
			4	Korkeat
	Kunnossapidon materiaali-kustannukset	5	1	Vähäiset
			2	Kohtuulliset
			4	Korkeat
	Jälleenhankinta-arvo	5	1	Vähäiset
			2	Kohtuulliset
			4	Korkeat
	Elinkaarikustannus	5	1	Vähäiset
			2	Kohtuulliset
			4	Korkeat
	Kunnonvalvonta-kustannukset	5	1	Vähäiset
			2	Kohtuulliset
			4	Korkeat

3.5.2 Sunilan tehtaan kunnonvalvonta

Sunilan tehtaan kunnonvalvonnasta vastaa kaksi kunnossapitohenkilöä. Heidän tehtävänään on kiertää tietyt mittaus- ja voitelureitit säännöllisin väliajoin ja siirtää mittaustiedot SKF:n Machine Analyst -ohjelmistoon. Mittalaitteena on käytössä SKF Microlog -keräilijä/analysoija. Mittauspisteitä tehtaalla on yhteensä noin 5000 ja laitekohtaiset mittaustiheydet on valittu kriittisyysluokittelun pohjalta. Prosessin kannalta tärkeimmät laitteet on pyritty saamaan jatkuvan valvonnan piiriin, jolloin varsinaisia paikanpäällä tehtäviä mittauksia ei tarvita. Lisäksi tehtaalta löytyy puolikiinteitä mittauspaikkoja, joissa mittaustieto tuodaan hankalasta paikasta kaapeleiden avulla helpompaan tarkastuspaikkaan, josta tiedot siirrettään kannettavaan mittalaitteeseen.. Ennakkohuolto ohjelma ohjaa tarkastuksien kulkua luotujen reittien mukaisesti. Reiteillä pyritään mahdollisimman tehokkaaseen toimintaan ja lisäksi niiden avulla voidaan varmistua mittauksien säännöllisyydestä. Kuukausittain tehtävien kierrosten piiriin kuuluvat ensimmäisen ja toisen kriittisyysluokan laitteet. (31.) Kaikki työssä käytetyt värähtelymittausten kuvaajat ja niiden tiedot on kerätty kunnonvalvonnan SKF Machine Analyst -ohjelmasta.

Kriittisyysluokkien jaotteluperusteet Sunilan tehtaalla ovat seuraavat:

Sellun valmistuksen pysähtyminen = keittämön hakkeensyöttöruuvi pysähtyy

- **1. luokka**: Sellun valmistuksen pysäyttävät laitteet sekä/tai vaurioituessaan turvallisuusriskin aiheuttavat laitteet, vaikutus välitön tai 2 tuntia vauriosta.
    - Laitteet ovat pääasiassa osana kiinteää kunnonvalvontajärjestelmää. Ilman kiinteää valvontaa oleville laitteille mittaukset tehdään kerran kuukaudessa ja ennen seisokkia.
    - Päivittäinen voiteluhuolto
    - Tarkastukset, osastomiesten päivittäiset tarkistukset
    - Varaosat heti saatavilla, nopeasti vaihdettavina yksikköinä

Tavoitteena on, että laite on aina käytettävissä ja häiriöstä toipuminen mahdollisimman nopeaa.

- **2. luokka**: Vaikutus sellun valmistuksen pysäyttämiseen alle 8 tunnin vaurion jälkeen tai aiheuttaa 500 tonnin tuotantomenetyksen. Ympäristövahingon tai laatuvirheen heti aiheuttavat laitteet.
    - Laitteille tehdään säännölliset kiertomittaukset kerran kuukaudessa ja lisäksi ennen seisokkia
    - Voitelutarkistukset kerran viikossa ja laitevalmistajan ohjeiden mukaan.
    - Tarkastukset, osastomiesten viikoittaiset tarkistukset
    - Varaosat vaihdettavissa 4 tunnin sisällä vauriosta

Tavoitteena on, että laite on aina käytettävissä ja korjaus 8 tuntia häiriöstä.

- **3. luokka**: Laitteet, jotka aiheuttavat merkitsevän laatuvirheen yli 6 tunnin häiriön jälkeen tai pysäyttävät sellun valmistuksen alle 24 tuntia vauriosta.
    - Laitteille tehdään mittaukset 2 krt/vuosi ja lisäksi ennen seisokkia
    - Voitelu valmistajan ohjeiden mukaan
    - Tarkastukset pyritään tekemään seisokkien yhteydessä
    - Varaosat oltava vaihdettavissa 12 tunnin sisällä vauriosta

Tavoitteena on, että laite on käytettävissä ja korjaus kestää alle 24 tuntia.

- **4. luokka**: Laitteet, jotka eivät kuulu ryhmiin 1,2 tai 3, mutta jotka hajotessaan aiheuttavat suuret korjauskustannukset.
    - Mittaukset tehdään vain tarvittaessa
    - Voitelulla pyritään käyttöiän jatkamiseen
    - Tarkastukset tarvittaessa
    - Varaosat tilataan tarvittaessa

Tavoitteena on, että aina on tieto laitteen kunnosta.

- **5. luokka**: Muut laitteet.
    - Mittauksia ei suoriteta
    - Voitelulla pyritään käyttöiän jatkamiseen
    - Tarkastuksia ei suoriteta
    - Varaosat tilataan tarvittaessa

Tavoitteena on ajaa laite vaurioon ja korjata tarvittaessa.

Lisäksi kaikkien laitteiden käynninaikainen tarkkailu kuuluu käyttöhenkilökunnan jokapäiväisiin tehtäviin. (22.)

Tärkeimpiä kunnonvalvonnan välineitä tehtaalla ovat värähtelymittarit ja laitteiden kuuntelu. Nämä työkalut täydentävät toisiaan; kun ne yhdistetään kunnonvalvojien kokemukseen, saadaan laitteiden kunnosta melko tarkat tiedot. Värähtelymittauksien tuloksia tarkastellaan tietokoneella muun muassa trendi- ja vesiputouskuvaajien muodossa. Trendikuvaaja ilmaisee, kuinka mittaustulokset ovat kehittyneet. Vesiputouskuvaajalla saadaan vertailtua eri mittauksien tuloksia rinnakkain, jolloin poikkeamat ovat helpommin havaittavissa. Suurimmalle osalle kohteista on lisäksi määritetty yksilölliset hälytys- sekä vaurioraja-arvot. Hälytysrajan ylitys ei ole kuitenkaan yksiselitteinen merkki käyttövirheestä tai alkavasta vaurioitumisesta. Tulkinnassa on otettava huomioon ylityksen suuruus sekä arvioitava sen pysyvyyttä tai väliaikaisuutta. Rajojen ylittyessä kunnossapito-ohjelma ilmoittaa havaitusta poikkeamasta, minkä jälkeen ongelman syitä aletaan selvittää. (32.)

Prosessin muista osista johtuvat tärinät on otettava huomioon arvioitaessa tarkkailtavana olevan laitteen kuntoa. Mikäli kohteen pyörimisnopeudessa on suuria vaihteluita, on selvitettävä mittaushetken pyörimisnopeus, jotta pystytään tekemään tarkkoja tulkintoja. Koneen hetkellinen kuormitus ja prosessitilan muutos vaikuttavat myös värähtelyn tasoihin, joten yksiselitteisiä ohjeita mittauksen tulkintaan ei voida määrittää. Hälytysrajan ylittyessä tehdään tarkistusmittauksia ja katsotaan, mihin suuntaan tulokset kehittyvät, ennen kuin päätetään tarpeellisista toimenpiteistä. (32.)

4 TARKASTELTAVIEN LAITTEIDEN VALINTA

4.1 Aihealueen kartoitus

Kartoituksen aluksi halusin muodostaa itselleni kokonaiskuvan laitoksen kunnossapidosta. Erityisesti tutkinnan kohteena oli laitteiden vika- ja kunnossapitohistoria. Apuna kartoituksessa oli kunnossapidon tiedonhallintajärjestelmä Arttu sekä päiväkohtaisia vuoromestareiden ja käyttöhenkilöstön raportteja sisältävä Lotus Notes -ohjelma. Työn alkuvaiheessa Notes-ohjelma osoittautui osin puutteelliseksi tämän tutkimuksen

kannalta, koska sen sisältämät tiedot olivat hyvin prosessipainotteisia. Artun sisältämiä tietoja tutkimalla aloin muodostaa kokonaiskuvaa tehtaan kunnossapidosta eri osa-alueilla. Hakujen tarkentuessa alkoi selvitä ne osa-alueet, jotka tulisivat todennäköisesti olemaan tämän työn kannalta oleellisimpia. Oman tiedonkeräyksen lisäksi osallistuin tehtaan aamupalavereihin, joissa käydään joka aamu läpi edellisen päivän akuutit asiat.

Artussa tekemiini lajitteluihin kokeilin lukuisia hakusanoja, kuten laakeri, moottori, pumppu, hihna ja ruuvi. Lisäksi tarkensin hakuja rajaamalla tehtyjen töiden ajankohtia sekä osastoja, joille toimenpiteet ovat kohdistuneet. Liitteessä 1 esitetään ympyrädiagrammeina erityyppisten laitteiden osuudet tehdyistä kunnossapitotöistä vuosina 2006 - 2011. Tarkasteluun osastoista oli valittu heti työn alussa kuitulinja, puunkäsittely sekä voimalaitos. Opinnäytetyöni tekemisen aikana suoritettaviin seisokkihuoltoihin eri osastoilla kiinnitin erityistä huomiota kartoituksessa, koska niiden dokumentointia suoritin huoltoseisokin aikana.

Lajittelujen tuloksena sain rajattua aineistoa jonkin verran, mutta silti jäljelle jäänyt materiaali oli vielä todella laaja. Aineistoa päätettiin aina rajata osastokohtaisesti, jolloin pystyttiin keskittymään eniten kiinnostaviin laitteisiin osastoilla. Suurin huomio päätettiin kiinnittää vaakasuunnassa pyöriviin laitteisiin, koska niiden laakereille on kohdistunut pitkän seisomisen aikana oletetusti suuria jatkuvia kuormia. Tavoitteeksi asetettiin, että kolmelta eri osastolta otettaisiin tarkasteluun yhteensä noin kymmenen laitetta, joihin keskitytään työn aikana tarkemmin. Aiemmasta noin 15 laitteen valitsemisesta luovuttiin tässä vaiheessa, koska sopivia laitteita ei ollut helppoa löytää.

Seuraavana käytin kartoituksessa apuna työnjohtajien haastatteluja. Tarkoituksena oli kuulla jokaisen valitun alueen osaston työnjohtajaa, jotta saisin lisää tietoa vikahistorioista ja osastojen kunnossapidosta. Artun vikahistoria oli monin paikoin niin vajavainen, että kokonaiskuvaa pitkältä ajalta oli sen avulla vaikea muodostaa. Haastatteluissa ei kuitenkaan saatu muodostettua selkeää listaa kohteista, jotka valittaisiin aihealueeseen. Seuraavaksi esitellään tarkemmin haastatteluissa saavutettuja tuloksia osastokohtaisesti.

4.1.1 Voimalaitos

Voimalaitoksen laitteista ja havaituista ongelmista oli kertomassa työnjohtaja Jussi Manninen. Alusta asti oli selvää, ettei voimalaitokselta löydy useita työhön liittyviä kohteita. Ainoana esiin nousi meesauunilla 2 havaitut kannatuspyörän ongelmat. Ongelmia on ollut polttopään pyörän laakeroinnissa ja lisäksi uunin putken säröt ovat lisänneet huomattavasti kunnossapidon tarvetta. Putken halkeamat on tunnistettu vaikeasti ratkaistavaksi ongelmaksi jo aiemmin, koska putken käyttäytymistä on vaikea määritellä tarkasti. Uunin putkea ei tässä työssä tarkastella tarkemmin. Voimalaitokselta ainoaksi kohteeksi valikoitui siis meesaunin 2 kannatuspyörä. (28.)

4.1.2 Puunkäsittely

Osaston kunnossapidon työnjohtajana haastattelussa oli Ossi Halme. Puunkäsittelyn tehtävänä on kuoria ja hakettaa tehtaalle tulevat tukit, jotta niiden jatkokäyttö onnistuu tehtaan muissa osissa. Ensimmäisessä vaiheessa puukentältä prosessiin tulevat tukkipuut ajetaan kuljetinta pitkin kuorimarummulle. Kuorimarummulta otetaan irrotettu kuori talteen ja siirretään seulonnan ja kuorivaraston kautta voimalaitoksen käyttöön. Voimalaitoksella kuori hyödynnetään sähkön valmistuksessa. Kuoritut puut puolestaan haketetaan, minkä jälkeen hake seulotaan ja joko varastoidaan siiloihin tai hakekasaan. Hakevarastoista otetaan eri hakkeita tehtaalle sen mukaan, minkälaista sellua halutaan valmistaa. Varastointia varten on neljä siiloa ja yksi hakekasa, joista annostelu tapahtuu. (29.)

Haastattelun perusteella puunkäsittelyn laitevaurioita on viime vuosina ollut vähän. Ainoana esiin nousi ylisuuren hakkeen käsittelyssä käytettävä litistelijä, joka rikkoutui tammikuussa 2010 hieman tehtaan käynnistyksen jälkeen. Kyseessä oli akselivaurio, jonka syytä ei pystytty tarkasti määrittämään. Suurin osa osaston pyörivistä laitteista on erilaisia ruuveja, joissa ei ole havaittu merkittäviä pitkän tuotannon katkon vaikutuksia. Sen sijaan käytön aikana ruuveissa on ollut ongelmia. Pitkät ruuvit eivät ole kunnolla kestäneet niihin kohdistuvia kovia kuormia etenkin hakesiiloissa. Siilojen purkausruuvit ovat olleet erityisen herkkiä vikaantumaan, koska niihin kohdistuu siiloissa suuri paine. Osittain ongelma johtuu suunnitteluvirheestä, jossa ei ole huomioitu tarpeeksi hakkeen aiheuttamaa painoa siilon pohjalla pyöriville ruuveille. Ruuvit kuitenkin jätettiin pois tämän työn aihealueesta, koska niiden pyörintäelinten ei katsottu

rasittuneen kovinkaan paljoa seisoessaan. Lisäksi ruuvien tutkiminen olisi työlästä niiden suuren määrän takia. (29.)

Työn edetessä päätettiin puunkäsittely jättää tutkimisessa vähemmälle huomiolle, koska alueen aiheeseen sopiva laitekanta on hyvin pieni. Ainoana tarkasteluun valikoitui ylisuuren hakkeen litistelijä.

4.1.3 Kuitulinja

Kuitulinjalta keskustelussa olivat paikalla kunnossapitomestarit Jouni Forsman ja Hannu Tepponen. Kuitulinjalle kuuluvat sellun keitto, peseminen, lajittelu, valkaisu, liuostaminen ja kuivattaminen. Kuivattamo koostuu kahdesta erillisestä kuivauslinjasta, jotka toimivat eri periaatteilla.

Kuivauskoneen 4 osia ovat märästä päästä lueteltuna: perälaatikko, viiraosa, puristinosa, kuivauskaappi ja arkkileikkuri. Perälaatikosta syötetään massaa viiraosalle, josta kuiva-ainepitoisuudeltaan noin 25 prosenttinen massarata siirtyy puristimille. Koneessa on kolme puristintelaparia, joiden välistä massa johdetaan huovan avulla varsinaiseen kuivauskaappiin. Puristintelat ovat massiivisia, jopa 15 tonnia painavia teloja. Puristinosan jälkeen massaradan kuiva-ainepitoisuus on 40 - 50 prosenttia. Tämän jälkeen massa johdetaan kuivauskaappiin, jossa se kulkee kuivaussylintereiden välistä. Viimeisenä osana linjalla on kuivauskaapin jälkeen arkkileikkuri, jossa sellu leikataan kuljetukseen sopivaan arkkikokoon. Kuiva-ainepitoisuus on lopputuotteessa n. 90 %. (2, 290-297.)

Kuivauskone 6 koostuu perälaatikosta, imusylinteristä, puristinosasta, puhallinkuivauskaapista ja arkkileikkurista. Perälaatikosta massa johdetaan imusylinterille, jossa massan kuiva-ainepitoisuudeksi saadaan ennen puristinosaa 25 prosenttia. Massa on riittävän kiinteää, jotta se voidaan johtaa puristinosaan ilman huopia. Puristintelojen läpi ajetun massan kuiva-ainepitoisuus on ennen kuivauskaappia noin 50 prosenttia. Kuivaus toimii puhallinperiaatteella, jossa massarataa kuljetetaan vaakasuunnassa edestakaisin koneen sisällä puhalluslaatikoiden välissä. Tällä kuivausperiaatteella saavutetaan arkkileikkurille menevässä massassa 90 prosentin kuiva-ainepitoisuus. (2,301)

Kuitulinjan laitteista esiin nousivat työtä ajatellen pesurit ja kuivaussali niiden laitteiden osalta, joista löytyy vaakasuuntaisia raskaita pyöriviä laitteita. Etenkin kuivaussalissa pyörivät suuret telat ovat varmasti kuormittaneet laakereita ollessaan pitkään pysähdyksissä. Kuivauskone 4 sisältää painavien puristinosan telojen lisäksi kuivauskaapissa olevat 73 painavaa kuivaussylinteriä. (30.)

Kuivauskone 6:lta puolestaan löytyy märänpään imusylinteri ja puristinosan telat, jotka ovat raskaita ja vaakasuuntaisia. Näiden laitteiden laakerit ovat lisäksi hyvin alttiita kosteudelle, koska vesi on oleellinen elementti kuivausprosessissa.

Työssä päädyttiin keskittymään erityisesti kuivaussalista löytyviin laitteisiin. Rajaukseen päädyttiin, koska salista löytyy lukuisia aiheeseen sopivia teloja laakerointeineen. Telojen laakerointien tutkimisesta mahdollisesti saatavia tuloksia voidaan myöhemmin hyödyntää muissa samankaltaisissa kohteissa. Tulosten sovellettavuus useammassa kohteessa on syynä siihen, että kaikkia teloja ei työssä käsitellä erikseen.

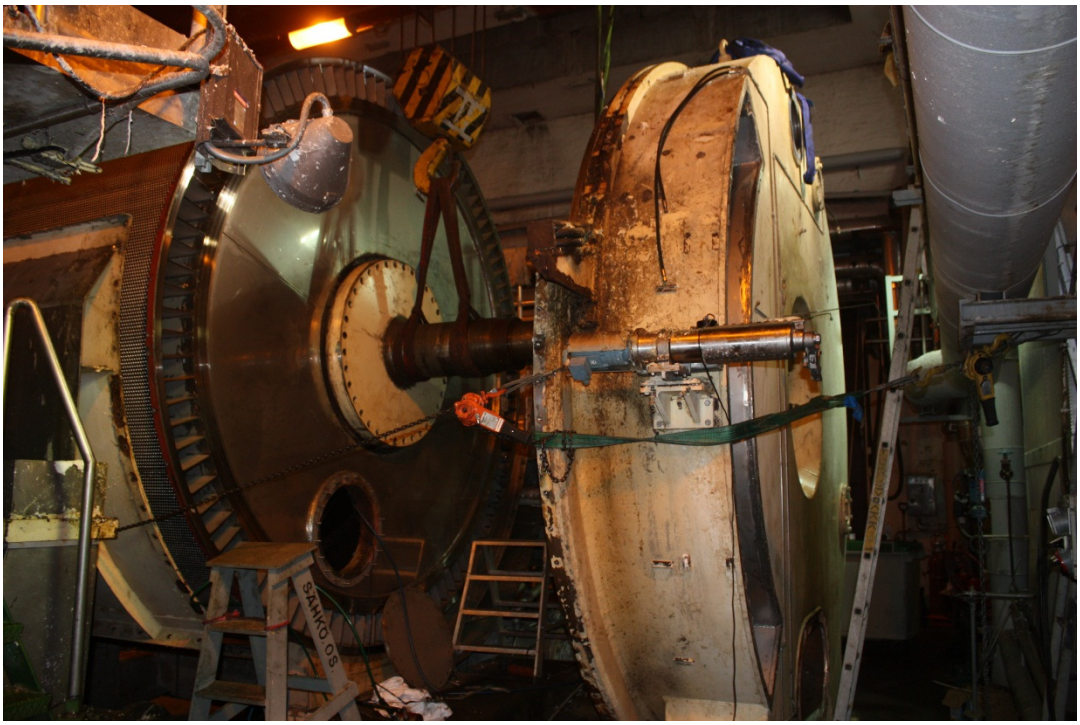
4.2 Seisokkikorjaukset

Sellutehtaalla huoltoseisokki on erityisen tärkeä koko tehtaan kunnossapidon kannalta. Tuotannon aikana ei ole mahdollisuutta pitää huoltopäiviä paperitehtaiden tapaan, koska prosessin pysäyttäminen ja käynnistäminen ovat aikaa vieviä toimenpiteitä. Huoltojen suunnittelu ja kohdistus onkin merkittävää, jotta pysytään suunnitellussa aikataulussa. Seuraavan vuoden huoltoseisokin suunnittelu aloitetaan hyvissä ajoin jo ennen edellisen vuosihuollon valmistumista. Ylimääräisistä seisontapäivistä aiheutuvat tuotantomenetykset ovat taloudellisesti merkittäviä, joten resurssien käyttäminen suunnitteluun on perusteltua. Asiakastyytyväisyyden kannaltakin aikataulun pitävyys on tärkeää etenkin, jos puskurivarasto on tarkkaan mitoitettu ja toimitukset viivästyvät korjaustöiden viivästymisen vuoksi.

Syksyn 2011 huoltoseisokin aikana tarkastelun kohteeksi päätettiin ottaa erityisesti kuitulinjalla tehtävät seisokkityöt. Seisokkitöiden listasta valitsin noin kymmenen työtä, joita reilun viikon ajan tarkkailin ja valokuvasin. Erityisesti kiinnitin huomiota pyöriviin laitteisiin ja laakeritarkastuksiin. Kuivattamon kuivauskoneet katsoin kohteina sopiviksi, koska niissä on runsaasti teloja ja laakerointeja, joille tehdään erilaisia tarkastuksia seisokin aikana. Tehtaan kuivauslinjoilta valitsin molemmilta neljän eri

telan huollot. Lisäksi seurasin kuivauskoneen 4 kuivauskaapin sylintereiden laakeritarkastuksia, joissa ei kuitenkaan löytynyt mitään hälyttäviä tuloksia. Suurin yksittäinen työkohde oli kuivauskone kuuden imusylinterin laajamittainen huolto.

Imusylinterin huolto oli ehdottomasti pitkäkestoisin seisokkitöistä. Avattu imusylinterin pääty on esitetty kuvassa 14. Kaiken kaikkiaan sylinterin purkaminen ja kasaaminen vei aikaa noin vajaan kaksi viikoa. Tämän työn kannalta huolto oli oleellinen, koska hiljattain sylinterin käyttöpään laakeri oli hajonnut. Oli olemassa epäilys, että laakeririkko saattaisi johtua seisonnasta vuonna 2009, mutta varmuutta asiasta ei ollut. Ongelmaksi muodostui se, ettei hajonnutta laakeria ollut enää tallella, vaan se oli jo vaihdettu ja hävitetty.



Kuva 14. Imusylinterin avattu käyttöpää

Telojen vaihtojen seuraaminen ei hyödyttänyt työn edistämistä, koska laakerit irrotettiin ja vaihdettiin muualla. Jälkikäteen osaa laakereista oli kuitenkin mahdollista tarkastella. Silmämääräisesti tarkasteltuna laakerista kyetään kuitenkin löytämään vain suhteellisen suuret ja selkeät jäljet. Tässä tapauksessa tarkastuksesta en saanut mitään selviä tuloksia, joista olisi saanut hyödyllistä lisäinformaatiota.

4.3 Lopulliset laitevalinnat

Haastattelujen ja muiden työn aikana hankittujen tietojen pohjalta päädyin valitsemaan tarkempaan tarkasteluun yhteensä kuusi laitekokonaisuutta. Laitteet valittiin jo ennalta rajatulta alueelta, johon kuuluivat puunkäsittely, voimalaitos ja kuitulinja.

Tarkasteluun on valittu seuraavat kohteet:

Puunkäsittely:	Ylisuuren hakkeen käsittelijä
Voimalaitos:	Meesauuni 2, polttopään kannatuspyörä
Kuitulinja:	Pesupuristin
Kuivattamo:	Kuivauskone 6, imusylinteri ja puristinosan telat (6 kpl)
	Kuivauskone 4, puristinosan telat (6 kpl) ja kuivauskaapin kuivaussylinterit (72 kpl)

5 LAITEKOHTAINEN TARKASTELU

5.1 Yleistä

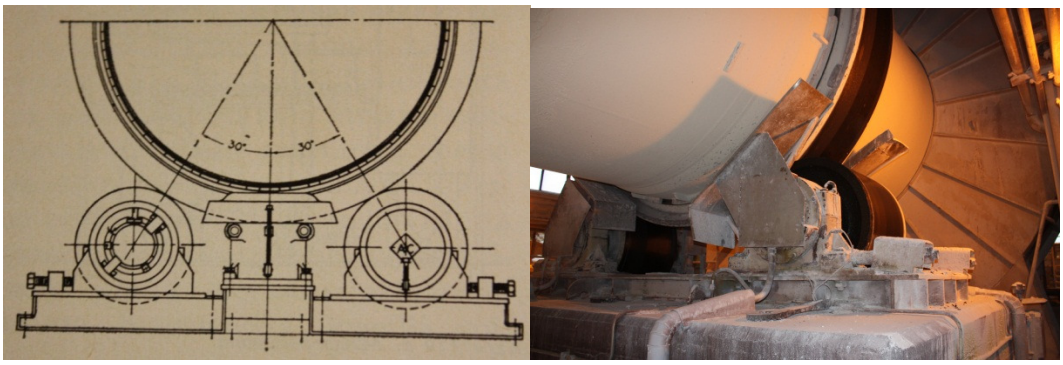
Laitekohtaisen kunnossapitohistorian tutkimisen tarkoituksena oli pyrkiä löytämään tapauskohtaisesti vaurioiden syitä ja mahdollisia ehkäisykeinoja. Kaikkien laitteiden kohdalla on huomioitava, ettei niitä ole pyöritetty huolto-ohjeiden mukaisesti vuoden 2009 seisonnan aikana. Tavoitteena oli käsitellä erityisesti laitteita, jotka ovat tuotannolle kriittisiä ja joiden kunnossapidolla sekä toiminnalla on sitä kautta suuri vaikutus koko tehtaan toimintaan. Osa vaurioitumiseen asti johtaneista vikaantumisista on sellaisia, ettei niille löydy selkeää syytä tai ratkaisua, jolla tulevaisuudessa voitaisiin samankaltaiset vauriot ehkäistä. Työn kannalta oli kuitenkin oleellista tutkia myös näiden kohteiden kunnossapitoa, jotta saatiin käsitys, onko kohteen kunnonvalvonta ja kunnossapito riittävää. Lähteenä tehdyn kunnossapidon määrän arvioinnissa on käytetty kunnossapidon tietojärjestelmä Artun historiatietoja ja haastatteluissa saatuja tietoja.

Laitteen perustoiminto prosessissa on esitetty lyhyesti jokaisen osion alussa. Lisäksi jokaisen kohteen kohdalla on käyty läpi kunnossapitohistoriaa, vikaantumisten mahdollisia syitä, tehtyjä toimenpiteitä ja yritetty löytää mahdollisia parannuskohteita

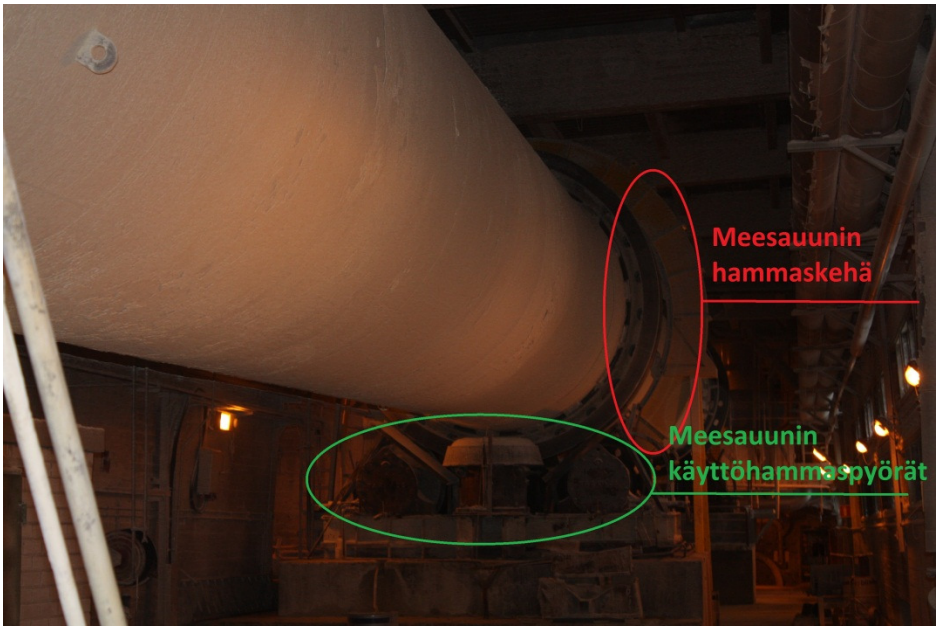
kunnossapidon ja kunnonvalvonnan osalta. Kunnossapidon historiaa kuvaavissa diagrammeissa on kuvattu vuosittain tilattujen kunnossapitotöiden lukumäärää. Tarkempaa erittelyä ei ole töiden luonteesta tehty, koska tarkoituksena oli saada kokonaiskuvaa kunnossapidon määrästä laitekohtaisesti. Vaurioihin asti edenneissä tapauksissa on pyritty arvioimaan myös vaurion taloudellista vaikutusta tuotannolle. Kaikki käsitellyt laitteet meesauunia lukuun ottamatta kuuluvat kunnonvalvonnan osalta kriittisyysluokkaan 2, meesauuni on puolestaan luokan 4 laite.

5.2 Meesauuni 2, polttopään kannatuspyörä

Meesauunin tehtävänä on palauttaa kalkin olomuoto kalsiumkarbonaatista (meesa) polttamalla kalsiumoksidiksi. Uunin polttolämpötila on n. 1100 °C, ja se saavutetaan polttovyöhykkeellä, joka sijaitsee kaltevassa asennossa olevan uunin alapäässä. Sunilan meesauuni 2 on 67 metriä pitkä ja halkaisijaltaan 3,0 metriä oleva painava putki. Uunissa polttoaika on 4 - 5 tuntia ja pyörimisnopeus pituusakselin ympäri on n. 1,2 - 1,5 r/min. Putkea pyöritetään kolmen kannatusrullaston varassa. Kannatusrullaston periaatekuva on esitetty kuvassa 15. Yksi rullasto koostuu kahdesta erillisestä kannatuspyörästä ja putkeen kiinnitetystä juoksurenkaasta. Uunia pyöritetään käyttömoottorilla, jolta liike siirretään käyttöhammaspyörällä uunin hammaskehälle. Käyttö on esitetty kuvassa 16. Kannatuspyörässä olevan laakerin mitat ovat 300 x 500 x 200 mm. Putken suuri massa aiheuttaa suuria rasituksia kannatusrullastoille, joiden varassa uunia pyöritetään. Rasitukset ovat korostuneet etenkin uunin ollessa pysäytettynä vuoden 2009 aikana. Tarkkaa tietoa uunin massasta ei ollut työtä tehtäessä saatavilla. (23.)

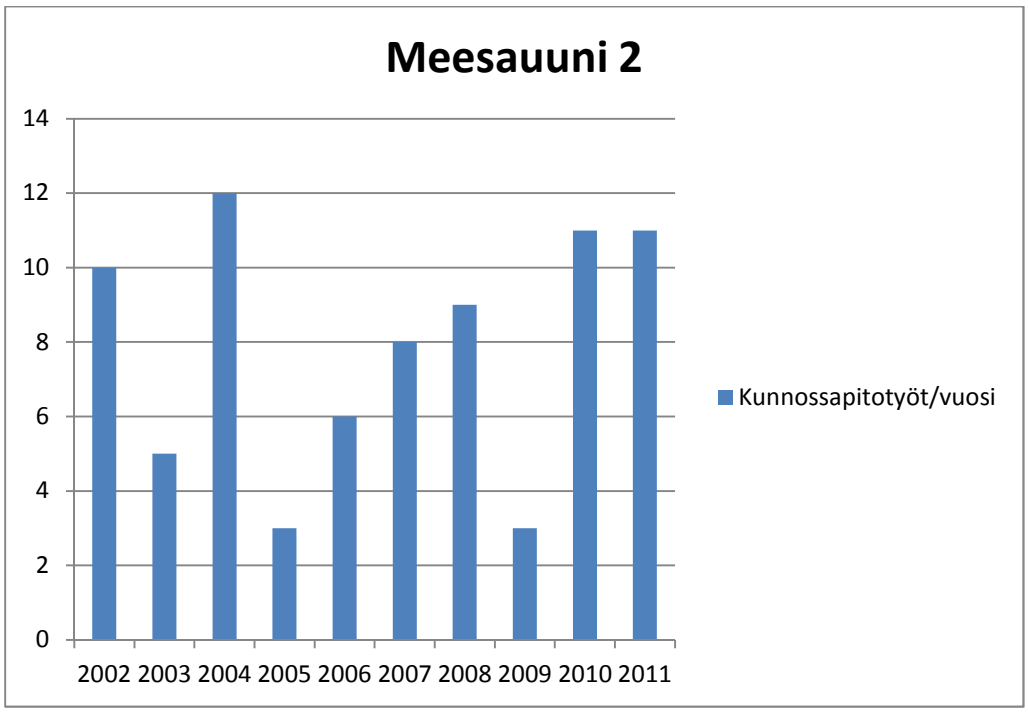


Kuva 15. Meesauunin kannatusrullasto (2,244)



Kuva 16. Meesauunin käyttö

Meesauunin 2 kunnossapito- ja huoltohistoriaa tutkittaessa löytyi useampia merkintöjä polttopään kannatuspyöristä ja niiden laakereista. Tapahtumien lukumäärä ei ole kovinkaan merkittävä, mutta eroaa huomattavasti esimerkiksi meesauuni 1:n vastaavista. Lisäksi myös kunnossapidon henkilökunta tunnisti tehdyissä haastatteluissa kyseisellä pyörästöllä olevat ongelmat. Meesauunille 2 tilattujen kunnossapitotöiden määrä viimeisten kymmenen vuoden aikana on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Meesauuni 2:n kunnossapitotyöt 2002 - 2011

Meesauunille 2 tehtäviä kunnossapitotöitä on ollut vuotta kohden keskimäärin kahdeksan kappaletta. Vuoden 2004 suuri töiden määrä selittyy keväällä tehdyillä useilla tarkastuksilla ja yleistöillä. Kannatuspyörien hionnat ja uunin suoristaminen suoritettiin keväällä 2004. Vuoden 2005 merkintöjen vähäinen määrä voidaan selittää 2004 tehdyillä normaalia laajemmilla kunnostuksilla. Muilta osin kunnossapidon määrä on ollut tasaisen vaihtelevaa ja mitään selkeitä eroja ei määrällisesti ole havaittavissa, kun pysäytysvuotta 2009 ei oteta huomioon.

Uunia kannattelevien pyörien hiontojen jälkeen vuoden 2004 lopulla polttopään pyörästä löydettiin alkava laakerivika. Pyörä päädyttiin vaihtamaan, ja seuraava samaa pyörää koskeva merkintä löytyy vuodelta 2011. Tällä perusteella voi epäillä vuoden 2009 tuotannon katkolla olleen vaikutusta laakerointiin, etenkin kun kyseessä on rullalaakeri, joka aiheuttaa liukulaakereita helpommin pistemäisiä rasituksia ollessaan pitkään paikallaan.

Kannatuspyörien vaurioituminen ei aiheuta ympäristölle tai käyttöhenkilöstölle vaaraa, vaan vaikutukset kohdistuvat uunin mekaaniseen toimintaan. Mahdollinen käyttökatko vaikuttaa sellun tuotantoon siinä vaiheessa, kun keittämön massatorni tulee täyteen. Keittoa joudutaan hidastamaan, mistä aiheutuu tuotantoon menetyksiä, ja yhden uunin toimiessa tuotannon määrää joudutaan pudottamaan. Yllättävä vaurio saattaa myös pahimmassa tapauksessa johtaa uunin putken käyristymiseen. Sammutetun meesauunin uudelleen lämmitys on hidas prosessi, mikäli lämmöt on jouduttu ottamaan pois. Kannatuspyörien suurten laakerointien vaurioituminen on taloudellisesti kallista pitkän korjausajan ja kalliiden osien vuoksi. Laakeroinnit ovat lähes ikuisia, mikäli voitelu, asennus ja huolto tehdään oikein. Inhimilliset tekijät on aina otettava huomioon, mutta kuitenkin laakerivaurioiden määrä on saatava minimoitua ja mahdollisten inhimillisten tekijöiden osuutta pyrittävä pienentämään.

Kannatuspyörän laakerin ennakkohuollon värähtelymittausten tuloksista ei ollut apua arvioitaessa vikaantumisia, koska tuloksia ei ollut saatavilla väliltä 2002 - 2010. Laakerit kuuluvat kiertovoitelun piiriin, joten voitelun puute on hyvin epätodennäköisesti syynä kyseisessä tapauksessa. Vuoden 2011 alussa vaihdettiin polttopään laakerit. Näiden vaihtojen jälkeen jouduttiin toinen pyöristä laakeroimaan jo reilun kahden kuukauden kuluttua uudestaan. Ensimmäisen asennuskerran yhteydessä oli voitelusta löydetty metallia, joka saattoi aiheuttaa ensimmäisen laakereiden vaurioitumisen.

Vaihdon jälkeinen lyhyt toiminta aika johtui oletettavasti siitä, että asennuksen yhteydessä on tapahtunut virhe, jonka seurauksena linjaus ei ollut aivan kohdallaan. Uudelleen linjaamalla saatiin ongelma poistettua ja vikataajuudet häviämään mittaustuloksista. (28.)

Uunin kannatuskehillä on havaittu kahden viime vuoden aikana halkeamia, joiden epäillään johtuneen pitkästä seisonnasta. Raskas uunin putki on ollut 9 kuukautta paikallaan, ja samaan kohtaan kehää on kohdistunut suurta painetta, mikä saattanut aiheuttaa muodon muutosta. Halkeamia on oletettavasti voinut syntyä jo pysäytyksen aikana tai vaihtoehtoisesti uunin lähtiessä pyörimään, jolloin jännitysten ja rasitusten muutokset ovat olleet hetkellisesti suuria.

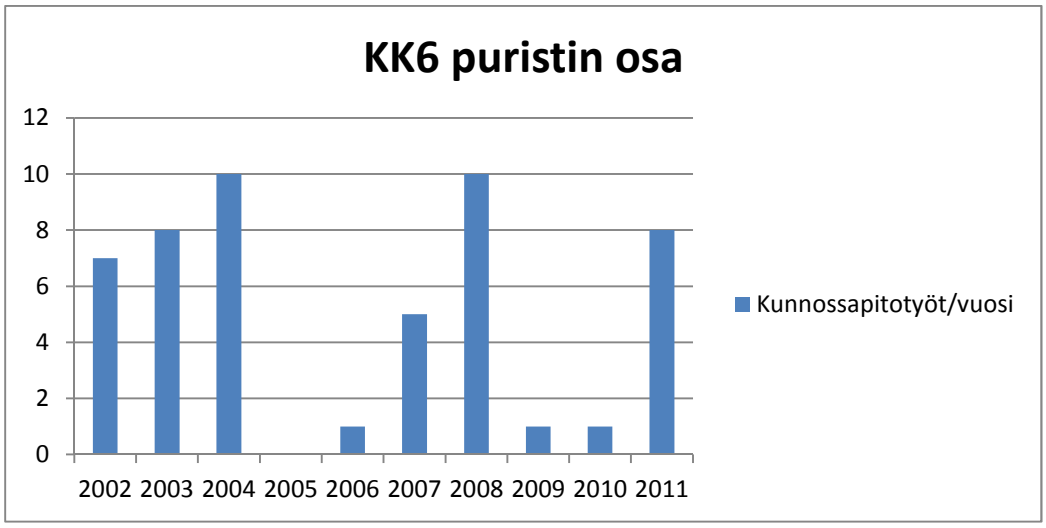
Haastatteluissa kävi ilmi, että yksi tekijä polttopään laakerin vikaantumisessa voisi olla laakerin tyyppi. Meesauunin muut kannatuspyörät on laakeroitu liukulaakereilla, mutta yhteen pyörään on asennettu rullalaakeri. Käytössä on kuitenkin huomattu, ettei rullalaakeri ole kestävin ratkaisu kyseisessä tapauksessa, koska kokemuksien perusteella liukulaakerit ovat huomattavasti varmempitoimisia käytön kannalta. (28.)

5.3 Kuivauskoneiden puristinosat

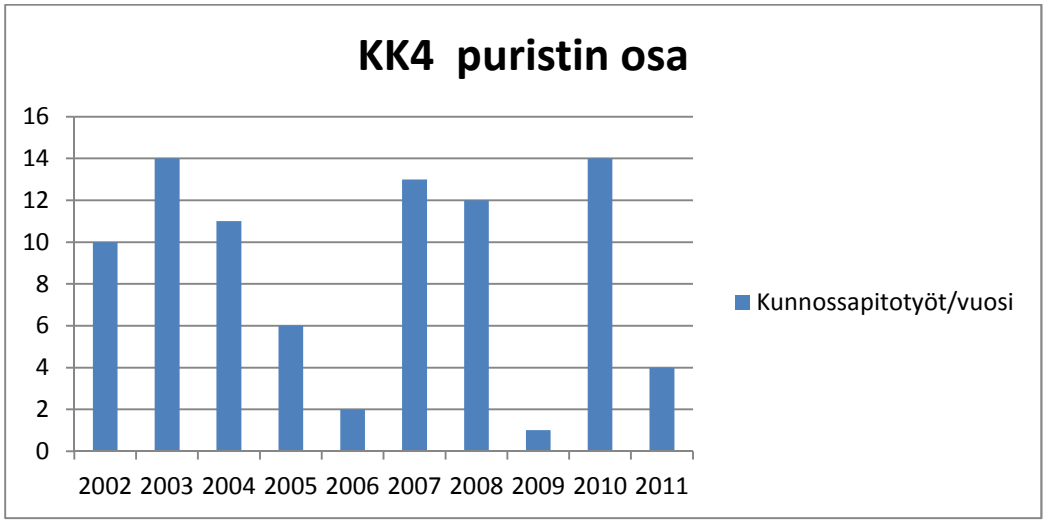
Sunilan molemmilla sellunkuivauskoneilla on puristinosat ennen varsinaisia kuivausosia. Näitä osia on päädytty käsittelemään työssä yhtenä kokonaisuutena. Puristin telapareja kuivaamossa on yhteensä kuusi kappaletta, kolme konetta kohden. Prosessissa puristintelojen tehtävänä on kuivata massarataa tarpeeksi, jotta rata voidaan johtaa kuivauskaappiin tai kuivaussylintereille linjasta riippuen. Yksittäisen telan massa on noin 11 tonnia, joten laakerit ovat suuren rasituksen alaisina varsinkin koneen seisoessa (24). Yhtä kuivauskoneen 4 puristintelojen laakereista on käsitelty tarkemmin laakerin silmämääräisen tarkastelun yhteydessä.

Kuivauskoneiden 4 ja 6 puristinosien suurin eroavaisuus on massaradan läpivientitapa: koneella 4 massarata johdetaan puristinten välistä huopia apuna käyttäen, mutta koneella 6 vain pelkkä massarata menee puristinten läpi. Eroavaisuus massaradan vientitavassa johtuu kuiva-ainepitoisuuksien erosta ennen massan tuloa puristinosaan. Koneen 6 imusylinteri kuivattaa massaa tehokkaammin kuin koneen 4 viiraosa, minkä

ansiosta kuivempi rata saadaan siirtymään puristimelta toiselle ilman huopia. Puristin osien tilattujen kunnossapitotöiden lukumäärät on esitelty kuvissa 18 ja 19.



Kuva 18. Kuivauskoneen 6 puristinosan kunnossapitotyöt 2002 – 2011



Kuva 19. Kuivauskoneen 4 puristinosan kunnossapitotyöt 2002 – 2011

Puristinosilla ei ole ollut suuria yksittäisiä vaurioita tarkkailuaikana. Vuosittaiset vaihtelut selittyvät erilaisilla kunnossapitotöiden kohdistuksilla eri vuosina. Vuosien 2010 ja 2011 suuri vaihtelu koneen 4 osalta johtuu vuoden 2010 puolella tilatuista seisokkitöistä vuodella 2011. Suuria muutoksia ei siis ole havaittavissa vuoden 2009 kummallakaan puolella kunnossapitotöiden määrissä.

Puristintelojen laakereille ei ole tehtaalla vaihtopesiä, joiden avulla laakerit voitaisiin vaihtaa ilman pesän avausta. Vaihtopesien puuttuessa on päädytty siihen, että telojen huollon yhteydessä vaihdetaan myös laakerit samalla, vaikkei niissä olisi havaittu al-

kavaa vikaa. Toimenpidettä voidaan pitää kuitenkin perusteltuna, koska laakeripesän avaaminen altistaa laakerin aina ympäristön epäpuhtauksille. Pienetkin epäpuhtaudet voitelussa saattavat muodostaa suuria ongelmia käytön aikana ja aiheuttaa yllättäviä vaurioita. Huoltoseisokissa 2011 vaihdettujen laakerien mittaustuloksien perusteella (Liite 2) vaihdolla ei ole ollut vaikutusta värähtelyarvoihin. Tällä perusteella voidaan pohtia, kuinka kannattavaa on vaihtaa suuria laakereita, jotka ovat vielä käyttökuntoisia. Kunnostuttamalla vanhat laakerit voidaan säästää laakerin hankintakustannuksissa puolet uuden laakerin hinnasta.

Kuivattamo on todella tärkeä sellutehtaalla, jota ei ole integroitu paperitehtaaseen. Tuotannon katkoilla on suuri vaikutus koko tehtaan tuotantoon. Toisen kuivauslinjan pysäytys pudottaa kokonaistuotannon noin puoleen maksimituotannosta. Lisäksi massan keittovauhtia joudutaan hidastamaan varastotornin täyttyessä. Taloudelliset vaikutukset nousevat siis huomattaviksi, mikäli laitteet rikkoutuvat. Puristinteloille kohdistuvien vaurioiden korjaaminen on usein kestoltaan pitkä toimenpide. Esimerkiksi laakerivaurion korjaaminen vie vähintään puoli päivää, jos vaihtoon on osattu varautua. Mikäli vaurio on yllättävä ja toista telaa ei ole valmiiksi laakeroituna varastossa, pitenee koneen seisonta-aika huomattavasti.

5.3.1 Puristintelan laakerin silmämääräinen tarkastus

Kuivauskoneen 4 puristimen ylätelan käyttöpuolen laakeri päätettiin ottaa lähempään tarkasteluun. Yleensä suurikokoiset laakerit kannattaa lähettää toimittajalle kunnostettavaksi. Tätä laakeria ei ollut kuitenkaan mahdollista lähettää kunnostettavaksi, koska siihen jouduttiin irrotuksen yhteydessä hitsaamaan kierretangot. Laakeri oli malliltaan 23268 CAK/W33, jonka akselihalkaisija on 340 mm, ulkohalkaisija 620 mm ja paino 295 kg. Kyseessä on kookas pallomainen kaksirivinen rullalaakeri kartioreiällä. (25.)

Laakerilla pyörineen puristintelan massa on 11650 kg ja halkaisija 900 mm, laakeriväli puolestaan on 5480 mm (24). Laakerilla on siis ollut raskas tela, joka on pituudeltaan kuitenkin suhteellisen lyhyt verrattuna esimerkiksi leveisiin paperikoneisiin. Tarkoituksena oli tarkastella, löytyykö laakerista jälkiä, joita voisi yrittää analysoida tarkemmin.

Kuva 20. Laakeri ennen pesua

Tarkastelua varten kuvan 20 laakerista puhdistettiin ylimääräinen voiteluaine pois, minkä jälkeen suoritettiin laakeripesu pesukoneessa. Pesussa saatiin suurin osa rasvasta pois, mutta voiteluaineen paksuudesta johtuen ei laakeria saatu täysin puhtaaksi.

Pestystä laakerista leikattiin polttamalla kuvassa 21 näkyvä ulkorengas irti, jotta päästiin tarkastelemaan renkaan ja rullien väliin mahdollisesti syntyneitä jälkiä. Tarkoituksena oli etsiä erityisesti jälkiä, joiden perusteella voitaisiin päätellä vaihtamiseen johtaneet syyt. Mitään selviä merkkejä vaihdon tarpeesta ei ollut kuitenkaan silmämääräisesti havaittavissa.

Kuva 21. Laakerin leikattu ulkorengas

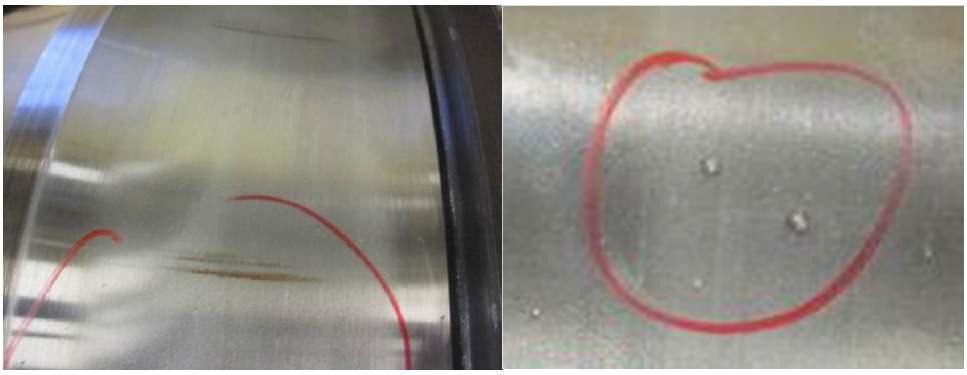
Tarkasteltujen mittaustulosten analysoinnin perusteella ei ole ollut havaittavissa alkavia vikaantumisia laakerilla. Laakerit oli kuitenkin kannattavaa vaihtaa, koska telan vaihto tehtiin samalla kertaa. Kyseisen telan laakeroinneille ei ollut tehtaalla vaihtopesiä, joten laakeroinnit jouduttiin joka tapauksessa avaamaan. Siitä, milloin toimivan

laakerin vaihtaminen on kannattavaa, on monia mielipiteitä. Mahdolliset käytön aikaiset vaurioitumiset aiheuttavat mittavia tuotannon menetyksiä, joten siinä mielessä ennakkoon tehtyä vaihtoa voidaan pitää perusteltuna.

5.3.2 Käytetyn laakerin kunnostuttaminen toimittajalla

Suurikokoiset laakerit, jotka ovat kunnostettavissa, pyritään lähettämään toimittaneelle yritykselle kunnostukseen. Kustannussäästöt, jotka kunnostamisella saavutetaan, ovat noin puolet uuden laakerin hinnasta. Pienikokoisten ja edullisempien laakereiden kunnostaminen ei sen sijaan ole järkevää, koska uuden laakerin hankintakustannukset eivät nouse korkeiksi. Toimittajalle lähetetyistä laakereista saadaan tarkat analyysit niiden käyttöhistoriasta syntyneiden jälkien perusteella ja mahdollisten vikaantumisten syistä. Tässä tapauksessa kunnostukseen lähetetyt laakerit olivat mallia 23272 CAK/W33. Akselihalkaisija on 360 mm ja massaa laakereilla on 335 kg (25). Kuvassa 20 on esitetty esimerkki laakeritoimittajan tarkastuksen havainnoista.

Toimittajalle on tärkeää saada mahdollisimman tarkat tiedot laakereiden käyttöolosuhteista. Malli SKF:n laakerikunnostuksen esitietolomakkeesta on liitteessä 3. Toimittaja tekee annettujen esitietojen ja omien tutkimustensa pohjalta tarjouksen laakerin kunnostuksesta, jossa ilmoitetaan tarvittavat kunnostustoimenpiteet ja hinta. Lisäksi on mahdollista saada tiedot löytyneistä vaurioista eriteltynä ja tarvittaessa myös kuvien muodossa. Toimittajalle lähetetyt laakerit on kannattavaa kunnostaa varsinkin tutkimusten jälkeen, koska kuluja on muodostunut jo käsittelyistä ja ne joudutaan joka tapauksessa maksamaan.



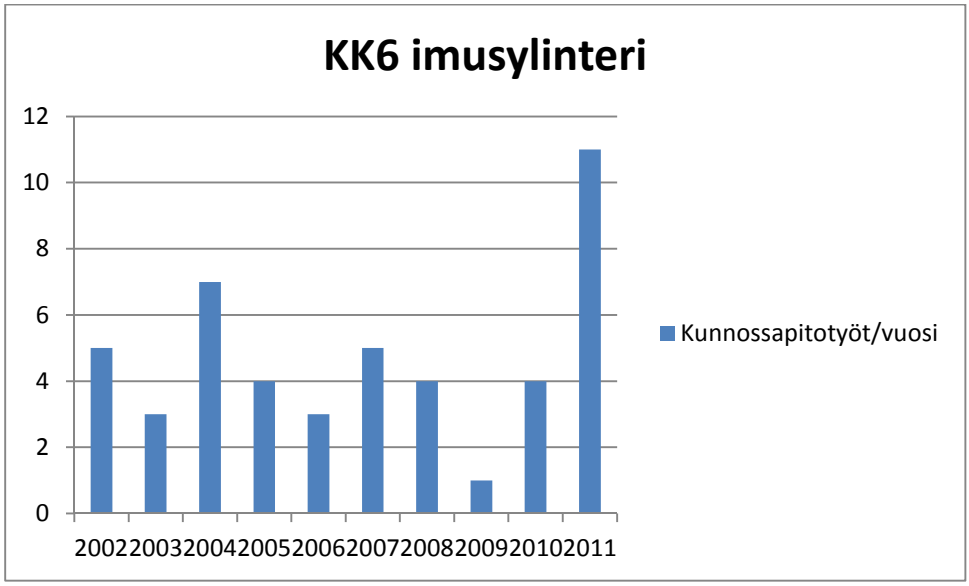
Kuva 22. Pitkään paikallaan seisoneen laakerin kulumajälkiä (26)

Toimittajalle tarkastukseen lähetetyltä laakerilta löytyi lieviä vierintäelinten painaumajälkiä sisäkehän ulkopuolelta. Vasemman puoleisessa kuvassa 22 esitetyt lievät painaumat ovat todennäköisesti syntyneet laakerin alapinnalle raskaan kuorman seisoessa pitkään rullien varassa. On kuitenkin huomattava, että painaumat ovat melko lieviä, eikä niistä ole aiheutunut mainittavia tärinöitä mittausten perusteella. Oikean puoleisessa laakerissa on lievien poikittaisten painaumien lisäksi syviä pistemäisiä painaumia. Ne ovat merkkejä voiteluaineessa olleista epäpuhtauksista, jotka ovat päätyneet laakeriin todennäköisesti virheellisen asennuksen yhteydessä. Laakerin seisoessa pitkään ovat epäpuhtaudet painuneet metalliin tavallista syvemmälle. Kuvan 23 puristintelojen pyöräytykset seisonnan aikana olisivat todennäköisesti estäneet kuvatun kaltaiset vauriot, mutta poikkeuksellinen tilanne huomioiden koneiden ajoittainen käyttö ei ollut kannattavaa.

Kuva 23. Kuivauskone 6, puristintelat

5.4 Kuivauskone 6, imusylinteri

Imusylinterin tehtävänä on kuivata perälaatikosta tuleva massa siten, että se voidaan johtaa puristinosaan. Perälaatikolta tuleva massa johdetaan ensimmäiseksi imurummun altaaseen. Itse rumpua ympäröi metallinen rei`itetty vaippa ja rummun sisäosa on jaettu lokeroihin, jotka pyörivät. Lokeroihin synnytetään alipaine, joka muodostaa imun sylinterille. Imun avulla massa saadaan koottua tasaisesti sylinterin pinnalle. Lisäksi sylinterin rummun päällä on kaksi painotelaa ja veden suihkutusputkia, jotka tehostavat veden poistoa. (2,288.)

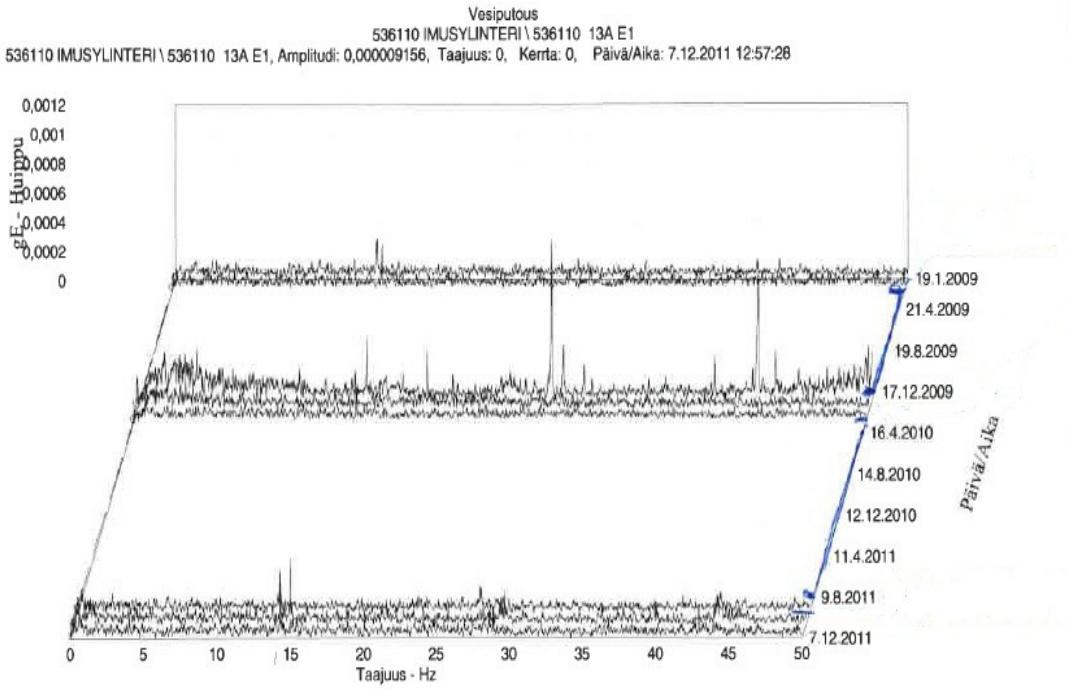


Kuva 24. Imusylinterin kunnossapitotyöt 2002 - 2011

Imusylinterin kunnossapitohistoria on esitetty kuvassa 24. Kuvasta voidaan nähdä, että kunnossapito on ollut tasaista viimeisten kymmenen vuoden aikana. Ainoat selkeät eroavaisuudet ovat havaittavissa vuosina 2009 ja 2011. Tehtaan ollessa suljettuna suurimman osan vuodesta 2009 ei kunnossapitoa ole tehty. Vuoden 2011 kunnossapito töiden suuri määrä selittyy imusylinterille tehdyllä perushuollolla, jota ei aikaisemmin ole tehty samassa laajuudessa. Kuvasta ei siis ole pääteltävissä suoraan minkäänlaisia vaikutuksia, jotka voitaisiin liittää 9 kuukauden seisonta-aikaan.

Imusylinteri valikoitui työhön erityisesti toukokuun 2011 laakerivaurion takia. Kyseessä oli käyttöpään laakerointi ja vaurio oli vakava. Akseli oli pudonnut käyttöpäästä noin 5 mm ja laakeri oli hajonnut täysin. Arvioiden mukaan laakeri oli leikannut kiinni käytössä, mutta suuren sylinterin voiman vuoksi lähtenyt pyörimään uudelleen. Samalla laakeriholkki oli lähtenyt pyörimään mukana ja vaurioittanut käyttöakselia pahasti. Kunnonvalvonnan mittaustuloksista ei ilmennyt selkeitä muutoksia värähtelyarvoissa vuoden 2011 alussa. Vaurion jälkeen huomattiin pientä nousua laakerin ulkokehän vikataajuuksilla, mutta samanlaisia heilahteluja on havaittu arvoissa myös muulloin. Laakerin vaihtotyö vei aikaa odotettua kauemmin asennuksessa ilmenneiden odottamattomien ongelmien takia. Vaihdetun akseliholkin mitat osoittautuivat vääriksi ja käyttöpää jouduttiin purkamaan kaiken kaikkiaan kolme kertaa. Näin ollen vuorokauden projektista tuli useamman vuorokauden projekti. Keittotuotannon menetyksien kannalta tämä tarkoitti noin 700 tonnin sijasta lähes 2400 tonnin menetyksiä. Tarkkaa tutkimusta vaurioituneelle laakerille ei päästy työn aikana tekemään, koska

kyseinen laakeri oli hävitetty toukokuisen vaihdon yhteydessä. Kuva 25 esittää värähtelymittausten tuloksia imusylinterin käyttöpään laakerilla.



Kuva 25. Imusylinterin käyttöpään laakerin vesiputouskuvaaja

Vesiputouskuvaajassa on kuvattuna kahdeksan eri mittauksen tietoja. Spektrikuvaajassa on käytetty mitattavana värähtelysuureena kiihtyvyyttä. Hitaasta pyörimisnopeudesta (5 RPM) johtuen mittausalueeksi on valittu 0 - 50 Hz. Kaksi ylintä mittausta on tehty vuoden 2009 alussa ennen tehtaan pysäytystä. Keskimmäiset kolme mittausta on suoritettu tehtaan uudelleen käynnistyksen jälkeen vuoden 2010 alussa kuukauden välein. Alimmat kolme käyrää on valittu vuoden 2011 huoltoseisokin molemmin puolin. Kuvaajista on tarkoitus tarkastella mahdollisesti tapahtuneita muutoksia vuoden 2009 seisonnan ja vuoden 2011 huoltoseisokin aikana. Kuvaajan analysoinnin yhteydessä on tärkeää huomata, että kiihtyvyyden huippuarvot ovat todella pieniä ja piikit kyseisellä asteikolla eivät ole vielä merkkejä alkavista vikaantumisista. Ensimmäisessä mittauksessa käyntiin lähdön jälkeen tammikuussa 2010 on havaittavissa lisääntynyttä värähtelyä tietyillä taajuuksilla. Värähtely on kuitenkin tasaantunut seuraavaan mittaukseen, joka on suoritettu helmikuussa 2010. Laakerilla on siis ollut mahdollisesti jotain pientä hankausta tai muuta, joka on aiheuttanut värähtelyä. Mitään huomattavia muutoksia ei ole kuitenkaan havaittavissa vuoden 2009 ja 2010 mittausten välillä, joiden perusteella voitaisiin sanoa 9 kuukauden seisontajakson vaikuttaneen laakereihin.

Seisokissa 2011 kunnostettiin toukokuun vaurion yhteydessä rikkoutunut kuvan 26 sylinterin käyttöakseli ja samalla vaihdettiin uusi laakeri käyttöpuolelle. Akselia oli toukokuussa korjattu ensimmäisellä kerralla hitsaamalla, koska itse akselin irrottaminen ja kunnostaminen olisi pidentänyt tuotannon keskeytystä merkittävästi. Suuren vaihdelaatikon ja muiden korjaustöitä vaikeuttavien rakenteiden purkamisessa meni lähes kaksi päivää, joten kyseessä oli suuri projekti.

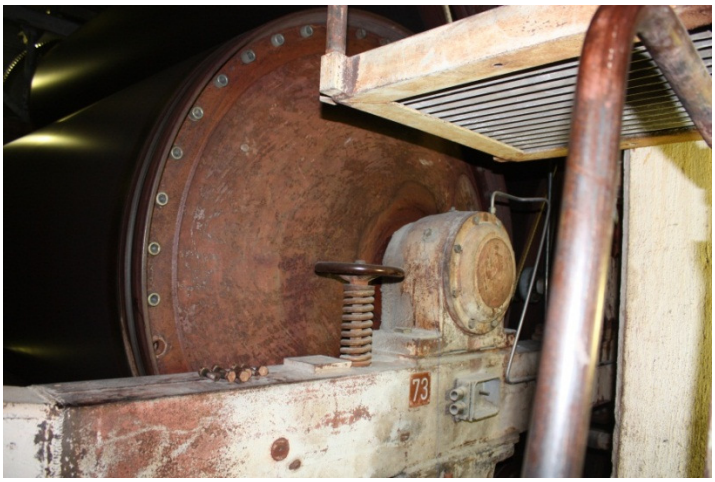
Kuva 26. Imusylinterin käyttöpään laakeroinnin irrotus

Imusylinterin korjauskustannukset nousevat merkittäviksi sekä kalliiden osien että pitkien korjausaikojen takia. Lisäksi sylinterille tehtävät suuret huoltotoimet ovat melko harvinaisia ja osaavaa henkilöstöä on vaikea löytää. Tämän kaltaisten laitteiden vaurioiden syiden löytäminen olisi ensiarvoisen tärkeää, jotta tulevaisuudessa pystyttäisiin estämään vakavat vauriot. Kunnonvalvonta on haastavaa toteuttaa imusylinterin kaltaisille hitaasti pyöriville laitteille ja erityisesti mahdollisten vikataajuuksien erottaminen mittaustuloksista muodostuu usein mahdottomaksi.

5.5 Kuivauskone 4, kuivaussylinterit

Kuivaussalissa sijaitsevan kuivatuskone 4:n kuivausosan tehtävänä on kuivata sellu, ennen kuin se voidaan leikata arkeiksi ja siirtää lähettämöön. Kuivausosa koostuu 73 suuresta kuvan 27 esittämästä höyrysylinteristä, joiden käytöt on jaettu viiteen ryhmään. Käyttömoottoreista liike siirretään sylintereille kuvan 28 kaltaisten hammaspyörien avulla. Sylinterit ovat halkaisijaltaan 1500 mm ja niiden laakeriväli on 5050 mm, höyry johdetaan sylintereille käyttöpäädyn akselitappiin yhdistetyn putken kautta. Kuivaussylinterien normaali käynninaikainen lämpötila on hieman alle 150 °C. Massaradan vienti kuivauskaapissa on hoidettu köysien avulla, jotka saavat liikkeensä

kuivaussylintereiltä. Kuivauskaapista ulos tulevan massaradan kuiva-ainepitoisuus on noin 90 %. (24.)

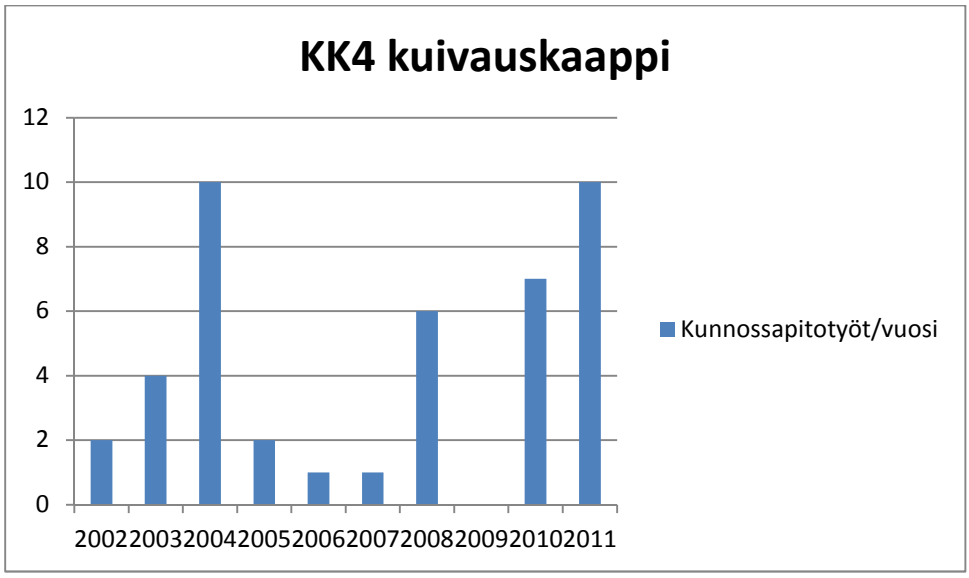


Kuva 27. Höyrysylinteri 73 hoitopäädystä

Kuva 28. Kuivaussylinterien käyttöpuolen hammaspyörät ja höyryputki, kuivauskone 4

Kuivauskone 4 ja sen kuivauskaappi ovat tärkeitä osassa sellutehtaalla, koska noin puolet sellusta kuivatetaan niiden läpi. Koneen tuotannon pysähtyessä joudutaan sellun keittovauhtia pudottamaan, mikä johtaa tuotannon menetyksiin nopeasti. Myös mahdolliset sylintereiden lämpötilojen laskut pudottavat tuotantoa huomattavasti. Laakereille tehdään säännölliset tarkastukset tehtaan vuosihuollon yhteydessä, koska niitä ei kuumien olosuhteiden vuoksi käytön aikana päästä kuuntelemaan samalla

tavalla kuin esimerkiksi pumppuja ja moottoreita. Tarkastuksessa mitataan välykset ja tarkastetaan laakerin kunto silmämääräisesti niin hyvin kuin mahdollista. Kuivaussylinterit ovat olleet pitkän seisonnan aikana kovilla ja etenkin niiden laakerit ovat olleet kuormitettuina pidemmän aikaa, koska yksittäisen sylinterin massa on 5700 kg.



Kuva 29. Kuivauskaapin kunnossapityöt 2002 – 2011

Höyrysynlitereillä sellua kuivattava kuivauskaappi on toiminut melko vähillä kunnossapitotöillä ja suuria ongelmia ei ole ilmennyt. Pääosin tehdyt työt ovat liittyneet moottoreiden vaihtamiseen, öljyjen vaihtoon tai vaihtoehtoisesti höyryvuotojen korjaamiseen. Varsinaisia sylintereille kohdistuvia laakerointien vaurioita ei ole havaittavissa lukuun ottamatta vuonna 2011 tapahtunutta laakerin vioittumista. Vuosittaiset vaihtelut tilatuissa kunnossapitotöissä selittyvät kunnossapitohistorian mukaan erityisesti moottoreiden vaihtojen ajoittamisella tietyille vuosille.

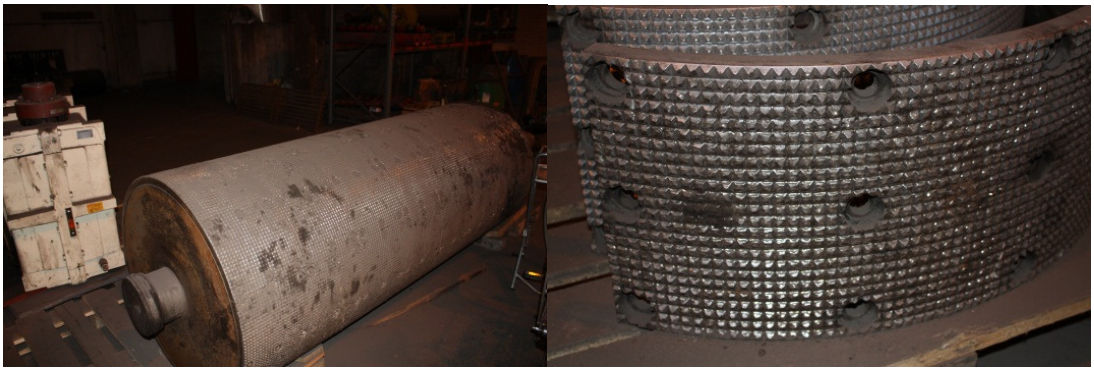
Yhdellä kuivaussylintereistä havaittiin käyttöpäädyn laakerivaurio kesäkuussa 2011. Vaurion havaittavuutta vaikeutti huomattavasti kyseisen sylinterin epäkunnossa ollut kunnonvalvonta. Värähtelyarvoja ei ollut saatu sylinteriltä vuoden 2007 jälkeen, joten tarkkoja kunnonvalvonnan mittaustietoja ei ole viime vuosilta olemassa. Ongelmat kyseisellä laakerilla havaittiin monen yhteensattuman kautta. Sylinterien 3,4 ja 5 höyrykytkimien käyntiäänien nousu kiinnitti ennakkohuollon huomion ja ongelman syitä alettiin tutkia. Myös värähtelyarvojen kohoamista sylintereillä 3 ja 5 oli

havaittavissa. Tärinän syitä alettiin tutkia lämpökuvauksella kyseisten sylinterien osalta. Kuvauksen tulosten perusteella epäiltiin, että sylinterit 2,3 ja 4 olisivat vesilastissa eli täytyyneet lauhteesta, koska ne olivat selkeästi normaalin käyntilämpötilan alapuolella. Höyryventtiilien sulkemisen yhteydessä henkilökunta havaitsi, että sylinterin 4 akselin pyöriminen on epäsäännöllistä. Kuivauskone 4 päätettiin pysäyttää ja aloittaa laakerin korjaustoimet välittömästi, jotta vakavammalta vauriolta vältyttiin. (32.)

Laakerin vaurioitumisen lisäksi myös kiristysholkin kierre oli vaurioitunut. Korjaustoimenpiteenä päädyttiin hitsaamaan uusi kiristysholkki akselitapille ja uusi laakeri saatiin kiristettyä toleranssien sisään. Häiriöseisokkiaika saatiin mahdollisimman lyhyeksi ja keittotuotannon menetyksiä kertyi reilut 700 tonnia. Kyseisestä laakerivauriosta on epäilys, että se saattaisi olla osaksi vuoden 2009 seisonnan syytä. Värähtelymittausten tuloksista ei kuitenkaan saada tukea seisonnan vaikutuksesta kyseiseen vaurioon. Muita vastaavia vaurioita ei ole ilmennyt, vaikka samankaltaisia sylintereitä on kuivausosassa 73 kappaletta.

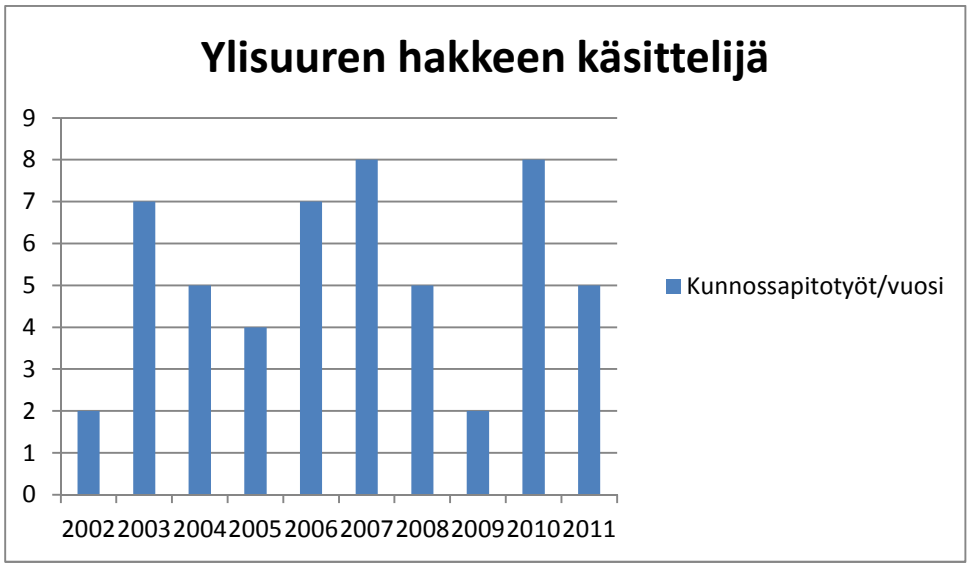
5.6 Ylisuuren hakkeen käsittelijä

Hakkeenkäsittelijä on tarkoitettu ylisuuren/ylipaksun hakkeen ja oksien käsittelyyn, jotka eivät ole läpäisseet paksuusseulaa. Lastut ajetaan vastakkain pyörivien telojen läpi, jolloin lastut puristuvat ja avautuvat puunsyitä pitkin. Käsittelyn jälkeen kemikaalit imeytyvät lastuihin erittäin helposti. Kuvassa 30 esitetyt telat, joiden välistä lastut ajetaan, ovat 915 mm halkaisijaltaan ja 2440 mm pituudeltaan. Teloja pyöritetään vastakkaisiin suuntiin ja toinen teloista on vaakasuunnassa kiinteä ja toinen liikkuva. Liikkuvaa telaa ohjaa kaksi synkronoitua hydraulisylinteriä, ja esimerkiksi metallin palan joutuessa telojen väliin päästävät sylinterit liikkuvan telan liikkumaan taaksepäin. Liikkuvalla telalla ehkäistään telojen pintojen kulumista kovien partikkelien vaikutuksesta. Molempien telojen pinnat on vuorattu tarkoitukseen sopivasti muotoilluilla teräs levyillä, jotta litistely saadaan tehokkaaksi. (27.)



Kuva 30. Ylisuuren hakkeen käsittelijän tela ja telan pintapala

Litistelijä valikoitui kohteeksi tammikuussa 2010 ilmenneen akselivaurion vuoksi. Tämän työn aihealueen kannalta telat olivat sopiva kohde, koska ne ovat raskaat ja seisoneet vuonna 2009 pitkään.



Kuva 31. Ylisuuren hakkeen käsittelijän kunnossapitotyö 2002 – 2011

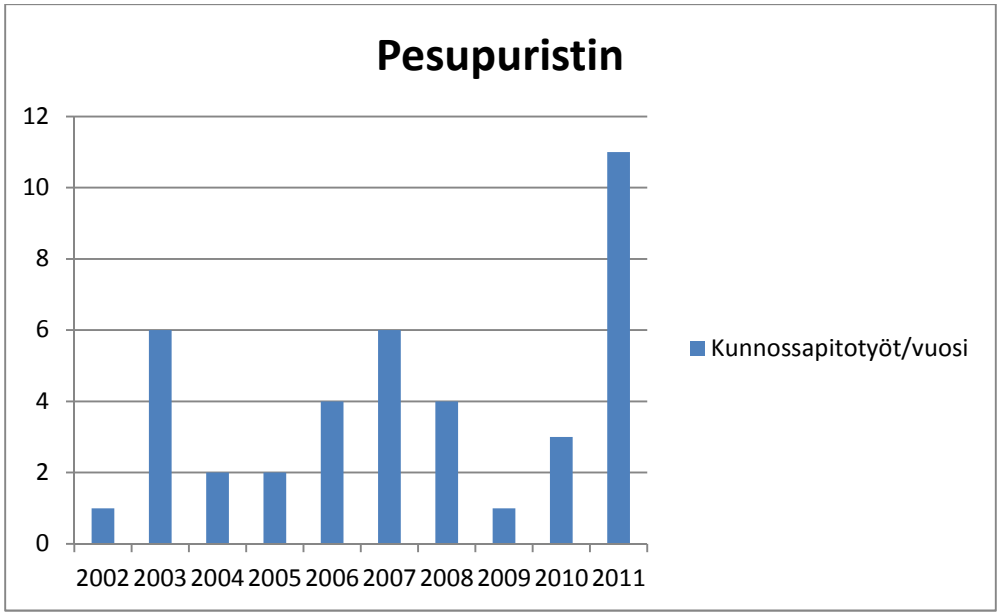
Hakkeen litistelijän kunnossapitohistoriaa tarkasteltaessa voidaan todeta, että kunnossapitoa on tehty 2000-luvulla hyvin säännöllisesti, eikä kunnossapitovelkaa ole historiatietojen mukaan perusteltavissa. Kiinteän telan käyttövaihteen vuodoista on lukuisia merkintöjä, ja tämä onkin jo aikaisemmin tunnistettu ongelma, jota ei ole saatu ratkaistua. Ainoa selkeästi raskaisiin osiin liittyvä vakava vaurio oli vuonna 2010 ylätelan akselilla.

Työn aikana tehdyissä haastatteluissa ja muissa tutkimuksissa ei tullut esille selkeää syytä akselin katkeamiselle. Vaurion kehittymisestä ei ollut havaittavissa merkkejä

ennakkoon ja syitä voidaan jälkikäteen vain arvailla, koska vaurioituneet osat oli jo korjattu. En siis pysty omilla tiedoillani osoittamaan mitään järkeviä ja tarkkoja syitä vauriolle.

5.7 Pesupuristin

Pesupuristimella on havaittavissa suuri kasvu kunnossapidon määrässä vuodella 2011. Tämä kuitenkin selittyy tehdyllä täyshuollolla, johon kuului mm. ruuvien, tiivisteiden ja kaavareiden huoltoja. Seisonnan jälkeen havaituista ongelmista yleisimpiä ovat olleet massavuodot, joiden vuoksi tiivisteitä päädyttiin vaihtamaan. Eniten kunnossapidolle töitä ovat aiheuttaneen jako- ja purkuruuvien vauriot. Etenkin purkuruuvilla on ollut ongelmia vuosien 2010 ja 2011 aikana. Tarkempaa käsittelyä ei pesupuristimesta tai seisonnan vaikutuksista pesupuristimelle tehty, koska varsinaisesti raskaiden telojen toiminnassa ei ole ollut havaittavissa suuria ongelmia.



Kuva 32. Pesupuristimen kunnossapitotyöt 2002 – 2011

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

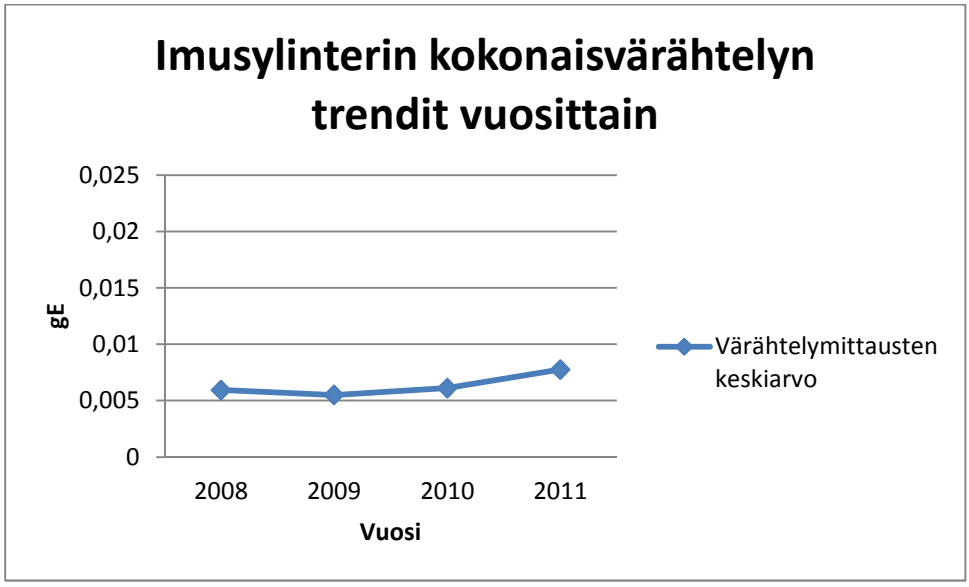
Sunilan tehtaalta tarkasteluun valituilta laitteilta ei pystytty selkeästi osoittamaan pitkän tuotannon keskeytyksen vaikutuksia laitteiden toimintaan. Kolmella tarkempaan tarkasteluun valitulla laitteella on havaittu äkillisiä vaurioita, jotka ovat olleet tuotannon kannalta vakavia. Selkeän näytön löytäminen pitkän seisonnan vaikutuksista osoittautui kuitenkin vaikeaksi. Haastattelujen ja eri tietojärjestelmistä saatujen tietojen perusteella vuoden 2009 seisonnan vaikutus vaurioihin jäi absoluuttisesti todistamatta. Muuttuvia tekijöitä on lukuisia, ja kaikkien niiden huomioiminen ja vaikutuksien arvioiminen vaatisi todella syvällistä laitetuntemusta. Voidaan kuitenkin todeta, että aiempien lyhyiden tuotannonrajoituskatkojen aikana suoritettua laitteiden säännöllistä pyörittämistä olisi syytä tehdä aina tehtaan seisoessa pidempään.

Voiteluaineen epäpuhtauksien vaikutukset korostuvat pitkän seisonnan aikana, koska esimerkiksi mahdolliset puristuksiin jääneet metallihiukkaset painautuvat tavallista syvemmälle laakerin pintaan voiteluaineen liikkeen puuttuessa. Käyntiin lähdössä ei havaittu vuonna 2009 puutteellisesta voitelusta johtuvia ongelmia, jotka olisivat ilmenneet esimerkiksi kuumenemisina tai kiinni leikkaamisina. Tuotannon pysäytyksen aikaiseen käsittelyyn on vaikea tarkemmin ottaa kantaa, koska pitkäksi aikaa tuotannosta poistettujen laitteiden säilytykseen on omat ratkaisunsa ja normaali kunnossapito on ajettu alas. Työn tuloksien aikaansaamista vaikeutti huomattavasti se, ettei samanlaisia tutkimuksia ollut aikaisemmin suoritettu. Suurin syy tutkimusten puutteeseen oli, ettei yhdeksän kuukauden ajaksi pysäytettyä tehdasta normaalisti käynnistetä enää uudelleen.

Kunnossapidon määrän osalta havaitsin, ettei siinä ole merkittäviä eroja ennen ja jälkeen pysäytyksen. Vuosina 2008 ja 2009 on kuitenkin muodostunut tehtaan laitteille kunnossapitovelkaa, vaikka tilattujen kunnossapitotöiden määrässä ei vuonna 2008 havaittu selviä eroja aikaisempaan. Tilatut työt olivat pienimuotoisempia kuin normaalisti ja suuret huollot jätettiin tekemättä. Tekemättömiä kunnossapitotöitä on jouduttu korvaamaan seuraavien vuosien huoltojen yhteydessä ja myös käynninaikana. Aiempien vuosien osalta on vaikea arvioida, kuinka epävarma jatko on vaikuttanut laitteille tehtäviin toimenpiteisiin, koska tehdyissä haastatteluissa alentunutta kunnossapidon tasoa ei havaittu. Yleisimmät seisonnan jälkeen ilmenneet ongelmat ovat kohdistuneet suurelta osin kytkimille ja hihnoille, jotka rajattiin tämän työn ulkopuo-

lelle. Lisäksi osassa tehtaan putkistoista on mennyt sinne kuulumattomia aineita, koska aikanaan järjestelmää tyhjennettäessä ei ajateltu jatkokäyttöä. Osaltaan yleistä kunnossapidon määrän analysointia on vaikeuttanut puutteellinen historiatietojen kirjaaminen järjestelmiin. Vasta viime vuosina on alettu kiinnittää huomiota toimenpiteiden kirjauksiin ja tarkempaan seurantaan.

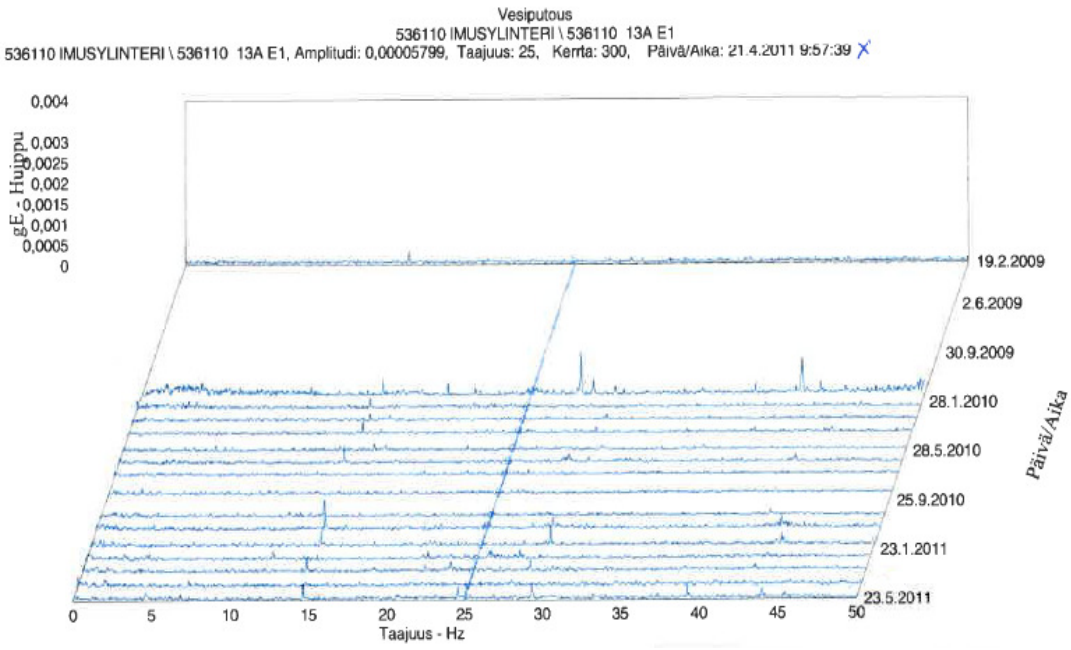
Tarkasteltaessa hitaasti pyörivien laitteiden kokonaisvärähtelyn arvoja huomataan, kuinka vaikeasti ennakoitavia vauriot ovat. Kuvasta 33 nähdään vikaantumisten ennakoinnin vaikeus: esimerkkinä olevan imusylinterin hälytysraja on määritetty kohtaan 0,025 ja vuoden 2011 äkillistä vauriota edeltävässä mittauksissa arvo oli noin 0,0075. Vauriorajana pidetään arvoa 0,05, joka on kaukana mittauksissa saaduista arvoista. Kuvaajaa tulkittaessa on huomioitava, kuinka pienellä skaalalla tulokset on esitetty. Imusylinterin vauriota oli siis mahdotonta ennakoida ennakkohuollolla käytettävissä olevilla mittauksilla. Myös syiden selvittäminen on todella vaikeaa, koska laakeri tuhoutui pahoin, eikä mitatussa datassa ole mitään jälkikäteen havaittavia muutoksia.



Kuva 33. Imusylinterin trendikuvaajan kehitys vuosilta 2008 - 2011

Kunnonvalvonnasta saatujen värähtelymittausten perusteella voidaan osoittaa, etteivät laakereiden vikaantumiset etene tasaisesti ja vaurioitumisten ennustaminen on haastavaa. Kuvassa 34 on esimerkkinä imusylinterin laakerin värähtelymittausten tiedot ennen äkillistä vauriota toukokuussa 2011. Mittaustulokset vahvistavat oletusta, että hitailla ja raskailla laitteilla vauriot etenevät poikkeuksellisen nopeasti, eivätkä ne ole sidoksissa käyttöikään.. Kuukauden välein tehtävien mittauskierrosten tiheyttä ei ole

kannattavaa lisätä, koska työmäärä nousisi suhteettoman paljon verrattuna saavutettuihin etuihin, eikä äkillisistä vaurioista päästäisi todennäköisesti eroon. Jatkuva valvonta voisi olla ratkaisu osalle laitteista, mutta hitaasti pyöriville suurille laitteille sitä ei yleisesti pidetä taloudellisesti kannattavana, vaan ennemmin on pyrittävä parantamaan toimintavarmuutta muilla keinoilla, kuten entistä tarkemmalla katselulla ja kuuntelulla. Oleellista on myös varmistaa kunnonvalvonnan toimivuus säännöllisesti ja korjata puutteet, jotta yllättäviä laitevaurioita ei pääse syntymään ainakaan puutteellisen kunnonvalvonnan takia. Myös hälytys- ja vauriorajat olisi tärkeää määrittää kaikille laitteille kunnonvalvontaohjelmaan, koska tällä hetkellä ne puuttuvat osalta laitteista. Pitää kuitenkin huomioida kunnonvalvonnan määrää arvioitaessa, että vain noin 10 % teollisuuden vaurioista voidaan ehkäistä kunnonvalvonnan avulla (5,59).



Kuva 34. Imusylinterin värähtelyspektrit ennen vauriota toukokuussa 2011

Toimintakunnossa olevien laakereiden vaihdon kannattavuutta pitäisi pohtia syvällisemmin, jotta voitaisiin muodostaa käytäntöön siirrettäviä ohjeita. Telojen vaihtoja, joiden yhteydessä myös laakerit vaihdetaan, tehdään niin harvoin, ettei vanhan laakerin takaisin asentaminen useimmiten kannata, jos pois vaihdettu laakeri voidaan kunnostuttaa. Ylimääräiset toimintakuntoisen laakerin vaihdot on siis aina arvioitava tapauskohtaisesti riippuen edellisen vaihdon ajankohdasta. Mikäli telat saadaan pidettyä mahdollisimman pitkään toiminnassa, voidaan myös laakereiden vaihtojen määrä pitää alhaisena.

Sellutehtaalla huoltoseisokki pidetään kerran vuodessa ja se on kestoltaan vajaat kaksi viikkoa. Kunnossapitotyöt yritetään saada ajoitettua mahdollisimman suurelta osin niille varatulle ajanjaksolle. Etenkin tuotannon kannalta kriittisimpien laitteiden kunnossapitoa ei pystytä tekemään kattavasti käynnin aikana ilman, että tuotanto häiriintyisi merkittävästi. Laakereiden osalta onkin tärkeää määrittää, mihin kunnossapidon resurssit kohdistetaan huollon aikana. Töiden kohdentamisessa apuna on kunnonvalvonnasta saadut tiedot, joiden perusteella pyritään ennakoimaan korjaustarpeet ajoissa. Kunnossapitopalveluita tuottavan yrityksen on kohdistettava resurssit mahdollisimman tarkasti, jolloin kunnonvalvonnan merkitys korostuu entisestään. Onkin syytä pohtia, kuinka suuri osa laitteista olisi kannattavaa liittää kunnonvalvonnan piiriin, jotta korjaustöiden ajoitukset saadaan optimoitua. Kunnonvalvontaa lisäämällä olisi mahdollista ennakoida tulevat ongelmat entistä paremmin, mutta ottaen huomioon ennakoitavien vaurioiden pienen määrän kaikista vaurioista, selkeitä kustannussäästöjä ei syntyisi, koska kriittisimmät laitteet ovat jo jatkuvassa valvonnassa.

Vakavien ja äkillisten vaurioiden kohdalla tulisi jatkossa harkita tarkempaa kirjaamista järjestelmään, koska ongelmien analysoiminen jälkikäteen osoittautui työn aikana mahdottomaksi. Myöhemmin samankaltaisien ongelmien ilmetessä voitaisiin selvittää, kuka on ollut aiemmin tekemisissä samankaltaisten ongelmien kanssa, vaurioitumisolosuhteet, tapahtuma-aika, tehdyt korjaustoimet ja niiden kesto. Tietojen tallentamisen merkitys korostuu etenkin tulevina vuosina, jolloin teollisuudessa on odotettavissa suuri vaihtuvuus työntekijöissä ja työnjohdossa. Lisäksi kokemuksia voitaisiin hyödyntää arvioitaessa korjaustyön kestoa ja mahdollisia ongelmakohtia. Työn tehokkuuden ja tuottavuuden säilyttämiseksi on kuitenkin määritettävä tarkkaan, millaisia vaurioita kirjataan tarkemmin, ettei papereiden täyttäminen vie liikaa työnjohdon tehokasta työskentelyaikaa. Ohjeistus olisi laadittava niin tarkaksi, että tarpeellinen tieto ilmenee kirjauksista ja kirjauskäytännöt saataisiin mahdollisimman yhtenäisiksi tekijöiden vaihdellessa. Raportointi toteutuu tällä hetkellä jo osittain kunnossapitoyrityksen kuukausiraporttien muodossa, mutta kattavampaa raportointia voisi mielestäni miettiä. Tärkeä osa vaurioiden ehkäisyssä on aiempien vaurioiden syiden selvittäminen. Yksiselitteisesti syytä pystytään harvoin määrittelemään, mutta mahdollisimman tarkalla analysoinnilla voidaan estää vaurion uusiutuminen tai ainakin vähentää sen vaikutusta.

Työssä käytetty lähdeaineisto koostui pääasiassa yleisesti luotettavina pidetyistä kunnossapidon julkaisuista. Mukana oli paljon internet sivustoja, jotka on tarkoitettu opetuskäyttöön, ja suurin osa tiedoista on yleisesti tiedossa olevia. Laakereiden kunnossapidon osalta on oltava erityisen kriittinen lähteiden kanssa, koska laakereiden toiminnassa on paljon muuttuvia tekijöitä.

7 YHTEENVETO

Hitaat ja raskaat pyörivät laitteet ovat kunnonvalvonnan kannalta erityisen vaativia kohteita. Niiden toiminnan ennakointi on vaikeaa hitaasta pyörimisnopeudesta johtuen. Kunnonvalvonnan menetelmillä työssä käsiteltyjen laitteiden laakerivaurioiden ennustaminen on usein todella haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Paperikoneilla käytetyn jatkuvan mittauksen järjestäminen on kannattamatonta toteuttaa, koska laitteet sijaitsevat eri puolilla tehdasta. Hitaasti etenevät vikaantumiset osoittautuivat tarkkailluilla laitteilla harvinaisiksi ja vauriot syntyivät äkillisesti, jolloin niiden ennakoimattomasta korjaamisesta koitui merkittävää haittaa tuotannolle. Telojen ja sylintereiden suuret massat aiheuttavat suuret vauriot, joten laakereista on jälkeenpäin vaikea tulkita mahdollisia vaurioitumisten syitä. Pitkällä tuotannon keskeytyksellä ei havaittu olevan selkeitä vaikutuksia laitteiden käytettävyyteen, koska yhteys vaurioiden ja seisonnan välillä jäi olemassa olevien tietojen pohjalta osoittamatta.

Tehtaan pitkän pysäytyksen vaikutuksia ei tämän työn perusteella pystytty tarkasti analysoimaan. Laakerointien toiminnan tutkiminen ja tulkitseminen on vaikeaa ja vaatisi pitkäaikaista tarkastelua ja tutustumista aiheeseen. Kunnossapitohistorian perusteella on vaikea päätellä mitään, koska laakereiden käyttöikä on usein pidempi kuin muiden osien. Suurikokoisia laakereita vaihdetaan usein muiden korjausten yhteydessä, vaikka itse laakerin toiminnassa ei olisi havaittu puutteita. Ylimääräisten laakerivaihtojen kannattavuus ja tarpeellisen kunnonvalvonnan määrän arvioiminen hitaasti pyöriville laitteille ovatkin asioita, joita kannattaisi tulevaisuudessa pohtia.

Työn tekeminen oli opettava, vaikkakin haastava prosessi. Suuren tietomäärän sisäistäminen ja käsittely lyhyessä ajassa osoittautui työlääksi. Omat hieman liian optimistiset odotukseni saavutettavista tuloksista sekä materiaalin tulkinnan vaikeus hidastivat ajoittain työskentelyä. Tiedon hankinnan kohdistaminen oli etenkin työn alkuvaiheessa tärkeää, ja siinä olisi ollut jälkikäteen katsottuna parantamista. Mitään toteuttamiskelpoisia ideoita, jotka liittyisivät pitkään seisontaan, ei valitettavasti löytynyt, koska selvä kuva yhdeksän kuukauden seisonnan vaikutuksista jäi muodostamatta.

LÄHTEET

1. Stora Enson Internet sivut. Saatavissa: www.storaenso.com [viitattu 8.12.2011]

2. Häggblom, I. & Ranta, V. 1977. Sellun valmistus, kolmas painos. Porvoo:WSOY

3. Juntunen, P. Sellutehtaan sokkeloissa. –ing 1/2007. Saatavissa: www.yit.fi/palvelut/Ajankohtaista/liitteita/6216/37001/37195 [viitattu 28.9.2011]

4. Empower Oy:n Internet-sivut. Saatavissa: www.empower.fi [viitattu 8.12.2011]

5. Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T &. Åström, T. 2007. Kunnossapito, 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy

6. Promaint.net. Kunnossapidon tietopankki. Saatavissa: http://www.promaint.net/tietopankki [viitattu 7.9.2011]

7. Edu.fi. Mitä on kunnossapito. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html [viitattu 7.9.2011]

8. Promaint.net. Kunnossapidon tietopankki, johtaminen. Saatavissa: http://www.promaint.net/menu_description.asp?menu_id=703 [viitattu 7.9.2011]

9. Salin, K. Kunnossapidolla tehot irti investoinneista. Tekniikka & Talous 25.10.2007

10. Edu.fi. Vikojen analysointi. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-1_vikojen_analysointi.html [viitattu 10.9.2011]

11. Kunnossapidon luento diasarja. Saatavissa: http://stolen.wata.fi/koulu/Kunnossapitotekniikka%202/RCM%2001.ppt [viitattu 12.9.2011]

12. SKF laakerien kunnossapito. 1994. Ruotsi

13. Antriebstechnik-lehti. 1979. Saksa.

14. Järviö, J. Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu. Promaint 3/2008 verkossa. Saatavissa: www.promaint.net/downloader.asp?id=2996&type=1 [viitattu 20.9.2011]

15. Paasikas, T. Niskanen, A, & Toivoniemi, J. Korjaava kunnossapito. Saatavissa: http://ylivieska.cop.fi/kunnossapito/Opiskelumateriaali/Kunnossapitotoiminnot/korjaava_kunnossapito.htm [viitattu 13.10.2011]

16. Edu.fi, johdanto kunnonvalvontaan. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html [Viitattu 14.10.2011]

17. Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki:KP-Media

18. Helander, T. 2008. Nome Oy. Prosessilaitteiden kunnonvalvonta (PowerPoint). Saatavissa: www.lprinno.fi/includes/file_download.asp?deptid=15004&fileid=7222&file=Nome_Oy_10_12_08.ppt [viitattu 1.11.2011]

19. Voutilainen, T. 2011. Meesauunin kunnonvalvonta. Insinöörityö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26968/Voutilainen_Teemu.pdf?sequence=1 [viitattu 19.1.2012]

20. Sopanen, H. 2004. Online-kunnonvalvonnan soveltaminen Lahnaslammen rikastamoon. Insinöörityö. Kajaanin ammattikorkeakoulu.

21. PSK 5705. 2006. Kunnonvalvonta. Värähtelymittaus. Mittaustoiminnan suunnittelu. 5. painos. PSK Standardisointiyhdistys.

22. Rantanen, K. 2002. Sunila Oy, Käynnissäpitopalvelut.

23. Lankinen, M. 1985. Meesauunin muutokset. Ahlström.

24. Valmet.1990. KK 4 puristin- ja kuivausosan käyttö- ja huolto-ohjeet.

25. SKF Pääluettelo. 1982. Länsi-Saksa

26. SKF:n laakeriraportti. Sähköpostin liitetiedosto 14.12.2011. Sunila: Empower Oy

27. Rader International AB. Tarjous ylisuuren hakkeen käsittelylaitteistosta. 1998. Ruotsi

HAASTATTELUT

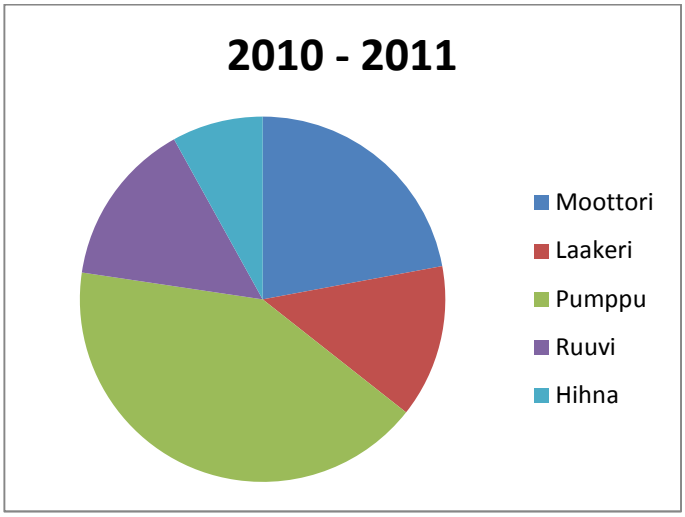
28. Manninen, J. Voimalaitoksen kunnossapidon työnjohtaja. Haastattelu 1.11.2011. Sunila: Empower Oy

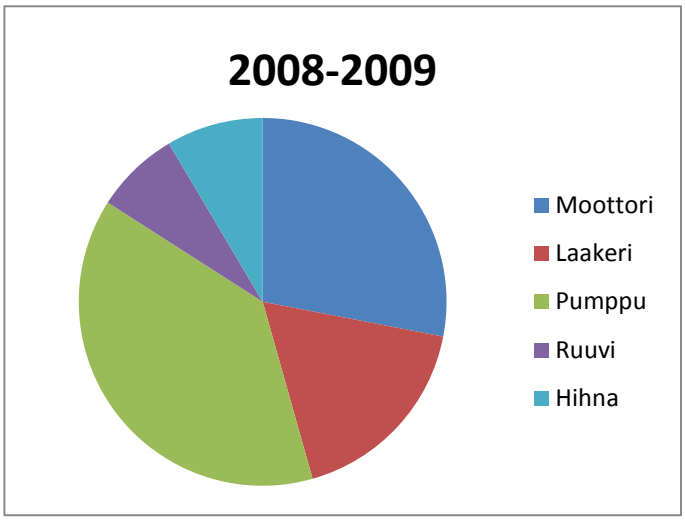
29. Halme, O. Puunkäsittelyn kunnossapidon työnjohtaja. Haastattelu 13.9.2011. Sunila: Empower Oy

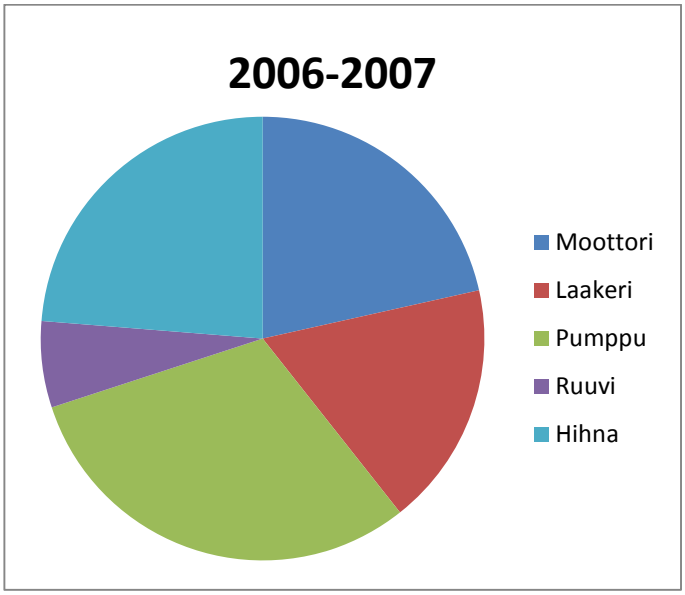
30. Forsman, J. Tepponen, H. Kuitulinjan kunnossapidon työnjohtajat. Haastattelu 23.9.2011. Sunila: Empower Oy

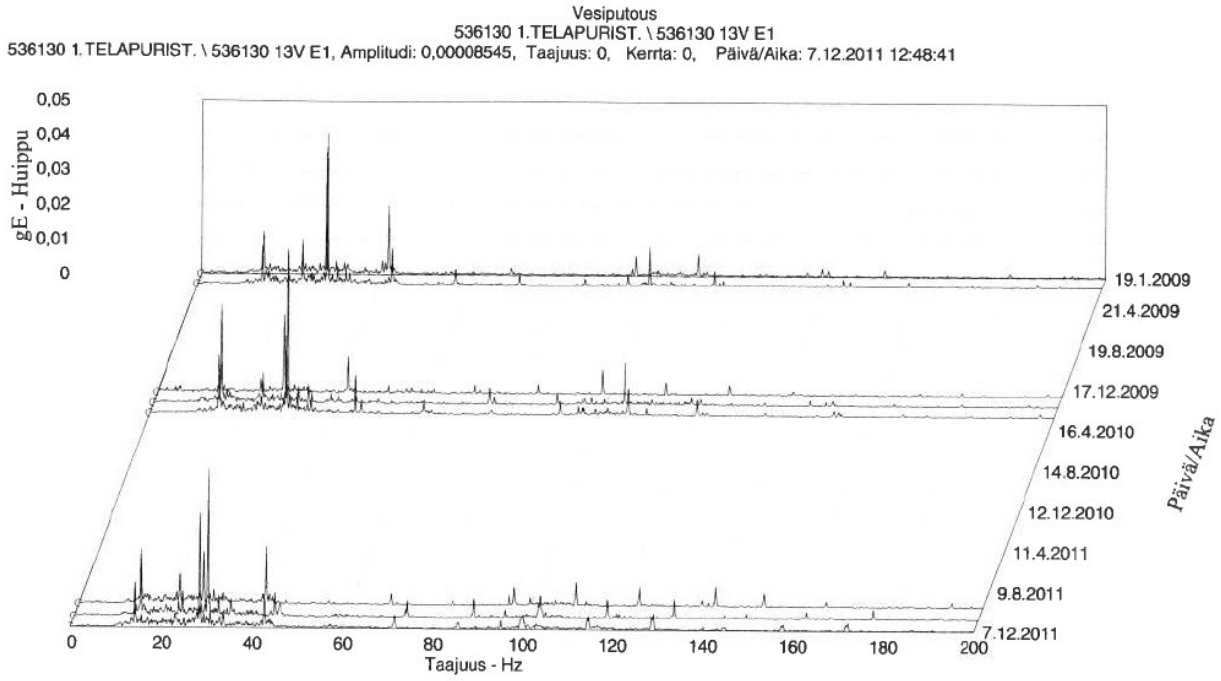
31. Aarrekoski, M. Materiaalipäällikkö. Haastattelu 18.11.2011. Sunila: Empower Oy

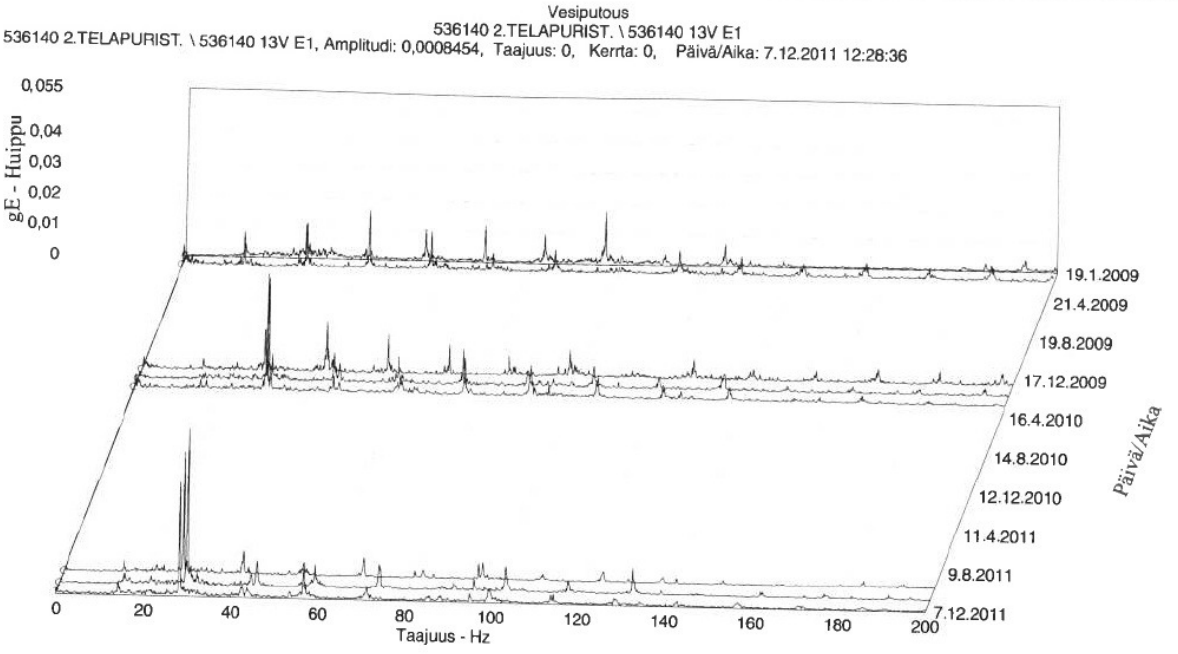
32. Pätäri, T. Ennakkohuoltomies. Ennakkohuoltokierros 2.12.2011. Sunila: Empower Oy

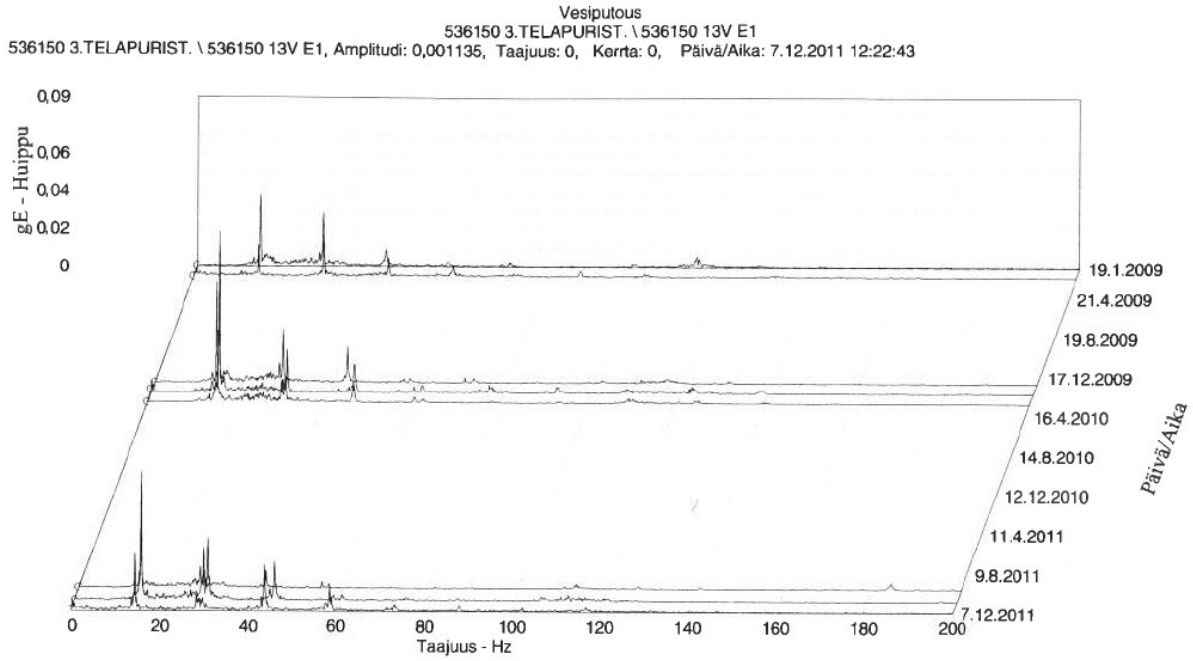

2010 - 2011
Moottori
Laakeri
Pumppu
Ruuvi
Hihna


2008-2009
Moottori
Laakeri
Pumppu
Ruuvi
Hihna


2006-2007
Moottori
Laakeri
Pumppu
Ruuvi
Hihna


Vesiputous
536130 1.TELAPURIST. \ 536130 13V E1
536130 1.TELAPURIST. \ 536130 13V E1, Amplitudi: 0,00008545, Taajuus: 0, Kerrta: 0, Päivä/Aika: 7.12.2011 12:48:41
gE - Huippu
0,05
0,04
0,03
0,02
0,01
0
19.1.2009
21.4.2009
19.8.2009
17.12.2009
16.4.2010
14.8.2010
12.12.2010
11.4.2011
9.8.2011
7.12.2011
Päivä/Aika
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Taajuus - Hz


Vesiputous
536140 2.TELAPURIST. \ 536140 13V E1
536140 2.TELAPURIST. \ 536140 13V E1, Amplitudi: 0,0008454, Taajuus: 0, Kerrta: 0, Päivä/Aika: 7.12.2011 12:28:36
gE - Huippu
0,055
0,04
0,03
0,02
0,01
0
19.1.2009
21.4.2009
19.8.2009
17.12.2009
16.4.2010
14.8.2010
12.12.2010
11.4.2011
9.8.2011
7.12.2011
Päivä/Aika
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Taajuus - Hz


Vesiputous
536150 3.TELAPURIST. \ 536150 13V E1
536150 3.TELAPURIST. \ 536150 13V E1, Amplitudi: 0,001135, Taajuus: 0, Kerrta: 0, Päivä/Aika: 7.12.2011 12:22:43
gE - Huippu
0,09
0,06
0,04
0,02
0
19.1.2009
21.4.2009
19.8.2009
17.12.2009
16.4.2010
14.8.2010
12.12.2010
11.4.2011
9.8.2011
7.12.2011
Päivä/Aika
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Taajuus - Hz

SKF FIN Laakerikunnostuksen esitietolomake Oy SKF Ab
SKF FIN Preliminary data for bearing refurbishment Oy SKF Ab

Laakerikunnostus/Bearing refurbishment

Työ vastaanotettu/Date when received		SKF FIN viitenumero/SKF FIN reference no (SKF FIN täyttää/Given by SKF FIN)	

Asiakkaan/tilaajan tiedot / Client/orderer information

Yritys/Company				Yhteyshenkilö/Contact person	
Osoite/Address				Puh./Tel.no:	
Postinumero/Area code		Kaupunki/City		Fax/Fax no:	
Asiakkaan tilausnumero/ Client order no:				Sähköposti/email:	

Mistä koneesta laakeri(t) on/ovat / Application information

Kone/Application		Laakeroinnin sijainti koneessa/Application part	

Laakeritiedot/Bearing information

Laakerivalmistaja/Bearing manufacturer		Laakerimerkintä/ Bearing marking		Lukumäärä/quantity	

Syy kunnostukseen/Reason for refurbishment

☐ Värähtely/ Vibration	☐ Kosteus/Korroosio Moisture/Corrosion	☐ Lämpötila/ Temperature	☐ Ennakoiva huolto/Predictive maintenance	☐ Muu syy/ Other reason

Käyttöolosuhdetiedot/Enviromental information

☐ Sisärengas pyörii/ Inner ring rotating	☐ Ulkorengas pyörii/ Outer ring rotating	☐ Ohjaava laakeri/ Locating bearing	☐ Vapaa laakeri/Non-locating bearing

Käyttöolosuhdetiedot/Enviromental information

Öljyn/höyryn lämpötila / Oil/steam temperature		°C
Onko akselissa eristys/Is the shaft isolated		K/E / Yes/No
Säteiskuormitus/Radial load		kN
Aksiaalikuormitus/Axial load		kN
Pyörimisnopeus/Rotating speed		RPM

SKF FIN Laakerikunnostuksen esitietolomake **Oy SKF Ab**
SKF FIN Preliminary data for bearing refurbishment **Oy SKF Ab**

Käyttöolosuhdetiedot/Enviromental information

Laakerin käyttölämpötila/Bearing temperature		°C
Ympäristön lämpötila/Surrounding temperature		°C
Käyttöikä/Usage time		Tunteja/Hours

Voitelu/Lubrication

☐ Rasvavoitelu käsin/Manual grease lubrication	☐ Keskusrasvavoitelu/ Central grease lubrication	☐ Kiertoöljyvoitelu/Oil circulating lubrication	☐ Kylpyvoitelu/Bath lubrication

/oitelu/Lubrication (Rasva/Grease)

Rasvan tyyppimerkintä/Grease type		
Jälkivoiteluväli tai voiteluvälialka keskusrasvavoitelussa/Lubrication interval in manual or central grease lubrication		°C
Rasvamäärä jälkivoitelussa / Lubricant quantity in grams during interval		g

Voitelu/Lubrication (Öljy/Oil)

Öljyn tyyppimerkintä/Oil type		
Virtausmäärä kiertoöljyvoitelussa / Oil flow in oil circulating lubrication		L/min
Öljyn viskositeetti 40°C:ssa/Oil viscosity in 40°C		cSt

/uuta tietoa/Other information:

Oy SKF Ab

Yhteyshenkilö/Contact person	Samuli Virolainen	Phone/Tel.no:	+358 40 517 3911	Sähköposti/email:	samuli.virolainen@skf.com