

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka / Käyttö ja käynnissäpito

Petteri Loukonen ja Kyösti Salminen

BIOKAASUTUSLAITOKSEN ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA

KRIITTISYYSANALYYSIN AVULLA

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

LOUKONEN, PETTERI

Biokaasutuslaitoksen ennakkohuoltosuunnitelma

SALMINEN, KYÖSTI

kriittisyysanalyysin avulla.

Insinöörityö

41 sivua + 3 liitesivua

Työn ohjaajat

Matti Loukonen, voimalaitospäällikkö

Jaakko Laine, lehtori

Arja Sinkko, lehtori

Toimeksiantaja

Vaskiluodon Voima Oy

Maaliskuu 2014

Avainsanat

kaasutus, kunnossapito, kriittisyysanalyysi, ennakkohuolto

Opinnäytetyön tavoite oli suunnitella Vaskiluodon Voima Oy:n biokaasutuslaitokselle ennakkohuoltosuunnitelma kriittisyysanalyysin avulla. Työn tarkoituksena oli tunnistaa laitoksen tärkeimmät päälaitteet kriittisyysanalyysillä ja suunnitella niille määrälliset ennakkohuoltotehtävät sekä huoltovälit. Biokaasutuslaitos otettiin käyttöön vuonna 2012, eikä sille ole tehty aikaisempaa ennakkohuoltosuunnitelmaa.

Teoriaosuudessa käsitellään kunnossapitoa yleisesti, esitellään kriittisyysanalyysin menetelmä ja syvennyttään biokaasutuslaitoksen toimintaan, tekniikkaan ja kaasusteoriaan. Käytännön osuudessa on raportoitu kriittisyysanalyysi ja ennakkohuoltosuunnitelma sekä analysoitu niiden menetelmiä ja tuloksia.

Työn lopputuloksena syntyi biokaasutuslaitoksen päälaitteiston kriittisyysluokittelu ja ennakkohuoltosuunnitelma, joka liitettiin osaksi yrityksen kunnossapitojärjestelmää. Työmme parantaa laitoksen kunnossapidettävyyttä sekä ehkäisee laitteiston vikaantumista. Ennakkohuoltosuunnitelmalla on myös taloudellisia vaikutuksia, koska se vähentää korjauskustannuksia, pidentää laitteiston käyttöikää sekä ehkäisee odottamattomia tuotannon pysähdyksiä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences / Energy Engineering

LOUKONEN, PETTERI

Preventive Maintenance Plan with Criticality Analysis for

KYÖSTI, SALMINEN

Bio-Gasification plant

Bachelor's Thesis

41 pages + 3 pages of appendices

Supervisors

Jaakko Laine, Senior Lecturer

Arja Sinkko, Senior Lecturer

Instructor

Matti Loukonen, Power Plant Manager

Commissioned by

Vaskiluodon Voima Oy

March 2014

Keywords

gasification, maintenance, criticality analysis, preventive maintenance

The aim of the thesis was to design a preventive maintenance plan with criticality analysis for a bio-gasification plant owned by Vaskiluodon Voima Oy. The purpose was to identify the most important main equipment with criticality analysis and plan periodic preventive maintenance tasks and service intervals for them. The bio-gasification plant was introduced in December 2012 and this is the first preventive maintenance plan designed for it.

The theoretical part of the thesis deals with maintenance in general, presents the method used in criticality analysis and concentrates on function, technology and gasification theory of bio-gasification plant. The practical part consists of reports of criticality analysis and preventive maintenance plan, as well as analysis of results

As the results of the thesis, criticality classification of the main equipment and preventive maintenance plan, which was added to the company's maintenance system, were created. This work improves the maintainability of the plant and prevents equipment failures. The preventive maintenance plan also has a financial impact as it reduces the cost of repairs, extends service life of equipment and prevents unexpected halts in production.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LIITTEET

5

1 JOHDANTO

6

1.1 Vaskiluodon Voima Oy (VVOY)

7

1.2 Vaskiluodon voimalaitos

7

1.3 Kaasutuslaitosprojekti

8

1.4 Kaasutusteoria

9

2 KUNNOSSAPITO

10

2.1 Kunnossapitolajit

11

2.1.1 Parantava kunnossapito

11

2.1.2 Ehkäisevä kunnossapito

11

2.1.2.1 Ehkäisevän kunnossapidon hyöty

12

2.1.2.2 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu

13

2.1.3 Korjaava kunnossapito

14

2.2 Vikaantuminen

14

2.2.1 Vikaantumisen syyt

15

2.2.2 Vikaantumisen estäminen

15

3 KRIITTISYYSANALYYSI

16

3.1 Yleistä kriittisyysanalyysistä

16

3.2 Standardin PSK-6800 menetelmä

16

3.3 Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA)

19

3.4 Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen kriittisyysanalyysin perusteella

20

4 VASKIGASIN POLTTOAINEKENTÄN TOIMINTA JA HUOLTOKOhteet

20

4.1 Biopolttoaineen vastaanotto

20

4.2 Biopolttoaineiden seulonta ja murskaus

21

4.3 Varastosiihot

22

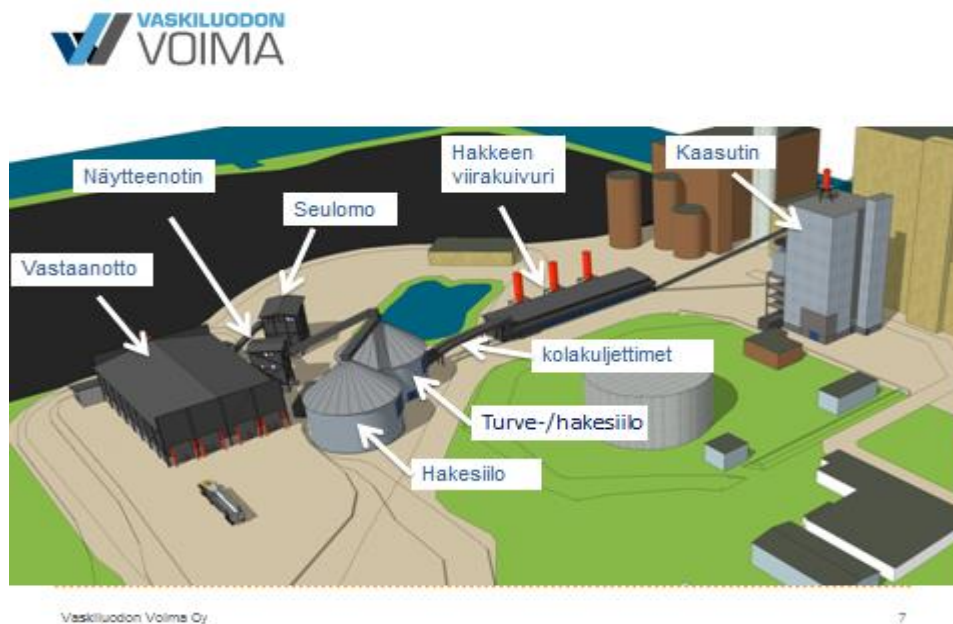
4.4 Kuivain

23

| | | |
|-----|--|----|
| 5 | VASKIGASIN KAASUTINRAKENNUKSEN TOIMINTA JA HUOLTOKOhteet | 23 |
| 5.1 | Kaasutusreaktorin muuraukset | 24 |
| 5.2 | Polttoaineen syöttö | 24 |
| 5.3 | Kaasutusilman syöttö | 25 |
| 5.4 | Pohjatuhkan käsittely | 26 |
| 5.5 | Petimateriaalin syöttö | 27 |
| 5.6 | Apulaitteet | 27 |
| 5.7 | Tuotekaasupoltinjärjestelmä | 28 |
| 6 | VASKIGASIN KRIITTISYYSANALYYSI | 29 |
| 6.1 | Kriittisyysanalyysin suorittaminen | 30 |
| 6.2 | Työn vaiheet | 32 |
| 6.3 | Tulokset | 33 |
| 7 | ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA | 36 |
| 7.1 | Suunnittelussa käytetty menetelmä | 37 |
| 7.2 | Suunnitelman suorittaminen | 37 |
| 7.3 | Ennakkohuoltotöiden analysointi | 39 |
| 8 | YHTEENVETO | 40 |
| | LÄHTEET | 41 |
| | LIITTEET | |
| | LIITE 1. Polttoaineen syötön kriittisyysanalyysi | |
| | LIITE 2. Polttoaineen kuivauksen kriittisyysanalyysi | |
| | LIITE 3. Ote ennakkohuoltosuunnitelmasta | |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Vaskiluodon voimalaitoksen biokaasutuslaitokselle VaskiGasille (Kuva 1.) ennakkohuoltosuunnitelma kriittisyysanalyysin tuloksien perusteella. Kriittisyysanalyysi tehtiin standardin PSK-6800 mukaisesti, ja menetelmää muokattiin tämän työn ja tuotantotavan tarpeiden mukaan. Huoltosuunnitelma toteutettiin päälaitteista kaikkein kriittisimmille eli A-laitteille. Laitteille selvitettiin huoltovälit sekä määräajoin tehtävät ennakkohuoltotyöt. Ennakkohuoltosuunnitelma liitettiin Vaskiluodon voimalaitoksen käytössä olevaan ennakkohuoltojen tiedonsiirto- ja muokkausohjelmaan.



Kuva 1. Biokaasutuslaitoksen layout (M-files 2013.)

Biokaasutuslaitos otettiin käyttöön vuonna 2012, eikä sille ole tehty yhtenäistä ennakkohuoltosuunnitelmaa yrityksen kunnossapitojärjestelmään. Opinnäytetyön aihe syntyi ennakkohuoltotehtävien puutteellisuuden vuoksi. Työn laajuuden ja monivaiheisuuden vuoksi se suoritettiin parityönä. Biokaasutuslaitos jaettiin tekijöiden kesken kahteen vastualueeseen, joista Salminen hoiti polttoainekentän ja Loukonen kaasutintrakennuksen ja tuotekaasupoltinjärjestelmän.

Opinnäytetyötä tehdessä olimme käyttämään avuksi aiheeseen liittyviä standardeja, joista tärkeimpänä kriittisyysanalyysissa hyödynnetty standardin PSK-6800 menetelmä. Lisäksi perehdyimme kunnossapidon käsitteisiin ja standardeihin, joiden ymmärtäminen oli tarpeellista tuloksen aikaansaamiseksi. Saimme myös näkemystä biokaa-

sutukseen liittyvästä tekniikasta ja teoriasta, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään. Kriittisyysanalyysin ja ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen kehitti ammattitaitoamme, koska pääsimme tutustumaan alamme yleisiin työmenetelmiin.

1.1 Vaskiluodon Voima Oy (VVOY)

EPV Energia Oy ja Pohjolan Voima Oy perustivat Vaskiluodon Voima Oy:n 1960-luvun loppupuolella, ja yritykset omistavat VVOY:n tasaosuuksin. Muodostuneen yhtiön tarkoituksena oli rakentaa kaukolämpöä ja sähköä tuottava laitos Vaasan Vaskiluotoon, sekä huolehtia voimalaitoksen käytöstä ja kunnossapidosta. VVOY laajeni 1980-luvun loppupuolella rakentaessaan voimalaitoksen Seinäjoelle Kyrkösjärven rannalle. Seinäjoen voimalaitoksen sähköteho on 120 MW ja lämpöteho 100 MW. Vuonna 2012 VVOY:n liikevaihto oli noin 97 miljoonaa euroa. Käytöstä ja kunnossapidosta vastaa VVOY:n oma henkilökunta, EPV Energia hoitaa yhtiön talouspalvelut ja hallintopalveluista vastaa EPV Energia yhteistyössä Pohjolan Voiman kanssa. (Vaskiluodon Voima Oy 2013.)

1.2 Vaskiluodon voimalaitos

Kuvassa 2 oleva Vaskiluodon voimalaitos valmistui vuonna 1972, jolloin laitoksen sähköteho oli 160 MW ja polttoaineena käytettiin raskasta polttoöljyä. Ensimmäinen suuri muutos tapahtui voimalaitoksella vuonna 1982, kun raskaspolttoöljykattila vaihdettiin uuteen kivihiihikattilaan. Kattila on Tampellan valmistama Benson-tyyppinen läpivirtauskattila, jolle tehtiin tehonkorotus vuonna 1998. (Vaskiluodon Voima Oy 2013.)

Tehonkorotuksen yhteydessä otettiin käyttöön myös voimalaitoksen nykyinen turbiini, joka on Alstomin toimittama kolmipesäinen kaukolämpöväliottoturbiini. Turbiinin nettosähköteho on 230 MW ja kaukolämpöteho 175 MW. Vuonna 1993 laitokseen liitettiin Mitsubishin valmistama rikinpoistolaitos, jonka tarkoituksena on vähentää savukaasujen rikkipitoisuutta märkäpesutekniikalla. (Vaskiluodon Voima Oy 2013.)

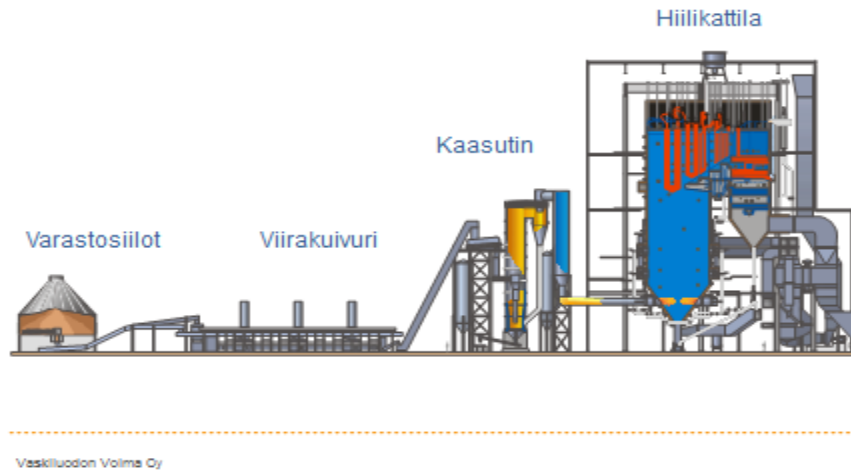


Kuva 2. Yleiskuva Vaskiluodon voimalaitoksesta (M-files 2013.)

1.3 Kaasutuslaitosprojekti

VVOY aloitti toukokuussa 2011 kaasutuslaitosprojektin, jonka tarkoituksena oli rakennuttaa vaskiluodon kivihiihivoimalaitoksen yhteyteen biokaasutuslaitos kuvan 3 osoittamalla tavalla. Biokaasuttimella mahdollistetaan kivihiihien korvaaminen 25 – 40- prosenttisesti bioperäisillä polttoaineilla, kuten metsähakkeella ja energiaturpeella. Tämä vähentää voimalaitoksen vuotuisia hiilidioksidipäästöjä noin 230 000 tonnilla. Projektilla on myös muita positiivisia vaikutuksia, kuten vaskiluodon voimalaitoksen pidentyvä käyttöikä ja uudet työpaikat erityisesti polttoainehankinnassa. (Vaskiluodon Voima Oy 2013.)

Kaasutuslaitos otettiin käyttöön marraskuussa 2012 ja oli valmistuttuaan maailman suurin biomassan kaasutuslaitos, jonka polttoaineteho on 140 MW. Metso Power Oy toimitti kaasutuslaitoksen päälaitteet. Toimitus oli kokonaisratkaisu joka sisälsi polttoaineen käsittelyn, metsähakkeenkuivauslaitoksen, kiertopetikaasuttimen, kivihiihikattilan muutostyöt sekä koko toimituksen sähkö- ja automaatiotyöt. (Vaskiluodon Voima Oy 2013.)

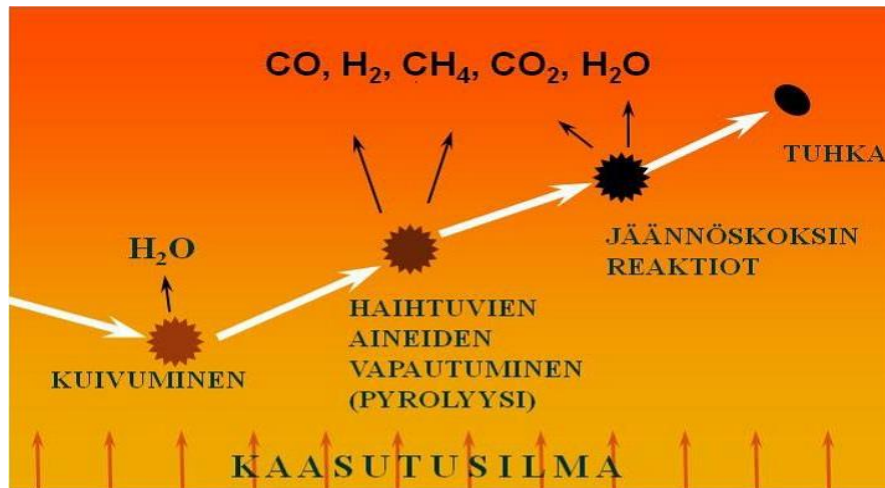


Kuva 3. Biokaasutuslaitoksen liitos Tampellan läpivirtauskattilaan (M-files 2013.)

1.4 Kaasutusteoria

Kaasutus on tapahtuma, jossa hiilipitoinen polttoaine muuttuu polttokelpoiseksi tuotekaasuksi termisessä prosessissa. Puuperäiset polttoaineet sopivat kaasutukseen parhaiten, koska niissä on paljon haihtuvia aineita. Reaktion aikaansaamiseksi tarvitaan korkea lämpötila ($>700^{\circ}\text{C}$) ja happea. Vaskiluodon kaasutinlaitos on tarkoitettu kaasuttamaan 140 MW:n polttoaineteholla puubiomassaa ja jyrshinturvetta tuotekaasuksi. Polttoaine on energiasuhteeltaan 60 % puuta ja 40 % turvetta. Kosteaa puubiomassaa vaatii kuivauksen kuivaamalla, mutta turvetta ei saa kuivata räjähdysvaaran vuoksi. (Metso Oyj 2012.)

Kaasutukseen vaiheisiin kuvion 1 mukaan kuuluu polttoaineen kuivatus, pyrolyysi eli polttoaineen hajoaminen, jäännösten hajoaminen ja palamisreaktiot. Syntyneen tuotekaasun ominaisuudet riippuvat polttoaineen ominaisuuksista ja kaasutuslämpötilasta. Syntyneen tuotekaasun pääkomponentit ovat typpi (N_2), metaani (CH_4), hiilidioksidi (CO_2), hiilimonoksidi (CO), vesihöyry (H_2O) ja kaasutusilman mukana tuleva vety (H_2). Lisäksi päästöinä syntyy lentotuhkaa ja tervaa. (Metso Oyj 2012.)



Kuvio 1. Kaasutuksen vaiheet (Metso Oyj 2012.)

Yleensä palamisessa käytetty ilmakerroin λ on käytetyn ilmamäärän ja kemiallisesti täydellisen palamisen ilmamäärän suhde. Kun poltetaan ali-ilmalla eli $\lambda < 1$ puhutaan kaasutuksesta. Ilmakerroin kaasutuksessa on normaalisti 0,25 - 0,35. Kaikki ilma reaktorissa ei kuitenkaan kulu kaasutusreaktioihin, vaan osa polttoaineesta tarvitaan ylläpitämään reaktorin lämpöä ja jos polttoaine on kostea, niin sen kuivattamiseen kuluu ilmaa. Märkä polttoaine siis kuluttaa enemmän energiaa kuin sama määrä kuivaa polttoainetta. (Metso Oyj 2012.)

2 KUNNOSSAPITO

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kunnossapidon osalta ehkäisevään kunnossapitoon ja vikaantumiseen. Seuraavissa kappaleissa kuitenkin käsitellään yleisiä kunnossapidon menetelmiä ja määrittämiä, koska niiden ymmärtäminen helpotti työn suorittamista.

Kunnossapito on yleisesti erilaisten koneiden, laitteiden ja prosessien ylläpitämistä siten, että ne pysyvät toimintakuntoisina, ja samalla ympäristö ja turvallisuusriskit huomioidaan. (Järviö 2011, 15.)

Standardin SFS-EN 13306 mukaisesti kunnossapito määritellään näin: *Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.* (SFS-EN 13306: 2010, 8.)

Standardin PSK 6201 mukaan *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.* (PSK 6021: 2011, 2.)

2.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapito voidaan jakaa eri lajeihin eli osa-alueisiin, mutta tätä jakoa esitetään usealla eri tavalla. Käsitteet ovat nimetty eriyvästi eri esitystavoissa, mutta kuitenkin yleisesti kunnossapito voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään: parantavaan, ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. (Saarenpää 2006, 24.)

2.1.1 Parantava kunnossapito

Standardin PSK 6021 mukaan *parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa.* (PSK 6021: 2011, 23.)

Parantava kunnossapito muodostuu kolmesta ryhmästä. Ensimmäisen ryhmän toimintatapa on muuttaa kohdetta vaihtamalla siihen uudempia osia vaikuttamatta sen suorituskykyyn. Toinen ryhmä sisältää suunnittelua ja korjausta, joiden tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta muuttamatta sen suorituskykyä. Kolmannen pääryhmän muodostavat erilaiset modernisaatiot, jotka muuttavat kohteen suorituskykyä. Yleensä kohteen modernisaatio johtaa myös valmistusprosessin uudistumiseen. (Järviö 2011, 51.)

2.1.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito tarkoittaa säännöllisesti tehtäviä toimenpiteitä, jotka suoritetaan ennen kohteen vikaantumista. Näillä toimenpiteillä varmistetaan koneen häiriötön toiminta. Tärkeimpänä toimenpiteenä voidaan pitää vikaantumisen havaitsemista ja sen korjaamista ennen kuin se vie koneen toimintakyvyn. Ehkäisevä kunnossapito on siis suunniteltua toistuvaa toimintaa, jota tehdään käynnin tai seisokkien aikana. (Järviö 2011, 72.)

SFS-EN13306 mukaan ehkäisevä kunnossapito on *määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä suoritettu kunnossapito jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toiminnan heikkenemistä.* (SFS-EN 13306: 2010, 20.)

PSK 6201 määrittely on hieman erilainen: *Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.* (PSK 6021:2011, 22.)

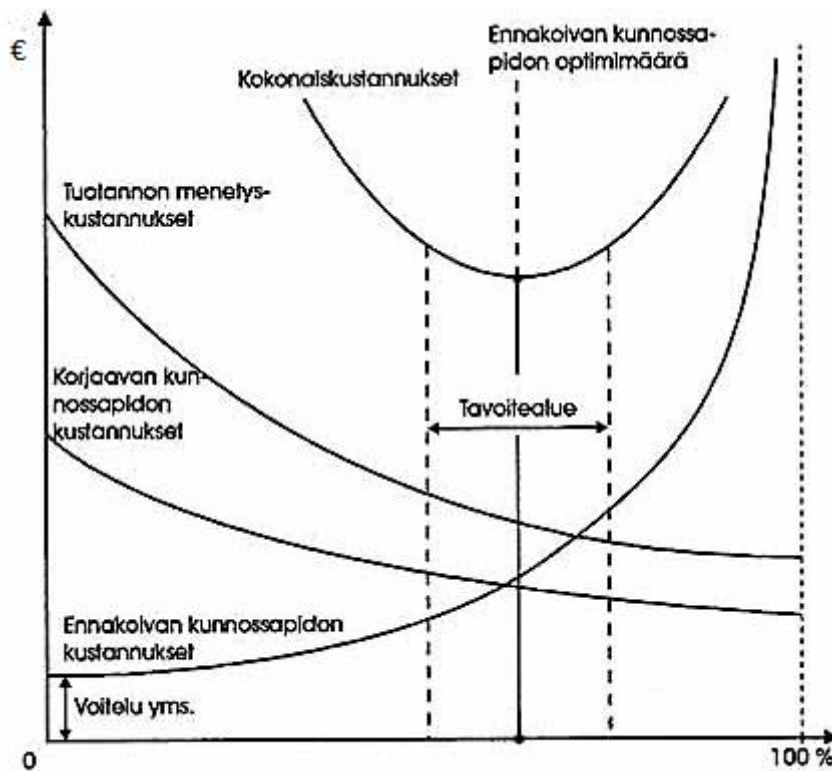
Ehkäisevä kunnossapito jaetaan jaksotettuun ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Jaksotettu kunnossapito perustuu tehtävien jaksottamiseen aikataulun tai työjaksojen lukumäärän mukaan. Kuntoon perustuva kunnossapito tarkoittaa kunnossapidon suorittamista havaintojen perusteella. Kohteen suorituskykyä seurataan aikataulutetusti tai vaadittaessa. (Järviö 2011, 52.)

2.1.2.1 Ehkäisevän kunnossapidon hyöty

Ehkäisevän kunnossapidon menetelmillä voidaan parantaa huomattavasti kohteen luotettavuutta. Häiriöitä ei saa syntyä, joten kohteen täytyy suorittaa siltä vaadittu toiminto suunnittelulla eli luotettavalla tavalla. Ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus määrittelee hyvin pitkälti kuinka onnistunutta ja tehokasta yrityksen kunnossapito on. On hyvin tärkeää tietää etukäteen töiden, varaosien ja tarvikkeiden määrä. Vikaantumisen ja häiriöiden aikainen havaitseminen mahdollistaa riittävästi aikaa myös töiden suunnittelulle.

Ehkäisevä kunnossapito on kannattavaa silloin, kun ehkäisevän kunnossapidon puutteellisuudesta johtuvien vahinkojen ja menetyksien kustannukset eivät ylitä ehkäisevän kunnossapidon ylläpitämisen kustannuksia. Kohteelle tai koko organisaatiolle tarvitaan myös kattava ennakkohuoltosuunnitelma. (Järviö 2011, 73.)

Toimivalla ehkäisevällä eli ennakoivalla kunnossapidolla on merkittävä vaikutus kokonaiskustannuksiin. Keskittämällä kustannuksia ennakoiviin töihin saadaan tiputettua korjaavan kunnossapidon ja tuotannon menetyksen kustannuksia. Kuvassa 4 on esitetty ennakoivan kunnossapidon optimimäärä, jolla saadaan vähennettyä muita kustannuksia. (Opetushallitus 2014.)



Kuva 4. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin (Opetushallitus 2014.)

2.1.2.2 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu

Ehkäisevä kunnossapito on tehokasta, jos suunnittelu ja aikatauluttaminen on tehty huolellisesti. Hyvällä suunnittelulla saadaan vähennettyä työn suorittamisen aikana tapahtuvia viivästyksiä ja toimiva aikataulu vähentää töiden väliin jääviä viivästyksiä. Suunnittelun tavoitteena on tehostaa resurssien käyttöä ja saada kohteiden vikaantuminen mahdollisimman hyvään tarkkailuun ja hallintaan. Suunnittelu ja sen tarve määräytyy suunniteltavan tehtävän laajuudesta. (Järviö 2011, 75.)

Ehkäisevällä kunnossapidolla halutaan estää aiemmat vikaantumistapaukset. Niinpä suunnittelussa otetaan pääasiallisesti huomioon seuraavat asiat (Järviö 2011, 75.):

1. Aiemmat tiedot vikaantumisesta
2. Varaosat ja niiden tarve
3. Koneen ja sen osien yleinen toiminta
4. Koneen tai laitteen valmistajan antamat ohjeet ja suositukset

2.1.3 Korjaava kunnossapito

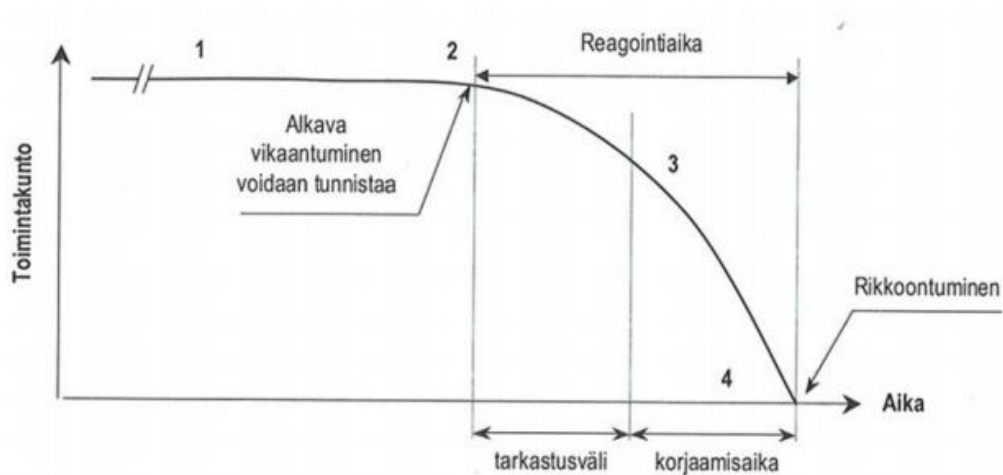
Korjaavan kunnossapidon tavoitteena on palauttaa jo vikaantunut laite käyttökuntoiseksi. Korjaavan kunnossapidon toimenpiteiden aikavälien avulla voidaan määrittää laitteen elinaika. Toimenpiteet voidaan suorittaa häiriökorjauksina tai suunniteltuina kunnostuksina. (Järviö 2011, 49.)

SFS-EN 13306 määrittelee korjaavan kunnossapidon seuraavasti: *kunnossapito, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon.* (SFS-EN 13306: 2010, 22.)

2.2 Vikaantuminen

Vikaantumiseksi luokitellaan tapahtuma, jossa kohteen kyky suorittaa vaadittua toimintaa estyy, eli syntyy vikatila. Jos tapahtuma on suunniteltu, kuten ennakkohuolto- tehtävä, sitä ei lasketa vikatilaksi. Yksikään vika ei synny itsestään, vaan jokaiselle vikatilalle löytyy syntymä ja kehittyminen. Näiden syntymien aikaisella havaitsemisella voidaan vähentää vaurioita huomattavasti ja pienentää kunnossapidon tarvetta. Vikojen estäminen on siis tärkeämpää kuin niiden korjaaminen. (Järviö 2011, 34, 53.)

Kuvassa 5 on esitelty vikaantumisen eri vaiheet kuvaajan avulla. Aluksi vika kehittyy näkymättömänä, mutta tietyn ajan kuluttua se alkaa oireilla. Viasta on kehittynyt oirehtiva vika, joka ei estä kohteen toimintaa, mutta rajoittaa sitä. Oirehtimisaika saattaa vaihdella vuosista sekunteihin ja se vaikuttaa reagointiaikaan vikaantumisen ja rikkoontumisen välissä. Vian aikainen havaitseminen on siis erittäin tärkeää. (Järviö 2011, 55.)



Kuva 5. Vikaantumisen eri vaiheet (Järviö 2011, 56.)

2.2.1 Vikaantumisen syyt

Vikaantuminen ei aina johdu pelkästään laitteen teknisistä ominaisuuksista. Se voi johtua myös siitä, että laitetta käytetään tai huolletaan väärin eli kyseessä on käyttäjän virhe. Alkavia vikoja ei ehkä tunnisteta ajoissa, joten niihin ei osata varautua eikä vikaantumista ehdi estämään. Olosuhteet, jossa laitetta käytetään saattavat vaikeuttaa kunnossapitoa tai tarkastuksia, joten vikaantumisen estäminen ja havaitseminen vaikeutuu. Huonot olosuhteet saattavat myös lisätä kunnossapidon tarvetta, joten todennäköisyys vikaantumiseen kasvaa. Suhtautuminen vikaantumiseen saattaa myös olla virheellistä. Kunnossapidossa panostetaan usein enemmän vikatilojen korjaamiseen eikä keskitytä selvittämään vian alkuperää. Vikaoireiden tulkitseminen vaatii käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnalta ammattitaitoa ja tarkkaavaisuutta. (Järviö 2011, 61.)

2.2.2 Vikaantumisen estäminen

Häiriöttömään toimintaan ja vikaantumisen estämiseen on esitelty viisi eri tehtävää, joiden huomiotta jättäminen voi johtaa välittömään vikaantumiseen (Järviö 2011, 65.):

- Laitteen toimintakuntoa täytyy ylläpitää
- Käyttöolosuhteiden pitää olla asianmukaisia
- Vikaantunut laite tulee palauttaa alkuperäiseen kuntoon
- Virheet suunnittelusta täytyy poistaa
- Laitteen käyttäjien ja kunnossapitäjien taitoja tulee kehittää

Englantilainen kunnossapidon asiantuntija Peter Willmott on esittänyt seuraavanlaisen havaintoperäisen jakauman vikaantumisen estämisestä (Järviö 2011, 71.):

40 % vikaantumisista voidaan estää pelkästään pitämällä laitteen ympäristö ja olosuhteet asianmukaisina.

20 % vikaantumisista voidaan poistaa säännöllisillä tarkastuksilla ja koneen oikealla käytöllä.

25 % vikaantumisista voidaan estää kattavalla ennakkohuolto-ohjelmalla ja ennakoivalla kunnossapidolla.

15 % vioista on poistettavissa parantamalla koneen fyysisiä ominaisuuksia parantaen luotettavuutta.

Jakaumasta voidaan havaita kuinka suuri merkitys ennakoivalla kunnossapidolla on vikaantumisen estämiseksi. Kattavalla ennakkohuoltosuunnitelmalla ja henkilökunnan asianmukaisella koulutuksella voidaan vähentää vikaantumista huomattavasti.

3 KRIITTISYYSANALYYSI

3.1 Yleistä kriittisyysanalyysistä

Kriittisyydellä tarkoitetaan ominaisuutta, joka kertoo kohteeseen liittyvän riskin suuruuden. Riskinä voi olla henkilövahinko, aineellinen vahinko tai tuotannon menetys. Jos näiden riskien suuruus ei ole hyväksyttävällä tasolla kohdetta käytettäessä, on kohde kriittinen. Kriittisyysanalyysi (riskianalyysi) on työkalu, jonka avulla näitä riskejä voidaan tunnistaa ja niihin voidaan varautua. Analysoimalla kohteet saadaan selville riskien todennäköisyys ja niiden seuraukset, sekä löydetään kriittisimmät eli riskialttiit kohteet. (PSK 6800: 2008, 2.)

3.2 Standardin PSK-6800 menetelmä

PSK-6800 standardia käytetään teollisuuden kohteiden kriittisyyden arviointiin, missä kriittisyyteen vaikuttaa pääasiassa taloudelliset vaikutukset, henkilöturvallisuus ja ympäristövaikutukset. Standardin mukana tulee valmis taulukkolaskentaohjelma, joka

laskee annettujen arvojen avulla jokaisen analysoitavan kohteen kriittisyyden. Taulukkolaskentaohjelma on esillä kuviossa 2, jossa on esimerkkinä erään kartonkikoneen kriittisyysluokittelu. (PSK 6800: 2008, 3.)

Kriittisyyden raja-arvo
700
Tuotannon menetyksen painoarvo W₀ 100

| Toimintopalkan tunnus | Toimintopalkan nimi | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...18) | Ympäristö (0...18) | Tuotannonmenetykset (0...4) | Lopputuotteen laatu (0...4) | Korjauskustannus (0...4) | Kriittisyysindeksi | Kriittisyyden osaindeksit | | | | | |
|-----------------------|---|--------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|----|
| | | Painoarvo W ₀ | 30 | 20 | 100 | 30 | 20 | | K | Ks | Ke | Kp | Kq | Kr |
| KO-248 | 3.PURISTIN YLÄTELA | 3 | 8 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1980 | 720 | 0 | 900 | 180 | 180 | |
| KO-247 | 3.PURISTIN ALATELA | 3 | 8 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1980 | 240 | 0 | 270 | 180 | 180 | |
| KO-250 | 2.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1800 | 120 | 240 | 270 | 180 | 120 | |
| KO-244 | 1.PURISTIN YLÄTELA | 3 | 4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1520 | 360 | 0 | 900 | 180 | 180 | |
| KO-243 | 1.PURISTIN ALATELA | 3 | 4 | 0 | 3 | 2 | 3 | 1520 | 360 | 0 | 900 | 180 | 180 | |
| KO-242 | 2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 | 1480 | 120 | 320 | 240 | 120 | 120 | |
| KO-241 | 2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 8 | 4 | 2 | 3 | 1480 | 120 | 320 | 800 | 120 | 120 | |
| KO-239 | 1.PURISTIN KOKI ALAHUOVANJOHTOTELAT 3 kpl | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1080 | 180 | 0 | 600 | 180 | 120 | |
| KO-233 | 3.PURISTIN KARTONGINJOHTOTELELA | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1080 | 180 | 0 | 600 | 180 | 120 | |
| KO-210 | VIIRAN IMUTELA | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1220 | 240 | 80 | 180 | 180 | 120 | |
| KO-210 | VIIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1000 | 240 | 160 | 120 | 120 | 80 | |
| KO-238 | Puristin 1 osaston käyttö | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 600 | 120 | 80 | 60 | 120 | 80 | |
| KO-209 | VIIRAN VETOTELELA | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 920 | 240 | 80 | 400 | 120 | 80 | |
| KO-232 | KK 1:N PAINESIHTEI | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 | 60 | 80 | 60 | 120 | 40 | |
| KO-204 | RINTATELELA | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 | 60 | 80 | 60 | 120 | 40 | |
| KO-266 | 3.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 560 | 60 | 80 | 60 | 120 | 40 | |
| KO-200 | KK 1 PERÄLAATIKKO | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 520 | 0 | 0 | 120 | 120 | 0 | |
| KO-264 | YLÄVIIRAN KRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 500 | 120 | 80 | 200 | 60 | 40 | |
| KO-257 | KUIVAUSSYLTINTERI N:O 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 470 | 60 | 80 | 200 | 90 | 40 | |
| KO-258 | KUIVAUSSYLTINTERI N:O 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 470 | 60 | 80 | 200 | 90 | 40 | |
| KO-251 | KUIVAUSSYLTINTERI N:O 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 470 | 60 | 80 | 200 | 90 | 40 | |
| KO-235 | VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 480 | 120 | 80 | 200 | 0 | 80 | |
| KO-232 | VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ | 2 | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 800 | 240 | 80 | 120 | 0 | 80 | |
| KO-226 | VIIRAN PALAUTUSTELELA 2 kpl | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 700 | 120 | 80 | 120 | 60 | 40 | |
| KO-222 | VIIRAN PALAUTUSTELELA 2 kpl | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 700 | 60 | 80 | 120 | 60 | 40 | |
| KO-226 | HUOVANKRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 290 | 60 | 80 | 100 | 30 | 20 | |
| KO-219 | YLÄVIIRAN KRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 300 | 60 | 40 | 100 | 60 | 40 | |
| KO-214 | YLÄVIIRAN OHJALUSTELELA, 3.KUIVAUSRYHMÄ | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 300 | 60 | 40 | 100 | 60 | 40 | |
| KO-206 | HUOVANKRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 250 | 60 | 40 | 100 | 30 | 20 | |
| JJA-210 | JÄLKVALUHNIN 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 | |
| KO-208 | Puristin 1 alahuovan suhkuputken oskiloit | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 60 | 0 | |

Kuvio 2. Kartonkikoneen kriittisyysluokittelu (PSK 6800: 2008, 12)

Menetelmän ensimmäinen vaihe on määritellä tarkasteltavana olevan laitoksen tai tuotantoyksikön laajuus. Kaikki analysoitavat kohteet nimetään laskentataulukkoon positiotunnuksineen. Seuraavaksi ruvetaan arvioimaan painoarvoja ja kertoimia, jotka ovat standardin määrittelyssä kuviossa 3. Tarvittaessa annettuja painoarvoja [W] ja kertoimia [M] ja niiden valintakriteerejä voi muuttaa, jos ne eivät sovi kyseiseen tuotantotapaan. Lisäksi määritellään laitteen vikaantumisväli [p], joka selviää vikaantumis historiasta ja valmistajan ohjeista. (PSK 6800: 2008, 2.)

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

Kuvio 3. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800: 2008, 7.)

Mahdollisen muutoksen jälkeen arvioidaan ja valitaan jokaiselle laitteelle kertoimet [M] valintakriteerien perusteella ja taulukkolaskentaohjelma laskee osaindeksien avulla kriittisyysindeksin. Osaindeksit ovat turvallisuus (K_s), ympäristö (K_e), tuotannon menetys (K_p), laatukustannus (K_q) ja korjauskustannus (K_r). Osaindeksien suuruus määräytyy kaavalla (PSK 6800: 2008, 3, 9.):

$$K_x = p \times (W_x \times M_x) \quad (1)$$

jossa p on vikaantumisväli, W on painoarvo ja M on valittu kerroin.

Lopullinen kriittisyysindeksi (**K**) lasketaan kaavalla (PSK 6800: 2008, 8.):

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r) \quad (2)$$

jossa p on vikaantumisväli, W ja M osaindeksien painoarvot ja kertoimet.

Jos tulos ≥ 400 , joka on standardin määrittämä kriittisyyden raja-arvo, niin laite on kriittinen. Raja-arvoa voi muuttaa halutessaan. Laitteet järjestetään kriittisyysindeksin suuruuden mukaan, jolloin muodostuu haluttu laitteiston luokittelu.

3.3 Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA)

Laitteiston kriittisyyden määrittämiseksi voidaan myös käyttää standardin SFS 5438 sisältämää vika- ja vaikutusanalyysiä. Menetelmää käytetään tunnistamaan sellaiset viat ja niiden seuraukset, jotka vaikuttavat tarkasteltavan kohteen suorituskykyyn. Analyysin avulla saadaan selville kohteen ja sen osien vikaantumismahdollisuudet, seuraukset vikaantumisesta ja toimintavarmuuden parantamisen mahdollisuudet. Seurauksien vakavuutta kuvataan kriittisyysluokilla, jotka kertovat kohteen suorituskyvyn heikentymisestä johtuvan vahingon suuruuden. (SFS 5438:1988, 2.)

Vika- ja vaikutusanalyysi on paljon yksityiskohtaisempi kuin standardin PSK-6800 menetelmä, näin ollen VVA on myös raskaampi suorittaa. VVA:ssa kriittisyyteen vaikuttaa vikaantumismahdollisuus ja vikaantumisesta aiheutuvat turvallisuusriskit, kun taas PSK-6800:ssa kriittisyyttä arvioidaan pääsääntöisesti taloudellisten menetysten perusteella. Kun kriittisyysanalyysin tarkoituksena on tunnistaa vain ennakkohuolto-suunnitelman piiriin kuuluvat laitteet, taloudellisiin menetyksiin perustuva PSK-6800 menetelmä on tässä työssä käyttökelpoisempi kuin vikaantumismahdollisuuteen perustuva vika- ja vaikutusanalyysi.

3.4 Ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen kriittisyysanalyysin perusteella

Laadittaessa ennakkohuolto-ohjelmaa kriittisyysanalyysin perusteella, seurataan seuraavia ohjeita (Järviö 2011, 76.):

- Määritetään kohteen laajuus ja siihen liittyvät prosessit.
- Prosessi jaetaan yksiköiksi, joita käsitellään omina kunnossapidollisina kohteina.
- Tutkitaan tarkasteltavien kohteiden kunnossapitohistoria, varaosien tarve sekä laitevalmistajien laatimat ohjeet
- Kriittisyysanalyysin perusteella jaetaan yksiköiden laitteet eri kriittisyysluokkiin eli A, B tai C ryhmiin. Kunnossapito painottuu useimmiten A ryhmän laitteisiin.
- Laaditaan uusi ennakkohuoltosuunnitelma, josta selviää huoltovälit, vara-osien tarve sekä laitevalmistajien ohjeet.

4 VASKIGASIN POLTTOAINEKENTÄN TOIMINTA JA HUOLTOKOhteet

Polttoainekentän tehtävä on vastaanottaa, käsitellä, varastoida ja kuljettaa biopolttoaineet kaasutusta varten. Kovassa rasituksessa olevat osat ja komponentit ovat alttiita kulumiselle ja vaativat kunnossapitoa. Alla on selvitetty polttoainekentän toiminta, huoltokohteet kriittisyysanalyysin perusteella sekä suoritettavat ennakkohuoltotehtävät. (M-files 2013.)

4.1 Biopolttoaineen vastaanotto

Toimintakuvaus: Biopolttoaine tuodaan vaskiluotoon pääsääntöisesti rekalla, joka punnitaan autovaa'assa tullessa ja lähtiessä, jotta saadaan tietää tulevan polttoaineen määrä. Vastaanottohallissa on neljä kappaletta vastaanottolinjoja, joista kaksi on varattu enemmän pöllyävälle polttoaineelle turpeelle. Polttoaine puretaan vastaanottolinjaan kolapohjakuljettimille ja linjat tyhjentävät itsensä repijäteloilla seuraavalle kolakuljettimelle, jonka avulla polttoaine siirretään seulontaan. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Vastaanoton kriittisiin laitteisiin kuuluvat jokainen vastaanottolinja eli kolapohjakuljetin ja repijätelat. Kolapohjakuljettimet ja tasausruuvit eivät kriit-

tisyysanalyysin perusteella olleet A-laitteita, mutta työn ohjaajat halusivat, että kuljetimiin ja teloihin kiinnitetään erityistä huomiota niiden kulumisherkkyyden takia. Siksi nostimme kolapohjakuljetin yksiköt kriittisten laitteiden piiriin. Kolapohjakuljetin, joka kuljettaa polttoaineen seulontaan ja murskaimeen, kuuluu myös kriittisiin laitteisiin.

Ennakkohoito: Vastaanottolinjoille kunnan tarkastukset, laakereiden jälkirasvaukset ja vaihdelaatikoiden öljynvaihdot sekä repijätelojen kovahitsauksien uusinnat kunnan mukaan. Lisäksi vastaanottolinjoille määritettiin määräaikaiset laakereiden vaihdot.

4.2 Biopolttoaineiden seulonta ja murskaus

Toimintakuvaus: Kolakuljetin kuljettaa polttoaineen esiseulontaan kiekkoselalle, joka poistaa ylisuuret kappaleet eli kamit polttoainevirrasta, mistä ne ohjataan siirtolavalle. Kiekkoseulan jälkeen polttoaine johdetaan tasohihnakuljettimella toiselle kiekkoselalle. Kiekkoseulojen välisen tasohihnakuljettimen päällä on itsepuhdistuva raudanerotusmagneetti, joka poistaa mahdollisen raudan polttoaineen joukosta. (M-files 2013.)

Viimeisen kiekkoselan lävistänyt polttoaine johdetaan kolakuljettimella kohti näytteenottoa ja kiekkoselaan jäänyt polttoaine johdetaan joko murskaimelle ja siitä näytteenottoon menevälle kolakuljettimelle tai kameille tarkoitettulle siirtolavalle. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Seulonnan ja murskauksen kriittisiin laitteisiin sisältyy molemmat kiekkoselut, koska seulojen vikaantuminen keskeyttää polttoainevirran etenemisen. Myös seulojen välinen hihnakuljetin ja polttoainevirtaa kuljettava kolakuljetin pysäyttävät vikaantuessaan polttoainevirran. Magneetinerotin kuuluu kriittisiin A-laitteisiin, koska vikaantumisesta saattaa seurata raudan joutuminen murskaimeen tai muualle prosessiin aiheuttaen vikaantumisia ja tuotannon menetystä. Murskain ei periaatteessa pysäytä seulontaa eikä polttoainevirtaa, koska ylisuuret kamit voidaan ohjata murskaimen ohi koko rakennuksen ulkopuolelle. Murskaimen huolto pysäyttää seulonta- ja murskausrakennuksen toiminnan. Murskaimen korjauskustannukset sekä varaosien hinta tekevät murskaimesta A-laitteen. Seulonnan ja murskauksen jälkeinen kolakuljetin lukeutuu myös A-laitteisiin.

Ennakkohuolto: Esi- ja kiekkoaseulan ketjun kiristys ja kiekkoakselistojen laakereiden jälkirasvaus, vaihdelaatikoiden öljynvaihto sekä kiilahihnojen kunnon tarkastus ja vaihto; hihnakuljettimelle ohjausrullien tarkastus sekä vaihdelaatikon öljynvaihto; magneettierottimen ylipaineventtiilin puhdistus, kulutuslevyn kunnon tarkastus sekä laippalaakereiden jälkirasvaus; murskaimen roottorin vasteiden kovahitsauksien tarkastus ja korjaus sekä vaihdelaatikoiden öljynvaihdot. Lisäksi magneettierottimelle ja murskaimelle määritettiin määräaikaikaiset laakereiden vaihdot.

4.3 Varastosiilot

Toimintakuvaus: Seulomosta lähtevä kolakuljetin johtaa polttoaineen varastosiiloille ja kolakuljettimen päässä olevan jakoläpän asento määrää meneekö polttoaine turpeelle tarkoitettuun ykkössiilon vai kolakuljettimelle, joka johtaa polttoaineen kakkossiilon, jossa varastoidaan kuivaukseen menevää polttoainetta, eli haketta. Kummassakin siilossa on syöttöaukon jälkeen pyörivä syöttölaite, joka tasaa polttoaineen siilossa. Siilossa olevaa polttoaineen määrää mitataan monikanavaisella mikroaaltopinnanmittauksella. Siiloissa oleva polttoaine puretaan siilojen pohjassa olevalla ruuvipurkaimella. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Varastosiilojen kriittiset laitteet ovat kummankin siilon pohjassa olevat ruuvipurkaimet. Ruuvit ovat A-laitteita kuluttavan ympäristönsä ja hankalan huollettavuuden takia. Varastosiilojen yhteydessä analysoitiin myös muutamia kolakuljettimia, joista A-laitteiksi nousivat varastosiiloille tuleva kolakuljetin, sekä päiviisiiloille nouseva kolakuljetin. Kummatkin ovat kriittisiä koska niitä ei voida ohittaa mistään, eli koko polttoaine virtaa näiden kuljettimien kautta.

Ennakkohuolto: Ruuvipurkaimille laakereiden ja hammaspyörien jälkivoitelut, vaihdelaatikon ja käyttöketjun öljynvaihdot, käyttöketjun tarkastus ja vaihto sekä kääntökoneiston tarkastus ja huolto; ruuvien kovahitsauksien tarkastus ja korjaus siilon ollessa tyhjä. Lisäksi ruuvipurkainten laakereille määritettiin määräaikaishuollot. Kolakuljettimille suunniteltiin tarkastuskierrokset, joissa tarkkaillaan kuluvia osia sekä jälkirasvataan laakerit. Suuremmat huoltotyöt määrittyvät kunnon mukaan.

4.4 Kuivain

Toimintakuvaus: Polttoaineista ainoastaan hake kuivataan, koska turvetta kuivattaessa pölyräjähdysvaaran riski on suuri. Kuivaukseen tuleva polttoaine varastoidaan ensiksi tasaussiiloon, jonka tarkoituksena on varmistaa tasainen polttoainevirta kuivaukseen. Tasaussiiloa puretaan siilonpohjassa olevalla purkuruuvilla, joka ohjaa kuivaukseen menevän polttoaineen ruuvikuljettimien kautta viiralle. Viiran muodostavat polyesteristä tehty viira, viiran kanto ja sivuttaisohjausrullat, sekä syöttö ja purkauspäässä olevat vetorummut. Viira pidetään puhtaana viiraharjalla ja viiranpesukoneistolla. (M-files 2013.)

Itse kuivaus tapahtuu kolmella kiilahihnavetoisella keskipakoispuhaltimella, jotka imevät kuivausilman lämmönvaihtimien läpi. Lämmönvaihtimien teho on peräisin turbiinin väliotosta. Viiralta kuivattu polttoaine siirretään kahdella ruuvikuljettimella syöttösiiloille johtavalle kolakuljettimelle. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Kuivaimen kriittisimmiksi laitteiksi nousivat erilaiset metsähaketta kuljettavat ruuvit, koska nämä ruuvit ovat alttiita kulutukselle. Viira ja kuivauspuhaltimet ovat myös A-laitteita, koska kummatkin vikaantuessaan pysäyttävät kuivaimen toiminnan. Kuivaimen kriittisyysanalyysi on nähtävissä liitteessä 2.

Ennakkohuolto: Ruuveille akselien tiivistyksien kiristys ja rasvaus, tiivistenauhojen määräaikaishvaihto, vaihdelaatikoiden öljynvaihdot sekä laakereille jälkirasvaukset; viiralle kunnon tarkastus sekä veto- ja taittorummuille laakereiden jälkirasvaukset; kuivauspuhaltimille laakereiden jälkirasvaukset sekä hihnan kunnon ja kireyden tarkastukset; kuivauksen esilämmittimille määräaikaistarkastukset ja pesut. Lisäksi kaikille puhaltimille määritettiin määräaikaishuollot, jossa vaihdetaan laakerit ja hihnat.

5 VASKIGASIN KAASUTINRAKENNUKSEN TOIMINTA JA HUOLTOKOhteet

Kaasutinreaktorin ja sen apujärjestelmien pääasiallisena tehtävänä on muodostaa tuotekaasua ilman avulla termisessä prosessissa, kun polttoaineena käytetään puubiomasaa ja jyrshinturvetta. Prosessissa syntynyt kaasu ajetaan tuotekaasuputkea pitkin tuotekaasupolttimille, jotka sijaitsevat kattilassa. Itse kaasutin koostuu reaktorista, sykilonista ja syklonin palautusputkesta. Vaskiluodon voiman kaasutinreaktorityyppi on

ilmanpaineinen kiertoleijukaasutin, joka sopii erityisen hyvin kosteille polttoaineille. (M-files 2013.)

Reaktorirakennuksen sisällä tapahtuu polttoaineen syöttö, kaasutusilman syöttö, petimateriaalin syöttö ja tuhkanpoisto. Polttoaineen kosteus, korkea lämpötila ja materiaallivirrat altistavat reaktorirakennuksen komponentteja ja niiden osia kulumiselle ja viikaantumiselle, joten ne vaativat kunnossapitoa. Seuraavissa kappaleissa on selvitetty kaasutinrakennuksen toimintaa ja huoltokohteet kriittisyysanalyysin perusteella. (M-files 2013.)

5.1 Kaasutusreaktorin muuraukset

Toimintakuvaus: Kaasutusreaktorin muurausten tehtävänä on suojata teräsrakenteita lämmöltä ja kulumiselta sekä vähentää lämpösäteilyä. Sisin kerros eli prosessia vasten oleva kerros on kulutusta kestävä massa, jolla ehkäistään kaasuvirtausten mukana kulkevan kiinteän aineen, kuten petimateriaalin ja polttoaineosasten, aiheuttama mekaaninen kulumisen. (M-files 2013.)

Kriittisyys: Kaasutinreaktorin muuraukset ovat analyysin mukaan koko kaasutinlaitoksen kriittisin laite. Muurauksien liiallinen kulumisen lamauttaa koko kaasutusreaktorin toiminnan ja näin ollen pysäyttää tuotannon. Teräsrakenteiden vaurioituminen olisi suuri taloudellinen menetys materiaalikustannusten, työkustannusten ja tuotannon menetyksien vuoksi.

Ennakkohuolto: Muurauksille ei pystyTTY määrittelemään muuta ennakkohuoltotyötä kuin kunnan tarkastus alasajon yhteydessä. Sisemmästä muurauksesta saattaa löytyä murtumia tai pullistumia, jotka täytyy korjata ennen seuraavaa ylösajoa.

5.2 Polttoaineen syöttö

Toimintakuvaus: Polttoaineen syöttöjärjestelmän tehtävänä on varastoida kiinteää polttoainetta ja syöttää sitä tasaisesti kaasutinreaktoriin. Syöttölinjoja on kaksi ja ne ovat täysin identtiset. Polttoainekentältä tuleva polttoaine siirretään pyörivien tasauslaitteiden avulla kaasuttimen kahteen syöttösiiloon eli päiväsiiloihin. (M-files 2013.)

Siiloista polttoaine syötetään ruuvipurkaimilla syöttötaskuihin ja sieltä edelleen jakeluruuvien avulla syöttötorviin. Ruuvipurkaimet on varustettu taajuusmuuttajilla ja niiden pyörimisnopeudella säädellään syöttötaskujen pinnan korkeutta. Jakeluruuveilla säädetään kaasuttimelle tulevaa polttoainevirtaa. (M-files 2013.)

Jakeluruuvien jälkeen polttoaine kuljetetaan pudotustorviin, jotka on varustettu peräkäisillä sulkusyöttimillä. Tarkoituksena on estää tuotekaasun virtaus takaisin siiloihin päin kaasuttimen ylipaineen vuoksi. Sulkusyöttimien jälkeen polttoaine syötetään vesijähdytteisille (glykoli) tunkijaruuveille, jotka syöttävät polttoaineen kaasuttimeen. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Analyysin perusteella polttoaineen syötöstä löytyi eniten kriittisiä laitteita, joista suurin osa koostuu kaikista polttoaineruuveista. Ruuvit ovat jatkuvassa rasituksessa ja kuluvat nopeasti karkeasta polttoaineesta johtuen. Vikaantumisväli on tästä syystä lyhyt. Kriittisimmät ruuvit olivat päiväsiilojen purkainruuvit, koska niiden huolto on haastavampaa ja kalliimpaa käänökoneiston vikaantuessa. Sulkusyöttimet ovat myös A-laitteita, koska kaasun takaisinvirtaus voisi aiheuttaa suurta vahinkoa ja mittavia korjauskustannuksia. Polttoaineen syötön kriittisyysanalyysi on nähtävissä liitteessä 1.

Ennakkohuolto: Kaikille ruuveille kovahitsausten tarkastukset, akselien tiivistyksien kiristykset ja huollot, vaihdelaatikoiden öljynvaihdot sekä laakereiden jälkirasvaukset; sulkusyöttimille vastaterän ja roottorien väläyksen tarkastukset, akselien tiivistyksien vaihdot sekä vaihdelaatikoiden öljynvaihdot; päiväsiiloille levittimien kourun kuluminen tarkastus sekä suodattimien vaihdot. Lisäksi kaikille ruuveille määritettiin määräaika- aikalaiset laakerivaihdot.

5.3 Kaasutusilman syöttö

Toimintakuvaus: Kaasutusilma tuotetaan kaasutusilmapuhaltimella, jonka tärkeimpiin tehtäviin kuuluu kaasutusilman muodostaminen eri polttoainetehoilla ja ylipaineen muodostaminen kaasuttimeen. Ylipaineen avulla tuotekaasu kuljetetaan kattilan tuotekaasupolttimille. (M-files 2013.)

Puhaltimen painepuolella on kolme rinnakkaista ilman esilämmitintä, jotka lämmittävät ilman kaasutusta varten. Ilma puhalletaan reaktorin ilmakaappiin, jota ennen on

pneumaattinen sulkupelti. Sulkupelti estää tuotekaasun virtauksen imuilmakanavaan päin. Samalla puhaltimella hoidetaan pedin leijuttaminen ja tuulettaminen. Kaasutusuilmaa käytetään myös palamisilmaksi käynnistyspolttimelle ja tiivistysilmaksi petimateriaalin ja polttoaineen syöttöön. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Kaasutusilman syötön kriittisin laite analyysin perusteella on kaasutusilmanpuhallin. Puhaltimen vikaantuminen lamaannuttaa koko kaasutusreaktorin toiminnan eikä sille ole varalaitetta. Tuotannon menetys on siis puhaltimen vikaantuessa suuri. A-laitteita ovat myös ilman esilämmittimet, joiden kunto vaikuttaa kaasutusilman ja tuotekaasuun ominaisuuksiin. Analyysin avulla kriittiseksi todettiin myös pneumaattinen sulkupelti, koska tuotekaasun takaisinvirtaus voisi aiheuttaa korjauskustannuksia ja tuotannon menetystä.

Ennakkohuolto: Kaasutusilmapuhaltimelle laakereiden jälkivoitelu sekä kytkimen vääntövälyksen tarkastus määräajoin; ilman esilämmittimille määräaikaisten tarkistukset ja puhdistukset. Pneumaattiselle sulkupellille ei voitu määrittää ennakkohuoltotöitä, koska koko toimilaite vaihdetaan huoltotarpeen mukaan. Lisäksi kaasutusilmapuhaltimelle suunniteltiin määräaikainen huolto, jossa kaikki kuluvat osat huolletaan tai vaihdetaan.

5.4 Pohjatuhkan käsittely

Toimintakuvaus: Pohjatuhkajärjestelmän tehtävänä on pitää hiekkapeti leijutuskelpoisena poistamalla prosessista leijumattomat materiaalit. Kaasuttimen pohjalla on kaksi pudotustorvea, joihin pohjatuhka pudotetaan. Molemmissa torvissa on perättäiset sulkuluukut, joista toinen on hydraulinen ja käsitoiminen ja toinen pneumaattinen. Normaaliajossa luukut ovat aina auki. (M-files 2013.)

Sulkuluukkujen jälkeen pohjatuhka putoaa vesi-glykolijäähdytteisille ruuvikuljettimille, jotka jäähdyttävät tuhkan ja kuljettavat sen tuhkakontteihin. Tuhkakontit on varustettu tasaajaruuvilla ja pölynpoistojärjestelmällä. Normaaliajossa vain yksi ruuvikuljetin ja tuhkakontti ovat käytössä. Lisäksi järjestelmään kuuluu kaksi paineilmatykkiä, joiden avulla pudotustorvista poistetaan tuhkasta johtuvia tukoksia. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Kriittisimmiksi laitteiksi todettiin pohjatuhkan ruuvikuljettimet, joiden vikaantuminen pysäyttäisi pohjatuhkan käsittelyn ja se vaikuttaisi myös hiek-

kapedin ominaisuuksiin. Korkeasta lämpötilasta johtuva rasitus lyhentää vikaantumisväliä, mikä nosti ruuvien kriittisyyttä. Pneumaattisten sulkuluukkujen vikaantuminen päästäisi tuotekaasun pohjatuhkajärjestelmään, josta saattaisi seurata huomattavia korjaus- ja seurauskustannuksia kaasun syttymisvaaran vuoksi.

Ennakkohoolto: Kaikille ruuveille kovahitsausten tarkastukset, akselien tiivistyksien kiristykset ja huollot, vaihdelaatikoiden öljynvaihdot sekä laakereiden jälkirasvaukset; pneumaattisille sulkuluukuille tiivisteiden mittaukset ja vaihdot tuloksen mukaan. Lisäksi kaikille ruuveille suunniteltiin määräaikaiset laakerivaihdot.

5.5 Petimateriaalin syöttö

Toimintakuvaus: Petimateriaalin syöttöjärjestelmän tehtävänä on varmistaa petimateriaalin riittävyys eri ajotilanteissa. Petimateriaalina toimii hiekka, jota syötetään arinaan varastosiilosta pneumaattisen kuljettimen avulla. Varastosiilo on varustettu siilosuodattimella ja pintakytkimellä, joiden avulla täyttöä hallitaan. Petimateriaalin syöttöputken reaktorin päädyssä on kaksi pneumaattista sulkuventtiiliä, jotka avataan vain kun petimateriaalia syötetään. Venttiilien tehtävänä on myös estää savukaasujen pääsy pneumaattiselle kuljettimelle. Petiä huuhdellaan syöttämällä lisää petimateriaalia ja poistamalla tuhkaa arinan alapuolella olevista tuhkanpoistotorvista. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Petimateriaalin syötöstä löydettiin vain yksi A-laite analyysin avulla. Petimateriaalin painelähetin on ainut laite, joka on suorassa yhteydessä tuotannon menetykseen. Panielähtetimen vikaantuessa kaasutinreaktorin peti menettää oikeat olosuhteen polttoaineen palamiselle, ja tuotekaasun ominaisuudet huononevat.

Ennakkohoolto: Panielähtetimen ilmansuodattimien säiliöille suunniteltiin puhdistus sekä suodattimien vaihto. Lisäksi painelähtetimen kupoliventtiilin tiivisteille määritettiin määräaikainen tarkastus ja vaihto.

5.6 Apulaitteet

Toimintakuvaus: Kaasutinrakennuksen apulaitteistoon kuuluu jäähdytysvesijärjestelmä, tyhjennyspoltin sekä käynnistyspoltin. Kaasuttimen jäähdytysvesijärjestelmän tehtävänä on jäähdyttää jäähdytysvesipiirin laitteet, jotka kuumenevat käytössä. Jääh-

dytettävät laitteet ovat polttoaineen tunkijaruuvit ja pohjatuhkaruuvit, joiden jäähdytys hoidetaan suljetussa glykolivesipiirissä. Suljettuun glykolivesipiiriin kuuluu glykolivesisäiliö, glykolivesipumput (2kpl) ja lämmönvaihdin. (M-files 2013.)

Tyhjennyspoltin eli soihtu toimii kaasutusjärjestelmän varolaitteena, joka on harvoin käytössä. Soihtua käytetään tuotekaasun varapolttopaikkana mahdollisten kattilahäiriöiden yhteydessä. Jos kaasuttimen paine nousee yli suunnitellun arvon, on kyseessä ylipaine. Tyhjennyspoltin käynnistetään tällöin automaattisesti paineen alentamiseksi. (M-files 2013.)

Kevytöljykäyttöisen käynnistyspolttimen tehtävänä on lämmittää kaasuttimen hiekkapeti sellaiseen lämpötilaan, jotta polttoaineen syöttö voidaan aloittaa ylösajo tilanteissa. Polttimen tyyppi on suoravirtauspoltin, eli kaasutukseen tarvittavan ilmansyöttö tapahtuu säätöpellillä. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Analyysin avulla apujärjestelmistä todettiin kriittisiksi jäähdytysjärjestelmän glykolivesipumput ja lämmönvaihtimen, koska heikko tai olematon jäähdytys vahingoittaisi polttoaine- ja tuhkaruuveja. Jäähdytyksen puuttumisesta seuraisi korjauskustannuksia ja tuotannon menetystä. Käynnistyspoltin on koko laitteena kriittinen, koska sen toimimattomuus ylösajotilanteessa aiheuttaisi tuotannon menetystä. Tyhjennyspoltin on yksi kriittisimmistä turvalaitteista koko laitoksella, koska se poistaa tuotekaasun järjestelmästä kattilahäiriötilanteessa vahingoittamatta muuta laitteistoa.

Ennakkohoito: Glykolivesipumpulle värähtely ja lämpötilamittaukset, öljynvaihto sekä akselin tiivistyksien tarkastus; lämmönvaihtimelle tiiveystarkastukset sekä määräaikaiset levyjen ja tiivisteiden huollot. Käynnistyspolttimelle ja tyhjennyspolttimelle ei pystytty suunnittelemaan muuta, kuin perusteelliset kunnon tarkastukset määräajoin.

5.7 Tuotekaasupoltinjärjestelmä

Toimintakuvaus: Järjestelmän tehtävänä on polttaa tuotettu tuotekaasu mahdollisimman täydellisesti. Tuotekaasupoltinjärjestelmään kuuluu neljä kaasupoltinta, jotka on asennettu pareittain kivihilikattilan molemmille sivuille. Tuotekaasupoltinyksikkö

sisältää liekinvahdit, jotka liekin sammussa laukaisevat tuotekaasunsulkuventtiilit. (M-files 2013.)

Sulkuventtiilien päätehtävä häiriötilanteessa on estää tuotekaasun virtaaminen sammuneen polttimen läpi kattilaan. Sulkuventtiilien apuna on höyryjärjestelmä, joka venttiilien lauetessa muodostaa höyrykerroksen venttiilin ja tuotekaasun väliin. Tällä pyritään minimoimaan vuotojen mahdollisuus. (M-files 2013.)

Tuotekaasun palamisilma tuodaan hiilipolttimien palamisilman esilämmittimestä polttimille palamisilmapuhaltimilla, joita on yksi kappale kahta poltinta kohden. Tuotekaasupolttimen käynnistys- ja tukipolttimena toimii 4,4MW tehoinen kevytöljypoltin. (M-files 2013.)

Kriittiset laitteet: Tuotekaasupoltinjärjestelmä on toiseksi kriittisin prosessi kaasutinrakennuksessa. Kaikki neljä kaasupoltinta ovat kriittisiä, koska ne ovat suorassa yhteydessä tuotantoon. Ne vaativat myös paljon kunnossapitoa, mikä nostaa korjauskustannuksia. Samalla perusteella palamisilmapuhaltimet ja ilman esilämmittimet arvioitiin kriittisiksi. Tuotekaasun sulkuventtiilit ovat turvalaitteita ja siksi kriittisiä. Niiden vikaantuminen päästäisi tuotekaasun kattilaan, josta saattaisi seurata huomattavia kustannuksia.

Ennakkohoolto: Palamisilmapuhaltimille laakereiden jälkivoitelut, kytkinten vääntövälysten tarkastukset sekä määräaikaishuollot; kaikille polttimille määräaikaistarkastukset ja huollot vuosihuollon yhteydessä; palamisilman säätöpeltien laakereiden jälkivoitelut. Sulkuventtiileille ei voitu määrittää ennakkohuoltotöitä, koska ne vaihdetaan huoltotarpeen mukaan.

6 VASKIGASIN KRIITTISYYSANALYYSI

Tämän kriittisyysanalyysin tarkoituksena on toimia pohjana ennakkohuoltosuunnitelmalle, joka on tämän opinnäytetyön lopullinen tulos. Analyysin perimmäisenä tavoitteena on tunnistaa kriittisimmät eli A-laitteet, joille ennakkohuoltosuunnitelma tehdään. Tämän vuoksi analyysissä käsiteltiin vain laitoksen päälaitteita, joista tunnistettiin kaikkein kriittisimmät. Työtä suorittaessa kaikkia laitteita käsiteltiin kokonaisuuksina, eikä laitteen eri osien kriittisyyttä arvioitu erikseen. Vaskiluodon Voima Oy:llä ei ole aikaisempaa kriittisyysanalyysia kaasutinlaitoksesta. Työn tarkoituksena ei ole

tuottaa kattavaa analyysiä koko laitteistosta, sillä ennakkohuoltosuunnitelma on tarpeellinen vain tärkeimmille päälaitteille.

6.1 Kriittisyysanalyysin suorittaminen

Kriittisyysanalyysi suoritettiin standardin PSK-6800 menetelmän avulla ja sitä muokattiin Vaskiluodon voiman tarpeiden mukaan. Laitteiden kriittisyyttä arvioidessa käytettiin kriittisyydenosaindeksistä tuotannon menetystä [K_p], korjaus- ja seurauskustannuksia [K_r] sekä vikaantumisväliä [p]. Laitoksen päällikön kanssa sovittiin, että muut osaindeksit ovat tarpeettomia lopullisen tuloksen saavuttamiseksi. Työkaluna käytettiin standardin mukana tullutta valmista Excel-taulukkoa, joka laskee kriittisyyden, kun osaindeksit on määritelty. Standardin määrittämiä osaindeksien kertoimia [M] ja niiden valintakriteerejä päätettiin muokata hieman sopivammiksi tähän työhön.

Taulukossa 1 on määritelty tuotannon menetyksen osaindeksin kertoimet, joita tässä analyysissä käytettiin. Kertoimen suuruuteen vaikuttaa huoltotoimenpiteiden kesto ja varaosien saatavuus, jos laitteen vikaantumisesta aiheutuu tuotannon menetyksiä. Suurin kerroin 4 tarkoittaa, että vikaantumisesta johtuva tuotannon menetys kestää yli yhden työpäivän. Huoltotoimenpiteiden kestoa arvioidessa, otettiin huomioon laitteen rakenne, positio ja yleisimmät vikaantumiset. Varaosien saatavuudella tarkoitetaan onko osa helposti saatavissa (hyllytavaraa), vai onko se erikoisvaraosa. Kaasutinlaitoksella on valitettavasti lyhyt vikahistoria, joten jouduttiin tukeutumaan enimmäkseen laitteen valmistajan ohjeisiin ja osaluetteloihin.

Taulukko 1. Tuotannon menetyksen [K_p] osaindeksien kertoimet.

| Osaindeksin kertoimet | Valintakriteeri |
|-----------------------|---|
| $M_p=0$ | Laitteen toimimattomuus ei aiheuta tuotannon menetyksiä |
| $M_p=1$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa ≤ 3 h tuotannon menetyksen |
| $M_p=2$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa ≤ 8 h tuotannon menetyksen |

| | |
|-----------|---|
| $M_p = 4$ | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa > 8h tuotannon menetyksen |
|-----------|---|

Korjaus- ja seurauskustannuksien osaindeksien kertoimet arvioitiin taulukon 2 mukaan. Kertoimen suuruuteen vaikutti vara-osien hinta ja huoltotoimenpiteiden kesto. Kustannukset nousivat suureksi seurauskustannuksien vuoksi, jos laitteen vikaantumista aiheutui toiselle laitteelle vahinkoa. Arvioidessa tuotannon menetyksen kertoimia, selvitettiin laitteen yleisimmät vikaantumisen syyt. Tätä käytettiin hyväksi, kun arvioitiin vara-osien hintaa. Vikaantuvien osien hintaa verrattiin yleiseen markkinahintaan ja kustannukset saatiin suurilta osin selville. Huoltotoimenpiteiden keston vaikutti yleisimpien vikojen laajuus ja kustannukset arvioitiin työtuntien- tai päivien perusteella.

Taulukko 2. Korjaus- ja seurauskustannuksien [K_r] osaindeksien kertoimet M_p .

| Osaindeksin kertoimet | Valintakriteeri |
|-----------------------|---|
| $M_p = 0$ | Laitteen toimimattomuudesta aiheutuu $\leq 1\ 000\text{€}$ kustannukset |
| $M_p = 1$ | Laitteen toimimattomuudesta aiheutuu $1\ 000\text{-}5\ 000\text{€}$ kustannukset |
| $M_p = 2$ | Laitteen toimimattomuudesta aiheutuu $5\ 000\text{-}20\ 000\text{€}$ kustannukset |
| $M_p = 4$ | Laitteen toimimattomuudesta aiheutuu $> 20\ 000\text{€}$ kustannukset |

Vikaantumisväli arvioitiin taulukon 3, eli standardin PSK-6800 mukaan. Vikaantumisväliä arvioidessa käytettiin hyväksi laitteiden toimittajien antamia ohjeita sekä laitoksen vikahistoriaa. Samankaltaisille laitteille arvioitiin samanpituiset huoltovälit.

Huomioon otettiin myös laitteen rakenne ja olosuhteet. Jos laite oli monimutkainen rakenteeltaan tai kuluttavissa olosuhteissa, sen vikaantumisväli arvioitiin lyhyeksi.

Taulukko 3. Vikaantumisvälin [p] osaindeksin kertoimet (PSK 6800: 2008, 8.)

| Osaindeksin kertoimet | Valintakriteeri |
|------------------------------|---|
| p= 1 | Pitkä vikaantumisväli. Esimerkiksi yli 5 vuotta. |
| P= 2 | Pitkähkö vikaantumisväli. Esimerkiksi 2-5 vuotta |
| p= 4 | Lyhyehkö vikaantumisväli. Esimerkiksi 0,5-2vuotta |
| p= 8 | Lyhyt vikaantumisväli. Esimerkiksi 0-0,5 vuotta |

6.2 Työn vaiheet

Ennakkohuoltosuunnitelmaa oltiin aluksi tekemässä kaikille kaasutuslaitoksen päälaitteille. Vaskiluodon voiman edustajat kuitenkin ehdottivat, että suunnitelma olisi tuotannon ja kustannusten kannalta tarpeellinen vain kaikkein tärkeimmille laitteille. Opinnäytetyön ohjaaja J. Laine ehdotti, että tärkeimpien laitteiden löytämiseksi voitaisiin käyttää kriittisyysanalyysiä. Työkaluna sen toteuttamiseksi voitaisiin käyttää standardin PSK-6800 menetelmää, koska se sopi hyvin kyseiseen tuotantomenetelmään ja oli helposti muokattavissa meidän tarpeisiimme. Menetelmään tutustumisen jälkeen päätettiin yhdessä ohjaajien kanssa käyttää vain sellaisia kriittisyysindeksejä, jotka liittyivät kunnossapitoon ja tuotantoon.

Kaasutuslaitos päätettiin jakaa kahteen vastuualueeseen, joista Salminen suoritti analyysin polttoainekentälle ja Loukonen kaasutinrakennukselle ja poltinjärjestelmälle. Vastuualueet jaettiin osaprosesseihin (ks. kpl.4 ja 5), joihin tunnistettiin omat päälaitteet. Päälaitteet löydettiin tutustumalla toimittajan valmistamiin toiminnankuvauksiin ja PI-kaavioihin, joista tunnistettiin prosessille merkittävät laitteet ja niiden positiot.

Jokaiselle osaprosessille käytettiin omaa standardin mukaista Excel-taulukkoa, johon syötettiin tunnistetut päälaitteet positiotunnuksineen. Laitteiden kriittisydet arvioitiin osaprosessi kerrallaan, koska se selvensi työn suorittamista ja sillä saatiin selville

myös kriittisimmät osaprosessit. Excel-taulukot lähetettiin työn ohjaajille sähköpostitse tarkastettavaksi ja tuloksista keskusteltiin puhelimitse. Tulokset olivat suurilta osin hyväksyttäviä, mutta hieman muutoksia tarvittiin. Tehdyn analyysin perusteella polttoaineen vastaanotossa ei ollut juurikaan A-laitteita. Kuitenkin sieltä löytyy paljon kunnossapitoa vaativia kovan rasituksen alla olevia kohteita, kuten kolapohjakuljettimet ja tasausruuvit. Työn ohjaajat halusivat nämä osaksi ennakkohuoltosuunnitelmaa, joten laitteita päätettiin käsitellä A-laitteina, vaikka analyysin perusteella ne eivät olleet kriittisiä. Laitteiden lisäyksen jälkeen päästiin yhteisymmärrykseen siitä, että A-laitteisto oli tarpeeksi kattava ennakkohuoltosuunnitelman suorittamiseksi.

6.3 Tulokset

Tämän kriittisyysanalyysin avulla saatiin selvitettyä tärkeimmät eli kriittisimmät päälaitteet Vaskiluodon Voiman kaasutinlaitoksella arvioidessa tuotannon menetystä, vikaantumisvälejä ja korjaus- ja seurauskustannuksia. Havaittiin, että laitteen kriittisyyteen vaikutti eniten vikaantumisesta johtuva tuotannon menetys. Laite oli varmasti A-laitte riippumatta muista osakriteereistä, jos sen vikaantumisesta aiheutui huomattavaa tuotannon menetystä. Työssä analysoitiin yhteensä 146 päälaitetta, jotka jakautuivat taulukon 4 mukaan.

Taulukko 4. Kriittisyysanalyysin tulokset.

| Analysoidut kohteet | Päälaitteet | A-laitteet | B-laitteet | C-laitteet |
|----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Kaasutinrakennus | 79 | 42 | 23 | 14 |

| | | | | |
|-------------------------|-------|--------|--------|--------|
| Polttoainekenttä | 67 | 31 | 21 | 15 |
| Yhteensä | 146 | 73 | 44 | 29 |
| %-osuus | 100 % | 50,0 % | 30,1 % | 19,9 % |

Taulukosta nähdään, että A-laitteita oli selkeästi eniten eli puolet analyysiin sisältyvistä laitteista. Tämän voi perustella sillä, että jokainen 146:sta laitteesta oli kaasutuslaitoksen päälaitte. Analyysin ulkopuolelle jäi suuri määrä laitteita, joita ei koettu tarpeelliseksi analysoida otettaessa huomioon vain valitut kriittisyysindeksit. A-laitteiden prosentuaalinen osuus olisi varmasti ollut pienempi, jos koko laitoksesta olisi tehty kattava kriittisyysanalyysi. Kaasutinrakennuksesta löytyi enemmän päälaitteita ja A-laitteita, kuin polttoainekentältä, koska kaasutinrakennuksessa on enemmän turvalaitteita. Turvalaitteiden vikaantuminen ei aiheuttaisi pelkästään henkilövahinkoja vaan myös taloudellista vahinkoa, minkä vuoksi ne luokiteltiin A-laitteiksi tässä kriittisyysanalyysissä.

Tämän kriittisyysanalyysin tavoite oli tunnistaa kaikki tärkeimmät päälaitteet, joten tuloksia tutkittiin tarkemmin ja otettiin selvää missä osaprosesseissa oli eniten A-laitteita. Tämän avulla saatiin selville, mitkä ovat tärkeimmät osaprosessit ja mihin ennakkohoolto tulee keskittymään.

Taulukosta 5 voi nähdä, että kaasutinrakennuksen kriittisimmät prosessit ovat polttoaineen syöttö ja tuotekaasupolttimet. Molemmat ovat suorassa yhteydessä tuotannon menetykseen eli niistä löytyi paljon A-laitteita. Polttoaineen syötöstä löytyy paljon kunnossapitoa vaativia kohteita lyhyillä vikaantumisväleillä kuten syöttöruuvit, mikä nosti osaprosessin kriittisyyttä. Tuotekaasupolttimissa kriittisyyttä nostavat palamisilmapuhaltimet ja turvalaitteistosta tuotekaasunsulkuventtiilit, jotka estävät kaasun takaisinvirtauksen kaasuttimeen.

Taulukko 5. Kaasutinrakennuksen A-laitteiden jakauma.

| Kaasutinrakennuksen prosessit | A-laitteet | %-osuus |
|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| Polttoaineen syöttö | 12 | 29 % |
| Tuotekaasupolttimet | 11 | 26 % |
| Tuhkanpoisto | 8 | 19 % |
| Kaasutusilman syöttö | 6 | 14 % |
| Apujärjestelmät | 4 | 10 % |
| Petimateriaalin syöttö | 1 | 2 % |
| Yhteensä | 42 | 100 % |

Polttoainekentällä ylivoimaisesti eniten A-laitteita on vastaanotossa. Kuten jo aikaisemmin mainittiin, vastaanoton kolapohjakuljettimet ja tasausruuvit nostettiin A-laitteiksi ennakkohuoltosuunnitelman piiriin työn ohjaajien toiveesta. Polttoaineen vastaanoton kriittisten laitteiden prosentuaalinen osuus polttoainekentän koko A-laitteistosta on tämän vuoksi todella suuri, kuten taulukosta 6 on nähtävissä. Todellisuudessa vastaanotossa on vain yksi A-laite, joten kuivain on polttoainekentän kriittisin kohde tarkasteltaessa todellisten kriittisten laitteiden määrää.

Taulukko 6. Polttoainekentän A-laitteiden jakauma.

| Polttoainekentän prosessit | A-laitteet | %-osuus |
|-----------------------------------|-------------------|----------------|
| Polttoaineen vastaanotto | 13 | 42 % |
| Polttoaineen kuivaus | 8 | 26 % |
| Seulomo ja murskaus | 6 | 19 % |
| Polttoaine silot | 4 | 13 % |
| Yhteensä | 31 | 100 % |

Kuivaimen kriittisimpiä kohteita ovat purkausruuvit, jotka ovat hyvin kuluttavissa olosuhteissa. Ruuvien vikaantuminen pysäyttää koko kuivaimen toiminnan. Seulonta ja murskain rakennuksen kriittisin kohde on murskain, sillä laite on altis kulumiselle ja sen vikaantuminen aiheuttaa käytännössä koko osaprosessin lamaantumisen. Polttoaine silojen A-laitteistoon kuuluvat silojen purkaimet, joiden huoltaminen yllättävässä vikatilanteessa on haastavaa. Haastava huoltotoimenpide lisää työtunteja ja tuotannon menetystä. Muutamia kolakuljettimet ovat myös A-laitteiden joukossa, koska niiden kautta kulkee kumpikin kentällä kulkeva polttoaine, jota ei voida ajaa mitään muuta reittiä kaasuttimelle.

7 ENNAKKOHUOLTOSUUNNITELMA

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa ennakko- ja huoltosuunnitelma kaasutinlaitoksen A-laitteistosta Vaskiluodon voiman kunnossapitojärjestelmään. Suunnitelmasta selviää laitteiden huoltovälit, sekä määräajoin suoritettavat ennakko- ja huoltotyöt. Salminen laati suunnitelman polttoainekentälle ja Loukonen kaasutinrakennukselle sekä poltinjärjestelmälle.

7.1 Suunnittelussa käytetty menetelmä

Suunnitelman pohjana toimi aiemmin tehty kriittisyysanalyysi, jonka avulla selvitetiin ennakkohuoltoa vaativat kohteet. Tämän jälkeen etsittiin laitteiden valmistajien huolto-ohjeista tarvittavat tiedot suunnitelman toteuttamiseksi. Kerätty tieto muokattiin toimivaksi suunnitelmaksi ja lisättiin Vaskiluodon voiman ennakkohuoltojen tiedonsiirto- ja muokkausohjelmaan, joka on Excel-pohjainen taulukko. Ohjelmaan lisättiin kohteen nimi, positiotunnus, tehtävän työn nimi ja lyhyt ohjeistus. Lisäksi töille arvioitiin huoltovälit, seisokin tarve, työn kesto ja kriittisyys sekä henkilömäärä.

7.2 Suunnitelman suorittaminen

Työ aloitettiin etsimällä Vaskiluodon voiman tietokannasta A-laitteita koskevat valmistajien laatimat käyttö- ja huolto-ohjeet, tekniset piirustukset sekä PI- kaaviot. Ensimmäiseksi päätettiin lisätä laitteet ja niiden positiotunnukset tiedonsiirto- ja muokkausohjelmaan, mutta huomattiin tietojen lisäyksen suoraan ohjelmaan olevan hyvin hidasta ja hankalaa ohjelman suuren koon vuoksi. Suunnitelma tehtiin ensin erilliseen Excel-taulukkoon, josta tiedot kopioitiin varsinaiseen ohjelmaan. Ote tästä Excel-taulukosta on esillä liitteessä 3.

Töiden suunnittelussa päätettiin edetä loogisessa järjestyksessä aloittamalla polttoaineen vastaanoton laitteistosta ja siitä etenemällä tuotekaasupolttimille asti. Suunnittelun alussa tutkittiin laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeita, josta saatiin selville laitteille tehtävät ennakkohuoltotyöt ja arvioitiin olivatko ne tehtävissä käynnin vai seisokin aikana. Kun työt olivat selvillä, aloitettiin huoltovälien arviointi, jossa käytettiin apuna valmistajan suosituksia, mahdollista vikahistoriaa sekä omaa kokemusta. Samankaltaisille laitteille pyrittiin arvioimaan samanpituiset huoltovälit, jolla saatiin suunnitelmaan selkeyttä ja tehokkuutta. Arvioidessa tarvittavaa henkilömäärää ja työn suoritusaikaa otettiin huomioon oliko kyseessä asennustyö, tarkastustyö vai jälkivoitelu. Työn vaatiessa asennusta, oli henkilömäärä korkeampi turvallisuudesta ja työmäärästä johtuen.

Laitevalmistajien ohjeet koottiin helppokäyttöiseen kokonaisuuteen, josta työnjohtajan on helppo etsiä laitekohtaista tietoa asennusohjeista, vara-osista ja voiteluaineista. Ennakkohuoltojen tiedonsiirto- ja muokkausohjelmaan lisättiin lyhyt työohje, joka viittaa koottuihin laitevalmistajan ohjeisiin.

Ensimmäinen versio lähetettiin Vaskiluodon Voima Oy:lle ja tarkastuksen jälkeen työn ohjaajat halusivat, että ennakkohuoltotöille arvioitaisiin vielä kriittisyys. Töiden kriittisyyden arviointiin käytettiin taulukkoa 7. Työ oli luonteeltaan normaali, jos sen suorittaminen ei täyttänyt mitään ylempien kriittisyysluokkien piirteitä. Kustannuskriittinen työ aiheutti poikkeavia vara-osa kustannuksia. Tuotanto kriittinen työ tarkoittaa työtä, joka oli tärkeä tuotannon ylläpitämiseksi. Työ oli tuotantorajoitteinen, jos sen suoritus katkaisi tai rajoitti tuotantoa. Alempia kriittisyysluokkia ei tarvittu, koska työssä käsitellään toimenpiteitä vaativia A-laitteita. Töistä ei löydetty merkittäviä ympäristö- tai turvallisuusriskejä. Kriittisyyksien arvioinnin jälkeen, parannettu ennakkohuoltojen tiedonsiirto- ja muokkausohjelman lähetettiin työn ohjaajille ja suunnitelma tuli korjauksien myötä valmiiksi.

Taulukko 7. Ennakkohuoltotöiden kriittisyyden arviointi perusteet.

| Kriittisyys | Valintakriteeri |
|--------------------|-------------------------|
| 0 | Ei toimenpiteitä |
| 10 | Ajoitettava |
| 40 | Normaali |
| 50 | Kustannus kriittinen |
| 60 | Tuotanto kriittinen |
| 70 | Tuotanto rajoitus |
| 80 | Ympäristö kriittinen |
| 90 | Turvallisuus kriittinen |

7.3 Ennakkohuoltotöiden analysointi

Vaskiluodon voiman biokaasutuslaitoksen 73 A-laitteelle suunniteltiin yhteensä 188 ennakkohuoltotyötä. Töistä 95 on polttoainekentällä ja 93 kaasutinrakennuksessa. Tulos oli yllättävä, sillä kriittisyysanalyysissä A-laitteita löytyi huomattavasti enemmän kaasutinrakennuksen prosesseista. Työtä tehdessä huomattiin kuitenkin, että polttoainekentän laitteistot ovat kovemmassa rasituksessa, joten ne vaativat enemmän ennakkohuoltoa. Suunnitelmassa suurimmat ennakkohuoltokohteet olivat erilaiset ruuvikuljettimet ja purkaimet, ja niitä löytyi enemmän polttoainekentältä.

Paljon ennakkohuolto vaativat myös erilaiset kolakuljettimet, joista jokainen sijaitsi polttoainekentällä. Osaprosesseista polttoaineen syöttö ja polttoaineen kuivaus vaativat eniten kunnossapitoa.

Suunnitellut työt olivat luonteeltaan tarkastuksia, voitelutöitä, asennustöitä, puhdistustöitä tai määräaikaishuoltoja. Suurin osa töistä oli voitelutöitä eli päälaitteiden laakereiden jälkirasvauksia sekä vaihdelaatikoiden öljynvaihtoja. Tarkastukset ovat tärkeä osa ennakoivaa kunnossapitoa ja tässä työssä päälaitteiden kuluville osille suunniteltiin määräajoin tehtäviä kunnontarkastuksia. Asennustyöt olivat suurimmilta osin erilaisten tiivisteiden, ketjujen tai hihnojen vaihtoja. Puhdistustyöt kohdistuivat suodatimiin, esilämmittimiin sekä venttiileihin.

Kaikkein kriittisimmille laitteille suunniteltiin määräaikaishuollot, jotka tulee suorittaa vuosihuolloissa. Huolloissa vaihdetaan kaikki laitteen kuluvat osat uusiin, vaikka vikaantumista ei olisi vielä havaittu. Määräaikaishuolloille suoritusväli on 2-5 vuotta. Lopuksi haluttiin vielä tehostaa ruuvien sekä kuljettimien tarkastuksia, joten niille suunniteltiin tarkastuskierrokset, joissa laitteiden kuluvimmat osat käydään tarkistamassa määräajoin.

Suurin osa tarkastus- ja voitelutöistä olivat normaaleja tai kustannuskriittisiä ennakkohuoltotöiden kriittisyyden osalta. Asennustyöt ja määräaikaishuollot olivat joko tuotantokriittisiä tai tuotantorajoitteisia. Muutama tarkastus- tai voitelutyö oli tuotanto kriittinen, jos laite oli suorassa yhteydessä tuotantoon.

Töiden suunnittelussa pystyttiin hyödyntämään omaa kokemusta kunnossapidosta. Jokaisen suunnitellun työn valmistuessa sitä ajateltiin työnjohtajan ja asentajan näkökulmasta, ja arvioitiin antoiko se tarpeeksi hyvän ohjeistuksen molemmille osapuolille

työn suorittamiseksi. Olemme molemmat toimineet koneasentajina ja tehneet yhteistyötä useiden työnjohtajien kanssa, joten mietimme tarkasti mitä työmääräimen tulisi kertoa suorittajille kyseisestä työtehtävästä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella Vaskiluodon Voima Oy:n biokaasutuslaitoksen kriittisimmille päälaitteille ennakkohuoltosuunnitelma. Kriittisimpien laitteiden tunnistamiseen käytettiin avuksi kriittisyysanalyysiä, jolla saatiin selville tuotannon kannalta tärkeimmät osaprosessit ja laitteet. Ennakkohuoltosuunnitelman käyttäjille selviää laitteiston erilaiset ennakkohuoltotehtävät ja huoltovälit sekä yrityksen valmistautuminen biokaasutuslaitoksen vuosihuoltoihin helpottuu.

Ennakkohuoltosuunnitelman tarkoituksena on tehostaa biokaasutuslaitoksen ennakkohuoltotoimia keräämällä työt ja ohjeet yhteen helposti käytettävään kokonaisuuteen. Suunnitelluilla ennakkohuoltotoimenpiteillä saadaan pidettyä kunnossapito ajan tasalla sekä ehkäistyä vikaantumista ja korjaavaa kunnossapitoa, millä saadaan vähennettyä yrityksen kunnossapidon kokonaiskustannuksia. Lisäksi ennakkohuoltosuunnitelman noudattaminen vähentää odottamattomien tuotannonkatkosten riskiä.

Vaskiluodon Voima Oy:n mielestä tulos oli hyödyllinen ja käyttökelpoinen, joten suoritimme opinnäytetyön tavoitteesta hyvin. Työn suorittaminen kehitti ammattitaitoamme monipuolisesti, koska sovelsimme alalla yleisesti käytettyjä menetelmiä sekä tutustuimme kunnossapidon suunnitteluun ja kaasutustekniikkaan. Pääsimme myös hyödyntämään työssä omaa kokemusta, koska olemme työskennelleet voimalaitosten kunnossapitotehtävissä. Haastavinta työn suorittamisessa oli teoriaosuuden laatiminen, koska työ oli niin käytännönläheinen. Vaikka vastualueet olivat selvät, niin lopputuloksiin päästiin aina yhteistyön kautta niin teoriaosuuden kuin tulostenkin kohdalla. Tämän opinnäytetyön suorittaminen korosti yhteistyön merkitystä hyödyntäessämme toistemme vahvuuksia yhteisen päämäärän saavuttamiseksi. Uskomme, että tämä työ antoi meille näkemystä ja valmiuksia kehittyä tulevaisuudessa alan ammattilaisiksi.

LÄHTEET

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2011. Kunnossapito. 4. painoksen lisäpainos. Helsinki: KP Media Oy.

Metso Oyj. 2012. Kaasutuslaitos, Vaskiluodon Voima Oy Koulutuskansio käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnalle. [vain sisäiseen käyttöön]

M-files. 2013. Vaskiluodon voimalaitoksen tietokanta. Vaskiluodon Voima Oy. [vain sisäiseen käyttöön]

Opetushallitus. 2014. Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. Saatavissa http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmät.html [viitattu 23.02.2013]

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja Määritelmät. 3.painos. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK standardisointiyhdistys ry.

Saarenpää, J. 2006. Sähkötekniisten laitteiden kunnossapidon kehittäminen sinkkitehtaalla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

SFS 5438. 1988. Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät. Vika- ja vaikutusanalyysi. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapidon terminologia. 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Vaskiluodon Voima Oy. 2013. Saatavissa <http://www.vv.fi/> [viitattu 14.6.2013]

LIITE 1.

| Laitos: VASKIGAS | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|----|------|----|-----|
| Kriittisyysluokittelun kohde: Polttoaineen syöttö | | | | | | | | | | | | | |
| Tekijät: P.Loukonen | | | | | | | | | | | | | |
| Versio | | | | | | | | | | | | | |
| Päiväys: 4.11.2013 | | | | | | | | | | | | | |
| Kriittisyyden raja-arvo 400 | | | | | | | | | | | | | |
| Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100 | | | | | | | | | | | | | |
| Toimintopaikan tunniste | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16 | Tuotannon menetys (0...4) | Lopputuotteen laatukustannus (0...4) | Korjauskustannus (0...4) | Kriittisyysindeksi | Kriittisyyden osaindeksit | | | | |
| | | Painoarvot W -> | 30 | 20 | 100 | 30 | 20 | K | Ks | Ke | Kp | Kq | Kr |
| 2K1PK01D004 | SYÖTTÖRUUVI 1 | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PK01D005 | SULKUSYÖTIN 1 | 2 | | | 2 | | 4 | 560 | 0 | 0 | 400 | 0 | 160 |
| 2K1PK01D006 | SULKUSYÖTIN 2 | 2 | | | 2 | | 4 | 560 | 0 | 0 | 400 | 0 | 160 |
| 2K1PK01D007 | TUNKUJARUUVI 1 | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PK01D001 | SIILON 1 LEVITIN | 2 | | | 2 | | 1 | 440 | 0 | 0 | 400 | 0 | 40 |
| 2K1PK01D002 | SIILON 1 PURKAIN | 8 | | | 2 | | 2 | 1920 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 320 |
| 2K1PK01S701 | PNEUM.SULKULUUKKU 1 | 2 | | | 1 | | 4 | 360 | 0 | 0 | 200 | 0 | 160 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK01B003 | SIILON 1 SUODATIN | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK01D008 | SIILON 1 SUOD.PUHALLIN | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK01B002 | TASAUSTASKU 1 | 1 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK01D009 | VOITELUÖLJYPUMPPU 1 | 2 | | | 1 | | 4 | 360 | 0 | 0 | 200 | 0 | 160 |
| 2K1PK02D004 | SYÖTTÖRUUVI 2 | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PK02D005 | SULKUSYÖTIN 3 | 2 | | | 2 | | 4 | 560 | 0 | 0 | 400 | 0 | 160 |
| 2K1PK02D006 | SULKUSYÖTIN 4 | 2 | | | 2 | | 4 | 560 | 0 | 0 | 400 | 0 | 160 |
| 2K1PK02D007 | TUNKUJARUUVI 2 | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PK02D001 | SIILON 2 LEVITIN | 2 | | | 2 | | 1 | 440 | 0 | 0 | 400 | 0 | 40 |
| 2K1PK02D002 | SIILON 2 PURKAIN | 8 | | | 2 | | 2 | 1920 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 320 |
| 2K1PK02S702 | PNEUM.SULKULUUKKU 2 | 2 | | | 1 | | 4 | 360 | 0 | 0 | 200 | 0 | 160 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK02B003 | SIILON 2 SUODATIN | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK02D008 | SIILON 2 SUOD.PUHALLIN | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK02B002 | TASAUSTASKU 2 | 1 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PK02D009 | VOITELUÖLJYPUMPPU 2 | 2 | | | 1 | | 4 | 360 | 0 | 0 | 200 | 0 | 160 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

LIITE 2.

| Laitos: VASKIGAS | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|----|------|----|-----|
| Kriittisyysluokittelun kohde: Polttoaineen kuivaus | | | | | | | | | | | | | |
| Tekijät: K. Salminen | | | | | | | | | | | | | |
| Versio | | | | | | | | | | | | | |
| Kriittisyyden raja-arvo 400 | | | | | | | | | | | | | |
| Paiväys: 5.11.2013 | | | | | | | | | | | | | |
| Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100 | | | | | | | | | | | | | |
| Toimintopaikan tunnistus | Toimintopaikan nimitys | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16 | Tuotannon menetyks (0...4) | Loppu-tuotteen laatuks-tannus (0...4) | Korjaus-kustannus (0...4) | Kriittisyys-indeksi | Kriittisyyden osaindeksit | | | | |
| | | Painoarvot W -> | 30 | 20 | 100 | 30 | 20 | K | Ks | Ke | Kp | Kq | Kr |
| 2K1PJ30D002 | Ruuvipohja | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PJ30D003 | syöttöruuvisyys-teemi | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PJ30D004 | viira | 4 | | | 2 | | 1 | 880 | 0 | 0 | 800 | 0 | 80 |
| 2K1PJ30D005 | viiran harja | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PJ30D006 (6.1-70.2) | viiran keskitys | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PJ30D006 (6.1-70.3) | korkeapaine-pumppu (viira) | 2 | | | 1 | | 1 | 240 | 0 | 0 | 200 | 0 | 40 |
| 2K1PJ30D006 (6.1-70.4) | viiran pesulaite | 2 | | | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2K1PJ30D007 | puhallin 1 | 2 | | | 2 | | 2 | 480 | 0 | 0 | 400 | 0 | 80 |
| 2K1PJ30D008 | puhallin 2 | 2 | | | 2 | | 2 | 480 | 0 | 0 | 400 | 0 | 80 |
| 2K1PJ30D009 | puhallin 3 | 2 | | | 2 | | 2 | 480 | 0 | 0 | 400 | 0 | 80 |
| 2K1PJ30D010 | purkausruuvi | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PJ30D011 | ruuvikuljetin | 8 | | | 2 | | 1 | 1760 | 0 | 0 | 1600 | 0 | 160 |
| 2K1PJ30D014 | voitelulaite | 1 | | | 1 | | 0 | 100 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 2K1UW54B001 | lämmönvaihdin 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW50B002 | lämmönvaihdin 2 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW46B003 | lämmönvaihdin 3 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW42B004 | lämmönvaihdin 4 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW38B005 | lämmönvaihdin 5 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW34B006 | lämmönvaihdin 6 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW30B007 | lämmönvaihdin 7 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW26B008 | lämmönvaihdin 8 | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| 2K1UW58B009 | pesutilan lämmönvaihdin | 1 | | | 1 | | 1 | 120 | 0 | 0 | 100 | 0 | 20 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

LIITE 3.

| Kriittisyön nimi | Kohteen tunnus | Kohteen nimi | Vaatiiko seisokin | Suun.työn ke | Suun.henkilömäärä | Lyhyt työohje | Huoltoväli viikot |
|---|----------------|---------------------------|-------------------|--------------|-------------------|---|-------------------|
| 60 KAASUTUSILMAPUHALTIMEN LAAKEREIDEN JÄLKIVOITTELU | 2KING10001 | KAASUTUSILMAPUHALLIN | E | 2 | 2 | 1 SUORITA VOITTELU OHJEEN MUKAAN. RASVANMÄÄRÄ LÖYTYY LAAKERITYYPITÄIN OHJEEN TALLUKOISTA | 4 |
| 60 KAASUTUSILMAPUHALTIMEN KYTKIMEN VÄÄNTÖVÄLYKSEN TARKASTUS | 2KING10001 | KAASUTUSILMAPUHALLIN | K | 2 | 2 | 1 MITTAA VÄÄNTÖVÄLYKSEN KYTKINOSIEN VÄLISÄ OHJEEN MUKAAN. SALLITUT MITAT LÖYTÄVÄT OHJEEN TALLUKOISTA | 52 |
| 70 PUHALTIMEN MÄÄRÄÄKAISHUOLTO | 2KING10001 | KAASUTUSILMAPUHALLIN | K | 16 | 2 | 2 PUHALTIMEN HUOLTO OHJEEN MUKAAN | 104 |
| 60 PALAMSILMAPUHALTIMEN LAAKEREIDEN JÄLKIVOITTELU | 2KING10001 | PALAMSILMAPUHALLIN | E | 2 | 2 | 1 SUORITA VOITTELU OHJEEN MUKAAN. RASVANMÄÄRÄ LÖYTYY LAAKERITYYPITÄIN OHJEEN TALLUKOISTA | 4 |
| 60 PALAMSILMAPUHALTIMEN KYTKIMEN VÄÄNTÖVÄLYKSEN TARKASTUS | 2KING10001 | PALAMSILMAPUHALLIN | K | 2 | 2 | 1 MITTAA VÄÄNTÖVÄLYKSEN KYTKINOSIEN VÄLISÄ OHJEEN MUKAAN. SALLITUT MITAT LÖYTÄVÄT OHJEEN TALLUKOISTA | 52 |
| 70 PUHALTIMEN MÄÄRÄÄKAISHUOLTO | 2KING10001 | PALAMSILMAPUHALLIN | K | 16 | 2 | 2 PUHALTIMEN HUOLTO OHJEEN MUKAAN | 104 |
| 40 SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KING18051 | PALAMSILMAN SÄÄTÖPELTI | E | 2 | 1 | 1 LISÄÄ RASVAA SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIHIN | 24 |
| 40 SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KING22051 | PALAMSILMAN SÄÄTÖPELTI | E | 2 | 1 | 1 LISÄÄ RASVAA SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIHIN | 24 |
| 60 PALAMSILMAPUHALTIMEN LAAKEREIDEN JÄLKIVOITTELU | 2KING20001 | PALAMSILMAPUHALLIN | E | 2 | 2 | 1 SUORITA VOITTELU OHJEEN MUKAAN. RASVANMÄÄRÄ LÖYTYY LAAKERITYYPITÄIN OHJEEN TALLUKOISTA | 4 |
| 60 PALAMSILMAPUHALTIMEN KYTKIMEN VÄÄNTÖVÄLYKSEN TARKASTUS | 2KING20001 | PALAMSILMAPUHALLIN | K | 2 | 2 | 1 MITTAA VÄÄNTÖVÄLYKSEN KYTKINOSIEN VÄLISÄ OHJEEN MUKAAN. SALLITUT MITAT LÖYTÄVÄT OHJEEN TALLUKOISTA | 52 |
| 70 PUHALTIMEN MÄÄRÄÄKAISHUOLTO | 2KING20001 | PALAMSILMAPUHALLIN | K | 16 | 2 | 2 PUHALTIMEN HUOLTO OHJEEN MUKAAN | 104 |
| 40 SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KING218051 | PALAMSILMAN SÄÄTÖPELTI | E | 2 | 1 | 1 LISÄÄ RASVAA SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIHIN | 24 |
| 40 SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KING22051 | PALAMSILMAN SÄÄTÖPELTI | E | 2 | 1 | 1 LISÄÄ RASVAA SÄÄTÖPELLIN LAAKEREIHIN | 24 |
| 70 KAASUTUSILMAN ESILÄMMITTIMEN MÄÄRÄÄKAISTARKASTUS | 2KING180012 | KAASUTUSILMAN ESILÄMMITTI | K | 8 | 2 | 2 TARKISTA ESILÄMMITTIMEN KUNTO JA PUHDISTA TARVITTAESSA | 52 |
| 40 KÄYNNISTYSPOLTTIMEN KUNNON TARKASTUS | 2KING18001 | KÄYNNISTYSPOLTTIN | E | 2 | 1 | 1 SUORITA PERUSTEELLINEN TARKASTUS KÄYNNISTYSPOLTTIMELLE OHJEEN MUKAAN | 24 |
| 60 POLTTIMEN MÄÄRÄÄKAISTARKASTUS JA HUOLTO | 2KING18001 | KAASUPOLTTIN 1 | K | 8 | 2 | 2 TARKISTA POLTTINJÄRJESTELMÄ OHJEEN MUKAAN VUOSIHUOLLON YHTEYDESSÄ JA HUOLLA TARVITTAESSA | 52 |
| 60 POLTTIMEN MÄÄRÄÄKAISTARKASTUS JA HUOLTO | 2KING20001 | KAASUPOLTTIN 2 | K | 8 | 2 | 2 TARKISTA POLTTINJÄRJESTELMÄ OHJEEN MUKAAN VUOSIHUOLLON YHTEYDESSÄ JA HUOLLA TARVITTAESSA | 52 |
| 60 POLTTIMEN MÄÄRÄÄKAISTARKASTUS JA HUOLTO | 2KING30001 | KAASUPOLTTIN 3 | K | 8 | 2 | 2 TARKISTA POLTTINJÄRJESTELMÄ OHJEEN MUKAAN VUOSIHUOLLON YHTEYDESSÄ JA HUOLLA TARVITTAESSA | 52 |
| 60 POLTTIMEN MÄÄRÄÄKAISTARKASTUS JA HUOLTO | 2KING40001 | KAASUPOLTTIN 4 | K | 8 | 2 | 2 TARKISTA POLTTINJÄRJESTELMÄ OHJEEN MUKAAN VUOSIHUOLLON YHTEYDESSÄ JA HUOLLA TARVITTAESSA | 52 |
| 40 TYHJENNYSPOLTTIMEN KUNNON TARKASTUS | 2KING05001 | TYHJENNYSPOLTTIN | E | 2 | 1 | 1 SUORITA PERUSTEELLINEN TARKASTUS TYHJENNYSPOLTTIMELLE OHJEEN MUKAAN | 24 |
| 60 KAASUTTIMEN SISÄPUOLISTEN MUURAUKSIEN TARKASTUS | 2KINGP0001 | KAASUTTIMEN MUURAUKSET | K | 8 | 2 | 2 TARKISTA ALASAJOJEN YHTEYDESSÄ MUURAUKSEN KUNTO OHJEEN MUKAAN | 52 |
| 40 TUULETUSPUHALTIMEN SUODATTIMEN TARKASTUS JA VAIHTO | 2KINGU0004 | TUULETUSPUHALTIMEN SUOJ. | E | 2 | 1 | 1 PUHDISTA SUODATTIN JA VAIHDA TARVITTAESSA UUTEEN | 52 |
| 40 RUUVIKULJETTIMEN VAHDELAATKON ÖLJYNVAIHTO | 2KINGU0001 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 4 | 2 | 2 VAIHDA VAHDELAATKON ÖLJY | 52 |
| 40 POKSIEN KIRISTYS JA RASVAUS | 2KINGU0001 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 4 | 2 | 2 KIRISTÄ JA RASVAA POKSIA OHJEEN MUKAAN | 4 |
| 40 POKSIEN TIIVISTENAUHOJEN VAIHTO | 2KINGU0001 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 8 | 2 | 2 VAIHDA TIIVISTENAUHAT OHJEEN MUKAAN | 52 |
| 40 RUUVIKULJETTIMEN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KINGU0001 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 4 | 1 | 1 JÄLKIRASVAA RUUVIN LAAKERIT | 12 |
| 40 RUUVIKULJETTIMEN VAHDELAATKON ÖLJYNVAIHTO | 2KINGU0002 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 4 | 2 | 2 VAIHDA VAHDELAATKON ÖLJY | 52 |
| 40 POKSIEN KIRISTYS JA RASVAUS | 2KINGU0002 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 4 | 2 | 2 KIRISTÄ JA RASVAA POKSIA OHJEEN MUKAAN | 4 |
| 40 POKSIEN TIIVISTENAUHOJEN VAIHTO | 2KINGU0002 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 8 | 2 | 2 VAIHDA TIIVISTENAUHAT OHJEEN MUKAAN | 52 |
| 40 RUUVIKULJETTIMEN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KINGU0002 | TUHKANRUUVIKULJETIN | E | 4 | 1 | 1 JÄLKIRASVAA RUUVIN LAAKERIT | 12 |
| 40 TASAUSRUUVIN VAHDELAATKON ÖLJYNVAIHTO | 2KINGU0003 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 4 | 2 | 2 VAIHDA VAHDELAATKON ÖLJY | 52 |
| 40 POKSIEN KIRISTYS JA RASVAUS | 2KINGU0003 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 4 | 2 | 2 KIRISTÄ JA RASVAA POKSIA OHJEEN MUKAAN | 4 |
| 40 POKSIEN TIIVISTENAUHOJEN VAIHTO | 2KINGU0003 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 8 | 2 | 2 VAIHDA TIIVISTENAUHAT OHJEEN MUKAAN | 52 |
| 40 TASAUSRUUVIN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KINGU0003 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 4 | 1 | 1 JÄLKIRASVAA RUUVIN LAAKERIT | 12 |
| 40 TASAUSRUUVIN VAHDELAATKON ÖLJYNVAIHTO | 2KINGU0004 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 4 | 2 | 2 VAIHDA VAHDELAATKON ÖLJY | 52 |
| 40 POKSIEN KIRISTYS JA RASVAUS | 2KINGU0004 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 4 | 2 | 2 KIRISTÄ JA RASVAA POKSIA OHJEEN MUKAAN | 4 |
| 40 POKSIEN TIIVISTENAUHOJEN VAIHTO | 2KINGU0004 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 8 | 2 | 2 VAIHDA TIIVISTENAUHAT OHJEEN MUKAAN | 52 |
| 40 TASAUSRUUVIN LAAKEREIDEN JÄLKIRASVAUS | 2KINGU0004 | TUHKAKONTIN TASAUSRUUVI | E | 4 | 1 | 1 JÄLKIRASVAA RUUVIN LAAKERIT | 12 |
| 40 PNEUMAATTISEN SULKUKLUUKUN TIIVISTEIDEN TARKASTUS | 2KINGU15701 | PNEUMAATTINEN SULKUKLUUKI | E | 2 | 1 | 1 MITTAA RUNGON ETUOSAN JA PANIMEN VÄLINEN ETÄISYYS OHJEEN MUKAAN. JOS ALLE 30MM, TIIVISTEET VAHDETTAVA | 8 |
| 40 PNEUMAATTISEN SULKUKLUUKUN TIIVISTEIDEN TARKASTUS | 2KINGU15702 | PNEUMAATTINEN SULKUKLUUKI | E | 2 | 1 | 1 MITTAA RUNGON ETUOSAN JA PANIMEN VÄLINEN ETÄISYYS OHJEEN MUKAAN. JOS ALLE 30MM, TIIVISTEET VAHDETTAVA | 8 |
| 40 ESISEULAN KETJUN JA KETJUJYÖRIEN TARKASTUS | 2KIPH60001 | ESISEULA | E | 2 | 1 | 1 TARKASTA KETJUN KIREYS OHJEEN MUKAAN JA TARKASTA SAMALLA KETJUJYÖRIEN KUNTO | 24 |
| 40 KILAHIIHTEIDEN KUNNON TARKASTUS | 2KIPH60001 | ESISEULA | E | 2 | 1 | 1 TARKASTA KILAHIIHTEIDEN JA HIIHÄPÄYÖRIEN KUNTO | 24 |
| 40 KIEKKORULLIEN KUNNON TARKASTUS | 2KIPH60001 | ESISEULA | E | 2 | 2 | 2 KIEKKORULLIEN KUNNON TARKASTUS, VAIHTO OHJEEN MUKAAN. | 24 |
| 40 KIEKKORULLIEN KUNNON TARKASTUS | 2KIPH60001 | ESISEULA | E | 2 | 2 | 2 KIEKKORULLIEN KUNNON TARKASTUS, VAIHTO OHJEEN MUKAAN. | 24 |