

Tuomas Vinkki

BIOKAASULAITOKSEN KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU

BIOKAASULAITOKSEN KUNNOSSAPIDON SUUNNITTELU

Tuomas Vinkki
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Koneautomaation suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Tuomas Vinkki
Opinnäytetyön nimi: Biokaasulaitoksen kunnossapidon suunnittelu
Työn ohjaaja: Kai Jokinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017
Sivumäärä: 38 + 2 liitettä

Opinnäytetyössä tuotettiin työkaluja tehokkaan kunnossapidon toteuttamiseen haapavetisen Metaenergia Oy:n toimittamilla maatilamittakaavan biokaasulaitoksilla. Työ koostuu sisällöllisesti viidestä pääosiosta. Osioiden ydinsisällöt ovat biokaasuteknologia yleisesti, kunnossapidon teoria, Metaenergian kehittämä laitosmalli, kunnossapidollinen kriittisyysanalysointi sekä työn tuloksena saadut toimenpideaikataulut ja varaosaluettelo.

Biokaasu on nouseva ympäristöystävällinen energianlähde. Teknologiaa biokaasun hyödyntämiselle energianlähteenä on kehitetty pitkään ja sitä on hyödynnetty vaihtelevalla laajuudella eri maissa. Tämän työn kohteena olevat laitokset edustavat hajautettua energiantuotantoa, missä energianlähteet, pienvoimalaitos ja tuotetun energian käyttökohteet sijaitsevat usein lähellä toisiaan.

Kunnossapidon kohde eli kone, laite tai komponentti muuttuu käytössä jatkuvasti. Käyttöön otettu kohde voi hetkellisesti muuttua positiiviseen suuntaan, mutta pitkällä aikavälillä muutos tapahtuu huonompaan suuntaan, eli kohde kuluu ja sen vikaantumistodennäköisyys kasvaa. Tämän vuoksi tarvitaan kunnossapitoa pitämään kohde tilassa, jossa se kykenee suorittamaan siltä odotetut toiminnot tai tarvittaessa palauttamaan se kyseiseen tilaan.

Tässä opinnäytetyössä kunnossapidon suunnittelun lähtökohtia olivat kohteen jakaminen riittävän pieniin kokonaisuuksiin ja niiden analyttinen tarkastelu. Tavoitteena oli minimoida pelkällä tuntumalla tehtävien kunnossapitovalintojen määrä ja toisaalta tehdä yksittäiset valinnat pieniksi. Näin valintojen tekeminen on helpompaa ja niiden pohjalta syntyvät suuret linjat, jotka ohjaavat kunnossapito-organisaation toimintaa.

Käytännössä työssä luotiin suunnittelutyön pohjaksi kriittisyysmatriisi. Matriisista koottiin pisteytystaulukko, jonka avulla yksittäisiä kunnossapitovalintoja voidaan tehdä huolella ja analyttisesti. Analyysityökalu on yksi opinnäytetyön konkreettinen tuotos, ja sen taustalla vaikuttavat erilaiset tunnetut menetelmät, kuten FMECA (Failure mode, effects and criticality analysis).

Asiasanat: bioenergia, biokaasu, kunnossapito, kriittisyysanalyysi, ennakkohuolto

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Machine and production Engineering
Option of Machine Automation

Author: Tuomas Vinkki

Title of thesis: Maintenance Planning of Biogas Plant

Supervisor: Kai Jokinen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017

Pages: 38 + 2 appendices

The purpose of this project was to produce material and tools to develop better maintenance for the Metaenergia biogas plant. The project consists of five main sections. These sections are as follows:

1. Theory of the biogas technology in general
2. Theory of maintenance
3. Biogas plant model by Metaenergia
4. Criticality analysis of maintenance of biogas plant
5. Maintenance schedules and part lists of Metaenergia biogas plant

Biogas is an environmentally friendly source of energy. The technology of the biogas utilization has been developed for a long time in many countries. The Metaenergia biogas power plant represents decentralized energy production. This means that the sources of energy, power plant and energy users are located close to each other.

Machine or a part of the machine in use is constantly changing. It wears, and its failure probability increases. That is why maintenance is needed. Maintenance is trying to keep the machine in operating condition. This means that it is capable of performing the functions expected of the machine. If necessary, the task of the maintenance is to return it to the operating condition.

In this project the first way to develop the maintenance operations was the sharing of the power plant into smaller pieces. After that, an analytical review was performed to all parts.

In the project a tool called criticality matrix is developed. It is an application of the known method which is called FMECA (Failure mode, effects and criticality analysis).

Keywords: Biogas, Power plant, Maintenance, Criticality analysis, Energy

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajaa mielenkiintoisesta projektiaiheesta ja joustavasta yhteistyöstä opinnäytetyön tekemisen aikana. Kiitokset myös työn ohjaajana toimineelle Oulun ammattikorkeakoulun yliopettaja Kai Jokiselle yhteistyöstä ja arvokkaista suuntaviivoista erityisesti projektin käynnistysvaiheessa. Aihe ja sen käsittely on ollut todella kehittäväää ja ajatuksia herättävää. Projekti on vienyt minua ja insinööritaitojani ison askeleen eteenpäin.

8.4.2017

Tuomas Vinkki

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Toimeksiantaja	9
1.2 Lähtökohdat ja rajaus	10
1.3 Tavoitteet	10
2 BIOKAASUTEKNOLOGIA	12
2.1 Biokaasu	12
2.2 Biokaasun tuottaminen maatilalla	12
2.3 Kaasun jalostaminen ja hyödyntäminen	14
2.4 CHP eli yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto	15
2.5 Biokaasu liikennepolttoaineena	15
3 KUNNOSSAPITO	16
3.1 Kunnossapito, huolto ja korjaus	16
3.2 Kunnossapidon tavoitteet	17
3.3 Kunnossapitofilosofiat ja -menetelmät	17
3.3.1 TPM	17
3.3.2 RCM	18
3.3.3 5S	18
3.4 Kunnossapitolajit	19
3.4.1 Ennakoiva kunnossapito	20
Kriittisyysanalyysi	20
Älykäs kunnonvalvonta	20
Jatkuva monitorointi	21
3.4.2 Korjaava kunnossapito	21
4 METAENERGIAN BIOKAASULAITOS	23
4.1 Metaenergian kiintomädätys® -biokaasuteknologia	23
4.2 Moduuliratkaisu	23

4.3 CHP -laitoksen moduulit	24
4.3.1 Syöttöpumppausyksikkö	24
4.3.2 gfix®	25
4.3.3 gmex® -allasreaktori	25
4.3.4 gpower®	26
4.4 Sähkö- ja automaatiotekniikka	26
5 KUNNOSSAPITOANALYYSI JA STRATEGIAVALINNAT	28
5.1 Kriittisyysanalyysi	28
5.2 Analyysin tavoitteet	29
5.3 Strategian eli toimintatapojen päättäminen	30
5.4 Turvallisuustekijöiden huomiointi	30
6 KUNNOSSAPITO-OHJELMAN LUOMINEN	31
6.1 Esitysmuodon suunnittelu	31
6.2 Käyttö- ja huolto-ohje	31
6.3 Varaosasuunnittelu	32
A-luokka	32
B-luokka	32
C-luokka	32
7 KUNNOSSAPIDON ORGANISOINTI	34
7.1 Metaenergian asiantuntijahuolto-organisaatio	34
7.2 Käyttäjäkunnossapito	35
7.3 Ostopalvelut	35
8 YHTEENVETO	36
8.1 Pohdinta	36
8.2 Jatkokehitysmahdollisuudet	36
LÄHTEET	38
LIITTEET	
Liite 1 Kriittisyysanalyysi-työkalu	
Liite 2 Huoltoaikataulu ja varaosaluettelo	

SANASTO

5S	Japanissa kehitetty laatumenetelmä järjestyksen luomiseksi ja ylläpitämiseksi
anaerobinen olosuhde	tila, jossa ei ole happea
FMECA	Failure mode, effects and criticality analysis = vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi
gfix®	esikäsittelykontti, Metaenergian tuotemerkki
gmex®	mädätysreaktori, Metaenergian tuotemerkki
gpower®	kaasun hyödyntämiskontti, Metaenergian tuotemerkki
mesofiilinen	mädätysprosessin lämpötilan kuvaus (33-37°C) (4, s.6)
kiintomädätys®	Metaenergian rekisteröimä biokaasun tuotantomenetelmä
RCM	Reliability Centered Maintenance = luotettavuuskeskeinen kunnossapito
termofiilinen	mädätysprosessin lämpötilan kuvaus (+54°C) (4, s.6)
TPM	Total Productive Maintenance = kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksiantaja

Metaenergia Oy biokaasuteknologian kasvuyritys, jonka hallinto ja tuotanto sijaitsevat Haapavedellä, Pohjois-Pohjanmaalla. Yritys on perustettu vuonna 2002 kehittämään uusiutuvien energiamuotojen käyttöä. Yritys suunnittelee ja valmistaa bioenergiantuotantolaitteita. Päätuotteita ovat biokaasun tuotantolaitokset sekä kaasunkäyttölaitteet lämmön-, sähkön- ja ajoneuvopolttoaineen tuotantoon. (5, linkki yritys.)

Yritys on pitkäjänteisen tuotekehitystyön tuloksena tuonut markkinoille uuden tyyppisen konttimoduulirakenteisen kiintomädätys® -biokaasulaitoksen. Tuote on laitoskokonaisuus, jonka avulla esimerkiksi maataloilla syntyvä eläinten lanta ja peltobiomassat tai elintarviketeollisuuden sivuvirrat muutetaan ympäristöystävälliseksi energiaksi. Laitos sisältää koko bioenergian tuotannon syötteiden esikäsitteystä ja mädättämisestä biokaasun puhdistamiseen ja hyödyntämiseen. Tällä hetkellä yritys on tuotteistanut ja tuonut markkinoille CHP -laitoksen eli sähköä ja lämpöä tuottavan pienvoimalan. Ajoneuvopolttoainetta jalostavan moduulin kehitystyö ja tuotteistaminen ovat vielä kesken. (5, linkki tuotteet ja palvelut.)

Metaenergia toimii samoissa tiloissa ja tiiviissä yhteistyössä toisen haapaveden kasvuyrityksen Demeca Oy:n kanssa. Demeca on maatalouden ja koneautomaation asiantuntijayritys. Demeca on laitevalmistaja, joka tuottaa kotimaisia ratkaisuja maatalouden kannattavuuden- ja eläinten hyvinvoinnin parantamiseksi sekä ihmisten työtaakan keventämiseksi. Demecan päätuotteita tällä hetkellä ovat navetoiden ilmanvaihto-, puhtaanapito- ja lannankäsittelyratkaisut. (1, linkit ratkaisut -> biokaasu) Demecan ja Metaenergian toiminnoilla tulee olemaan yhteinen huolto-organisaatio ja varastonhallintajärjestelmä. Tästä syystä Demeca on esillä tässä opinnäytetyössä.

1.2 Lähtökohdat ja rajaus

Metaenergia on tuonut markkinoille uuden tuotteen eli uudentyyppisen kontti-moduuli -biokaasulaitoksen. Tuotteella ei ole vielä olemassa tarvittavaa kunnossapitosuunnitelmaa ja -ohjelmaa eikä valmiita teknisiä dokumentteja laitoksen käyttöä ja kunnossapitoa varten. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on omalta osaltaan vastata tuohon tarpeeseen ja edistää kyseisten suunnitelmien ja dokumenttien laatimista. Opinnäytetyössä keskitytään metaenergian CHP -laitokseen eli sähköä ja lämpöä tuottavaan pienbiovoimalaan.

Opinnäytetyöprojekti rajataan siten, että lopulliseksi tuotostavoitteeksi asetetaan kunnossapitosuunnitelma, joka sisältää

- laitteistojen kriittisyysanalyysin
- strategiavalinnat
- ennakkohuoltoaikataulun
- varaosasuunnitelman.

Tärkeimpänä tuotoksena haetaan koko laitoksen kattavaa taulukkomuotoista kunnossapito-ohjelmaa, josta nähdään huolto-aikataulu yksittäisen osan tasolle saakka. Metaenergian biokaasulaitoksissa on korkeatasoinen automaatio-ohjausjärjestelmä ja tämän opinnäytetyön tuotoksia voidaan integroida osaksi järjestelmää esimerkiksi huoltoaikataulujen ja -hälytyksien muodossa. Käytännön kunnossapitoon voidaan halutessa ottaa käyttöön myös erillinen kunnossapito-ohjelmisto.

1.3 Tavoitteet

Opinnäytetyöllä on kaksi ydintavoitetta. Ensimmäinen on toimeksiantajan haasteeseen vastaaminen onnistuneesti siten, että Metaenergia saa arvokasta tietoa ja työkaluja biokaasulaitoksen tehokkaan kunnossapidon järjestämiseksi. Tämän tavoitteen saavuttamisen kannalta konkreettisia tuotoksia ovat kriittisyysanalysointi ja kunnossapitoluokittelut.

Toinen ydintavoite on tekijän oma oppiminen. Projektin suorittamisen tulee lisätä tekijän asiantuntemusta mahdollisimman laajasti työn aihealueista. Tavoitteena on, että projekti kehittää tekijän ammattitaitoa biokaasuteknologian- ja

prosessikunnossapidon aloilta. Tavoitteena on olla valmis työskentelemään tulevaisuudessa edellä mainituilla aloilla vastuullisissa tehtävissä.

2 BIOKAASUTEKNOLOGIA

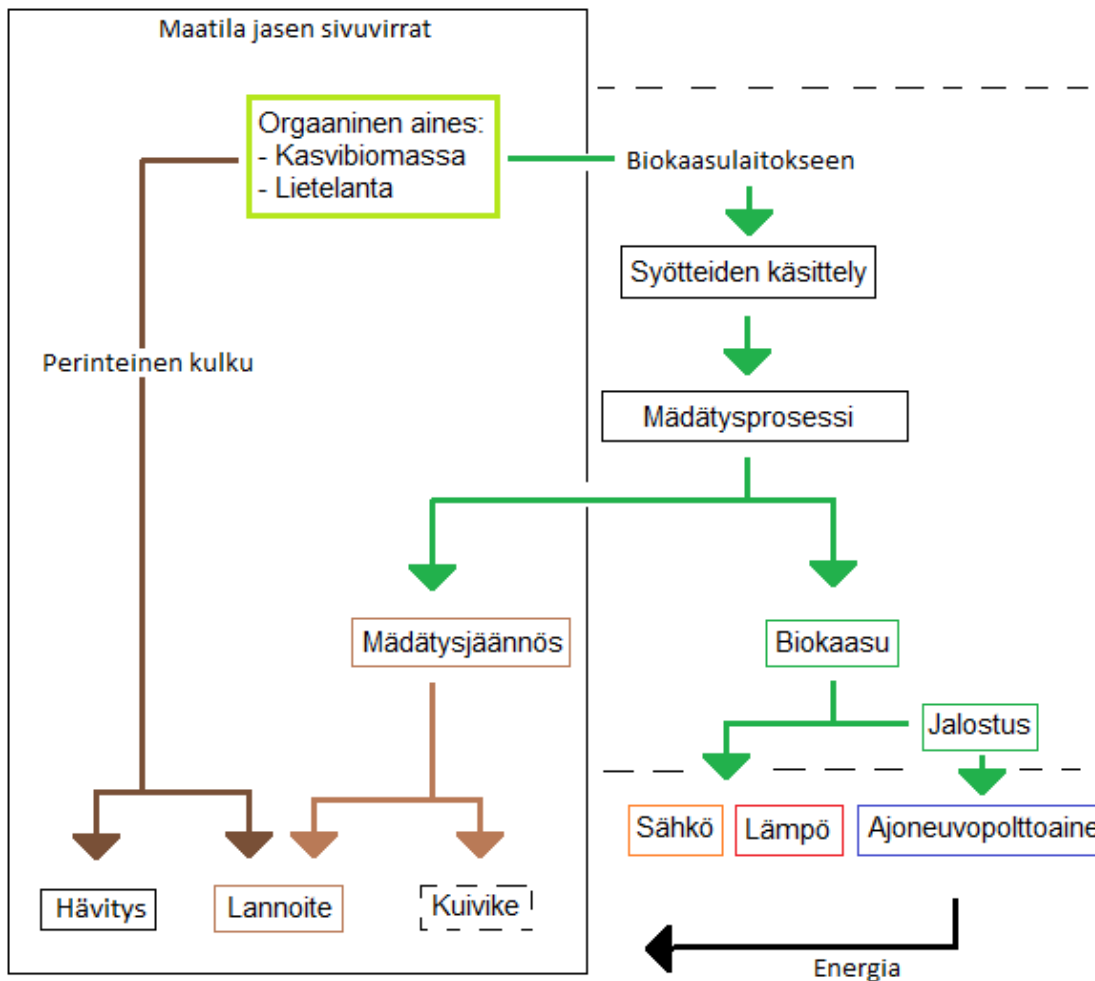
2.1 Biokaasu

Biokaasu on eloperäisen aineen mätänemisen eli biologisen hajoamisen tuotos. Mätänemistä tapahtuu koko ajan myös luonnossa anaerobisissa olosuhteissa. Mätäneminen vaatii nimenomaan hapettomat olosuhteet. Noin kaksi kolmasosaa biokaasusta on metaania ja kolmasosa hiilidioksidia. Lisäksi kaasussa on pieninä pitoisuuksina muita aineita, kuten typpeä, vetyä ja rikkivetyä. (2, s. 2 - 3.)

Biokaasussa on suuret ympäristöystävälliset energiavarat, koska sen sisältämä metaani on arvokas polttoaine. Sitä voidaan käyttää lämmöntuotannon polttoaineena kaasukattilassa tai kaasumootorissa lämmön ja sähkön yhteistuotannossa. Jalostamalla pidemmälle siitä saadaan puhtaampaa metaania liikennepolttoaineeksi. (2, s. 3.) Biokaasua syntyy luonnostaan kaatopaikoilla tai maatielöjen lietealtaissa. Ottamalla esimerkiksi maatilalla syntyvä kaasu talteen ja polttamalla sitä voidaan vähentää voimakkaan kasvihuonekaasun eli metaanin vapautumista ilmakehään. Lisäksi biokaasun tehokkaalla hyödyntämisellä voidaan osaltaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä energianlähteenä. (4, s. 5.)

2.2 Biokaasun tuottaminen maatilalla

Metaenergia on keskittynyt vahvasti pienvoimaloiden kehitykseen maatilaympäristöön. Siksi tässä opinnäytetyössä on ensisijaisesti esillä biokaasun tuottaminen juuri maatilaympäristössä. Maatiloilla voidaan tuottaa biokaasua rakentamalla valvotut olosuhteet, joissa eloperäistä ainesta mädätetään hapettomassa reaktorissa. Mädätettävät ainekset ovat yleisimmin maatilalla luonnollisia sivuvirtoja, kuten eläinten lantaa tai ylimääräistä peltobiomassaa. (kuvio 1.) Myös biojätteet kuten elintarviketeollisuuden sivuvirrat ovat erinomaisia raaka-aineita biokaasun tuotantoon. (2, s. 2.)



KUVIO 1. Periaatekuva biokaasuprosessista maatilaympäristössä sekä esimerkiksi lietteen ja peltobiomassojen hyödyntämismahdollisuuksista

Biokaasun tuotantoprosessi on herkkä prosessi, joka vaatii tarkkaa säätelyä ja optimointia. Jotta reaktorissa orgaanista ainesta syövä bakteeri pysyy elinvoimaisena, tulee prosessi optimoida ja pitää mahdollisimman stabiilina. Tärkeitä tekijöitä ovat esimerkiksi mädätettävän syötteen oikea viipymä reaktorissa, mädätyslämpötila ja syötteen sekoitus reaktorissa. Biokaasutusprosessin tarkoituksena on tuottaa metaania, ja olosuhteet pyritään optimoimaan nimenomaan metaania tuottavien bakteereiden tarpeille sopivaksi.

Syötteiden koostumuksen ja prosessihallinnan tarkkuutta kuvaa esimerkiksi se, että pelkästään biokaasun muodostuminen reaktorissa sisältää kemiallisesti useita välivaiheita. Se on yleisesti jaettu neljään vaiheeseen, jotka ovat

- hydrolyysi eli liukoistuminen
- asidogeneesi eli happokäyminen
- asetogeneesi eli etikkahappokäyminen
- ja metanogeneesi eli metaanikäyminen. (2, s. 4.)

Biokaasun tuottamiseen on kehitetty lukuisia erilaisia menetelmiä. Yhteistä niille on se, että eloperäistä ainetta mädätetään hapettomissa olosuhteissa, koska metaania muodostavat eliöt eivät siedä happea. Yksi yleinen tapa jaotella mädätysmenetelmiä on jaottelu mädätettävän syötteen kuiva-ainepitoisuuden perusteella. Yleisesti prosessit jaotellaan kuiva- ja märkämädätykseksi. (2, s. 14 - 17.)

Toinen jaottelussa käytettävä seikka on lämpötila. Käytössä olevat menetelmät jaotellaan usein mesofiilisiin- ja termofiilisiin prosesseihin. Niiden välillä oleellisin ero on lämpötila. Mesofiilisessä prosessissa mädätettävä massa lämmitetään noin 33 - 37 °C ja termofiilisessä yli 54 °C. (4, s. 6.) Kolmas jaotteleva tekijä on prosessin toimintaperiaate. Puhutaan jatkuvatoimisesta tai panostoimisesta prosessista. Jatkuvatoimisessa prosessissa mädätettävää syötettä vaihtuu jatkuvasti haluttu määrä. Panostoimisessa prosessissa syötettä vaihdetaan harvemmin ja koko reaktoritilavuus vaihdetaan kerralla.

2.3 Kaasun jalostaminen ja hyödyntäminen

Biokaasupolttoaineessa olennainen kaasu on metaani (CH₄). Biokaasua voidaan hyödyntää lähes sellaisenaan lämmöntuotantoon tai CHP -polttoaineena. Kaasun käyttäminen liikennepolttoaineena vaatii jatkojalostusta, jonka tärkeimmät vaiheet ovat puhdistus ja paineistus. Kun CHP -polttoaineessa biokaasun metaanipitoisuus voi olla esimerkiksi 60 %, liikennepolttoaineen tulee olla lähes puhdasta eli vähintään 95-prosenttista metaania. (4, s. 10.)

Biokaasun sisältämä rikkivety on haitallinen ainesosa käyttölaitteiden kuten kaasumootoreiden kannalta, ja se pyritään poistamaan kaasusta ennen kaasun hyödyntämistä. Se on väritön kaasu, jolla on voimakas mädäntyneen kananmunan haju. Se esimerkiksi syövyttää metalleja ja muodostaa metallisulfideja niiden pintaan. (9.)

2.4 CHP eli yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto

Sähkön tuotannossa syntyy sivutuotteena aina lämpöenergiaa ja siksi yhdistetty sähkön- ja lämmön tuotanto on usein erittäin perusteltua. Tämä tarkoittaa sitä, että vähintään sähköntuotannon sivutuotteena syntyvä lämpöenergia pyritään ottamaan mahdollisimman tehokkaasti talteen ja käyttöön. Lisäksi CHP - laitoksessa voi usein olla järkevää ohjata osa polttoraaka-aineesta suoraan lämmöntuotantoon sähköntuotannon rinnalle. Ratkaisut tehdään usein vallitsevasta sähkö- ja lämpöenergian kysynnästä laitoksen jakeluympäristössä.

2.5 Biokaasu liikennepolttoaineena

Biokaasu on liikennepolttoaineena erittäin ympäristöystävällinen, koska se ei vapauta lainkaan fossiilisia hiilivaroja ilmakehään. Sen pakokaasupäästöt ovat myös erittäin puhtaat ja hajuttomat verrattuna öljy -polttoaineisiin. Lähes kaikki nykyaikaiset bensiinimoottorit voivat polttaa biokaasua. Esimerkiksi Ruotsissa biokaasun hyödyntäminen liikennepolttoaineena on hyvin yleistä ja Suomessa-kin sen käytön uskotaan kasvavan lähivuosina. (4, s. 14 - 18.)

3 KUNNOSSAPITO

Yhteiskunnassamme esimerkiksi tehtaissa, tuotantolaitoksissa ja voimalaitoksissa on käynnissä erilaisia prosesseja, jotka tuottavat jotakin hyödykettä. Hyödykkeen tuottamiseen prosessi käyttää tarkoitukseen vaadittavaa tuotanto-omaisuutta. Kaikille näille prosesseille yhteistä on, että niiden toimintakyky on monin tavoin rajallinen eikä prosessi voi toimia muuttumattomana ajallisesti rajoittoman pitkään. Termodynamiikan toisen pääsäännön mukaisesti kaikki prosessit ovat muuttuvia. Tämä muutos tapahtuu pitkällä aikavälillä tarkasteltuna aina huonompaan suuntaan eli tuotanto-omaisuus kuluu, vikaantumisherkkyys kasvaa ja lopulta se vikaantuu. (3, s. 17.)

Kirjallisuudessa kunnossapidolle löytyy useita erilaisia määritelmiä erilaisin sanavalinnoin. Perusajatus niissä kuitenkin on yhtenevä ja yksinkertaisesti kunnossapito on tuotanto-omaisuuden hoitamista. PSK 6201:2011 -standardin mukaan kunnossapito on kaikkea sitä eri henkilöstöryhmien toimintaa eli hallinnointia, organisointia, johtamista ja suorittavaa tekemistä, jolla tuotanto-omaisuus pyritään pitämään halutussa kunnossa. Haluttu kunto on se, jossa kunnossapidon kohde pystyy suorittamaan luotettavasti siltä odotetut toiminnot. (3, s. 18.)

3.1 Kunnossapito, huolto ja korjaus

Kunnossapito ja huolto sekoitetaan usein käsitteinä toisiinsa. Joskus niiden jopa ajatellaan tarkoittavan samaa asiaa. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan kunnossapito on huomattavasti laajempi käsite.

Huolto on käsitteenä yksi monista kunnossapidon toiminnoista. Muita toimintoja voivat olla esimerkiksi tarkastus, vianmääritys tai korjaus. Nämä ovat suorittavan työn lajeja, joilla kunnossapitoa toteutetaan. Yleensä huollolla tarkoitetaan vikaantumista ennaltaehkäisevää kunnonpalautus- tai parannustoimenpidettä. Korjaus on vikaantumisen ja siitä aiheutuvan mahdollisen häiriötilanteen johdosta tehtävä kunnonpalautustoimenpide. (3, s. 40 - 45, s. 49 - 51.)

3.2 Kunnossapidon tavoitteet

Kunnossapidon suunnittelun lähtökohtana on useita toisistaan erillisiä lähtökoh-
tia. Esimerkiksi seuraavat asiat vaikuttavat suunnitteluun:

- viranomaisvaatimukset
- ympäristövaatimukset
- asiakasvaatimukset
- markkinatarpeet
- omat tavoitteet
- aikaisemmat kokemukset
- varaosat; saatavuus ja käyttömäärät
- laitteistojen toimintatapa
- valmistajien suositukset. (6, s. 146.)

Kunnossapidon tärkeimpiä tavoitteita ovat kohteen korkea käytettävyys, häiriö-
tön tuotantotoiminta ja kohteen hyvä kannattavuus. Tehokkuuden kannalta
olennaista on, että tavoitteet pyritään saavuttamaan mahdollisimman kohtuulli-
silla kunnossapitokustannuksilla.

3.3 Kunnossapitofilosofiat ja -menetelmät

Teollistuneen maailman historian aikana on eri puolilla maapalloa kehitetty usei-
ta filosofioita ja ajattelumalleja, joita soveltamalla on pyritty järjestelmälliseen
kunnossapitoon. Seuraavaksi esitellään joitakin yleisimpiä ja maailmanlaajui-
sesti ehkä käytetyimpiä kunnossapidollisia ajattelumalleja.

3.3.1 TPM

TPM (Total Productive Maintenance) tarkoittaa suomeksi käännettynä yleisesti
kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. TPM on lähtöisin japanista ja sen
luojana pidetään japanilaista Seiici Nakajimaa. Lyhenne TPM on käsitteenä
kansainvälisesti tunnettu ja se on käytössä samassa yhteydessä kielialueesta
riippumatta. (3, s. 143 - 144.)

Filosofian lähtökohta on, että tuotannon koneille luodaan optimaaliset toiminta-
olosuhteet ja tätä tilaa pidetään yllä. TPM korostaa kokonaisvaltaisuutta monel-

ta kantilta ja siinä tuodaan esille muun muassa kokonaistehokkuutta ja kokonaisvaltaista osallistumista. Tämän ideana on, että kaikki kunnossapidon kohteen ympärillä työskentelevät osallistuvat asemastaan huolimatta pyrkimyksiin pitää se häiriöttömässä toiminnassa. (3, s. 143 - 144.)

3.3.2 RCM

RCM on lyhenne sanoista Reliability Centered Maintenance. Suomeksi sen voidaan sanoa tarkoittavan luotettavuus keskeistä kunnossapitoa. Filosofia on nimensä mukaisesti kehitetty korkeaa luotettavuutta vaativiin kohteisiin. Se on saanut alkunsa, kun Yhdysvaltain ilmailuvirasto kehitti 1950-luvulla erityisesti lentokoneiden kunnossapitoon soveltuvia menetelmiä.

Filosofian ydin on siinä, että prosessit ja laitteet tunnetaan niin hyvin, että jokaisen komponentin kohdalla voidaan valita sopiva kunnossapitostrategia. Näin saadaan kehitettyä nimenomaan kyseessä olevalle kohteelle paras kunnossapito-ohjelma. Jos TPM -prosessissa valitaan kunnossapidollisesti vaikeimmat kohteet, joista toimintaa ryhdytään kehittämään, RCM -prosessissa analysoidaan kaikki kohteet ennen kuin päätöksiä aletaan tehdä. (3, s. 159 - 161.)

3.3.3 5S

5S on alun perin japanilainen viisiportainen tuotantoympäristön organisointimenetelmä ja kehitystyökalu, jonka avulla työpiste organisoidaan. Se on kehittynyt Lean -filosofian yhteydessä, joka on japanilaisen autoteollisuuden ja tarkemmin ottaen Toyotan tuotantojärjestelmien kehittämä filosofia. (8.)

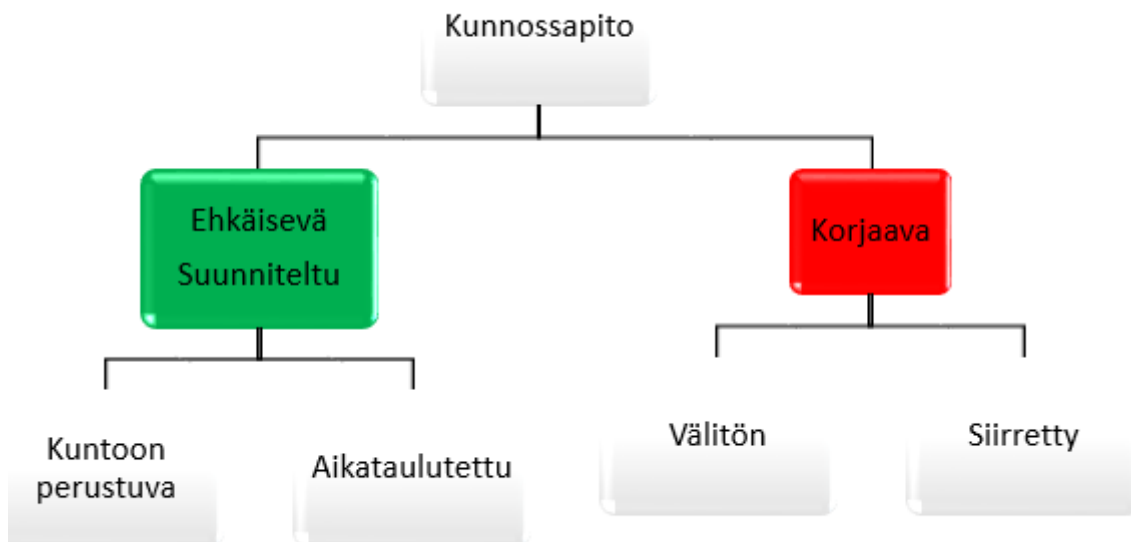
Menetelmän ydinajatuksena on päästä eroon turhista asioista ja pitää tarpeelliset asiat saatavilla ja järjestyksessä. 5S on usein ymmärretty myös väärin, ja sitä on pidetty siivousohjelmana tai yksittäisenä parannuskampanjana. Se ei ole erillinen kertaluontoinen toiminto, vaan jokapäiväinen, omaan työhön vahvasti sisällytettävä toimintamalli. (10.)

Menetelmän sisäänajo etenee yksinkertaistettuna seuraavasti:

1. Kohteesta poistetaan kaikki, mitä ei tarvita sillä hetkellä tehtävästä suoriutumiseen.
2. Tarpeelliset asiat järjestetään ja ympäristö puhdistetaan.
3. Menettely standardisoidaan ja sen jatkuvaan ylläpitämiseen sitoudutaan yhdessä. (10.)

3.4 Kunnossapitolajit

Kunnossapitoa määritellään ja jaotellaan lähteestä riippuen useilla eri tavoilla. Yksi yleinen ja käytännönläheinen jaottelu tapahtuu SFS-EN 13306 -standardin mukaisesti. (kuvio 2.) Siinä jaottelun perusteena on se, tapahtuuko kunnossapitotoiminta ennen vai jälkeen vikaantumisen. Ehkäisevä tai ennakoiva kunnossapito jaotellaan kunnonperusteella tehtäviin ja aikavälin perusteella tehtäviin toimintoihin. Korjaava kunnossapito jaotellaan välittömiin ja siirrettyihin toimintoihin. (3, s. 46 - 51.)



KUVIO 2. Kunnossapidon karkea jaottelu SFS-EN 13306:n mukaan (3, s. 46 - 51)

3.4.1 Ennakoiva kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelua pidetään yhtenä vaikeimpana kunnossapidon osa-alueena. Perinteisesti suunnittelussa on hyödynnetty useita pohjatietoja, kuten käyttäjien aikaisempia kokemuksia, valmistajan suosituksia, koneen toimintatapaa sekä varaosien hintaa ja menekkiä. Näiden pohjalta on laadittu aikatauluja ja työohjeita kunnossapidon toteuttajalle. (3, s. 100.)

Kriittisyysanalyysi

Ennakoivan huolto-toiminnan suunnittelussa yleinen menetelmä on kriittisyysanalyysi. Se on todettu tehokkaaksi lukuisissa yrityksissä. Suunnittelutyö kriittisyysanalyysin avulla voi edetä esimerkiksi seuraavien vaiheiden kautta:

1. kohteen rajaaminen
2. prosessin jakaminen yksiköihin tai toimintoihin
3. yksiköiden/toimintojen tutkiminen. Määritetään mitä halutaan estää tapahtumasta.
4. yksiköiden tai toimintojen priorisointi kriittisyyden perusteella. Kohteet jaetaan esimerkiksi ryhmiin A, B ja C.

Jaottelu voidaan tehdä eri tavoilla ja siihen vaikuttaa oleellisesti yritys ja ympäristö, jolle analyysia tehdään. Jaottelu voi tapahtua esimerkiksi seuraavalla tavalla: A-ryhmässä ovat kriittisimmät kohteet, jotka vaativat usein ennakkohuollon lisäksi jatkuvaa kunnonvalvontaa. B-ryhmän kohteet vaativat aukottoman määräaikaishuolto-järjestelmän. C-ryhmän kohteet ovat vähiten kriittisiä. Niille riittää pelkkä tarkastus ja ne voivat kuulua myös korjaavan kunnossapidon piiriin, jolloin niille tehdään toimenpiteitä vasta rikkoutumisen tapahduttua. (3, s. 100 - 101.)

Älykäs kunnonvalvonta

Nykyajan kunnossapidossa on vahvasti pinnalla älykäs kunnossapito ja siihen liittyvät teemat, kuten teollinen internet tai asioiden internet (Internet of Things). Käsitteet tarkoittavat yksinkertaistettuna sitä, että koneisiin ja laitteisiin lisätään antureita, jotka antavat valvontatietoa ohjainlaitteelle, joka analysoi tietoa ja hälyttää esimerkiksi poikkeamista prosessissa. Tärkeimpänä tavoitteena on poikkeamien ennakointi. Poikkeamat johtavat usein vikoihin ja häiriöihin ja siksi pyri-

tään ennakoimaan tilanteita, joissa koneissa tai prosessissa tapahtuu tai on tapahtumassa poikkeamia. (7.)

Kunnonvalvonnan tehtävät täytyy määrittää tapauskohtaisesti. Yleensä ne ovat

- kehittyvien vikojen havaitseminen
- kehittyvistä vioista hälyttäminen
- jäljellä olevan käyttö-iän arviointi.

Ilmoitustieto syntyy tavallisesti järjestelmään asetettujen raja-arvojen ja algoritmien perusteella. Tieto tallentuu järjestelmään ja viesti kulkeutuu haluttuun käyttöliittymään tai esimerkiksi matkapuhelimeen. (6, s. 119.)

Jatkuva monitorointi

Jatkuvalla monitoroinnilla tarkoitetaan sellaisten automaatiojärjestelmien toimintaa, jotka seuraavat reaaliajassa jatkuvasti laitoksen tai prosessin käyttäytymistä. Nykyaikaista anturitekniikkaa ja tiedonkeräyslaitteita hyödyntämällä voidaan toteuttaa automaattisia järjestelmiä, jotka suorittavat jatkuvaa monitorointia. (8, s. 6.)

Jatkuvan monitoroinnin vaihtoehtona voidaan pitää laitoksen tai prosessin tilan mittaamista määrääjoin. Tämä ei yleensä aseta yhtä suuria vaatimuksia automaatiojärjestelmälle, vaikka se toteutettaisiin automaattisesti. Määräaikaismittauksen voi tehdä myös manuaalisin menetelmin. (8, s. 6.)

Jatkuvan monitoroinnin etuna on, että ilmenevät muutokset, ongelmat tai vaaratilanteet voidaan havaita välittömästi. Tämän ansiosta voidaan parantaa turvallisuutta ja luotettavuutta sekä esimerkiksi seisokkisuunnittelua voidaan tehostaa. (8, s. 6.)

3.4.2 Korjaava kunnossapito

SFS-EN 13306 -standardissa korjaava kunnossapito määritellään toiminnaksi, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen. Korjaavassa kunnossapidossa pyrki- myksenä on saattaa kohde takaisin tilaan, jossa se voi suorittaa siltä odotetut toiminnot. (3, s. 51.)

Korjaavaa kunnossapitoa verrataan usein tulipalon sammuttamiseen, eli ensisijaisesti on järkevää pyrkiä ehkäisemään vikoja ennalta. Käytännössä tehokkaan kunnossapito-toiminnan tavoitteena on yleensä minimoida korjaavaa kunnossapitoa. Toisaalta on huomioitava, että vikaantumisilta ja sitä kautta korjaamiselta on useissa tapauksissa mahdotonta täysin välttyä. Siksi on tärkeää, että koko kunnossapitotoiminta ei ole ennakoivien toimien varassa. Myös korjaava kunnossapito tulee olla suunnitelmallista, jotta se on tehokkaasti toteutettavissa tilanteen niin vaatiessa.

4 METAENERGIAN BIOKAASULAITOS

4.1 Metaenergian kiintomädätys® -biokaasuteknologia

Metaenergian kehittämällä laitteistolla biokaasua tuotetaan jatkuvatoimisen mesofiilisen mädätysprosessin avulla. Metaenergia -biokaasulaitoksen käyttämä menetelmä on märkä- ja kuivamädätysprosessien yhdistelmä ja sillä pyritään saamaan käyttöön niiden molempien edut ja hyvät ominaisuudet. Menetelmää kutsutaan nimellä Kiintomädätys®, joka on erityisen tehokas ja toimintavarma mädätysprosessi. Sen suurimpia etuja ovat joustavuus ja säädeltävyys, koska samalla laitteistolla voidaan käsitellä laajasti erilaisia syötteitä. Prosessin kuiva-ainepitoisuus vaihtelee kohteen ja sen syötteiden mukaan. Useimmiten se on 10 – 20 %. Kuiva-ainepitoisuus on korkeampi kuin yleisesti jatkuvatoimisessa märkämädätysprosessissa, mutta kuitenkin niin että syöte on pumpattavassa muodossa ja sen siirtäminen tapahtuu erikoislietepumppujen avulla. (5, linkki tuotteet ja palvelut.)

4.2 Moduuliratkaisu

Metaenergian kehittämä moduulirakenteinen biokaasulaitos koostuu moduuloiduista osaratkaisuista. Laitos on suunniteltu mahdollisimman pitkälle tehtaalla valmistettavaksi. Se on rakennettu merikontteihin, valmiin laitoksen helppoa siirtämistä ajatellen. (kuva 3.) Moduulit on suunniteltu siten, että laitos on ikään kuin kone, joka valmistetaan mahdollisimman valmiiksi osakokonaisuuksiksi tehtaalla. Laitoksen sijoituskohteessa tehdään tarvittavat pohjatyöt ja kaivetaan lämpö- ja sähköliittymät oikeille paikoilleen. Tämän jälkeen laitos siirretään moduuleina sille varatulle paikalle, tehdään tarvittavat asennustyöt ja aloitetaan mädätysprosessin ylösajamisen kautta bioenergian tuotanto.



KUVA 3. Merikontteihin rakennettu Metaenergia -biokaasulaitos. (1, linkit ratkaisut -> biokaasu.)

Laitoksen valmistaminen, käyttöönottoaminen ja kunnossapitäminen on yksinkertaisempaa moduulirakenteen ansiosta. Kaikessa toiminnassa on mahdollista hyödyntää vakio-osia ja vakioituja toimintamalleja. Kokonaisuus on paremmin hallittavissa ja myös riskitekijöihin varautuminen helpompaa.

Moduulirakenteen ansiosta myös pienehkön laitoksen hankinta on saatu järkeväksi. Toisaalta sen ansiosta laitos voidaan monistaa pienestä suureksi. Myös olemassa olevan laitoksen kasvattaminen ja kehittäminen on tehty mahdollisimman helpoksi ja edulliseksi moduulirakenteen avulla.

4.3 CHP -laitoksen moduulit

Tässä kappaleessa on esitetty Metaenergian maatilaympäristöön tarkoitetun CHP -biokaasulaitoksen laitosmoduulit ja niiden tehtävät bioenergian tuotantoketjussa. Jokaisesta moduulista on lisäksi esitetty olennaiset käyttölaitteet ja komponentit.

4.3.1 Syöttöpumppausyksikkö

Navetan yhteydessä on syöttöpumppausyksikkö, johon eläinten lietelanta kootaan navetan kuluista. Tästä lietelanta pumpataan edelleen biokaasulaitoksen käsittelyyn tai tarvittaessa suoraan maatalan varastointi altaaseen. Syöttöpumppausyksikön tärkeimpiä osia ovat

- lietepumput
- automaattiventtiilit
- lieteputkistot

- valvonta- ja ohjauslaitteet.

4.3.2 gfix®

gfix® on itse laitoksessa sijaitseva standardimerkonttiin moduuleista valmistettu syötteiden esikäsitteily-yksikkö. Tähän yksikköön pumpataan lietelanta ja kuormataan muut syötteet esimerkiksi traktorilla. Tässä yksikössä tapahtuu kaikki tarvittava esikäsitteily syötteille, kuten partikkelikoon pienentäminen ja ylimääräisen nesteen erottelu. Syötteet sekoitetaan prosessin jatkon kannalta sopivaksi massaksi. Säättöjen avulla saadaan sopiva sekoitussuhde ja haluttu kuiva-ainepitoisuus. Lietelämmönvaihtimen avulla prosessiin tuleva liete esilämmitetään laitoksen energiatehokkuuden parantamiseksi. Esikäsitteily-yksikön toiminnan kannalta olennaisimpia osia ovat

- konttikaivo
- separointi
- homogenisointiyksikkö
- lietepumput
- lisäsyötemurskain
- lietelämmönvaihdin
- automaattiventtiilit
- valvonta- ja ohjauslaitteet.

4.3.3 gmex® -allasreaktori

Reaktori tarjoaa mädätyksessä tarvittavat anaerobiset olosuhteet ja siinä tapahtuu itse biokaasun muodostuminen. Se on lämpöeristetty allas, joka on varustettu lapasekoittimella, lämmitysjärjestelmällä ja katettu kuperan muotoisella presukankaalla. Reaktori voidaan modifioida perinteisestä pyöreästä betonielementtialtaasta, joita maataloilla yleisesti käytetään lietteen varastointiin. Useimmissa tapauksissa järkevämpi tapa rakentaa reaktori on kuitenkin metaenergian kehittämä tehdasvalmisteinen maanpinnalle pystytettävä elementtireaktori. Se on lämpöeristetty sekä varustettu lämmitys- ja sekoitusjärjestelmillä. Sen kyljessä on valvontahuone, jossa on myös läpivientipaneeli. Läpivientipaneelin kautta johdetaan syötteet ja lämmitysvesi reaktorin allasosaan ja edelleen biokaasu ulos reaktorin yläosan kaasutilasta. Valvontahuoneessa on myös ikkuna reaktori-

riin, jonka kautta toimintaa voi valvoa silmämääräisesti. Elementtirakenteinen allasreaktori koostuu

- allaselementeistä
- biofiltteristä
- pressukatteista
- sekoittimesta
- kaasun paineenhallintalaitteista
- tarkistusikkunasta
- valvonta- ja ohjauslaitteista.

4.3.4 gpower®

Reaktorissa muodostunut kaasu johdetaan kaasulinjoja pitkin gpower® - moduuliin. Sen toiminnot keskittyvät kaasun hyödyntämiseen sähkö- ja lämpö-energiaksi sekä energian siirtämiseen käyttökohteeseen. Kontissa on osastoitu EX -tila, jossa tapahtuu CHP -tuotannon kannalta tarvittava kaasun jalostaminen. Kaasua hyödynnettäessä energiaksi olennaisimpia osia ovat

- generaattori
- kattila
- kaasupoltin
- lämmönvaihtimet
- sähkökeskus
- kiertovesipumput
- lauhdutin.

Erillisen räjähdysvaarallisille laitteille tarkoitetun EX -tilan tärkeimpiä osia ovat

- kaasun paineenkorotuspuhallin
- kaasun kuivausyksikkö
- kaasun puhdistusyksiköt.

4.4 Sähkö- ja automaatiotekniikka

Metaenergian biokaasulaitos sisältää paljon sähkö-automaatiotekniikkaa. Tämä tekniikka vaatii suunnitelmallista kunnossapitoa etenkin kunnonvalvonnan muodossa laitoksen häiriöttömän toiminnan ja turvallisuuden takaamiseksi. Auto-

maation tarve perustuu siihen, että kaikki prosessin toiminnot on hyvin pitkälle automatisoitu ja ne vaativat helppoa säädeltävyyttä ja tarkkaa seuranta. Automaatiotekniikka on integroituna laitoksen rakenteisiin ja moduuleihin.

Prosessiautomaation ohjaus tapahtuu siihen tarkoitettu ohjaus-sovelluksella. Tämä ohjaus-sovellus kytkeytyy yhteen myös kunnossapito-toimintojen kanssa. Sen avulla voidaan seurata prosessin tilaa ja siihen voidaan integroida esimerkiksi kunnossapitoaikataulut, hälytykset ja muu kunnossapidon ohjaus.

5 KUNNOSSAPITOANALYYSI JA STRATEGIAVALINNAT

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön käytännön osuus. Luvussa kerrotaan keinoista ja menetelmistä, joilla biokaasulaitoksen kunnossapitosuunnitelmaa on tehty. Edellisen luvun esittelyn jatkoksi pilkotaan laitos osiin ja valitaan järkevin toimintamalli kunkin laitteen, osan tai komponentin kohdalla. Perusteena käytetään laitevalmistajien suosituksia ja huolto-manuaaleja sekä metaenergian henkilöstölle ja asiakkaille kertynyttä hiljaista tietoa.

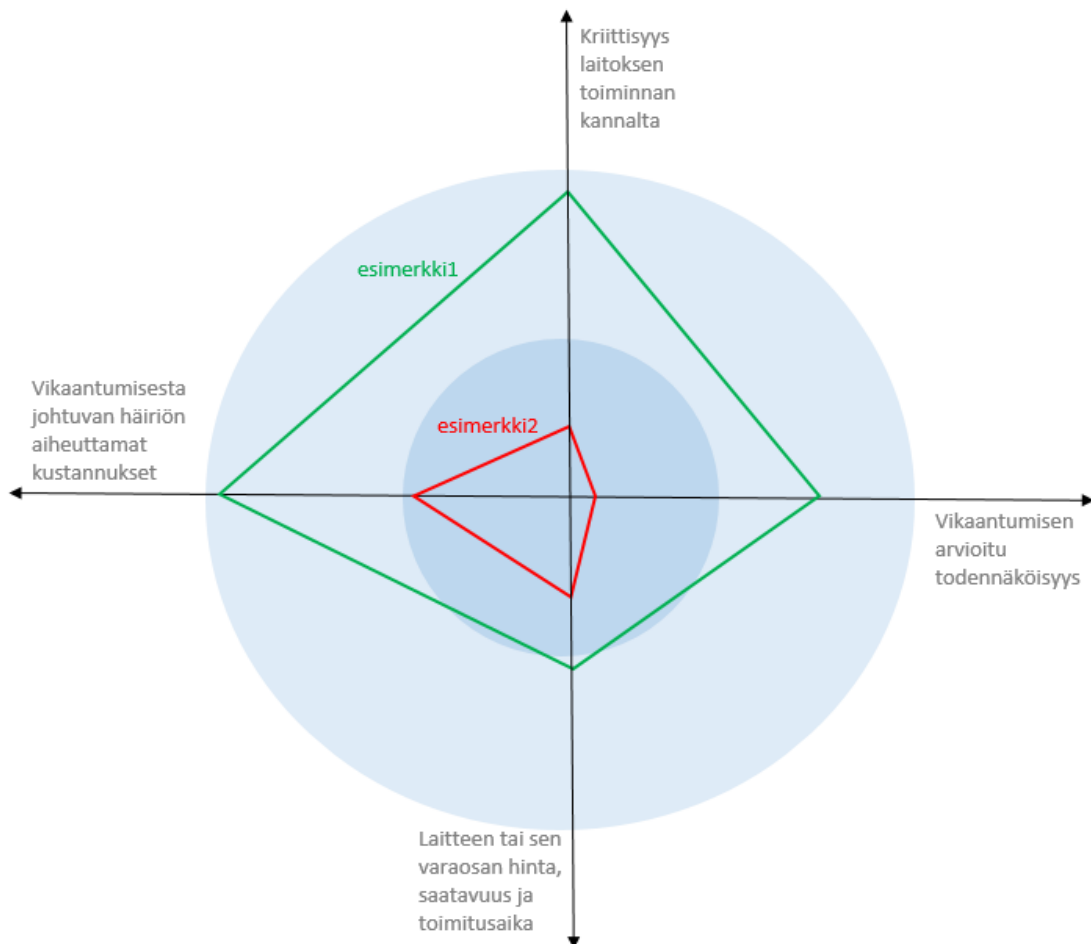
Biokaasulaitoksen kunnossapidon pohjalla tulee vaikuttamaan vahvasti RCM ja TPM -filosofiat. Niistä on pyritty soveltamaan biokaasulaitosympäristön kannalta tärkeimpiä asioita, siten että kunnossapito-toiminnasta tulisi järjestelmällistä ja kokonaistehokasta. RCM näkyy suunnittelussa analyttisenä tarkasteluna ja TPM muun muassa kokonaisvaltaisena eri osapuolten osallistamisena. Lisäksi 5S-menetelmää pyritään soveltamaan laitoksen siisteyden ja tarvikkeiden saatavuuden pitämiseksi parhaalla mahdollisella tasolla.

5.1 Kriittisyysanalyysi

Laitoksen kunnossapidon suunnittelu pohjautuu erittäin vahvasti kriittisyysanalysointiin. Suunnittelutyön alkuvaiheessa luotiin analyysityökalu, joka on sovellettu tunnettujen vika-vaikutus- ja kriittisyysanalyysien pohjalta. Esimerkiksi FMECA (Failure mode, effects and criticality analysis) vaikutti työkalun luomisen taustalla. Analyysityökalu pohjautuu myös opinnäytetyössä kehitettyyn kriittisyysmatriisiin. Analyysityökalu jalostettiin taulukkolaskentaohjelmalla pisteytystaulukko-muotoon. (liite 1.)

Työkalun avulla voidaan tehdä kunnossapidollinen kriittisyystarkastelu osa osalta yksittäiselle koneelle tai kokonaiselle laitokselle. Vaikka analyysia tehdessä joitakin ratkaisuja joudutaan tekemään aukottoman tiedon puuttuessa kokemukstai tuntumaperusteisesti, ne ovat vain osaratkaisuja osana laajempaa kokonaisuutta. Analyysityökalun ajatuksena on, ettei sen tekijällä olisi liian suuria päätöksiä tehtävänä. Sen sijaan tekemällä paljon pieniä päätöksiä, tulee tehdyksi suunnittelua ohjaavat suuremmat valinnat kuin itsestään.

Opinnäytetyössä kehitettiin matriisi, joka havainnollistaa moniulotteisen kriittisyystarkastelun merkitystä (kuvio 4). Kuvan esimerkissä on neljän muuttujan matriisi, mutta akseleita voi olla useampia tarpeen mukaan. Matriisi kehityksessä on saatu vaikutteita kunnossapidon toimintaa määrittelevistä kuvista. (3, s. 113.)



KUVIO 4. Kriittisyysmatriisi moniulotteiseen kriittisyystarkasteluun

5.2 Analyysin tavoitteet

Usein kunnossapidon suunnittelun lähtökohtia ovat pelkästään käyttäjä kokemukseen pohjautuva tuntuma ja valmistajien suositukset. Ne ovat sinänsä erittäin hyviä lähtökohtia suunnittelun tueksi. Ne vaativat kuitenkin analyttisen lähestymistavan tuekseen, jotta käytössä oleva tieto tulee tehokkaasti hyödynnettyksi kohteen kunnossapidon kannalta.

Analyysin tavoitteena on, että kunnossapidon suunnittelun lähtökohtina olisi kohteeseen liittyviä tunnettuja faktoja ja yksittäisen osan tasolla harkittu kokemusperäinen tieto. Analyysi pyrkii minimoimaan pelkällä tuntumalla tehtäviä suunnitteluvalintoja sekä toisaalta helpottamaan ja yksinkertaistamaan pelkän käyttäjäkokemuksen pohjalta tehtäviä päätöksiä. Olennaista on, että kunnossapidolliset valinnat ja päätökset koostuvat riittävän pienistä ja ymmärrettävistä osakokonaisuuksista. Tällöin kunnossapidon suunnittelijalla on varmempi pohja tehdä päätöksiä ja luoda toimintamalleja.

5.3 Strategian eli toimintatapojen päättäminen

Kriittisyysanalyysin avulla saatiin suuntaa antavat tulokset siitä, mikä onärkevin kunnossapidollinen toimintamalli kunkin osan tai toimenpiteen kohdalla. Analyysin avulla saatiin kaksi tärkeää luokitusta jokaiselle analysoidulle osalle. Ensimmäinen on kunnossapitoluokitus, joka ohjaa ennakkohuolto- ja kunnonvalvontatoimintaan liittyvissä valinnoissa. Toinen on varaosaluokitus, joka auttaa tekemään valintoja varastointijärjestelyjen ja logistiikan suhteen.

5.4 Turvallisuustekijöiden huomiointi

Ihmisten, ympäristön ja koneiden turvallisuus on aina keskeinen asia kunnossapitoa suunnitellessa. Se on otettu huomioon tässä opinnäytetyössä. Kriittisyysanalyysin yksi arvioitava osatekijä on osan vikaantumisen aiheuttama turvallisuusriski. Jos riski on merkittävä, osan täytyy olla jatkuvan kunnonvalvonnan ja ennakkohuoltojen piirissä. Lisäksi laitoksesta poimittiin sellaiset osat, joiden määräaikaistarkastuksista määrätään laissa tai viranomais määräyksissä. Esimerkkinä näistä mainittakoon käsisammuttimet, jotka on huollettava määräajoin valtuutetun huoltoliikkeen toimesta. Lait ja säädökset ovat aina kaiken muun arvioinnin yläpuolella ja niitä tulee noudattaa.

6 KUNNOSSAPITO-OHJELMAN LUOMINEN

Projektin tärkeimpänä lopputuloksena saatiin laitokselle kunnossapito-ohjelma, joka on suunniteltu edellisessä luvussa esitellyn kriittisyysanalyysin pohjalta. Se on taulukko, jossa on listaus laitoksen moduuleista. Moduulit on avattu niiden sisältämien koneiden ja edelleen yksittäisten osien tasolle. Jokaiselle osalle tai osakokonaisuudelle on annettu kunnossapito- ja varaosaluokitus A, B tai C. Lisäksi on kerrottu tarvikelajit, joita tämän osan huollossa tarvitaan. Tarvikelajit ovat standardiosat, erikoisosat ja voiteluaineet. (liite 2.)

6.1 Esitysmuodon suunnittelu

Esitysmuoto ei ollut tämän projektin priorisoinnissa merkittävässä osassa. Projektin tuotosten hyödyntämismuoto tarkentuu myöhemmin tilaajayrityksen ohjelmisto- ja käyttöliittymäratkaisujen perusteella. Kunnossapito-aikataulu on oltava helppolukuinen ja selkeä dokumentti. Tämä mahdollistaa sen, että suunnitellut kunnossapito-toimenpiteet tulevat tehdyksi ajallaan ja kohde pysyy toimintakunnossa.

Biokaasulaitos on hyvin laaja kokonaisuus komponentteja ja toimilaitteita, mikä aiheutti haasteita selkeän esitysmuodon valintaan. Suunnittelu vaati laitoksen syvällistä tuntemusta ja laajasti eri tekniikan alojen käsitteiden ymmärtämistä. Tuotoksissa hyödynnettiin Microsoft Excelin pivot -taulukoita, joiden suodatus- ja hakutoimintoja hyödyntämällä käyttäjä löytää vaivattomasti haluamansa tiedon laajastakin kunnossapito-aikataulusta.

6.2 Käyttö- ja huolto-ohje

Kuten millä tahansa koneella tai laitteistolla, biokaasulaitoksen tuotedokumenttaatioon kuuluu kunnossapito-ohjelman lisäksi käyttö- ja huolto-ohjeet. Ohjeet rakennetaan siten, että termit, otsikot ja käsitteet ovat yhteneväiset kunnossapitoaikataulu -dokumentin kanssa. Tämän opinnäytetyön tuotokset luovat pohjaa toimivien ja selkeiden käyttö- ja huolto-oppaiden tekemiselle.

6.3 Varaosasuunnittelu

Kriittisyysanalyysin pohjalta kaikki laitoksen osat arvioidaan ja tehdään päätökset kunkin varaosan varastoinnista. Analyysi antaa varaosaluokituksen, joka pohjautuu osan arvoon, saatavuuteen ja vikaantumisodotuksiin. Kaikille varaosille täytyy olla tiedossa toimittaja. Suunnittelussa arvioidaan, onko osa fyysisesti

- A. käyttökohteessa eli laitoksen varaosahyllyssä
- B. Demecan varastossa
- C. toimittajan varastossa tai sopimusvalmistajalla teetettävissä.

Varastojärjestelyihin vaikuttaa myös asiakaskohtainen sopiminen huoltotoiminnosta. Mikäli tietyn osan säännöllinen vaihtaminen kuuluu Demecan huoltopalvelulle, osa voi olla Demecan varastossa. Jos tehtävä on sovittu käyttäjän vastuulle, osa voi olla järkevää säilyttää laitoksen varastossa.

A-luokka

Biokaasulaitoksella tulee olla asianmukainen varastohyllykkö, jossa on omat lokerot niille osille, joita on järkevää säilyttää kohteessa. Perusteita tähän ryhmään kuulumiselle ovat esimerkiksi hyvin pieni vikaantumistaajuus, helppo vaihdettavuus tai pieni varastoarvo.

B-luokka

B-luokkaan kuuluvat varaosat, joita kuluu säännöllisesti tai yllättävä kiireellinen tarve on mahdollinen. Demecan tehtaalla on Kanban -korteilla toimiva imuohjautuva tarvikevarasto. Biokaasulaitoksen B-luokkaan luokiteltaville osille luodaan omat paikat tähän varastoon. Varastonhallinta toimii siis Demecan muun materiaalivirran yhteydessä.

C-luokka

C-luokassa ovat varaosat, joita ei arvioinnin pohjalta katsota järkeväksi sitoa varastopääomaan. Usein tällaisten osien vikaantumisella on pienet haitat prosessille tai osilla on suuri vikaantumistaajuus tai suuri varastoarvo. Demecan huolto-organisaatiolla on tiedossa näille osille toimittajat tai sopimusvalmistajat. Toimitusaika voi olla jopa kuukauden mittainen tai pidempi ja tällöin on arvioitu,

että laitoksen toiminta voi jatkua osan vikaantumisesta tai rikkoutumisesta huolimatta. Tiettyjä hyvin epätodennäköisesti yllättäen rikkoutuvia osia voidaan laittaa tähän luokkaan silläkin riskillä, että rikkoutuminen johtaa seisokkiin. Tämän täytyy olla tarkkaan harkittua ja siitä täytyy vallita avoin tietoisuus laitoksen käynnissäpitoon osallistuvien osapuolten välillä.

7 KUNNOSSAPIDON ORGANISOINTI

Biokaasuteknologia on erityinen tekniikan-ala, ja koko biokaasulaitoksen kattava ja tehokas kunnossapito vaatii erityisosaamista. Paras asiantuntemus löytyy Metaenergian ja Demecan omasta organisaatiosta. Käyttökokemuksen myötä laitoksen omistajataho, esimerkiksi maatalousyrittäjä, kehittyy usein myös laitoksensa todelliseksi asiantuntijaksi. Näiden kahden toimijan toteuttama tehokas ja huolella suunniteltu kunnossapito sekä avoin yhteistyö takaavat laitoksen häiriöttömän toiminnan.

Toisaalta useat biokaasulaitoksen osat tai yksittäiset koneet ovat yleisesti tunnettua tekniikkaa ja niiden kunnossapitoa voi toteuttaa osaava asianmukaisen koulutuksen saanut mekaanikko tai sähköasentaja. Siksi myös ostopalveluiden käyttäminen kunnossapidon asennustehtävissä on huomioon otettava vaihtoehto.

7.1 Metaenergian asiantuntijahuolto-organisaatio

Metaenergian ja Demecan organisaatiossa on paras tieto ja asiantuntemus yrityksen valmistaman laitoksen kunnossapidon toteuttamiseksi. Henkilöstö on ollut mukana vuosia kestäneessä kehitystyössä ja toteuttanut kunnossapitoa käytössä olevilla laitoksilla jatkuvan parantamisen hengessä. Tulevaisuudessa metaenergian toimittamien biokaasulaitosten toimivan kunnossapidon takaamiseksi on ensiarvoisen tärkeää jalkauttaa ja valjastaa kaikki tämä tietotaito asiantuntijahuolto-organisaation käyttöön. Metaenergia-biokaasulaitosten kunnossapito on osa Demecan huolto-organisaation toimintoja.

Huoltosopimus määrittelee, kuinka kattavasti Metaenergia toteuttaa laitoksen valvontaa ja käynnissäpitoa. Yrityksen tarjoamassa kunnossapitopalvelussa merkittävässä osassa on pitkälle kehitetty etähallinta- ja valvontajärjestelmä. Etähallinnan avulla laitos voi olla jatkuvassa valvonnassa ja häiriötilanteisiin on mahdollista reagoida nopeasti, jolloin seisokkien määrä ja pituus minimoidaan.

7.2 Käyttäjäkunnossapito

Toinen ydinosa biokaasulaitoksen kunnossapito-organisaatiota on laitoksen omistaja tai käyttäjä, eli maatilaympäristössä usein itse maatalousyrittäjä työntekijöineen. Tehokas ja suunnitelmallinen käyttäjäkunnossapito on todella merkittävä osa toimivaa kunnossapitoa. Metaenergian ja Demecan tehtävä on antaa käyttäjätaholle parhaat mahdolliset eväät tehokkaan kunnossapidon toteuttamiseksi. Tämä tarkoittaa lukuisia käytännön järjestelyitä, kuten

- kattavat käyttö- ja huolto-ohjeet
- tuotekoulutus ja jatkuva perehdyttäminen
- palveleva tuotetuki
- olosuhteista huolehtiminen esimerkiksi 5S -menetelmän avulla
- toimenpiteiden standardoiminen
- yksinkertainen kirjausjärjestelmä.

7.3 Ostopalvelut

Vastuu yksittäisistä biokaasulaitoksen kunnossapito-toiminnoista tulee olla huoltosopimusten sisällöstä riippuen joko Demecan organisoimalla asiantuntijahuollolla tai laitoksen omistajalla. Joissain tapauksissa voi olla järkevintä käyttää yksinkertaisiin huolto- tai korjaustoimenpiteisiin ulkopuolista urakoitsijaa. Tällöin vastuussa oleva taho tilaa ostopalveluna urakoitsijan ja vastaa tämän ohjeistamisesta.

8 YHTEENVETO

8.1 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena oli edistää tehokkaan ja ammattimaisen kunnossapidon jalkauttamista Metaenergia -biokaasulaitoksille. Konkreettisimmat tavoitteet olivat laitoksen jakaminen sopiviin osiin ja työkalujen luominen näiden osien kunnossapidollista analysointia varten.

Biokaasulaitoksen kunnossapidon suunnittelu, on erittäin laaja aihekokonaisuus. Tämän vuoksi aiheen rajaamisella työn esisuunnitteluvaiheessa oli tärkeä merkitys. Siinä luotiin edellytykset projektin onnistumiselle, eli korkeatasoiselle kunnossapidon suunnittelulle tavoiteaikataulussa.

Tärkeimpänä tuotoksena saatiin hyvin pitkälti työn tavoitteita vastaava kriittisyysanalysointi työkalu, jossa biokaasulaitos jaoteltiin laitosmoduuleiksi, osamoduuleiksi sekä edelleen toimilaitteiksi ja osiksi. Tämä työkalu sovellettiin vahvasti tilaajan tarpeita ajatellen. Siihen haettiin vaikutteita useista tunnetuista kunnossapitomenetelmistä ja ideologioista. Näistä esimerkiksi mainittakoon luottavuuskeskeinen kunnossapitofilosofia (RCM) ja vikavaikutusanalyysi (FMEA). Työkalu koostettiin ensimmäisessä vaiheessa Excel pivot -taulukon. Kun biokaasulaitos oli jaoteltu osiin kriittisyysanalyysia varten, siitä edelleen jalostamalla saatiin selkeä runko kunnossapito-aikataululle ja varaosalistaukselle.

Työn tekemiseen liittyi useita haasteita. Laitoksen osiin jaottelua vaikeutti tuotepäivityksistä ja -kehityksestä aiheutuneet muutokset laitevalintoihin opinnäytetyön tekemisen aikana. Kriittisyysanalyysissä käytettävien kysymys- ja pisteyttämiskäytäntöjen muotoilu kaikille osille ja toimenpiteille soveltuvaksi oli yllättävän haasteellista.

8.2 Jatkokehitysmahdollisuudet

Projekti avaa useita mahdollisuuksia jatkaa biokaasulaitosten kunnossapidon kehittämistä. Yksi keskeinen kehitysmahdollisuus on kartoittaa ohjelmistomah-

dollisuuksia toimenpiteiden kirjaamisen ja seuraamisen helpottamiseksi. Kunnossapidon seurantajärjestelmää voidaan kehittää integroituna laitoksen automaatiojärjestelmiin. Tämä on todennäköisin kehityssuunta, koska laitoksen kunnonvalvontaan on jo nyt satsattu tutkimus ja kehitystyötä. Toinen mahdollinen, joskin tämän hetken tiedoilla epätodennäköisempi kehityssuunta on erillinen kunnossapito-ohjelmisto.

Tärkeänä jatkokehitysalueena on myös kattava tuotedokumentaatio, kuten käyttö- ja huolto-ohjeet sekä vianhakudiagnostiikka. Näiden tuottamiselle on luotu pohjaa tässä opinnäytetyössä. Tuotedokumentteihin tulee vahvasti vaikutteita Demecan muiden tuotteiden vastaavasta dokumentaatiosta. Tuotedokumentaatio tullaankin kehittämään Demecan muun dokumentaation kanssa yhteneväiseksi. Kattavan dokumentaation rakentamisessa tulee luoda ja vakiinnuttaa myös laitetunnukset kaikille tässäkin opinnäytetyössä analysoiduille moduuleille, toimilaitteille ja niiden osille.

Yrityksellä on kehitysvaiheessa myös ajoneuvopolttoaineen eli biometaanin tuotantolaitteistot. Tämän projektin tuotoksia ja CHP -laitoksen kunnossapidossa hyväksi havaittuja kunnossapitomenetelmiä pyritään soveltamaan tulevaisuudessa biometaanin tuotantolaitteiston kunnossapitoon.

LÄHTEET

1. Demeca Oy. Saatavissa: www.demeca.fi. Hakupäivä 10.10.2016.
2. Ek, Fredrik – Luostarinen, Juha 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. Helsinki: Motiva. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf Hakupäivä 13.10.2016.
3. Järviö, Jorma – Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.
4. Latvala, Markus 2005. Jätevesilietteen anaerobinen käsittely ja biokaasun hyötykäyttö. Tampere: Bionova Engineering. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7934/Jatevesilietteen_anaerobinen_kasittely_ja_biokaasun_hyotykaytto.pdf Hakupäivä 13.10.2016.
5. Metaenergia Oy. Saatavissa: www.metaenergia.fi. Hakupäivä 10.10.2016.
6. Mikkonen, Henry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
7. Mäki, Kari 2016. Älykäs kunnossapito. Promaint -kunnossapidon erikoislehti 24.5.2016. Saatavissa: <http://www.promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Alykas-kunnossapito>. Hakupäivä 3.3.2017.
8. Sarkimo, Matti 1998. Jatkuvan monitoroinnin menetelmät rakenteiden eheyden varmistamiseen ydinvoimaloissa. VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1882.pdf>. Hakupäivä 25.3.2017.
9. Työterveyslaitos 2015. OVA-ohje, Rikkivety. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/rikkivet.html> Hakupäivä: 18.10.2016

10. Väisänen, Jouni 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Lean Six Sigma-verkkopalvelu 15.01.2013. Quality knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoekalu/>. Hakupäivä 8.11.2016.

Muokattavat sarakkeet: Osa-alueiden pisteyttäminen								Tulos-sarakkeet: Suuntaa antavat tulokset kunnossapidon suunnittelun tueksi						
PISTEYTYS (0-4)								KUNNOSSAPITOLUOKITUS			VARAOSALUOKITUS			
Todennäköisyys vikaantua	Kriittisyys	Ennakoinnin vaikeus	Turvallisuus riski	Varaosan edullisuus	Varaosan saatavuuden vaikeus	Huollettavuus	Summa 1	A1	B1	C1	Summa 2	A2	B2	C2
4	3	4	2	4	2	2	18	X			41	X		
3	3	2	0	2	2	2	12		X		28		X	
3	3		0	3	1	3	11			X	27		X	
3	4	2	0	1	2	2	12,5		X		26		X	
3	2	2	0	2	2	3	12		X		28		X	
3	2	2	0	3	2	2	11,5		X		30		X	
2	4	3	0	2	2	2	13		X		27		X	
2	3	2	0	0	4	1	10			X	24			X
2	1	0	0	1	2	4	8,5			X	20			X
2	4	4	0	4	1	4	16,5		X		33	X		
2	4	1	0	3	2	3	12,5		X		29		X	
2	2	3	1	2	2	3	13		X		27		X	
2	4	3	4	2	2	3	18	X			32	X		

Kuva 1. Pisteytys ja tulokset

FMECA - sovellettu vika- vaikutus- ja kriittisyysanalyysi

Pisteytystaulukko

Muokattavat sarakkeet: Osa-alueiden pisteyttäminen								Tulos-sarakkeet: Suuntaa antavat tulokset kunnossapidon suunnittelun tueksi										
KOHDE								KUNNOSSAPITOLUOKITUS			VARAOSALUOKITUS							
Laitosmoduuli	Laitte/osa-alue Osamoduuli	Tarkennus	Osa(t) / komponentti	Todennäköisyys vikaantua	Kriittisyys	Ennakoinnin vaikeus	Turvallisuus riski	Varaosan edullisuus	Varaosan saatavuuden vaikeus	Huollettavuus	Summa 1	A1	B1	C1	Summa 2	A2	B2	C2
gfix	xxx	xxx	Venttiili x	4	3	4	2	4	2	2	18	X			41	X		
gfix	xxx	xxx	Moottori x	3	3	2	0	2	2	2	12		X		28		X	
gfix	xxx	xxx	Terästä x	3	3		0	3	1	3	11			X	27		X	
gpower	xxx	xxx	Laakeri x	3	4	2	0	1	2	2	12,5		X		26		X	
gpower	xxx	xxx	Tiiviste x	3	2	2	0	2	2	3	12		X		28		X	
gpower	xxx	xxx	Osa x	3	2	2	0	3	2	2	11,5		X		30		X	
gpower	xxx	xxx	Osa x	2	4	3	0	2	2	2	13		X		27		X	
gmex	xxx	xxx	Osa x	2	3	2	0	0	4	1	10			X	24			X
gmex	xxx	xxx	Osa x	2	1	0	0	1	2	4	8,5			X	20			X
gmex	xxx	xxx	Osa x	2	4	4	0	4	1	4	16,5		X	X	33	X		
xxx	xxx	xxx	Osa x	2	4	1	0	3	2	3	12,5		X		29		X	
xxx	xxx	xxx	Osa x	2	2	3	1	2	2	3	13		X		27		X	
xxx	xxx	xxx	Osa x	2	4	3	4	2	2	3	18	X			32	X		

Kuva 2. Pisteytystaulukon rakenne

Kunnossapitoluokkamäärittelyt			
Kunnossapito I.	Raja	Huolto	Ennakointi
A1	18	Ennakko	Tarvekartoitus jatkuvalle kunnonvalvonnalle/monitoroinnille.
B1	11	Ennakko	Kunnonvalvonta vähintään määräaikaistarkastuksin jos mahdollista.
C1		Korjaava	Toimintasuunnitelma vikaantumisen varalle. Vasteajan arviointi.

Kuva 3. Työkalun asetukset eli pisterajat

Toimenpideohjelma

Kohde				Luokitukset		Aikavälit						
Laitosmoduuli	Laite/osa-alue	Tarkennus	Osa(t) / komponentti	KP-luokka	Varaosaluokka	Päivä	Viikko	Kk	3kk	6kk	vuosi	Tarpeen mukaan
xxx	xxx	xxx	osa3	B	B		I/C					S/R
xxx	xxx	xxx	osa43	B	B						S/R	
xxx	xxx	xxx	osa123	B	B		I/C	S/R				
xxx	xxx	xxx	osa4	B	A		I/C					S/R
xxx	xxx	xxx	osa12	A	B			I/C	S/R*			
xxx	xxx	xxx	osa33	C	C						I/C	S/R

Kuva 1. Toimenpideaikataulu

Varaosaluettelo

Kohde				Osa				
Laitosmoduuli	Laite/osa-alue	Tarkennus	Osa / komponentti	Varaosaluokka	Tarvikelaji	Valmistaja	Osanumero tai tunnus	Toimittaja
xxx	xxx	xxx	xxx	A	Omavalmiste	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	B	Standardi-osa	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	C	Voiteluaine	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	A	Voiteluaine	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	B	Omavalmiste	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	C	Standardi-osa	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	A	Standardi-osa	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	B	Standardi-osa	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	C	Omavalmiste	xxx	12345	xxx
xxx	xxx	xxx	xxx	A	Standardi-osa	xxx	12345	xxx

Kuva 2. Varaosaluettelo