

Kattila 7:n polttoaine- ja pohjatuhkakuljettimien käynninvarmistus ja parannuskohteiden selvitys

Tomi Suomalainen

Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö
Tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

ALKUSANAT

Tahtoisin kiittää Efora Oy:n kunnossapitopalvelupäällikkö Jaakko Henttistä tämän työn tarjoamisesta ja opastamisesta, Timo Kauppia työn valvomisesta sekä kunnossapitoinsinööri Pertti Jouhkia asiantuntijalausunnoistaan.

15.4.2014 Kemi

Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantotekniikka

Tekijä	Tomi Suomalainen	Vuosi	2014
Toimeksiantaja	Efora Oy		
Työn nimi	Kattila 7:n polttoaine- ja pohjatuhkakuljettimien käynninvarmistus ja parannuskohteiden selvitys		
Sivu- ja liitemäärä	57		

Opinnäytetyö on tehty Stora Enson voimalaitoksen kattila 7:lle, Veitsiluodon tehtaalle. Työn tavoitteena oli polttoaine- ja pohjatuhkakuljettimien käynninvarmistus ja parannuskohteiden selvitys. Työ rajattiin koskemaan polttoainelinjastosta vain turvepuolta sulkusyöttimille asti ja pohjatuhkakuljettimien osalta pohjatuhkaruuveilta tuhaseulalle asti. Hakepuoli polttoainelinjastosta ei kuulunut tähän opinnäytetyöhön.

Osilla kuljettimista on jo käytössä synteettiset voiteluaineet ja osilla mineraaliöljyt. Tarkoituksena oli selvittää, saadaanko minkäänlaisia hyötyjä vaihtamalla mineraaliöljyt sisätiloissa olevista kuljettimista synteettisiksi. Tarkoituksena oli myös tarkastella kunnossapitostrategioita ja varaosatilanteita käynninvarmistamisen parantamiseksi.

Työ suoritettiin tutkimalla kuljettimiin kuuluvat osat ja niiden kriittisyys, kunnossapito- toiminnot, sekä vaihdelaatikot ja voiteluaineet. Kuljettimiin liittyvät tiedot saatiin SAP-tietojärjestelmää käyttäen, henkilöhaastatteluilla ja laitetoimittajan ohjekirjojen avulla.

Tuloksena voidaan todeta, että kunnossapidolliset toimenpiteet voimalaitoksen kuljettimien osalta ovat jo kunnossa. Voiteluaineiden vaihtaminen synteettisiksi on taloudellisesti kannattavaa. Varaosatilanteessa oli hieman parantamisen varaa, jotta käynti saataisiin varmistettua.

Avainsanat

kunnossapito, varaosat, kuljettimet, voiteluaineet

Mechanical and Production Engineering
Production Engineering

Author	Tomi Suomalainen	Year	2014
Commissioned by	Efora Oy		
Subject of thesis	Survey of the running backup and improvement possibilities of the fuel and bottom ash conveyors of Boiler 7.		
Number of pages	57		

This final thesis was done to Stora Enso, Veitsiluoto Mill Power Plant. The aim was to backup fuel and bottom ash conveyors run and to find out if there are any improvement possibilities in that area. Wood chip conveyors were not included in the scope of the final thesis, because of the extent of the final thesis.

Some of the conveyors already have synthetic lubricants in use, and some of the conveyors still have mineral lubricants in use. The aim was to determine any benefits of changing the mineral oils to synthetic. The aim was also to examine the strategies of maintenance and spare parts to ensure the conveyors of running.

Work was carried out by examining the parts of the conveyors and their criticality, maintenance functions, as well as the gear boxes and lubricants. The conveyor related data and information were obtained from the SAP information system, using personal interviews and the equipment supplier`s instruction books.

As a result, it can be concluded that the maintenance functions of the power plant conveyors are working fine. Changing the mineral lubricants to synthetic is economically profitable. Improvements on spare part situation are highly recommended.

Key words

maintenance, spare parts, conveyor, lubricants.

SISÄLLYS

SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 YRITYSESITTELY	8
2.1 Stora Enso Oyj	8
2.2 Efora Oy	9
2.3 Veitsiluoto	9
3 VOIMALAITOS	12
3.1 Turvepolttoaine- ja pohjatuhkakuljettimet voimalaitoksella	12
3.1.1 Hihnakuljetin	13
3.1.2 Kolakuljetin	14
3.1.3 Ruuvikuljetin	16
3.1.4 Ruuvipurkain	17
4 KUNNOSSAPITO	18
4.1 Kunnossapidon määrittely	18
4.2 Taloudellinen merkitys	19
4.3 Kunnossapitolajit	20
4.3.1 Korjaava kunnossapito	21
4.3.2 Huolto	22
4.3.3 Ehkäisevä kunnossapito	22
4.3.4 Parantava kunnossapito	23
4.3.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	23
4.4 RCM	24
4.4.1 Kevennetty RCM	27
4.5 Käyttövarmuus	28
5 KRIITTISYYS	31
5.1 Kriittisyysarviointi	31
5.2 Vika-vaikutusanalyysi	35
6 KULUTUSOSIEN KÄYTTÖVARMUUS	37
6.1 Kriittisyystarkastelu	37
6.2 Kunnossapidon toimenpiteet	38
7 VARAOSAT JA VARASTOT	40

8 VAIHDELAATIKOT JA VOITELUAINHEET	42
8.1 Voiteluaineet	42
8.1.1 Mineraaliöljy	43
8.1.2 Synteettinen öljy	44
9 TULOKSET	46
9.1 Kunnossapidolliset toimenpiteet	46
9.1.1 Kolakuljettimet	46
9.1.2 Hihnakuuljettimet	47
9.1.3 Ruuvipurkaimet	48
9.1.4 Ruuvikuljettimet	49
9.2 Varaosatilanne	50
9.3 Voiteluaineet	51
9.3.1 Voitelukustannukset	51
9.3.2 Energiasäästö	52
10 POHDINTA	54
LÄHTEET	56

1 JOHDANTO

Sain aiheen opinnäytetyölle Efora Oy:n kunnossapitopalvelupäällikkö Jaakko Henttiseltä. Opinnäytetyön aihe koski polttoaine- ja pohjatuhkakuljettimien käynninvarmistusta sekä parannuskohteiden selvitystä voimalaitoksella.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mitä toimenpiteitä tarvitaan vuonna 1995 käyttöön otetun kattilan 7:n polttoaine- ja pohjatuhkakuljettimien toiminnan varmistamiseen. Tarkoituksena oli myös selvittää saadaanko vaihdelaatikoissa käytettävien voiteluaineiden vaihtamisella energiasäästöjä.

Tavoitteena työssä oli tehdä kuljettimille kuntokartoitus, selvittää kriittisimmät kulu- tusosat, tarkastaa varaosatilanne, selvittää käytetyt öljyalaadut, öljyalaatujen mahdolliset korvaajat sekä suunnitella käyttövarmuuden parannusta.

Työ rajattiin polttoainekuljettimista koskemaan vain turvepuolta, joten hakekuljettimet eivät kuulu tähän työhön. Turvepolttoainelinjaston rajausta on turpeenvastaanottoasemalta kattilan syöttöruuveille asti, kattilan sulkusyöttimet eivät kuuluneet enää aiheeseen. Tuhkakuljettimien osalta työ rajattiin pohjatuhkaruuveilta tuhkaseulalle asti.

2 YRITYSESITTELY

Opinnäytetyö tehtiin Efora Oy:lle, joka toimii Veitsiluodon tehtaalla. Efora Oy:n omistaa Stora Enso.

2.1 Stora Enso Oyj

Stora Enso on yksi maailman suurimmista paperin, kartongin ja sahatavaran valmistajista. Stora Ensolla on noin 28 000 työntekijää yli 35 eri maassa. Asiakaskunta koostuu kustantamoista, painotaloista, paperitukkureista, sekä monista eri teollisuuden aloista.

Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 5,4 miljoonaa tonnia kemiallista sellua, paperia ja kartonkia 11,7 miljoonaa tonnia, aaltopahvia 1,3 miljardia neliometriä ja puutuotteita 5,6 miljoonaa kuutiometriä, josta jatkojalosteita 2,9 miljoonaa kuutiometriä. Liikevaihtoa yrityksellä oli vuonna 2013 10,5 miljardia euroa ja operatiivista liikevoittoa kertyi 578 miljoonaa euroa.

Suomessa yrityksen kirjoilla on noin 6950 työntekijää, mikä vastaa 25% kaikista Stora Enson työntekijöistä. Stora Ensolla on toimintaa Anjalankoskella, Heinolassa, Hartolassa, Honkalahdessa, Imatralla, Inkeroisissa, Kemissä, Kiteellä, Kotkassa, Kristiinankaupungissa, Lahdessa, Oulussa, Porissa, Pälkäneellä, Uimaharjussa, sekä Varkaudessa. Konsernin pääkonttori sijaitsee Helsingissä.

Stora Enson osakkeet noteerataan Helsingin ja Tukholman arvopaperipörsseissä. (Stora Enson www-sivut 2014, hakupäivä 15.4.2014.)

2.2 Efora Oy

Efora Oy on teollisuuden tuotantolinjojen elinkaaren hallinnan, häiriöttömän käynnin turvaamisen, tuotantotehokkuuden, sekä kehittämisen ammattilainen, joka on erikoistunut kunnossapito-, engineering- ja lisäarvopalveluihin. Liiketoimintamalli perustuu kokonaiskunnossapitokonseptiin.

Efora Oy tarjoaa palveluinaan kokonaiskunnossapitosopimukset, engineeringpalvelut, erikoiskoiskunnossapidon, sekä lisäarvopalvelut.

Toimintamalli perustuu vahvaan teollisuusprosessien tuntemiseen, asiakaslähtöiseen, laatu- ja kustannustehokkaaseen palveluun, sekä pitkään kokemukseen teollisuuden investointiprojekteista.

Stora Enso omistaa Efora Oy:n. Toimipisteitä Eforalla on Heinolassa, Helsingissä, Imatralle, Kemissä, Oulussa, Uimaharjussa ja Varkaudessa. (Eforan www-sivut 2014, hakupäivä 15.4.2014.)

2.3 Veitsiluoto

Stora Enson veitsiluodon tehdasalue sijaitsee Kemissä. Veitsiluodon tehdas (kuva1.) on maailman pohjoisin paperitehdas ja Euroopan neljänneksi suurin paperitehdasintegraatti.

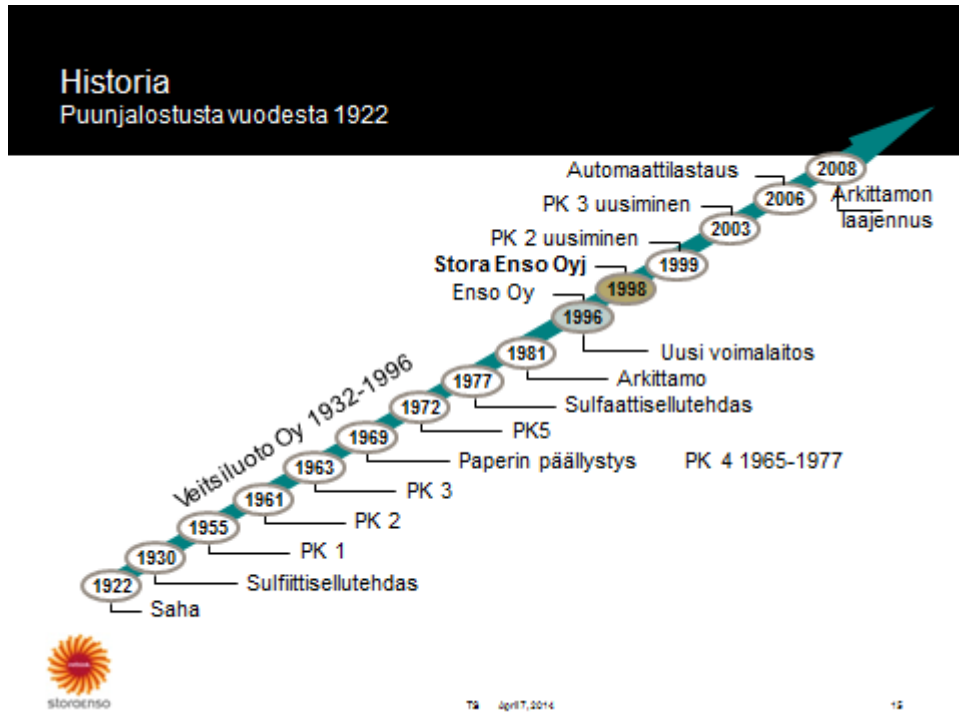


Kuva 1. Veitsiluodon tehdasalue

Veitsiluodon tehtaalla tuotetaan vuosittain 570 000 tonnia tulostus-, kirjekuori- ja vihkopapereita, 450 000 tonnia päällystettyjä aikakauslehtipapereita, 160 000 kuutiometriä sahatavaraa ja 375 000 tonnia happivalkaistua koivu- ja havusellua.

Puuta käytetään 2.7 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, josta yli 70% tulee sertifioiduista lähteistä.

Veitsiluodossa toiminta alkoi, kun saha käynnistettiin vuonna 1922. Vuonna 1930 tuli Veitsiluotoon sulfiittisellutehdas, jolloin alkoi sellun valmistus. Paperikone 1 käynnistettiin vuonna 1955 ja paperikone 2 1963. 60-luvulla myös paperikone 3 käynnistettiin sekä alettiin päällystämään paperia. Paperikone 4 oli toiminnassa 1965 – 1977. 1972 käynnistettiin paperikone 5 ja jokunen vuosi myöhemmin tuli Veitsiluotoon sulfaattisellutehdas. Arkittamo aloitti toiminnan 1981. Uusi voimalaitos, jossa tämäkin opinnäyte-työ on tehty, otettiin käyttöön 1996. PK 2 uusittiin 1999 ja PK 3 2003. 2006 tuli automaattilastausta ja 2008 arkittamolle uusia leikkureita. Tarkempi kuvaus kuvassa 2.



Kuva 2. Veitsiluodon historiaa (Stora Enson www-sivut, hakupäivä 14.5.2014.)

3 VOIMALAITOS

Voimalaitos ja sellutehdas tuottavat 11 000 TJ lämpöenergiaa tehtaiden käyttöön. Sähkön tarve Veitsiluodossa on 1 100 GWh vuodessa, josta yli puolet tuotetaan itse. Polttoaineina käytetään mustalipeää 54%, puuta, kuorta ja puujätettä 23% ja turvetta 24%. Kattilassa käytetään tukipolttoaineena öljyä. Kattilassa poltetaan pääasiassa kotimaisia polttoaineita 98%, josta biopolttoaineita 76%.

3.1 Turvepolttoaine- ja pohjatuhkakuljettimet voimalaitoksella

Suuri osa teollisuuden laitteista ja koneista muodostuu erilaisista kuljettimista, syöttimistä ja purkaimista. Niiden avulla on saatu poistettua suuri osa ruumiillisesta, raskaasta työstä tuotteiden käsittelyssä. Tekniikan kehittyminen on luonut mahdollisuudet automatisoituun prosessin valvontaan ja ohjaukseen etävalvomosta käsin. (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1981, 5)

Voimalaitoksella materiaalivirtojen kustannustehokas siirto perustuu oikeaoppisesti mitoitettuihin, kapasiteetiltaan sopivien kuljettimien käyttöön. Turpeen ja pohjatuhkan siirtämiseen prosessissa käytetään mm. seuraavia kuljetintyyppisiä:

- kolakuljetin
- hihnakuljetin
- ruuvipurkain
- ruuvikuljetin.

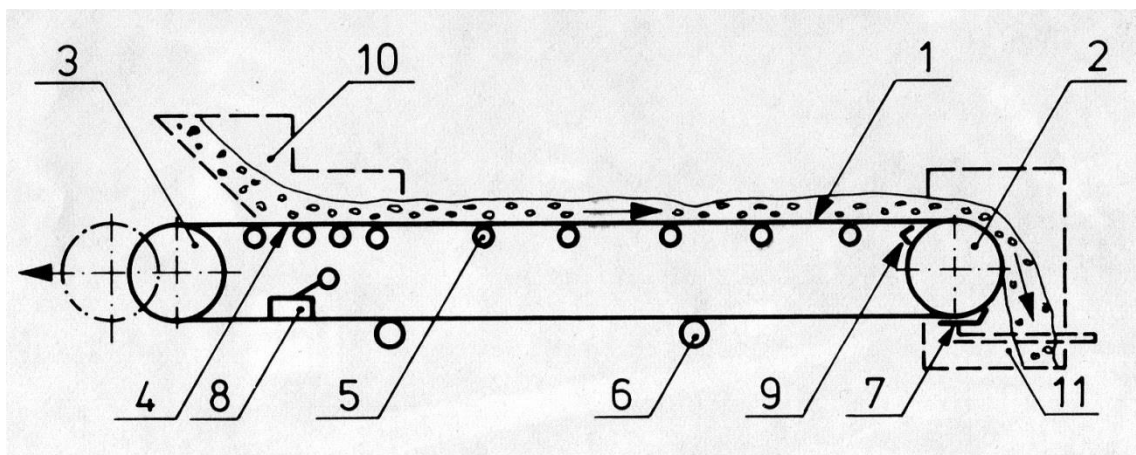
Automatisoinnin lisäämisellä pärjätään vähemmällä miehityksellä, joka puolestaan johtaa säästöihin. Opinnäytetyössäni keskityin juuri kyseisten kuljettimien tutkimiseen.

3.1.1 Hihnakuljetin

Tässä opinnäytetyössä mukana olivat hihnakuljettimista turvehihna ja raudanerotushihna.

Kuvassa 3. on kuvattuna hihnakuljettimen toimintaperiaate, jossa hihna liikkuu pääterumpujen yli, jotka koostuvat vetorummusta (2) ja taittorummusta (3). Hihna kulkee yläpuolella joko kannatusrullien tai hyvän liukuominaisuuden omaavan levyn päällä. Alapuolella hihnaa tukee paluurullasto. Liikuteltava tavara ohjataan syöttösuppilon tai vastaavan kautta hihnalle, joka kuljettaa materiaalin eteenpäin. Kuljetettava tavara puretaan yleensä vapaasti vetorummun yli purkausaukkoon tai se ohjataan hihnalta auramalla oikeassa kohdassa. Hihnaa ulkopinnalta puhdistaa välittömästi vetorummun perässä sijaitseva kaavari tai harja ja sisäpinnan puhdistuksen hoitaa hihna-aura. Kitasuojalla estetään joutuminen hihnan ja rummun väliseen nieluun.

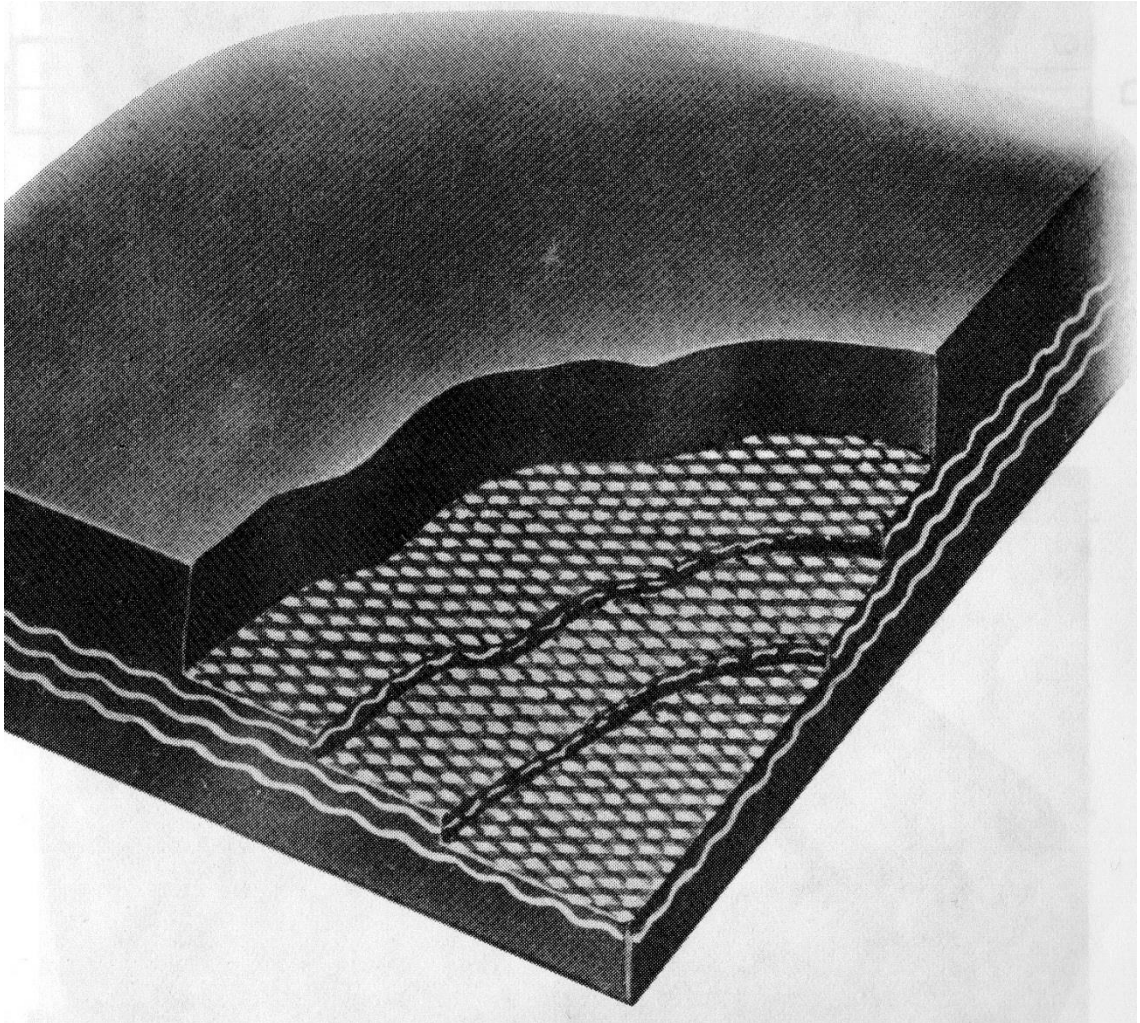
Kuvassa 3. olevat kuljettimen osat ovat: 1. hihna, 2. vetorumpu, 3. taittorumpu, 4. kuormituskohta, 5. kannatusrulla, 6. paluurulla, 7. hihnapuhdistin, 8. hihnapuhdistin, 9. kitasuojalla, 10. syöttösuppilo ja 11. purkaussuppilo.



Kuva 3. Hihnakuljettimen toiminta.

Kuljetinhihnojen pintakerrokset ovat valmistettu erilaisista kumiseoksista. Kumipeite suojaa hihnarunkoa kulumiselta, iskuilta ja kosteudelta. Kangasrunko tehdään pääasias-

sa tekokuiduista valmistetuista hihnakankaista jotka liitetään toisiinsa ohuella kumikerroksella. Hihnalle ominainen vetolujuus ja tukevuus johtuvat kangasrungosta.



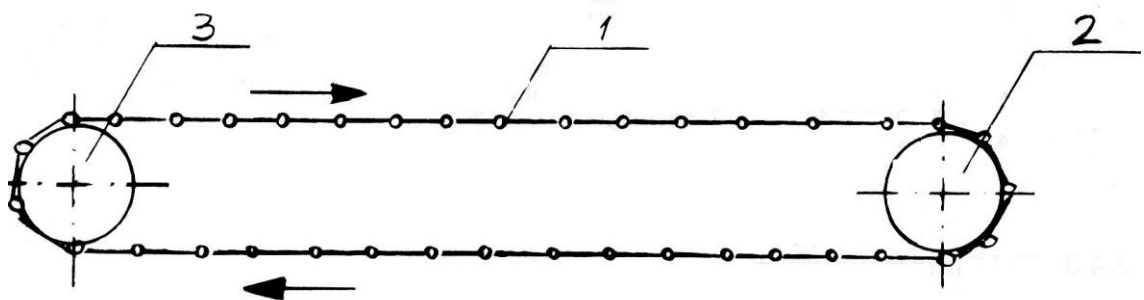
Kuva 4. Hihnan rakenne. (metsäteollisuuden työnantajaliitto 1981, 23)

3.1.2 Kolakuljetin

Opinnäytetyössä käsiteltävät kolakuljettimet ovat; turpeen vastaanottokola, turvesiilon täyttökola, turvekolat 1 & 2, kattilasiilokola, KPA-syöttökolat 1 & 2, sekä pohjatuhkakolakuljetin (jäähdytetty kolakuljetin).

Kolakuljettimia käytetään esimerkiksi tuhkan, kuoren, hakkeen ja turpeen kuljettamiseen. Kuljettimella pystytään siirtämään materiaalia myös jyrkillä nousukulmilla ($\leq 30^\circ$).

Kuvassa 5. kuvattuna ketjukuljettimen toimintaperiaate, jossa kuljetinketju (1) kulkee materiaalia siirtäen ketjupyörien (2 ja 3) yli. Käyttövoima siirretään vetävän ketjupyörän (3) kautta ketjuun. Ketjupyörä (2) toimii taittopyöränä. Kolilla oleva ketju liikkuu kourussa tai kotelossa, siirtäen materiaalia kolien avustuksella eteenpäin.



Kuva 5. Ketjukuljetin

Raskaasti kuormitettujen kolakuljettimien ketjujohde on tehty kulutusteräksestä, muovista tai komposiiteista. Kuvassa 6. näkyy pohjatuhkan kolakuljetin. Kuvassa kotelon pohjalla olevat kolat kuljettavat tuhkaa ylöspäin tuhkaseulalle. (metsäteollisuuden työntäjäliitto 1981, 34)



Kuva 6. Pohjatuhkakolakuuljetin

3.1.3 Ruuvikuljetin

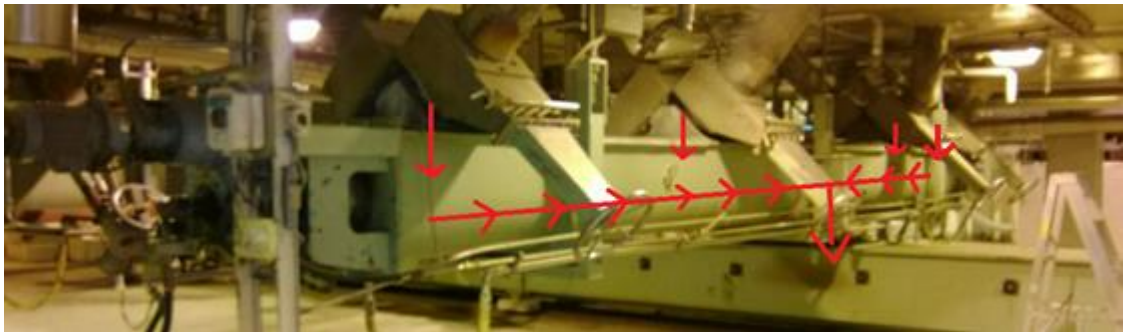
Opinnäytetyössä mukana olevat ruuvikuljettimet ovat annosteluruuvit 1-6, sekä pohjatuhkaruuvit (jäähdytysruuvit) 1-3.

Ruuvikuljettimilla pystytään siirtämään materiaalia vaakasuorassa, kaltevasti sekä erikoisrakenteisilla ruuveilla pystysuoraan. Ruuvikuljettimen etuna on vähäinen tilantarve, sekä umpinainen rakenne, joka estää pölyn leviämisen ympäristöön, sekä ulkopuolisen lian joutuminen kuljetettavaan materiaaliin. Materiaalia syötetään ruuville sen päästä, ruuvin päästä ja väliltä, tai molemmista päistä. Jos ruuville syötetään materiaalia molemmista päistä ja purkausaukko on ruuvin keskellä, käytetään ruuvia jossa on vastakkaisiin suuntiin nousevilla kierteillä. Esimerkki ruuvikuljettimesta kuvassa 7., josta näkee materiaalivirran kulkutavan. (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1981, 50)



Kuva 7. Ruuvikuljettimen toimintaperiaate (huber www-sivut 2014, hakupäivä 18.4.2014)

Pohjatuhkaruuveissa (kuva 8.) on useampi aukko, josta tuhka syötetään ruuville. Materiaalin purkuaukko sijaitsee lähellä ruuvin keskikohtaa, joka tarkoittaa, että ruuvissa on vastakkaisuuntaiset kiertet.



Kuva 8. pohjatuhkaruuvi

3.1.4 Ruuvipurkain

Tässä työssä olevat ruuvipurkaimet ovat siiloissa toimivia, pohjan ympäri pyöriä purkaimia, joita ovat turvesiilon ruuvipurkain, sekä KPA-siilojen ruuvipurkaimet 1 ja 2.

Ruuvipurkaimen (kuva 9.) tehtävänä on syöttää välivarastona toimivasta siilosta turve alla kulkevalle kolakuljettimelle. Purkaimen liikkuminen siilon sisällä mahdollistaa tassisemmän materiaalivirran kolakuljettimelle.



Kuva 9. Ruuvipurkain (mitsuimiike www-sivut 2014, hakupäivä 18.4.2014)

4 KUNNOSSAPITO

Taloudellinen merkitys koneiden ja laitteiden kunnossapidolla on valtava. Kunnossapitotyö ja siinä käytetyt varaosat ovat merkittävä kustannus mutta vielä suuremmat kustannukset tulevat kun koneet, laitteet ja tuotantoprosessit ovat poissa käytöstä tai toimivat puutteellisesti laiterikkojen takia. (Kunnossapitoyhdistys 2009, 25)

4.1 Kunnossapidon määrittely

Kunnossa ja pito sanoista voi jo päätellä mitä kunnossapito tarkoittaa. Eli pidetään kunnossa jotain laitetta tai asiaa. Kunnossapidolle löytyy määritelmiä monista kansallisista ja kansainvälisistä standardeista sekä useista teoksista. Standardissa PSK 6201 määritellään kunnossapito seuraavasti:

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”

Sama määritelmä löytyy myös standardissa PSK 7501. SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavalla tavalla:

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

Alan tunnettu edelläkävijä John Moubray määrittelee kunnossapidon yksinkertaisesti:

”Kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän.”

Käytännössä määritelmät ovat lähellä toisiaan, mutta Moubrayn määritelmässä ilmenee se, että jonkun pitää tietää, mitä laitteen halutaan tekevän. Tämä käytännössä tarkoittaa

sitä, että laitoksella täytyy olla näkemys siitä, minkä tasoista suorituskykyä laitteelta odotetaan.

Yhteenvetona pystytään toteamaan, että määritelmät ovat pääosin samanlaisia ja sisältävät seuraavat oletukset:

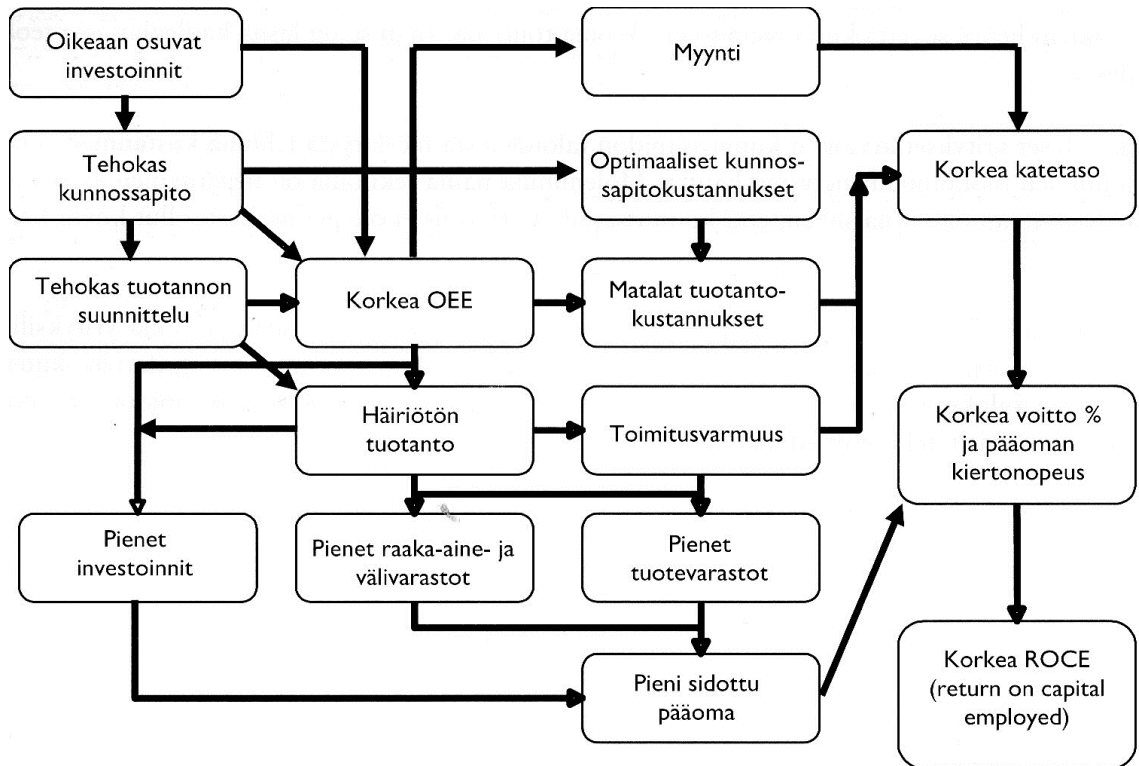
- Kunnossapidolla pyritään siihen, että kohde pysyy kunnossa tai se korjataan normaaliin toimintakuntoon.
- Kunnossapitoon kuuluu teknisen suorittamisen lisäksi hallinnolliset ja johtamisen perusteet. (Kunnossapitoyhdistys 2009, 26)

4.2 Taloudellinen merkitys

Pääoma ja raaka-ainekustannusten jälkeen suurin yrityksen kustannus on kunnossapito. On tärkeää ymmärtää, että kunnossapito on yritykselle suurin kontrolloimaton kustannuserä. Kunnossapidon hallintaan ja kustannusten kontrollointiin onkin panostettu hyvin johdetuissa yrityksissä.

Kunnossapito vaikuttaa epäsuorasti yrityksen tuloksen muodostumiseen. Kunnossapidon vaikutusmekanismin tunteminen on kuitenkin välttämätöntä, jotta kunnossapitopanostusten synnyttämät tuotot pystytään selvittämään. (Kunnossapitoyhdistys 2009, 38)

Professori Veli Siekkinen on selvittänyt kunnossapidon vaikutusmalleja, jonka pohjalta on tehty kuva 10. Kuvassa näkyvä kunnossapidon vaikutusketju on melko pitkä. Tästä johtuen, edellä mainittu panos tuotos yhteyden ymmärtämiseen tarvitaan kokemusta ja ammattitaitoa; tulosparannus saatetaan selittää johtuvan parantuneesta markkinoinnista tai suhdanteiden tehostumisesta. Virhetulkinnan välttämiseksi kunnossapitäjien on itse laadittava toimintasuunnitelmat ja budjetit, sekä seurattava niiden toteutumista ja vaikutusta tuottojen suhteen. Mikäli tällaista lähestymistapaa ei noudateta, yrityksen jokin muu osasto saattaa ottaa omakseen kunnossapitäjille kuuluvat ansiot. (Kunnossapitoyhdistys 2009, 38)

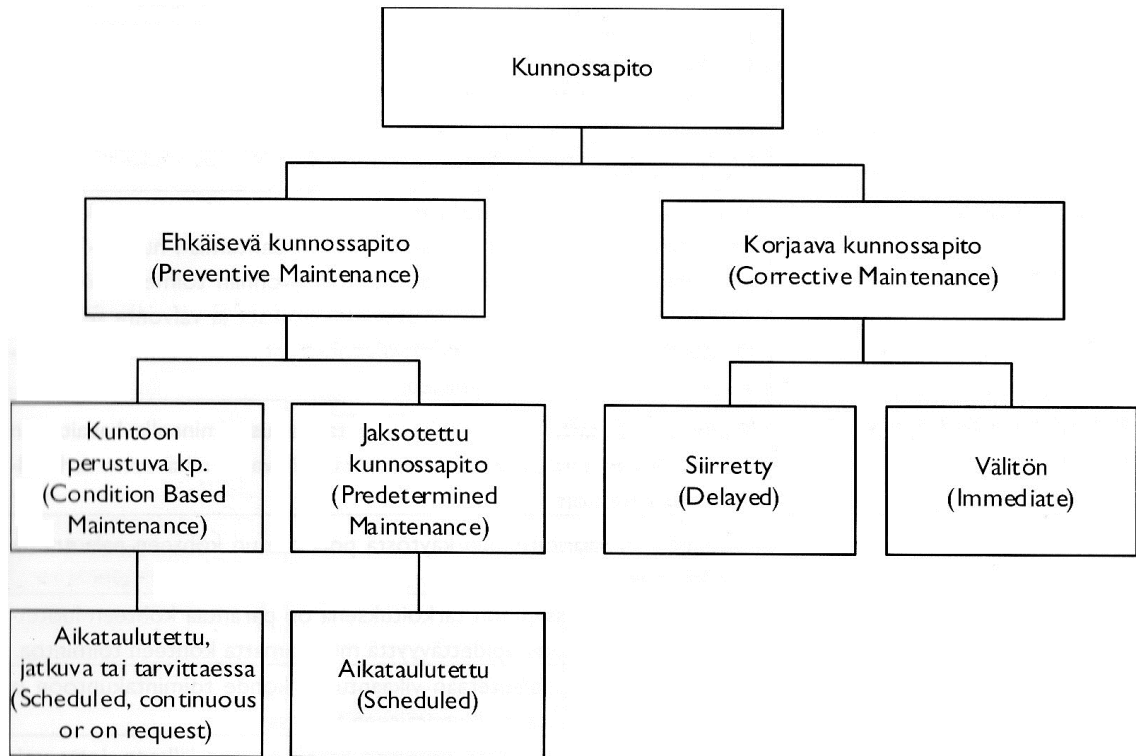


Kuva 10. Kunnossapidon suhde kannattavuuteen (Komonen 2009)

4.3 Kunnossapitolajit

Kansainvälinen standardi SFS-EN 13306 luokittelee kunnossapidon kahteen ryhmään: ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on minimoida rikkoontumisen mahdollisuus ja toimintakyvyn heikkeneminen, jolloin voidaan välttyä kalliilta, ennakoimattomalta laite rikkoontumiselta.

Korjaava kunnossapito tarkoittaa jo rikki menneen koneen tai laitteen palauttamista toimintakuntoon, jota siltä odotetaan. (Järviö et. al. 2007)



Kuva 11. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan. (Järviö et. al. 2007)

Päivittäisessä kunnossapidossa voidaan tunnistaa viisi päälajia, jotka ovat:

- korjaava kunnossapito
- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. (Järviö et. al. 2007)

4.3.1 Korjaava kunnossapito

Vikaantuvaksi todettu komponentti tai osa palautetaan toimintakykyiseksi. Korjaavan kunnossapidon suoritusajoja seuraten voidaan laskea komponentin tai osan elinaika. Korjaava kunnossapito voi olla joko kunnostus tai häiriökorjaus. Häiriökorjaus on suunnittelematon ja kunnostus on suunniteltu. Korjaavaan kunnossapitoon kuuluu seuraavat:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen.

4.3.2 Huolto

Huoltamisella pidetään yllä laitteen käyttöominaisuuksia, estetään vaurion syntyminen tai palautetaan huonontunut toimintakyky ennen vian syntymistä. Jaksotettu huolto suoritetaan määrävällein. Määräväli määräytyvät käytön ajan tai määrän mukaan. Jaksotettu huolto sisältää seuraavat toimet:

- toimintaedellytysten vaaliminen
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen ja huolto
- kalibrointi
- kulutusosien vaihtaminen
- toimintakyvyn palautus.

Ehkäisevän kunnossapidon ja huollon tehtävät ovat osin samoja. SFS-EN 13306 luokittelee eri tavalla toiminnat.

4.3.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon avulla seurataan kohteen parametreja tai suorituskykyä.

Tavoitteena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai laitteen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä tehdään tarpeen vaatiessa. Kunnossapidon tehtävien suunnittelu ja aikataulutus onnistuu tulosten perusteella. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu:

- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- määräystenmukaisuuden tarkastaminen
- toimintakunnon testaaminen sekä toteaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi.

Kunnonvalvontaa suoritetaan laitteen toimiessa tai seisokin aikana. Kunnonvalvon-
nalla etsitään ilmeneviä vikoja tai todetaan tulosten avulla kohteen olevan täysin
toimintakunnossa.

4.3.4 Parantava kunnossapito

Voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä kohdetta muutetaan alkuperäisiä
uudempia osia tai komponentteja käyttämällä, mutta kohteen suorituskyky pysyy ennal-
laan.

Toisessa pääryhmässä on erilaiset uudelleensuunnittelut ja korjaukset, jolla saadaan
luotettavuutta. Tarkoituksena ei siis ole saada suorituskykyä parannettua.

Kolmannessa pääryhmässä on modernisaatiot, joilla kohteen suorituskykyä parannetaan.
Yleensä modernisoinnilla uudistetaan valmistusprosessi koneen ohella.

4.3.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Ei tähän mennessä ole pidetty kunnossapitoon kuuluvana toimintona. Selvittämisen tär-
keys on ymmärretty, mutta vain harvoin näiden asioiden tekeminen on systemaattista.

Vikojen ja vikaantumisten selvittämistä ei kunnossapidon standardeissa ole käsitelty. Asiantuntijoiden mielestä vikahistorian ja riskianalyyseiden käyttö tulevat yhdeksi tärkeimmistä kunnossapitoa ohjaavista toiminnoista.

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä etsitään vian perussyyn sekä vikaantumistapah- tumaketju. Tulosten perusteella osataan suorittaa toimintoja, joilla saadaan estettyä vas- taavat viat ja häiriöt. Tavallisimmat menetelmät ovat:

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- juurisyyn selvittäminen
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- riskin hallinta.

(Järviö et. al. 2007,47-52.)

4.4 RCM

RCM on lähtökohdaltaan ennakoivan kunnossapidon suunnittelun työkalu, joka on saa- nut huomattavan aseman tuotantolaitosten kunnossapidon kehittämisessä. RCM:n avulla pyritään optimoimaan kunnossapitoprosessia, eli se korostaa suunnittelun tärkeyttä käyttövarmuuden ja kunnossapidettävyyden hallinnassa.

RCM tulee sanoista Reliability Centered Maintenance, joka suomennetaan yleisesti luo- tettavuuskeskeiseksi kunnossapidoksi. RCM menetelmässä varsinaisen kunnossapito- toiminnan lisäksi, tärkeänä pidetään laitteiden suunnittelua ja kehittämistä kunnossapi- dettävyyden ja käyttövarmuuden parantamiseksi.

Kunnossapidon perusongelmia on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Kunnossapito-ohjelmat on jouduttu tekemään omien kokemusten ja laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti, koska tehokkaita menetelmiä tai työkaluja ei ole ollut. Tämän takia kunnossapitoa ja ehkäisevää kunnossapitoa tehdään usein liikaa. John Moubray uskoo, että jopa 40% ehkäisevästä/suunnitellusta kunnossapidosta on turhaa.

RCM on menetelmä, jolla pyritään suorittamaan mahdollisimman vähän kunnossapitoa, vaarantamatta kohteen toimintaa. Usein luullaan, että RCM menetelmän käyttöönoton takia kunnossapito lisääntyy, mutta tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa ellei lähtötaso ole ollut erittäin matala. (Mikkonen ym. 2009,75)

Tärkeimmät RCM:n päämäärät (Moubray 1997):

- priorisoida prosessin laitteet ja kohdistaa kunnossapito laitteisiin, joissa se on tärkeintä. Tavallisimmat kriteerit ovat turvallisuus, kustannukset, laatu sekä ympäristövaatimukset
- selvittää vikaantumismekanismit laitteissa ja luoda pohja tehokkaille kunnossapitomenetelmille
- kunnossapidon piiriin laitetaan myös sellaiset laitteet jotka prosessin toimiessa ovat passiivisia -> raja- ja turvalaitteet
- laitteille, joille ei löydy tehokasta ehkäisevän kunnossapidon menetelmää, tehdään valmiit toimintasuunnitelmat vikaantumisen ilmenemistä varten
- käyttöhenkilökunta oppii tarkkailemaan kriittisten komponenttien toimintaa

RCM- prosessissa Moubrayn mukaan edetään tässä järjestyksessä:

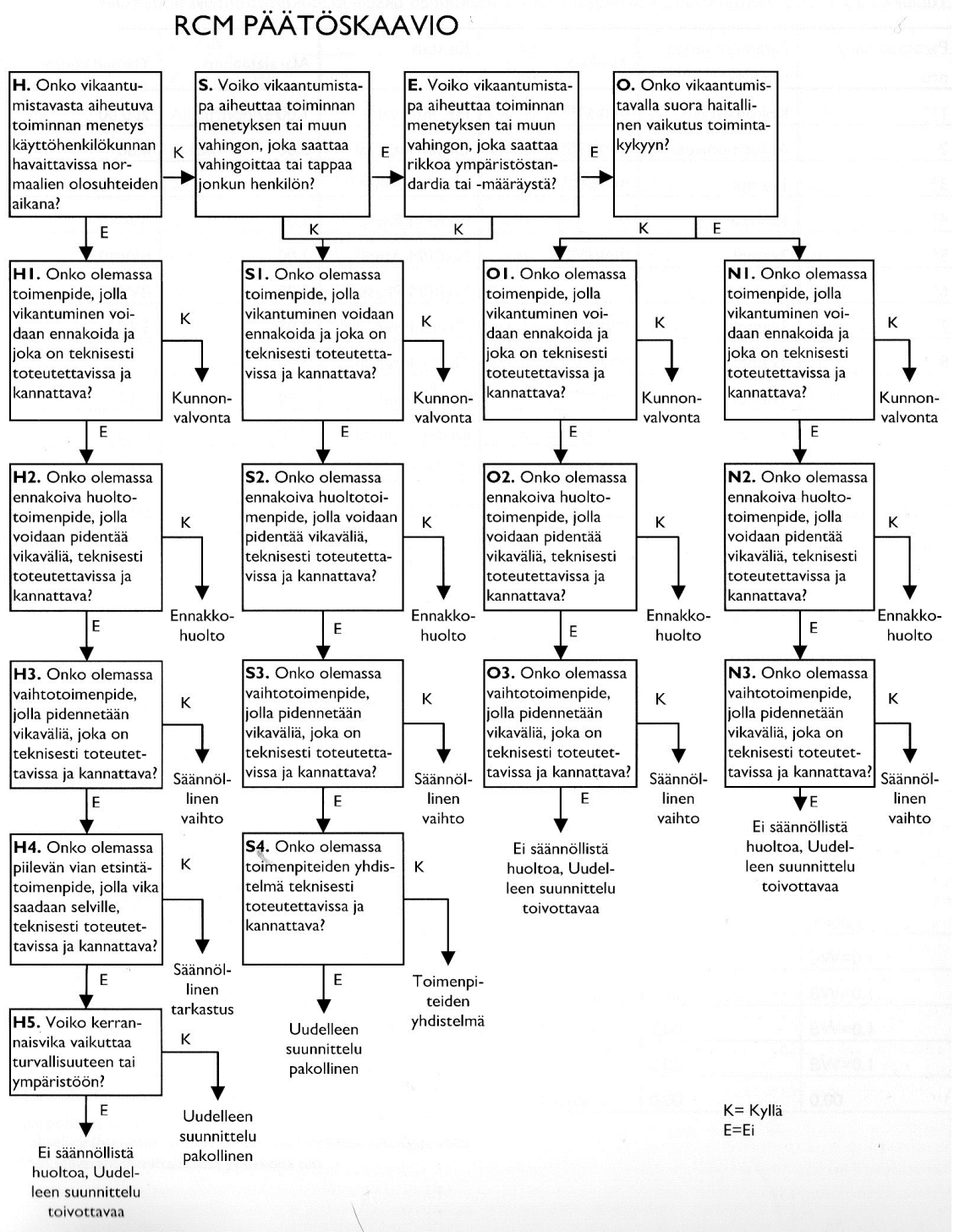
1. määritellään toiminnot ja tehokkuusvaatimukset laitteille
2. määritellään toiminnalliset viat
3. selvitetään vikaantumismekanismit
4. vian vaikutusten selvitys
5. selvitetään vikojen seuraukset

6. ennakkoivien toimenpiteiden määrittäminen

7. korjaavien toimenpiteiden määrittäminen (Miettinen ym. 2009, 76)

RCM- päätöskaavio löytyy kokonaisuudessaan kaaviossa 1. Päätöskaaavion tarkoituksena on helpottaa kunnossapidon suunnittelussa.

Kaavio 1. RCM- päätöskaavio



Alhaisempien kustannusten ja korkeamman luotettavuuden saavuttamiseksi parhain toimintamalli on RCM. (Laine 2010, 126)

4.4.1 Kevennetty RCM

RCM- prosessi on todettu toimivaksi ja tehokkaaksi menetelmäksi kunnossapidon kehittämiseen. Tarkasteltaessa RCM- prosessia paremmin, voidaan huomata, että ennen kuin päästään vaiheiden 6 ja 7 kunnossapitosuunnitelmiin, on mallissa tutkittava laitekannan osalta kaikki 5 aikaisempaa vaihetta. Tämä on johtanut siihen, että varsinkin vanhoille laitoksille tehtynä RCM- prosessia pidetään liian raskaana. (Mikkonen ym. 2009, 77)

Tästä syystä viime aikoina onkin tehty erilaisia tapoja, joilla RCM- prosessia voidaan helpottaa. Näistä menetelmistä käytetään erilaisia nimityksiä, esimerkiksi streamlined RCM, SRCM (Järviö et al. 2007) ja Applied RCM, ARCM, sekä myös laitetoimittajien omalla nimellä varustetut RCM- mallit. Kaikissa mainituissa tarkoituksena on, että jonkinlaisilla esivalintamenettelyillä, joidenkin työvaiheiden standardisoinnilla tai karsimalla varsinaiseen tarkasteluun tulevien kohteiden lukumäärää, saadaan pienennettyä työmäärää. (Mikkonen ym. 2009, 78)

RCM- analyysin nopeuttamiseksi, yleisesti käytetty tapa on tehdä laitteiden kriittisyyskartoitus ennen analyysia ja sen jälkeen soveltaa RCM- prosessia vain tietyn kriittisyystason ylittävälle kohteille. Monissa yrityksissä on kehitetty omia kriittisyyskartoitusmenetelmiä ja aiheesta on olemassa kotimainen standardi PSK 6800. (Miettinen ym. 2009, 78)

Menettelytapaa on myös kritisoitu siitä, että se ei ole yhtä tarkka kuin RCM- prosessissa. Lentokoneissa ja ydinvoimaloissa voi olla, että ei ole järkevää käyttää kevennettyä RCM- prosessia, mutta esimerkiksi taloudellisesti tarkasteltuna teollisuudessa se on järkevää. (Miettinen ym. 2009, 78)

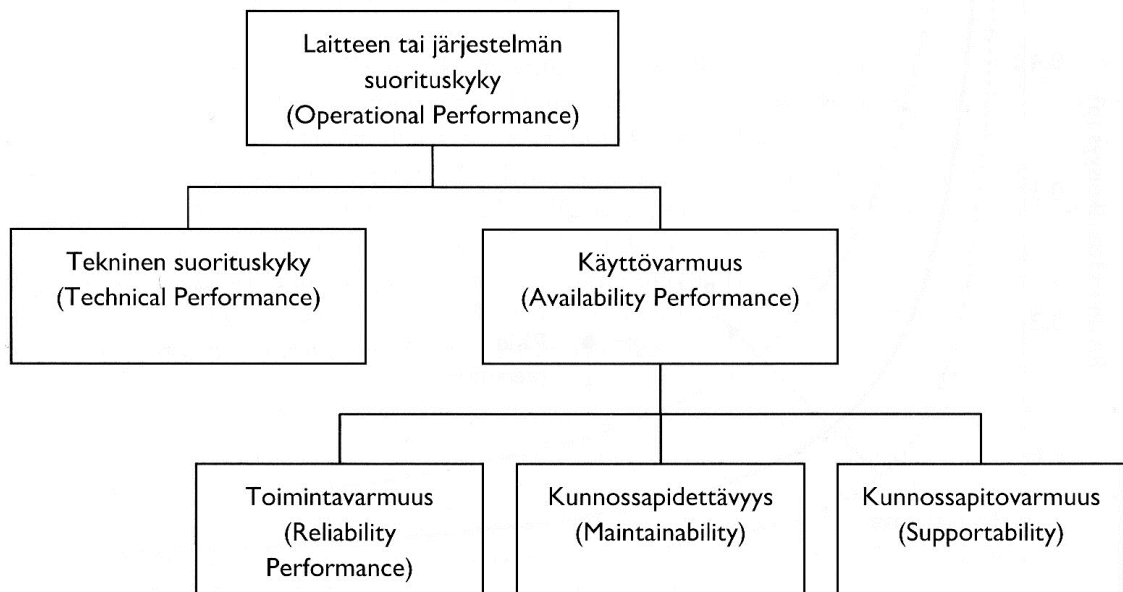
4.5 Käyttövarmuus

Käyttövarmuuden suunnittelu ja kunnossapito ovat riskienhallintaa, eli pyritään eri keinoja käyttäen vähentämään satunnaisen vian mahdollisuutta ja vian seurauksen laajuutta. Riskien määrittelyä hankaloittaa se, että ihmiset mieltävät tapahtuman seurauksia eri tavoin. Vaiheet riskien hallintaan ovat:

riskien tunnistaminen ja hallinta jo suunnitteluvaiheessa

tarkoilla ohjeilla ja koulutuksella käytön ja kunnossapidon epävarmuuden hallinta. (Mikkonen ym. 2009, 125)

Käyttövarmuustekniikalla on tarjolla mahdollisuudet riskien tunnistamiseen ja hallintaan. Käyttövarmuus koostuu luotettavuudesta, huoltovarmuudesta ja huollettavuudesta. Luotettavuus ja huollettavuus ovat kohteen teknisiä ominaisuuksia, jotka syntyvät investointien tuloksena. Huoltovarmuus riippuu kunnossapito-organisaation kyvystä ylläpitää käyttövarmuus kunnonvalvonnan, ennakoivan huollon ja korjauksien avulla, kuva 12. (Mikkonen ym. 2009, 125-126)



Kuva 12. Käyttövarmuuden osatekijät (Mikkonen ym. 2009, 126)

Käyttövarmuus tarkoittaa laitteen tai järjestelmän kykyä toimia rikkoontumatta, huollon helppoutta, sekä kunnossapito-organisaation kykyä järjestää kunnossapidon edellytykset tarvittaessa. Käyttövarmuuden tekijät:

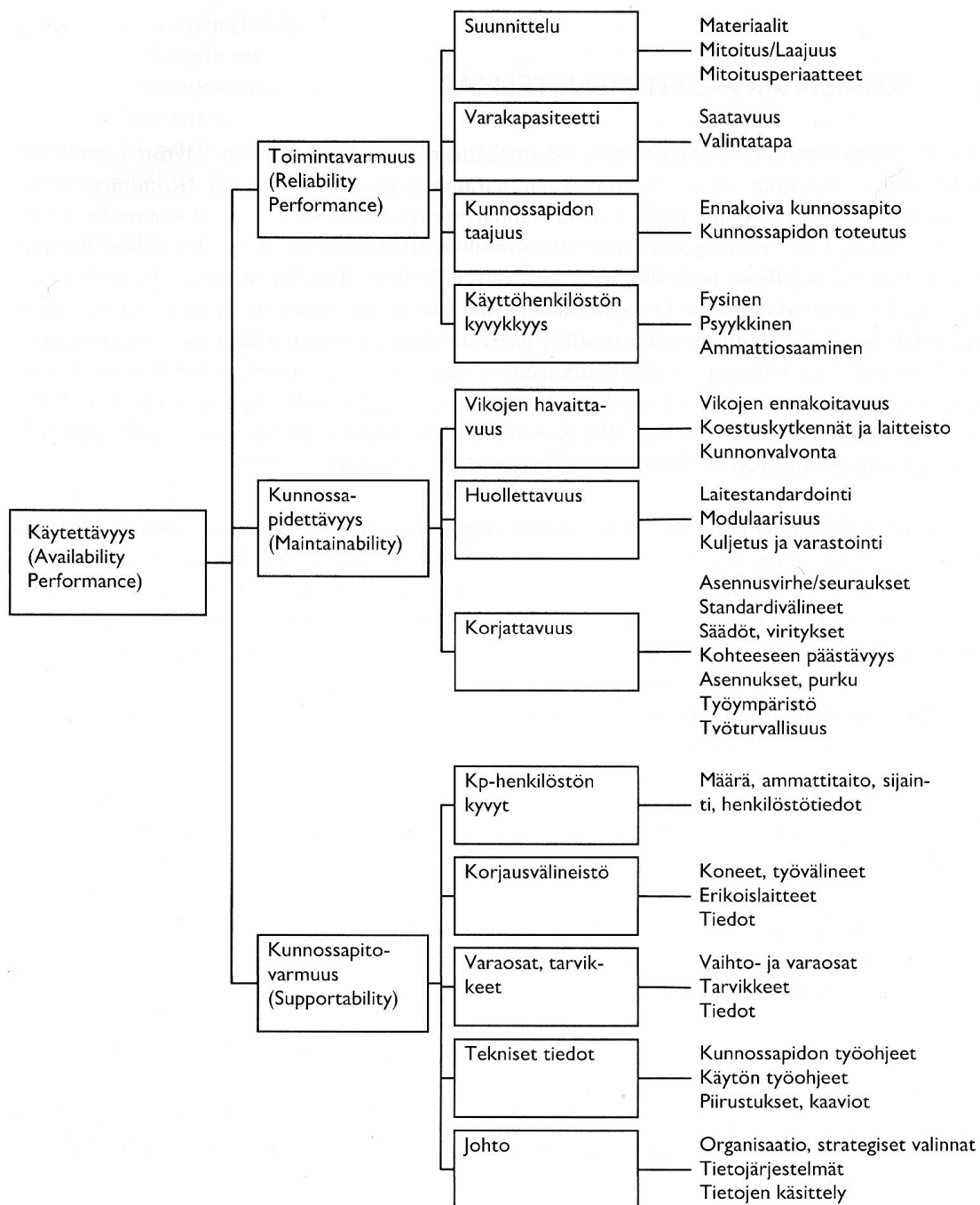
- luotettavuus
- huollettavuus
- huoltovarmuus.

Jossa luotettavuudella tarkoitetaan todennäköisyyttä, että laite ei rikkoonnu aikavälillä $T_1 \dots T_2$ määrättyllä kuormituksella ja määritellyissä ympäristö- ja käyttöolosuhteissa.

Huollettavuudella tarkoitetaan todennäköisyyttä, että laite on huollettavissa tai korjattavissa toimintakuntoon määritellyssä ajassa T_H .

Huoltovarmuudella tarkoitetaan todennäköisyyttä, että huolto-organisaatio kykenee ylläpitämään aikaisemmin mainitut käyttövarmuustekijät.

Jaottelu esitetään tarkemmin kuvassa 13.



Kuva 13. Käyttövarmuuden osatekijät (Mikkonen ym. 2009, 127)

5 KRIITTISYYS

Opinnäytetyöhöni kuului selvittää työhön kuuluvien kuljettimien kriittisimmät kulutus- ja varaosat. Tästä syystä halusin kertoa hieman, mistä laitteen kriittisyysluokittelu tulee.

PSK 6800 on kotimainen standardi laitteiden kriittisyyskartoitukseen. Se kuvaa kriittisyyden ominaisuudeksi, joka kuvastaa kohteen riskin suuruuden. Riski voi liittyä henkilövahinkoihin, aineellisiin vahinkoihin, menetykseen tuotannossa sekä muihin vakaviin seurauksiin. Riskin määrä tarkoittaa vikaantumisen vaikutuksen ja toteutumisen todennäköisyyden tuloa. Kriittinen kohde on sellainen jonka riski ei ole hyväksyttävällä tasolla. (Mikkonen 2009, 148)

Kunnossapitosuunnitelman perustietojen tuottamiseen käytetään kriittisyyskartoitusta. Sitä voidaan käyttää myös hankintavaiheen apuna määriteltäessä hankittavan laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä. Kriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä on turvallisuus- ja ympäristötekijät, korjaus- ja seurauskustannukset sekä tuotantovaikutukset. (Mikkonen 2009, 148)

5.1 Kriittisyysarviointi

Kriittisyysarviointia tehdessä ensimmäisenä määritellään alue jota tarkastellaan, eli tarkastellaanko koko tehdas, yksi osasto, vai yksi erillinen kohde. Mikäli tutkittavana on laajempi kokonaisuus, tarpeelliseksi voi osoittautua määritellä osastokohtainen painoarvo tuotannon menetyksille. Näin voidaan ottaa huomioon osastojen väliset erot kriittisyyskertoimia tehdessä. Laitekohtainen kriittisyysanalyysi tehdään työryhmäarviointina, eri tekijöiden pohjalta. PSK 6800 käyttää seuraavia tekijöitä kriittisyysarvioinnissa:

- vikaväli
- vaikutukset turvallisuuteen
- vaikutukset ympäristöön
- menetys tuotannossa
- laatukustannukset lopullisessa tuotteessa
- korjauksen aiheuttamat kustannukset

Kriittisyysindeksin laskentakaava (kaava 1.) (PSK 6800)

$$K = p (W_s M_s + W_e M_e + W_p M_p + W_q M_q + W_r M_r) \quad (1.)$$

missä p on vikaväli

W_s tarkoittaa turvallisuusriskien arvoa ja M_s turvallisuusriskikerrointa

W_e tarkoittaa ympäristöriskien arvoa ja M_e ympäristöriskikerrointa

W_p tarkoittaa tuotantomenetyksen arvoa ja M_p tuotantomenetyskerrointa

W_q tarkoittaa laatukustannusarvoa ja M_q laatukustannuserrointa

W_r tarkoittaa korjauskustannusten arvoa ja M_r korjauskustannuserrointa

Arvot ja kertoimet on esitelty taulukossa 1. (PSK 6800)

Taulukko 1. Laitteen kriittisyystekijät

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaväli (p)	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit Ws = 30		Ms = 0	Ei turvallisuusriskiä
			Ms = 2	Vähäinen turvallisuusriski
			Ms = 4	Kohtalainen turvallisuusriski
			Ms = 8	Merkittävä turvallisuusriski
			Ms = 16	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit We = 20		Me = 0	Ei ympäristöriskiä
			Me = 2	Vähäinen ympäristöriski
			Me = 4	Kohtalainen ympäristöriski
			Me = 8	Merkittävä ympäristöriski
			Me = 16	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset Wp = 0...100	<p>1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta</p> <p>2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta</p> <p>3 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta</p> <p>4 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta</p>	Mp = 0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			Mp = 1	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤3 h)
			Mp = 2	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤10 h)
			Mp = 3	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)
			Mp = 4	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi >24 h)
	Laatukustannus Wq = 30		Mq = 0	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
			Mq = 1	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤1 h)
			Mq = 2	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤3 h)
			Mq = 3	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)
			Mq = 4	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >8 h)
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus Wr = 20	Mr = 0	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		Mr = 1	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤2 h)	
		Mr = 2	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤10 h)	
		Mr = 3	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		Mr = 4	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi >24 h)	

Taulukossa 1. olevat arvot ovat suuntaa antavia. Painoarvojen sopivuuden sovelluskohdelle saadaan arvioitua tehtäessä ensimmäinen kriittisyyskartoitus.

Kertoimien ja parametrien avulla taulukkolaskenta antaa kriittisyysindeksin, joka kuvaa laitteiden kriittisyyttä toisiinsa nähden. Varsinainen kriittisyysluokittelu saadaan lajittelemalla kohteet kriittisyysindeksin antamaan järjestykseen. (Mikkonen 2009, 150)

Kriittisyyskartoituksella tulokseksi saadaan laitteet järjestettyä kriittisyyksiensä mukaan. Jos tutkimuksen parametrit on valittu oikein ja tutkimuksessa on käytetty tarpeeksi erialojen asiantuntijoita, saadaan analyysistä luotettava. Taulukossa 2. on kriittisyysanalyysin esimerkki (PSK 6800).

Taulukko 2. Kriittisyysanalyysin tuloksia

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Lopputuotteen laatu-kustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi
		Painoarvot W -->	30	20	100	30	20	
KO-248	3.puristin ylätela	3	8	0	3	2	3	1980
KO-247	3.puristin alatela	3	8	0	3	2	3	1980
KO-250	2.kuivausryhmän käyttö	3	4	4	3	2	2	1800
KO-244	1.puristin ylätela	3	4	0	3	2	3	1620
KO-243	1.puristin alatela	3	4	0	3	2	3	1620
KO-242	2.puristin alatelan käyttö	2	2	8	4	2	3	1480
KO-241	2.puristin alatelan käyttö	2	2	8	4	2	3	1480
KO-239	1.puristin kkl alahuovan johtotelat 3 kpl	3	2	0	2	2	2	1080
KO-233	3.puristin kartonginjohtotela	3	2	0	2	2	2	1080
KO-210	Viiran imutela	2	4	2	3	3	3	1220
KO-210	Viiran imutelan käyttö	2	4	4	2	2	2	1000
KO-238	Puristin I alatelan käyttö	2	2	2	1	2	2	600
KO-209	Viiran vetotela	2	4	2	2	2	2	920
KO-232	Kk I:n painesihti	2	2	2	1	2	1	560
KO-204	Rintatela	2	2	2	1	2	1	560
KO-266	3.kuivausryhmän käyttö	2	2	2	1	2	1	560

Kun laitteiden kriittisyys on saatu analysoitua, määritellään raja-arvo, jonka ylittävät kriittiset laitteet arvioidaan tarkemmin. Raja-arvon määrittelee kokemus. (Mikkonen 2009, 151)

Kaikki tutkimani kuljettimet kuuluivat Efora Oy:n SAP- järjestelmän kriittisyysluokittelussa, kriittisyysluokkaan A. SAP- järjestelmässä kriittisyysluokittelu on välillä A-B-C. A kuvastaa suurinta kriittisyyttä.

5.2 Vika-vaikutusanalyysi

Kunnossapidolliset toiminnot kohdistuvat laitteen yksittäisiin osiin ja komponentteihin. Ennen kuin tarkastellaan yksittäisiä komponentteja, on suositeltavaa tehdä laitekokonaisuudesta analyysi, siitä mitä vikoja laitteeseen saattaa tulla, miten ne tulevat, mikä ne aiheuttaa ja mitä ne aiheuttavat laitekokonaisuuden toiminnalle. Laitekokonaisuuden toiminta-analyysiä sanotaan vika-vaikutusanalyysiksi (VVA). VVA auttaa ymmärtämään laitteistoa ja sen osien merkitystä.

1. VVA:n avulla pyritään havainnoimaan mahdollisia rikkoontumisia ja niiden aiheuttamia seurauksia, sekä vaikutuksia laitteiston toimintaan.
2. Analyysissä tutkitaan seuraavat asiat laitteesta:
 - mitä on laitteen ja siihen kuuluvien osien tarkoitus tehdä
 - mitä toimintaa häiritseviä vikaantumisia voi tulla
 - kuinka ne vikaantumiset tulevat
 - miten syntyvät vikaantumiset vaikuttavat laitteen toimintaan ja mitä niistä seuraa?
 - miten vikaantumisia voidaan ennakoida tai ehkäistä
3. kunnossapitostrategia luodaan edellisten kysymysten perusteella

Vikaantumisen ehkäisemisen ja kunnossapitotoiminnan tärkeänä edellytyksenä voidaan pitää vikaantumisprosessin tuntemista. Vioittumisprosessien tutkiminen mahdollistaa sen, että laite ei ehdi vikaantua, kun viat osataan ennalta ehkäistä ja korjata. Vikaantumistapojen analysoinnin jälkeen, arvioidaan vikaantumisten vaikutukset ja päätetään miten tilanteet voidaan ennakoida, tunnistaa, estää ja korjata. (Laine 2010, 128)

Polttoainelinjastolle on laitetoimittaja tehnyt vika-vaikutusanalyysin josta esimerkkinä muokattu turvesiilon täyttökolan VVA taulukossa 3.

Taulukko 3. Turvesiilon täyttökolan VVA

Konepaikka/komponentti	Vioittumistapa	Syy	Vaikutukset	Paljastumistapa/toimenpiteet	Luokittelu
Liukukisko	Kuluminen	Pitkäaikainen käyttö	Kola alkaa kantamaan pohjasta	Ennakkotarkastus	Seisokki
ketjupyörä	Kuluminen	Pitkäaikainen käyttö	Ketju kuluu	Ennakkotarkastus	Seisokki
Kuljetinketju	Katkeaminen	Parru tai muu kappale kiilaantuu	Kuljetin pysähtyy		Heti
	Vääntyminen	Parru tai muu kappale kiilaantuu	Ketju putoaa ketjupyörältä, ketju vaurioituu	Ennakkotarkastus	Heti
Laakerit	Laakerivaurio	Kuluminen/voitelu häiriö	Kuormitus kasvaa	Ennakkotarkastus	Seisokki
Liukupohja	Kuluminen	Vieras esine / kolavaurio	Kuluu, repeää	Ennakkotarkastus	Heti
Ketjunpainen	Kuluminen	Pitkäaikainen käyttö	Ketjunsuojat alkavat kulumaan ja vääntymään	Ennakkotarkastus	Seisokki (n. kerran vuodessa)

6 KULUTUSOSIEN KÄYTTÖVARMUUS

Kulutusosien käyttövarmuus koostuu osien kriittisyysluokittelusta, sekä niiden huollettavuudesta ja huoltovarmuudesta.

6.1 Kriittisyystarkastelu

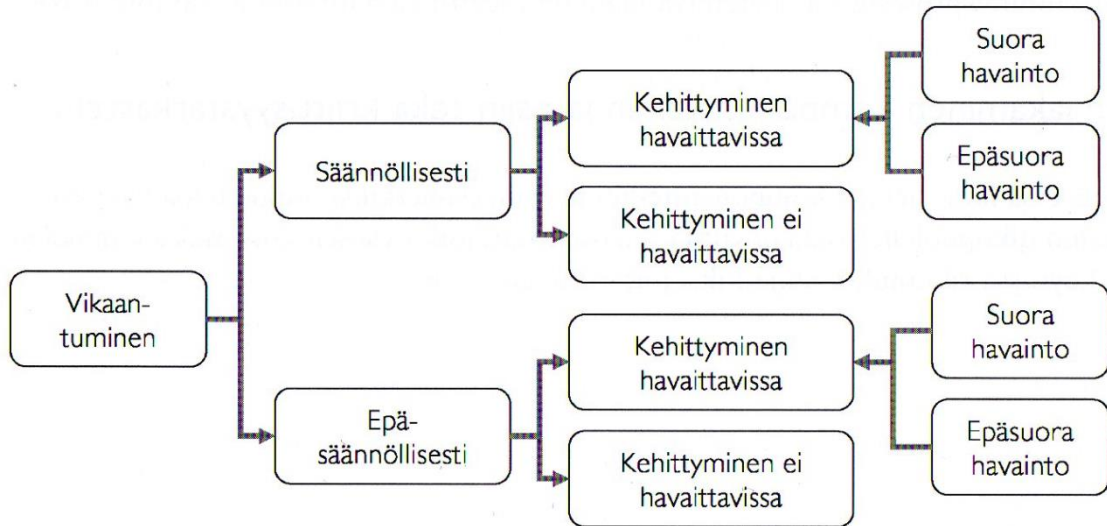
Kriittisyystarkastelussa täytyy määritellä laitteen eri osien ja komponenttien kriittisyys laitteen luotettavuuden kannalta. Kunnossapitotietojärjestelmän, sekä tuotanto- ja kunnossapitohenkilöiden kokemusten mukaan määritellään häiriöherkimmät osakokonaisuudet.

Kriittisyyttä täytyy arvioida koko tuotantoprosessi huomioon ottaen. Jos koneelle on tuotantoprosessissa varakone, ei sen rikkoutuminen aiheuta kovinkaan suurta menetystä tuotannolle. Mikäli rikkoontuneen koneen edessä ja takana on välivarastointi mahdollista, koneen seisokki ei häiritse tuotantoa, riippuen tietenkin välivarastojen koosta ja seisokin kestosta. Seisokin ajan edessä olevaa varastoa tyhjennetään ja takana olevaa täytetään. (Laine 2010, 139)

Esimerkkinä tästä, jos turvekola 1 rikkoontuu, turvesiiloa voidaan täyttää normaalisti ja kattilasiilokola pystyy täyttämään KPA- siiloja käyttäen pelkästään hakepolttoainetta, joten tuotanto ei kärsi välivarastojen ansiosta.

Osien vikaantumisten kehittymisen selvittäminen on tärkeää. Tämä ei ole oikeaoppista RCM- menetelmää, vaan tämä kuvaa insinöörimäisen tavan miettiä koneelle huolto-ohjelmaa lähtien ennakoituista komponenttien vikaantumisprosesseista.

Osan tai komponentin vian kehittyminen arvioidaan siten, että se voidaan sijoittaa johonkin kuvassa 14. olevista neljästä ryhmästä.



Kuva 14. Osan vikaantumisen kehittyminen

Osien vikaantumisen kehittyminen määritetään edellä olevan kuvan 14. perusteella. Tietolähteinä voi käyttää esimerkiksi:

- tietojärjestelmien vikahistoriatietoja
- varaosajärjestelmän kulutustietoja
- käyttäjä kokemuksia
- oman henkilöstön ja palvelutoimittajan kokemuksia
- laitetarkastusmuistioiden tietoja.

Saatujen tietojen perusteella saadaan selvitettyä, onko vikojen kehittyminen säännöllistä vai epäsäännöllistä, sekä voidaanko vian kehittymistä seurata. (Laine 2010, 140)

6.2 Kunnossapidon toimenpiteet

Laitteille ja niiden komponenteille täytyy aina miettiä parhaiten toimivat kunnossapidon toimenpiteet, niitä ei voi määrittellä yleisellä tasolla. Taulukko 4. kuvaa, mitkä toimenpiteet eri tilanteissa yleensä otetaan käyttöön.

Taulukko 4. Toimenpiteen valinta

Vian kehittyminen	Kunnossapidon toimenpiteet	Tarvittavat laitteet
Säännöllinen, kehittyminen havaittavissa	Jatkuvaan osan kunnan mittaukseen perustuva seuranta tai järjestelmälliset puhdistukset, tarkastukset ja huollot (toimenpiteiden jaksotus mietittävä) (CBM)	Mitä mittaus- ym. laitteita tarvitaan kunnan seurantaan?
Säännöllinen, kehittyminen ei havaittavissa	Määräaikaiset osan vaihdot (FTM). Määräaikojen tulee perustua kokemuksiin vikaantumisesta ja ne säännöllisesti tarkistettava saatujen kokemusten perusteella	
Epäsäännöllinen, kehittyminen havaittavissa	Jatkuvaan osan kunnan mittaukseen perustuva seuranta tai järjestelmälliset puhdistukset, tarkastukset ja huollot (toimenpiteiden jaksotus mietittävä) (CBM) Vikaantumisen epäsäännöllisyys otettava huomioon seurantatiheyttä määriteltäessä.	Mitä mittaus- ym. laitteita tarvitaan kunnan seurantaan?
Epäsäännöllinen, kehittyminen ei havaittavissa	Käytetään, kunnes rikkoontuu (OTF). On varmistettava osan nopea saanti ja vaihdettavuus.	

Käyttöön tulevia toimenpiteitä mietittäessä, ei kannata ottaa kaikkia toimintoja aina käyttöön. Jos edullisen ja vaihtotyöltään helpon osan oireilun mittaaminen vaatii vaikeita toimenpiteitä ja rikkoontuminen on säännöllistä, silloin on parhain ratkaisu vaihtaa osa kunnosta riippumatta, tietyin aikavälein. Kalliit osat joiden vaihtotyö on vaikea, kannattaa ottaa mittaavan ja tarkastavan kunnossapidon piiriin. (Laine 2010, 141)

7 VARAOSAT JA VARASTOT

Materiaalivarastoja ja – virtaa on vaikea hallita, jos materiaalimenekkiä ei kyetä ennustamaan tarkasti. Materiaalitarvetta yritetään tunnistaa ennakolta, jota ennustetaan käyttämällä mahdollisimman luotettavia lähtötietoja. Kaikkia vikaantumisia ei voida tietää etukäteen, mutta laitetuntemuksella ja tarkalla seurannalla voidaan tarvetta varaosille arvioida paremmin.

Materiaalimenekin ennalta arvioiminen on myynti-, osto- ja varastotoiminnan hyvän suunnittelun pohja. Materiaalitarpeen ennustamista hyödynnetään toimintojen resurssi-suunnittelussa, materiaalihankintojen ja varastoinnin suunnittelussa ja ohjauksessa.

Kunnossapitoasentajien ja toimihenkilöiden tärkeimmät tehtävät materiaalilogistiikan kannalta ovat:

- havainnoida ja kerätä tietoa materiaalitarpeen ennustamiseksi
- kyetä määrittelemään materiaalitarve tarkasti viimeistään vianetsinnän aikana

Ennustamiseen sisältyy lyhyen ja pitkän aikavälin odotukset. Pitkälle aikavälille (n. 0,5-2 v.) pystytään tekemään ennuste järjestelmistä löytyvän kulutustiedon, kunnonvalvontatiedon, ennakkohuoltosuunnitelmien, rasisus- ja kestotietojen sekä tuotantosuunnitelmien mukaan. Lyhyen aikavälin (n.1vrk-0,5v.) ennusteet kyetään tekemään kunnossapidon ja tuotannon suunnitelmien, laitteiston vikahavaintojen, käyttöolosuhteiden muuttumisen ja kunnonvalvonnan mukaan.

Kunnossapidon tarvitsemasta materiaalista pelkästään osa on omissa varastoissa. Suuri osa komponenteista ja osista on toimittajilla josta ne on tilattava tarpeen tullessa. Harva toimittaja on kunnossapitokohteen lähellä. Tämän takia viime hetkellä tilatut materiaalit viivästyttävät monesti korjausta seuraavaan päivään tai joskus pidempääkin, jos tarvittavaa materiaalia ei ole omassa tai lähimmän toimittajan varastoissa. (Järviö 2007, 205)

Kunnossapitotöissä tarvittavien osien, laitteiden, osakokonaisuuksien ja materiaalien saatavuudessa on kysymyksenä taloudellinen optimointi. Täytyy miettiä kumpi painaa enemmän; varastointikustannukset vai tuotannon menetyksestä aiheutuvat kustannukset.

Kun mietitään osien tai laitteiden varastointitarvetta, on huomioitava seuraavia asioita:

- kriittisyys, eli osan tai laitteen tärkeys tuotannossa
- rinnakkaisten tuotantolinjojen suorituskyvyn nostomahdollisuus
- hankkimiskustannukset
- toimitusaika
- mahdollisuus varalaitteelle
- varastoinnista johtuvat kustannukset
- välivarastojen käyttömahdollisuudet
- osan tai laitteen korvattavuus
- laitteen häiriön todennäköisyys
- rikkoontuneen laitteen korjausmahdollisuus
- laitekokonaisuuden jäljellä oleva elinikä. (oppimateriaali/kunnossapito/varaosat ja varastot)

8 VAIHDELAATIKOT JA VOITELUAINEEET

Vaihteisto on laite, joka siirtää tehoa, sekä muuntaa momentin ja pyörimisnopeuden suhdetta. Vaihteistolla voidaan valita ensiöakselin ja toisioakselin välinen välityssuhde. Perinteisissä rinnakkaisakselisissa vaihteissa, vaihteen ensiöteho siirtyy yksikäsitteisesti hammas- tai kitkakosketuksen välityksellä toisioakselille.

8.1 Voiteluaineet

Voiteluainekalvo on parhain tapa pienentää toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen kulumista ja kitkaa. Voiteluaineena voi toimia periaatteessa kaikki helposti leikkautuvat materiaalit kiinteässä, kaasumaisessa tai nestemäisessä muodossa. Tässä yhteydessä käsiteltävät asiat ovat kuitenkin teollisuusvoiteluaineita, lähinnä öljyjä. Voiteluaineen tarkoitus on:

- erottaa pinnat toisistaan voiteluainekalvolla
- kitkan ja tehohäviön vähentäminen
- kulumisen lievittäminen
- kosketuksen jäähdyttäminen
- epäpuhtauksien tulon estäminen
- epäpuhtauksien pois kuljettaminen
- värähtelyn vaimennus
- korroosiosuojata.

Oikeanlainen voitelu tarjoaa merkittävää taloudellista hyötyä. Kitkan alentamisella saadaan säästettyä energiaa, sekä suoritustehokkuus paranee. Hyvä voiteluaine myös vähentää kulumista, mikä pidentää koneiden elinikää. Käyttövarmuuden yksi suurista tekijöistä on oikeaoppinen voitelu. (Aarnio et. al. 2013, 11.)

Voiteluaineista suurin osa on nestemäisiä ja yleisimmin öljypohjaisia. Voiteluöljyjen perusöljyjä ovat mineraali- ja kasviöljyt sekä synteettiset öljyt. Kaikilla näillä on omat hyvät sekä huonot puolet. (Aarnio et. al. 2013. 55)

Tässä työssä tarkasteltavana olivat mineraaliöljy sekä synteettinen öljy. Voiteluöljyn vaihtoväliä pidennettäessä täytyy käyttää voiteluaineanalyysia, öljyn kunnon määrittämiseksi. Perussuosituksena on ottaa näyte noin kerran vuodessa isoista vaihteistoista, joiden tilavuus on yli 60 litraa, sekä kohteista jotka ovat kriittisiä. Jos pienempiä vaihteistoja on useampia, jotka ovat samanlaisia, voiteluaineanalyysi voidaan tehdä vain osaan vaihteistoista, joka mahdollistaa pienemmällä analyysimäärällä toimimisen. Mahdollisista säästöistä on vähennettävä analyyseihin menevä työn osuus, sekä analyysien hinta. Analyysien teettäminen on suositeltua, eikä niiden lukumäärä käytännössä lisääny, kun käyttöön otetaan synteettinen vaihtoehto. (Kojonen, Miika exxonmobil 1.4.2014, sähköpostiviesti)

8.1.1 Mineraaliöljy

Mineraaliöljy saadaan raakaöljystä tyhjötislaamalla ja puhdistamalla. Raakaöljyjen sopivimmat ominaisuudet voiteluaineen perusöljyn jalostukseen ovat:

- vähäinen aromaattipitoisuus
- vähäinen rikki-pitoisuus
- stabiilisuus

Hiilivetykoostumus vaikuttaa melkein kaikkiin öljyn ominaisuuksiin. Tärkeimmät hiilivetytyypit ovat:

- parafiiniset
- nafteeniset
- aromaattiset

Hiilivetyjen parafiinisuuden ja nafteenisuuden eroavaisuudet vaikuttavat lopputuotteen ominaisuuksiin. Aromaattisilla hiilivedyillä on suurina pitoisuuksina haitallisia vaiku-

tuksia voiteluaineessa. Yleisimmin niitä on perusöljyssä alle 10%. Suurin osa mineraaliöljyistä on tehty parafiinisista perusöljyistä. Perusöljytyypin käyttö riippuu voitelukohteesta ja halutuista ominaisuuksista. (Aarnio et. al. 2013. 55)

Suurin osa teollisuuden voiteluaineista on perinteisiä mineraaliöljyjä, jotka ovat perusöljyjen ja lisäaineiden seoksia. Niille pyritään saamaan käyttökohteen vaatimia ominaisuuksia, kuten:

- viskositeetti
- kylmäominaisuudet
- hapettumisen esto
- hallittu karstanmuodostuminen
- lisäaineliukoisuus
- jne.

Perusöljyseosten ominaisuuksia parannetaan lisäaineilla, jolla pyritään saamaan eri käyttökohteisiin sopivimmat voiteluöljyt. (Aarnio et. al. 2013. 56-57)

8.1.2 Synteettinen öljy

Voiteluaineiden valmistuksessa käytetään mineraaliperusöljyjä tai kemiallisen prosessin avulla tuotettuja synteettisiä nesteitä. Taulukossa 5. on vertailtu erilaisten perusöljyjen ominaisuuksia.

Taulukko 5. Perusöljyjen vertailu.

	Viskositeetti-lämpötila-käyttäytyminen	Kulumissuoja	Kitkikäyttäytyminen	Vaikutus maaleihin	Vaikutus tiiviste-materiaaleihin	Sekoittuvuus mineraaliöljyyn	Kylmäkäyttäytyminen	Hapettumiskestävyys korkeissa lämpötiloissa	Syttyvyys	Suhteellinen hinta
Mineraaliöljy	0	0	+	+++	+++		0	0	-	1
VHVI	++	++	++	+++	+++	+++	+	++	-	4
Polyalfaolefiinit	++	0	+	+++	++	+++	++	++	-	5
Alkyylibentseenit	0	0	+	+++	+++	+++	+	0	-	4
Diesterit	++	0	+	-	0	+	+	+	0	5
Polyliesterit	++	0	++	-	0	0	++	+++	0	5
Polyglykolit	++	+++	+++	+	+	-	+	+++	0	6
Fosforihappoesterit	-	++	++	-	0	-	0	+	++	6
Silikoniöljyt	+++	-	-	++	+++	-	+	+	+	40

+++ eriomainen, ++ erittäin hyvä, + hyvä, 0 välttävä, - huono

Synteettisiin hiilivetyihin lukeutuvat polyalfaolefiini (PAO) ja alkyylibentseenit. Polyalfaolefiinilla on hyvä hapettumisestokky lisääineistettuna ja hyvät viskositeettiominaisuudet kylmässä, sekä kuumassa. PAO tuotteet soveltuvat lähes kaikkeen voiteluaineiden valmistukseen: vaihteistoöljyihin, kompressorioöljyihin, rasvojen perusöljyihin, kiertovoiteluöljyihin. Alkyylibentseenit ovat käytössä jäädytyskompressoreissa, värimetallien valssauksessa ja sähköneristeenä. (Aarnio et. al. 2013. 57-58)

Voiteluaineisiin seostetaan erilaisia kemiallisia aineita, joiden tarkoitus on parantaa voiteluaineen ominaisuuksia tietyllä osa-alueella. Näitä alueita ovat; voiteluaineen suorituskyvyn parantaminen, epäpuhtauksien hajauttaminen, pintojen suojaus ympäristön aiheuttamilta reaktioilta, sekä voiteluaineen eliniän pidentäminen. (Aarnio et. al. 2013. 60)

9 TULOKSET

Tässä osiossa esitellään yksityiskohtaisesti saadut tulokset. Aluksi kunnossapidolliset toimenpiteet, jossa käydään läpi nykyiset kunnossapidolliset käytännöt eri kohteissa. Tämän jälkeen kerrotaan nykyisestä varaosatilanteesta ja varaosien puutteista. Voiteluaineet ja niiden voitelukustannukset sekä mahdolliset energiasäästöt on käsitelty myös tässä osiossa.

9.1 Kunnossapidolliset toimenpiteet

Jotta voidaan määritellä kunnossapidolliset toimenpiteet laitteille ja niiden komponenteille, täytyy ensin erotella laite komponentteihin. Tässä tarkastellaan kuljettimien tärkeimmät komponentit, sekä niille suositeltavat kunnossapidolliset toimenpiteet.

9.1.1 Kolakuljettimet

Kolakuljettimet koostuvat seuraavista kuluvista laitteista ja komponenteista, pois jätettäessä sähkömoottori sekä vaihdelaatikko; kolaketjut, kolat, liukukiskot, taitto- ja veto- pyörät, taitto- ja vetoakselit, laakerit, ketjunpainin joissain tapauksissa, sekä pohja- ja sivupellit.

Parhaat ja toimivimmat kunnossapidolliset toimenpiteet saadaan kokemuksen kautta. Kolakuljettimien komponenttien kestoikää ja vaihtovälejä olen tiedustellut Eforan omalta kunnossapitohenkilökunnalta, sekä laitteiden valmistajilta.

Kuljetinketjut kolakuljettimissa ovat kestäneet useimmiten noin kolme vuotta, joka onkin otettu säännölliseksi vaihtoväliksi. Ainoastaan pohjatuhkakolalla kuljetinketjujen vaihtoväliksi on otettu käyttöön kaksi (2) vuotta, johtuen vaativimmista olosuhteista, kuin muilla kolakuljettimilla. Pohjatuhkakola joutuu kuljettamaan kuumaa ja kuluttavaa tuhka-ainesta.

Kolien, liukukiskojen ja pohjapeltien kuntoa on vaikea seurata käynnin aikana. Tästä syystä kolien, peltien sekä liukukiskojen kunto tarkastetaan joka vuosi kesäseisokissa.

Kolien, peltien ja liukukiskojen silmämääräinen kuntotarkastus kertoo, onko tarvetta vaihdolle tai toimintakunnon palauttavalle toimenpiteelle.

Taitto- ja vetopyörien kohdalla on todettu toimivaksi ratkaisuksi säännöllinen vaihto sekä segmenttien kääntäminen. Taitto- ja veto pyörät koostuvat kahdesta segmenttipalasta jotka käännetään kahden vuoden välein, koska pyörät kuluvat aina puolittain, riippuen vedon suunnasta. Kun pyörät on ajettu molemmilta puolilta loppuun, eli yhteensä neljä vuotta, ne vaihdetaan uusiin.

Laakerit kolakuljettimissa ovat kohtalaisen suuria, jonka takia ne ovat hintavia. Yhden laakerin yksikköhinta voi olla useita tuhansia euroja. Esimerkkinä SKF 22228 CCK/W33 laakeri, joka maksaa yksittäin 1471€ (www.skf.fi). Laakereita ei kannata ottaa säännöllisen vaihdon piiriin, koska kolakuljettimet eivät pyöri säännöllisesti vaan tarpeen mukaan. Laakereiden suhteen kannattaa käyttää kunnon seurantaa, joka jo on käytössä voimalaitoksella. Laakerit vaihdetaan kun mittaukset näyttävät sen olevan käyttöikänsä lopussa.

Ketjunpaininten kuntoa seurataan säännöllisesti ja ne vaihdetaan tarpeen tullen. Taitto- ja vetoakselit ovat erittäin tärkeitä kuljettimien toimimiseksi. Niitä ei voida laittaa säännöllisen vaihdon piiriin, koska niiden kestoikä voi olla 5 vuotta tai vaikka 50 vuotta. Tiedustelin laitetoimittajalta kyseisten kuljettimien akseleiden laskennallista ja arvioitua kestoikää, joka toimittajan mukaan on noin kaksikymmentä vuotta. Akselit voivat rikkoontua yllättäen ja niiden kunnon seuranta on melkein mahdotonta. Akselin rikkoontua, kuljetin joutuu seisomaan niin kauan, että uusi akseli on saatu paikalleen. Esimerkiksi KPA- syöttökolan akselin rikkoontua, joudutaan kyseisen syöttökolan puolella kattilaan syöttämään öljyä turpeen syötön katkettua. Näistä syistä johtuen voidaan ainoastaan valmistautua akseleiden rikkoontumisiin varaosien saatavuuden varmistamisella, sekä vaihtotyön oikeaoppisella suunnittelulla.

9.1.2 Hihnakuljettimet

Hihnakuljettimet koostuvat seuraavista kuluvista laitteista ja komponenteista, pois jätettäessä sähkömoottori sekä vaihdelaatikko; hihna, taitto- ja vetorumpu, kannatus- ja paluurullat, laakerit, kaavarit, sekä hihnaharjat ja -aurat.

Hihnakuiljettimien kriittisin kohta on sen hihna. Hihnan rikkoonnuttua, sitä ei voi käyttää. Muiden osien kriittisyys ei ole niin suurta. Hihnalle ei voida määritellä säännöllistä vaihtoväliä, se voi rikkoontua raudanerotushihnalla jopa tunnin käynnin jälkeen, johtuen siitä, että magneetti saattaa vetää raudan kappaleen hihnan läpi, joka taas rikkoo hihnan. Esimerkki tapauksena kunnossapitoasentaja vaihtoi yövuorossa rikkoontuneen hihnan uuteen. Aamuvuoron tullessa töihin, oli hihna jo mennyt taas rikki. Tästä syystä hihnoille ei voida määritellä tarkkaa kunnossapidollista toimenpidettä. Käynnin turvaamiseksi on varastossa pidettävä varahihnoja riittävästi.

Muut hihnakuiljettimien komponentit voidaan tarkistaa säännöllisellä kunnossapitokieroksella, jossa silmämääräisesti tarkastetaan osien yleiskunto ja laakerit mahdollisuuksien mukaan mittauslaitteella.

9.1.3 RuuVIPurkaimet

RuuVIPurkaimia työssä olivat KPA- siilujen purkaimet 1 ja 2, sekä turvesiilon ruuVIPurkain. Turvesiilon ruuVIPurkaimen kunnossapitotyöt ovat aina erittäin kalliita, sen ollessa laitteena erittäin harvinainen ja sen osat kookkaita. Turvesiilon ruuVIPurkaimen laakeria esimerkiksi ei voida vaihtaa ennen kuin se rikkoontuu, sen hinnan ollessa jo itsessään satojen tuhansien eurojen luokkaa, ottamatta huomioon edes vielä vaihtotyön hintaa. Myös ruuvin huoltaminen on vaikeaa, koska siilo täytyy ajaa sitä ennen tyhjäksi ja siiloa edeltävien kuljettimien on seisottava töiden ajan. Turvesiilon ruuVIPurkaimen ollessa rikkoontunut, on sen täyttöluukun kohdalle suunniteltu ohitusränni, jolloin siilon ollessa toimintakyvytön mahdollista ajaa turve suoraan täyttökolalta siilon alla kulkevalle turvekola 1:lle. Tätä ränniä tosin ei ole käytetty kertaakaan sen olemassa olon aikana. Ainoa toimiva ja mahdollinen ratkaisu käynninvarmistamiselle siilon ruuVIPurkainta ajatellen on mahdollisen korjaus- ja vaihtotyön hyvä suunnitteleminen, ruuvin oikea oppinen voitelu sekä huolto, mukaan lukien kunnonvalvonta.

KPA- siilujen ruuVIPurkaimet vaihdetaan kokonaisuuksina aina vaihdon ollessa tarpeellinen. KPA- siilujen ruuVIPurkaimet ovat tavallisesti kestäneet puolesta vuodesta vuoteen, jonka aikana ruuvit ovat kuluneet niin paljon että vaihto on ollut tarpeellinen. RuuVIPurkainten ruuveihin on tehty viimeaikoina kovapalahitsauksia, joilla pitäisi ruu-

vin kestoikä saada vuodeksi. KPA- siilojen ruuvipurkainten käyttö on melko tasaista jonka ansiosta ne sopivat hyvin aikavälein vaihdettavaksi, joka tässä tapauksessa on yksi vuosi.

9.1.4 Ruuvikuljettimet

Ruuvikuljettimia jotka opinnäytetyöhön kuuluivat, olivat syöttöruuvit 1-6 ja pohjatuhkaruuvit 1-3. Syöttöruuvien tehtävänä on KPA-kolan tuoman polttoaineen annostelu sulkusyöttimelle, joka taas annostelee kattilaan menevän polttoaineen. Kattilan molemmilla puolilla on toisiinsa nähden peilikuvana oleva polttoainelinja. molemmilla puolilla on KPA- siilo, jonka tilavuus on 200 kuutiometriä. Siiloissa pyörii ruuvipurkaimet, jotka annostelevat hakkeen ja turpeen sekoituksen KPA- syöttökolille. Kolakuljettimet vievät polttoaineen kattilan molemmilla puolilla oleville kolmelle syöttöruuville.

Kyselyäni syöttöruuvien kunnossapidosta, sain vastaukseksi, ettei niitä ole koskaan tarvinnut vaihtaa. Koska ne eivät ole vielä kertaakaan rikkoontuneet, niille on huono suunnitella toimenpiteitä varaosatilannetta pidemmälle. Syöttöruuveille riittää varaosien saatavuudella saatava käynninvarmistus.

Pohjatuhkaruuvien tehtävänä on siirtää ja jäähdyttää kattilan tuottamaa tuhkaa. Pohjatuhkaruuvit ovat nestejäähdytyksellä olevia ruuvikuljettimia, jotka siirtävät tuhkan pohjatuhkakolalle, joka on myös jäähdytetty. Pohjatuhkaruuvit ovat kestäneet kattila 7:n käynnistyksestä asti ilman suuria vikoja (1995). Ainoastaan yksi ruuvi on vaihdettu tähän mennessä kokonaisuutena, jonka aikana siihen tehtiin myös pieniä muutoksia, kuten ruuvien pidennys.

Molemmissa kohteissa voidaan tukeutua kunnonvalvontaan, jonka avulla päätetään kunnossapidolliset toimenpiteet. Varaosiksi syöttöruuveille ei ollut merkitty kuin laakerit, ruuvia ei ole varaosana ollenkaan niille. Pohjatuhkaruuville on myös ruuvi merkitty varaosaksi ja yksi kappale jopa löytyy, tosin Oulun varastosta.

9.2 Varaosatilanne

Varaosatilanne kartoitettiin käyttämällä laitevalmistajan suosituksia sekä SAP- järjestelmän antamia tietoja, jotka koottiin Excel- taulukoksi. Kartoitus tehtiin 21.1.2014 ja kartoitukseen otettiin mukaan myös Stora Enson Oulun tehtaan varaosasalton, jolla haettiin synergiaetuja varaosien suhteen.

Varaosavarastointi sitoo suuria määriä pääomaa, minkä takia ei välttämättä joka tehtaalla kannata pitää samoja osia varastossa. Oulun tehtaan ja Veitsiluodon tehtaan välimatka on hieman yli sata kilometriä, jonka ansiosta varaosan kuljetus on kohtuullisen nopeaa niiden välillä. Tietenkin useasti rikkoontuvat ja halvat varaosat kriittisiin kohteisiin on hyvä pitää omassakin varastossa.

Varaosatilanteen selvityksessä huomattiin puutteita useammassakin kohteessa ja esimerkiksi kolakuljettimien veto- ja taittoakselien valmistus- ja varastointikustannukset ovat edullisia, suhteutettuna siihen kuinka tärkeitä ne ovat tuotannon kannalta. Toisena esimerkkinä voidaan ottaa raudanerottimen hihna, jonka varaosaldo oli Kemissä nolla kappaletta, Oulussa oli yksi varastossa. Raudanerottimen hihnoja kannattaisi pitämään omassakin varastossa aina vähintään kaksi kappaletta, johtuen niiden arvaamattomasta menekistä.

Varaosien joiden tuleva menekki voidaan arvioida, kuten kolakuljettimien ketjupyörät, voidaan tilata hieman ennen suunniteltua seisokkia. Näin ei sidota turhaan pääomaa varastoon.

Yrityksen kannattaisi tilata kolakuljettimille veto- ja taittoakselit varastoon, niiden edullisen hinnan ja kriittisyyden vuoksi. Akseleiden tärkeys varaosanakin on tunnistettava. Kattilasiilokolan vetoakselin mentyä noin vuosi sitten, ei varaosaa ollut lähimailla, jonka takia KPA- siilojen täyttö keskeytyi ja joka olisi voinut johtaa siilojen tyhjenemiseen, jolloin olisi jouduttu ottamaan käyttöön öljyn poltto molemmilla puolin kattilaa, energian saannin turvaamiseksi. Myös hihnakuljettimien veto- ja taittorummut ovat edullisia,

mutta harvoin meneviä varaosia. Niitäkin kannattaisi ottaa omaan varastoon käynninvarmistamiseksi.

9.3 Voiteluaineet

Tarkoituksena oli kartoittaa kuljettimissa olevat vaihdelaatikat, sekä niissä käytössä olevat voiteluaineet. Tiedot kerättiin kuljettimissa olevista vaihdelaatikoista Excel- taulukkoon ja selvitettiin käytössä olevat voiteluaineet, sekä voiteluainemäärät. Ulko- lämpötiloissa olevissa kuljettimien vaihdelaatikoissa on otettu jo käyttöön synteettiset öljyt, jotka toimivat mineraaliöljyjä paremmin vaihtelevissa käyttöolosuhteissa. Yksi tämän työn tarkoitus oli selvittää, saadaanko sisätiloissa olevien kuljettimien vaihdelaatikkoöljyjen vaihtamisella aikaan taloudellisia hyötyjä. Mahdolliset säästöt jotka voidaan saada aikaan perustuvat pitempiin öljyvaihtoväleihin, sekä energiasäästöön.

9.3.1 Voitelukustannukset

Tavoitteena on säästää voitelukustannuksissa käyttämällä synteettistä voiteluöljyä vaihteistoissa. Säästöt muodostuvat öljyn pidemmästä vaihtovälistä, mikä vähentää työn määrää sekä energiansäästöstä, mikä on saavutettavissa synteettisen öljyn pienemmän kitkan ja traction- arvon ansiosta. Tällä hetkellä voimalaitoksen sisätiloissa olevissa vaihdelaatikoissa on käytössä mineraaliöljy Esso Spartan EP 220.

Käytetyt laskukaavat ja öljylaatujen tiedot on saatu Exxonmobil öljytoimittajalta, sekä niitä on muokattu sopivammiksi kyseiseen käyttökohteeseen yhdessä kunnossapitopalvelupäällikkö Jaakko Henttisen kanssa. Vertailussa synteettisen ja mineraaliöljyn välillä käytetään seuraavia keskimääräisiä arvoja, jotka on saatu Eforalta: yhden vaihteen öljynvaihtoon menevä aika 2,75 h x 2 henkilöä, työtunnin arvo 40 €/h. Näistä laskettuna yhden vaihteen öljynvaihdon arvo on 220 €. Mineraaliöljy maksaa yritykselle vain neljäsosan synteettiseen verrattuna. Öljytoimittaja suositteli myös uutta mineraaliöljyä jolla myös saataisiin jo säästöjä aikaiseksi. Tarkastelussa oli mukana nykyinen mineraaliöljy, uusi mineraaliöljy, sekä synteettinen öljy.

Odotettava öljynvaihtoväli on nykyisellä öljyllä yksi vuosi ja synteettiselle öljytoimittaja suositteli vaihtoväliksi kymmentä vuotta. Kunnossapitopalvelupäällikkö Jaakko

Henttisen kanssa mietittiin mahdollisia vaihtovälejä ja synteettiselle sovittiin vaihtoväliksi neljä vuotta, jonka aikana öljyn ominaisuuksien ei pitäisi kärsiä liikaa. Uudelle mineraaliöljylle sovittiin kahden vuoden vaihtoväli. Tarkkoja litramääriä öljynkulutuksesta ei voida mainita salassapidon takia. Tarkastellaan eri öljylaatujen hintaa kymmenen vuoden aikajaksolla kaavalla 2.:

$$\text{vaihtomäärä } x \text{ (litramäärä } x \text{ öljynhintaa + vaihteistojen lkm. } x \text{ vaihtotyön hinta) (2.)}$$

Taulukosta 6. nähdään, että uuden mineraaliöljyn voitelukustannukset olisivat vain 49 % nykyiseen verrattuna. Mikäli käyttöön otettaisiin synteettinen öljy, kustannus olisi vain 32,3 % nykyisestä. Synteettisellä öljyllä saataisiin siis huomattavat säästöt aikaisiksi.

Taulukko 6. Öljyjen voitelukustannukset.

öljyalaatu	voitelukustannukset
käytössä oleva	100 %
uusi mineraaliöljy	49%*
synteettinen	32,3%*

(*uusien öljyjen voitelukustannus suhteutettuna käytössä olevaan öljyalaatuun.

9.3.2 Energiasäästö

Sähköenergiasäästö synteettisillä voiteluöljyillä perustuu seuraaviin tekijöihin; synteettisellä öljyllä on pienempi kitkakerroin ja traction- arvo (öljyn sisäinen kitka), pienemmästä kitkasta, sekä muista tekijöistä johtuva matalampi öljyn ja vaihteen käyntilämpötila. Käyntilämpötilan pienentyminen kertoo energiasäästön. Suurempi osa vaihdetta pyörittävästä energiasta saadaan ulos mekaanisena energiana, eikä lämpönä. Hammasvälitysten käydessä pienemmässä lämpötilassa voiteluainekalvo on laajempi, aikaan saaden tehokkaamman voitelun, joka on suorassa suhteessa kulumisenestoon. Mikäli vaihteen hyötysuhde on mineraaliöljyllä 96%, öljyn lämpötilan ollessa 65 °C, tyypillisesti sama vaihde toimii synteettisellä öljyllä hyötysuhteella 96,5%, öljyn lämpötilan ollessa 60 °C. Sähköenergiakustannusten lasku saadaan laskettua kaavalla 3.:

$$\text{käyttöaika}(h/a) \times \text{vaihteen } P \times \text{sähkön hinta } x \text{ (miner.hyötysuhde – synt. h.suhd.)}/100 \text{ (3)}$$

Oletetaan seuraavat lähtöarvot; vaihteiden teho 101,7 kW, vaihteen hyötysuhde 96 % mineraaliöljyllä, 96,5 % synteettisellä, ympäristön lämpötila 20 °C, mineraaliöljyn lämpötila 65 °C, synteettisellä 60 °C, vaihteen käyttöaika 8000 h/a, sähköenergian hinta 7cent/kWh.

Taulukossa 7. energiakustannukset laskevat 285 euroa vuodessa, joka tarkoittaa 2850 € kymmenessä vuodessa. Synteettisen voiteluaineen etuna on pienempi energiankulutus, pienentynyt öljynkulutus, vähemmän jäteöljyä, sekä vaihtotyöhön kuluu vähemmän aikaa.

Taulukko 7. Mahdollinen energiakustannuksen laskeminen.

öljylaatu	käyntilämpötila	energian hinta	mahdollinen säästö vuodessa
käytössä oleva	65°C	x€	0
uusi mineraaliöljy	65°C	x€	0
synteettinen	60°C	x - 285€	285 €

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka ja millä toimenpiteillä kuljettimien käynti saadaan varmistettua ja löytyykö mahdollisia parannuskohteita niihin liittyen. Työssä tutkittiin kunnossapidollisia toimenpiteitä, varaosatilannetta, sekä käytössä olevia öljylaatuja ja niiden mahdollisia korvaajia.

Työ aloitettiin tutustumalla opinnäytetyöhön kuuluviin kuljettimiin, sekä niiden toimintaperiaatteisiin. Kun kaikki kuljettimet oli saatu selvitettyä, kerättiin SAP- järjestelmästä, sekä laitetoimittajien tekemistä kunnossapitomapeista vara- ja kulutusosatieidot, sekä käytössä olevat vaihdelaatikkomallit. Vara- ja kulutusosatieidojen avulla kyettiin hakemaan SAP- järjestelmästä varastosaldo jokaiselle osalle, jonka avulla pystyttiin huomaamaan puuttuvat varaosat. Varaosatilanteessa oli muutama asia, jotka tarvitsisivat parannusta. Puuttuvia varaosia olivat kolakuljettimien veto- ja taittoakselit, jotka ei ole kalliita varaosia, eivätkä varastosta isoa tilaa vie, mutta rikki mennessään pysäyttävät koko kuljettimen. Myös raudanerotushihnoja saisi olla useampia aina varastossa, koska ne saattavat kestää käytössä vain päivän. Varsinkin nämä osat suosittelisin tilaamaan omaan varastoon, niiden kriittisyyden takia, jolloin saadaan kuljettimien käyntiä varmistettua.

Myös kunnossapidolliset toimenpiteet, jotka kuljettimilla on käytössä, selvitettiin henkilöhaastattelujen ja SAP- järjestelmän tietojen perusteella. Toimenpiteet jotka kuljettimien kunnan ylläpitämisessä on käytössä, ovat mielestäni täysin toimivia ja en menisi niitä muuttamaan. Laitteilla ja komponenteilla, joilla on säännöllinen rikkoontumisväli, vaihdetaan tietyin aikavälein. Epäsäännöllisesti rikkoontuvat kuuluvat mittavaan kunnonvalvonnan piiriin ja niin edelleen. Myös liiallisella kunnossapidolla on negatiiviset puolensa, varsinkin taloudelliset sellaiset.

Työssä myös tarkasteltiin kuljettimien vaihteistoissa käytössä olevia öljyjä. Ulkona ja kylmissä tiloissa olevien kuljettimien vaihteistoissa on jo käytössä synteettiset öljyalaadut. Selvityspyyntö koskikin sisätiloissa olevia kuljettimia. Työssä selvitettiin Mobilin uusien öljyalaadujen toimivuutta sisäkuljetinkohteissa. Tarkastelun tuloksena voidaan todeta, että vaihdelaatikoihin on suositeltavaa ja kannattavaa ottaa käyttöön synteettiset voiteluaineet. Tarkastelussa oli mukana myös Mobilin 600 XP mineraaliöljy, jolla voi-

taisiin jo saada huomattavia säästöjä aikaiseksi. Suurin hyöty saadaan kuitenkin ottamalla käyttöön SHC 600- sarja, jonka avulla saadaan säästöjä energiakustannuksissa, työmäärässä, öljynkulutuksessa, sekä ympäristövaikutuksissa. 10 vuoden tarkastelujaksolla synteettisellä voiteluaineella voidaan säästää energiassa 2850 € ja voitelukustannuksissa melkein 70 %.

Itselleni opinnäytetyö oli riittävän haastava, mutta erittäin mielenkiintoinen haaste. Opinnäytetyön aikana sain käyttää koulussa opittuja asioita esimerkiksi tiedonhaussa, taulukoiden tekemisessä, raportoinnissa, sekä erilaisissa vertailuissa. Työtä tehdessäni opin paljon kunnossapidosta, kunnossapidon kustannuksista, voimalaitoksen polttoainelinjastoista, kunnossapitohenkilökunnan työtehtävistä, SAP- järjestelmästä, sekä projektisuunnitelman tärkeydestä.

LÄHTEET

- Kojonen, Miika & Halonen, Petri, ExxonMobil Finland Oy Ab. Vaihteistoöljytarkastelu. Sähköpostikeskustelu, 2014.
- Veitsiluodon tehtaas, PowerPoint-esitys. Stora Enso Oyj, 2013.
- Efora Oy. Efora lyhyesti. www.efora.fi
- SAP- tietojärjestelmä, Stora Enso Oyj.
- Aarnio, Markku & Haili, Esa & Holmila, Ari & Hulkko, Mika & Jauhiainen, Tuomo & Kuvaja, Jarno & Latvanen, Harri & Luomala, Ville & Malinen, Raimo & Niemelä, Matti & Nousiainen, Timo & Partanen, Lasse & Pulkkinen, Pertti & Ronkainen, Helena & Saastamoinen, Ari & Römpötti, Mika & Virolainen, Timo & Tilus, Timo 2013, Teollisuusvoitelu käsikirja. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 8. 5. painos. Helsinki: KP-Media Oy.
- Metsäteollisuuden Työnantajaliitto 1981, M-104, Lappeenranta: Etela-Saimaan Kustannus Oy
- Opetushallitus, Oppimateriaalit, varaosat ja varastot, hakupäivä 1.4.2014.<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-5_varaosat_ja_varastot.html>
- Huber Ab, Rotamat-ruuvikuljetin, hakupäivä 25.3.2014. <<http://www.huber.fi/ROTAMAT-Ruuvikuljetin-Ro-8-Ro-8t.htm>>
- Mitsui miike CO. LTD., ruuvipurkain, hakupäivä 25.3.2014.<<http://www.mitsumiike.co.jp/english/product/transport/indoor/>>
- Ansaharju, Tapani 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY.
- Laine, Hannu 2010. Tehokas kunnossapito, tuottavuutta käynnissäpidolla. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 16. Helsinki: KP-media Oy.
- Miettinen, Juha & Mikkonen, Henry & Jantunen, Erkki & Kokko, Voitto & Leinonen, Pertti & Riutta, Erkki & Sulo, Erkki & Komonen, Kari & Lumme, Veli & Kautto, Juha & Heinonen, Kari & Lakka, Sami & Mäkeläinen, Risto 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 13. Helsinki: KP-media Oy.
- Järviö, Jorma & Lappalainen, Markku & Parantainen, Timo & Piispa, Taina & Åström, Thomas 2007. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10. 4. painos. Helsinki: KP-media Oy.

Järviö, Jorma & Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen.
Kunnossapidon julkaisusarja n:o 10. 5. painos. Helsinki: KP-media Oy.