



Kunnossapito-ohjelman luominen sähkölaitteistolle

Jyri Vuorimaa

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2022

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikka

Vuorimaa Jyri

Kunnossapito-ohjelman luominen sähkölaitteistolle

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2020, 43 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: Suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: Kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Hb-Betoniteollisuus Oy. Toimeksiantajalla oli tarvetta tuotantolaitoksen sähkölaitteistolle luotavalle kunnossapito-ohjelmalle / kunnossapitosuunnitelmalle. Kunnossapito-ohjelman piti kattaa tuotantolaitokselle kriittisimmät kohteet sekä muut turvallisuuteen ja normaaliin päivittäiseen käyttöön liittyvät sähkölaitteet. Kunnossapito-ohjelma pitää sisällään muuntamotilat, sähkökeskukset, nosto-ovet, taajuusmuuttajat, turvavalot sekä savunpoistoyksiköt.

Työ aloitettiin perehtymällä toimeksiantajan tuotantotiloihin. Aiheesta alettiin rakentamaan tietoperustaa ja rajaamalla se työssä käsiteltäviin kohteisiin. Tietoperustaan sisällytettiin myös kunnossapitoon liittyvää materiaalia sekä millaisia erilaisia kunnossapitotapoja on. Otettiin huomioon myös, miten sähköturvallisuus vaikuttaa kunnossapitoon ja kunnossapidon käytäntöihin.

Kunnossapito-ohjelman kokoamista alettiin luomaan aiheesta kerätyn aineiston sekä toimeksiantajalta saadun materiaalin perusteella. Näistä saatiin luotua laitekohtainen kunnossapito-ohje, joka täyttää laitteille asetetut laitekohtaiset ja lakisääteiset määräykset. Kunnossapito-ohjeissa otettiin myös huomioon erilaisiin kunnossapitostrategioihin liittyviä tapoja ja sisällytettiin niitä ohjeisiin.

Ohjeiden luomisvaiheessa huomattiin tulevaisuutta varten tehtäviä jatkokehittämismahdollisuuksia sekä muutamia parannuskeinoja, millä saadaan luotua vielä nykyistä tarkemmat ohjeet sähkölaitteiston kunnossapidolle.

Avainsanat (asiasanat)

Kunnossapito, Sähköturvallisuus, Kunnossapito-ohjelma, Sähkölaitteiston huolto-ohje

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Vuorimaa Jyri

Creating a maintenance program for electrical equipment

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2022, 43 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Electrical and Automation Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The bachelor's thesis was assigned by Hb-Betoniteollisuus Oy. The Client needed a maintenance program / maintenance plan for the electrical equipment of the production facility. The maintenance program had to cover the most critical parts of the production facility and other electrical equipment related to safety and everyday use. The maintenance program includes transformers, electric centres, lifting doors, frequency converters, emergency lights and smoke extraction units.

The research was begun by getting acquainted to the client's production facilities. Then I started to build a knowledge base and to delimit it to the parts of the production facility that we discussed with the client. Maintenance materials and the different maintenance methods were also included in the knowledge base. It was also considered how electrical safety affects maintenance and maintenance practices.

The compilation of the maintenance program began to be created based on the material collected on the subject and the material obtained from the client. These were created for a device-specific maintenance guide, which meets the device-specific and statutory regulations set for laws. The maintenance plan also took into account guidelines related to the various maintenance strategies.

During the creation of the program, the future development opportunities and a few remedies for the future were noticed to create more detailed instructions for the electrical equipment.

Keywords/tags (subjects)

Maintenance, electrical safety, maintenance program, electrical equipment maintenance instructions

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Tutkimusasetelma	4
2.1	Lähestymistapa	4
2.2	Aineistonkeruu- ja analyysi	5
3	Kunnossapito	6
4	Kunnossapidon jakautuminen	7
4.1	Kunnossapitolajit	7
4.2	Korjaava kunnossapito	10
4.3	Ehkäisevä kunnossapito	10
4.4	Ennustava kunnossapito	11
4.5	Jaksotettu kunnossapito	11
5	Kunnossapitokäytännöt	12
6	Kunnossapitostrategia	12
6.1	Kunnossapidon suunnittelu	12
6.2	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)	13
6.3	Tuottava kunnossapito (TPM)	14
7	Sähkölaitteiston kunnossapito	17
7.1	Sähköturvallisuuden yhdistäminen kunnossapitoon	17
7.2	Eristysvastusmittaus	18
7.3	Lämpökamerakuvaus	19
7.4	Muuntamot	20
7.5	Sähköpääkeskukset	24
7.6	Turvavalot	24
7.7	Savunpoistolaitteisto	27
7.8	Nosto-ovet	28
7.9	Taajuusmuuttajat	28
8	Käytönjohtajuus	30
9	Huolto- ja kunnossapito-ohjeiden kokoaminen HB-Betoniteollisuus Oy:lle	31
10	Tulokset	32
11	Pohdinta	39
	Lähteet	41
	Liitteet	43
	Liite 1. Tarkistus -ja korjauslista	43

Kuviot

Kuvio 1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan.....	8
Kuvio 2 Kunnossapitolajien luokittelu.....	9
Kuvio 3 Vian vaikutukset RCM	14
Kuvio 4 Puhdistamisen ja tarkastamisen vaikutus käyttäjäkunnossapitoon	16
Kuvio 5 Pistelämpökamera FLIR TG267	19
Kuvio 6 Kosteuden aiheuttama korroosio virtapiirilevyllä.....	29
Kuvio 7 RZN 4402-K Savunohjauskeskus.....	34
Kuvio 8 Lähetettävä paketti	39

Taulukot

Taulukko 1 PSK 7704 standardin mukainen eristysvastusmittauksissa käytettävä jännitteen valinta	18
---	----

1 Johdanto

Kunnossapidosta puhuttaessa se herättää meissä erilaisia käsityksiä sekä ajatuksia. Käsitykset vaihtelevat huomattavasti millaisissa kunnossapidon tehtävissä on työskennelty aikaisemmin ja muissa, kuin kunnossapidon tehtävissä työskennelleillä on erilainen käsitys kunnossapidosta. Käsitteen voi kuitenkin tiivistä: ”Kunnossapidon ensisijainen tehtävä on pitää laitteet käyttökunnossa”. Tästä käsitteestä jokainen meistä saa ajatuksen mistä puhutaan ja pystyy ymmärtämään mitä kunnossapidolla tarkoitetaan.

Kunnossapito on tuotantolaitosten kulmakivi ja ilman hyvin toteutettua kunnossapitoa tuotanto takkuilee eikä saavuteta laitteille ja tuotannolle asetettuja tavoitetta. Teollisuudessa sähkölaitteisto on elintärkeässä osassa laitoksen toimintaa ja työntekijöiden turvallisuutta. Kunnossapidon avulla pystytään ennakoimaan ja ehkäisemään laitteiston vikaantumista ja näin ollen pitämään tuotanto käynnissä. Taloudellisella silmällä tarkasteltuna kunnossapito on myös isossa osassa ja on yksi yrityksen suurimmista kustannustekijöistä. Taloudellista merkityksellisyyttä on vaikea määrittellä eikä sille ole luotu mitään selkeää tilastointi menetelmää kansallisesti tai kansainvälisesti. Tällaista tilastoa tuotanto yritykset voivat arvioida taloudellisen kustannusten tai tuotantomenetysten avulla.

Toimeksiantajalla oli tarve tuotantolaitoksen sähkölaitteiston kunnossapitosuunnitelmalle. Opin- näytetyön toimeksiantajana toimi Hb-Betoniteollisuus Oy. HB-betoni on betonialan yritys, joka toimii Suomalaisen betoniteollisuuden uranuurtajana ja on yksi keskisuomalaisen liike-elämän vakiintuneimmista yrityksistä. Toiminta on alkanut vuonna 1958 Armas Harjun perustaman Harjun Laastin myötä. Vuonna 1978 aloitettu betoniharkkojen valmistus kasvatti tuotevalikoimaa entisestään. Konkurssin myötä vuonna 1992 yritys muuttui Hb-Betoniteollisuudeksi. Siitä ajan saatossa muovautunut nykyiseen muotoonsa ja toiminta on siitä asti jatkunut nykypäivään saakka. Päätoimipiste yrityksellä sijaitsee Jyväskylässä ja toinen toimipiste löytyy Somerolta. Toimintaa on pääasiallisesti kotimaassa. Hb-betonin tuoteperheeseen kuuluu monipuoliset harkko- ja pihakivituotteet. (Tietoa yrityksestä, N.d.).

Hb-Betoniteollisuus on nykyisessä muodossaan moderni betonialan yritys, jolla on jatkuvaa tuotekehitystä ja tuotannon optimoimista parempaan lopputulokseen. Suomalainen betoniteollisuus edustaa maailman huippua betoniteollisuuden osalta.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Lähestymistapa

Opinnäytetyö toteutettiin tutkimuksellisenä kehittämistyönä. Pohtiessani millä tavoin alan työtä toteuttamaan ja viemään eteenpäin, niin jo työn alkumetreillä tuli itselleni selväksi, että työ tul- laan toteuttamaan kvalitatiivisella tutkimusotteella. Kehittämistyöllä saadaan tiivistettyä työ käy- tännön toteutukseen ja lopputulokseen. Kehittämistehtävän tavoitteena oli ensiksi tutustua koh- teeseen, josta kerätään kohde- ja laitekohtaista tietoa sekä tämän saadun tiedon puitteissa työn laajuus selvitettiin, josta saatiin rajattua työn kokonaisuus. Kvalitatiivinen tutkimusote sopii työlle, sillä työssä pääsääntöisesti tulkitaan tekstejä ja aineistoja, jotka ovat yleisesti lakiin määrättyjä ei- vätkä jätä tulkittamisen varaa eikä käytettävää aineistoa muokata numeeriseen muotoon. Bisterin (2019) mukaan kvalitatiivisessa tutkimustavassa kohdetta pyritään tutkimaan mahdollisimman ko- konaisvaltaisesti ja tavoitteena on ymmärtää sekä tulkita jonkin ilmiön merkitystä ja sen esiintymi- sen syytä. Tutkittava kohde tullaan valitsemaan harkinnanvaraisesti ja tarkoituksenmukaisesti. Tekstissä mainitaan myös, että tapauksia tulkitaan yksilöinä ja aineisto tulkitaan sen perustella. Kvalitatiivisella tutkimusotteella käsitellään sen teoreettista pätevyyttä eikä yleistettävyyttä. (Bis- ter 2019, 33.)

Tavoitteena opinnäytetyölle oli se, että saadaan luotua toimeksiantajalle toimiva laitekohtainen kunnossapito-ohjelma, joka täyttää yrityksen määrittelemät tavoitteet sekä laissa asetetut mää- räykset. Miettiessäni mitä tavoitteita asetan opinnäytetyölle, selvisi myös itselleni henkilökohtaisia tavoitteita, jotka olivat kunnossapitoon tarkempi perehtyminen ja sen merkitykseen tuotantolai- toksissa, sillä tulevaisuudessa aiheesta voi olla varmasti hyötyä, jos mietitään, millaisia työtehtäviä alallani työskentelevillä ammattihenkilöillä on. Tutkimusasetelman määrittelemisen jälkeen seu- raava kohta oli tutkimuskysymysten miettiminen sekä miten työn tavoitteista saadaan johdateltua työlle pääkysymys.

Työn tavoitteiden ja tutkimusotteen perustella saatiin määriteltyä työlle pääkysymyksiä:

”Miten luodaan laitekohtainen kunnossapito-ohjelma ja kuinka täytetään sille määritetyt vaati- mukset?”

Pääkysymyksen avuksi määritettiin myös muutama apukysymys, joiden avulla pääkysymystä saadaan täydennettyä. Apukysymyksiä, joita työlle määriteltiin, olivat:

”Millaisia lakisääteisiä määräyksiä laitteistolle on?”

”Millaisia laitekohtaisia määräyksiä laitteistolle on?”

Apukysymykset ovat ihan yhtä tärkeässä osassa, kuin pääkysymyksenkin. Pääkysymyksellä saadaan avattua mitä työ itsessään pitää sisällään ja apukysymyksillä saadaan lihavoitettua pääkysymystä sekä tuodaan sille kontekstia. Yksi tärkeimmistä kohdista mitä apukysymykset sivuavat on se, että hyvän kunnossapidon yksi tavoite on käyttövarmuus ja käyttövarmuutta saadaan, kun toteutetaan kunnossapito lain ja laitekohtaisten ohjeiden mukaan.

2.2 Aineistonkeruu- ja analyysi

Opinnäytetyössä käytettävän materiaalin ja niistä muodostuneen työn luotettavuutta voidaan perustella siten, että käytettävät materiaalit ja tiedot ovat pääsääntöisesti sähköturvallisuuslaissa sekä standardeissa määriteltyjä, joten niitä voidaan pitää luotettavina lähteinä. Muuta materiaali tutkiessani pidin mielessäni käsitteen ”oma lehmä ojassa”. Tällä pystyin arvioimaan, onko tutkittava materiaali luotettavaa vai haetaanko sillä markkinoilla omaa etua. Toimeksiantajalta saatua materiaalia pidin luotettavana ja paikkaansa pitävänä. Opinnäytetyön tyyppin perustella materiaali kuitenkin painottui lakiteksteihin ja standardeihin sekä ST-kortistossa olevaan materiaaliin, joten luotettavuus aspekti työssä pysyy korkeana. Aiheesta löytyi hyvin myös painettua kirjallisuutta, josta sai suurempaa näkökulmaa mitä kunnossapidolla käytännössä tarkoitetaan ja miten sitä voidaan hyödyntää teollisuudessa. Painettua kirjallisuutta etsiessäni ja tutkiessani rajasin materiaalia niiden julkaisuvuoden mukaan, sillä vaikka vanhemmassa materiaalissa on paljon hyvää tietoa, on sitä uudemmissa painoksissa päivitetty vastaamaan nykypäivää.

Työn aloitus vaiheessa tutkin myös millaisia aikaisempia opinnäytetöitä aiheesta oli tehty sekä minkälaisista lähteistä materiaalia on kerätty. Aikaisempia töitä oli aiheesta luotu jo suuri määrä, joten aineistonkeruuta sen osalta rajattiin lähivuosina tehtyihin töihin. Edeltävistä opinnäytetöistä sai vähän osviittaa siitä, että millainen rakenne työlle lopulta tulisi. Mielessä kuitenkin pidettiin hyvät eettiset käytöstavat eikä muiden töitä ja työssä olevaa materiaalia lähdetty suoraan kopioimaan.

3 Kunnossapito

Seuraavassa kappaleessa avataan, miten kunnossapito määritellään, kerrotaan kunnossapidon tavoitteista sekä siitä, miten kunnossapito on tärkeänä osana sähköturvallisuutta. Kunnossapito jaetaan myös erilaisiin alalajeihin ja kategorioihin riippuen miltä kantilta kunnossapito katsotaan.

Kunnossapito voidaan määritellä SFS-EN 13306:2017 standardin mukaan seuraavasti: ”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”.

Kunnossapidon tavoitteena on ylläpitää tuotannon tehokkuutta ja sen käyttövarmuutta, joka pitää sisällään kunnossapitovarmuuden, toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden. Merkittäviä tavoitteita kunnossapidolla on myös turvallisuus, ympäristön huomioiminen ja kustannustehokkuus. (PSK 6021:2022, 5.)

Sähköturvallisuuslaki edellyttää, että sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava käytettävästä laitteistosta ja siitä, että niitä huolletaan sähköturvallisuuslain edellyttämällä tavalla. Järjestelmällisen ja hyvän ylläpidon edellytyksenä on, että järjestelmälle on laadittu kohdekohtainen huolto- ja kunnossapito-ohjelma. (ST 96.01 2020, 1–3.) Luokkien kaksi ja kolme sähkölaitteistoille on laadittava sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma, josta sähkölaitteiston haltija vastaa. Muiden sähkölaitteiden osalta voidaan käyttää laitteiden ja laitteistojen omia käyttö- ja huolto-ohjeita. (Sähköturvallisuuslaki 1135:2016, 49§.)

Kunnossapitotyöt ovat yleensä jaettu korjaavaan sekä ennakoivaan kunnossapitoon. Sähkötyöturvallisuuden nojalla kunnossapitoa voidaan tarkastella myös kahdella eri tavalla:

- 1) Kunnossapitotöinä, jotka suoritetaan joko jännitteettöminä, lähitöinä tai jännitetyönä. Tämän tyyppisiä töissä on joko sähköiskun vaara tai oikosulun/maasulun aiheuttama valokaaren vaara.
- 2) Töinä, jotka suoritetaan kosketussuojatussa ympäristössä. Tämän tyyppiset työt eivät edellytä opastuksen lisäksi muita turvallisuustoimenpiteitä. Nämä lasketaan turvallisiin töihin. (SFS 6002 Käytännössä, 102.)

4 Kunnossapidon jakautuminen

4.1 Kunnossapitolajit

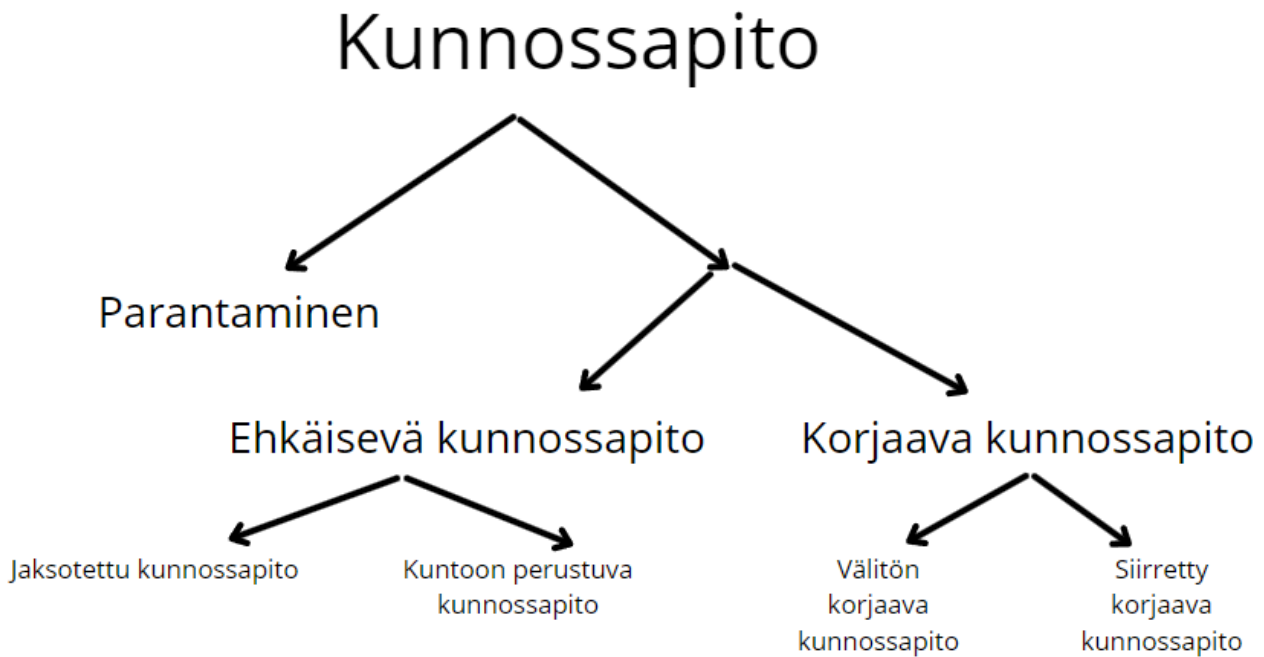
Eurooppalainen standardi SFS-EN 13306 jakaa kunnossapitolajit hieman eri tavalla, kuin PSK 6201 standardi. SFS-EN 13306 standardi jakaa kunnossapidon ehkäisevään- ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 standardin mukaan:

”Kunnossapito, jonka tarkoituksena on arvioida ja/tai vähentää kohteen heikentymistä ja vikaantumisen todennäköisyyttä”.

Korjaava kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 standardin mukaan:

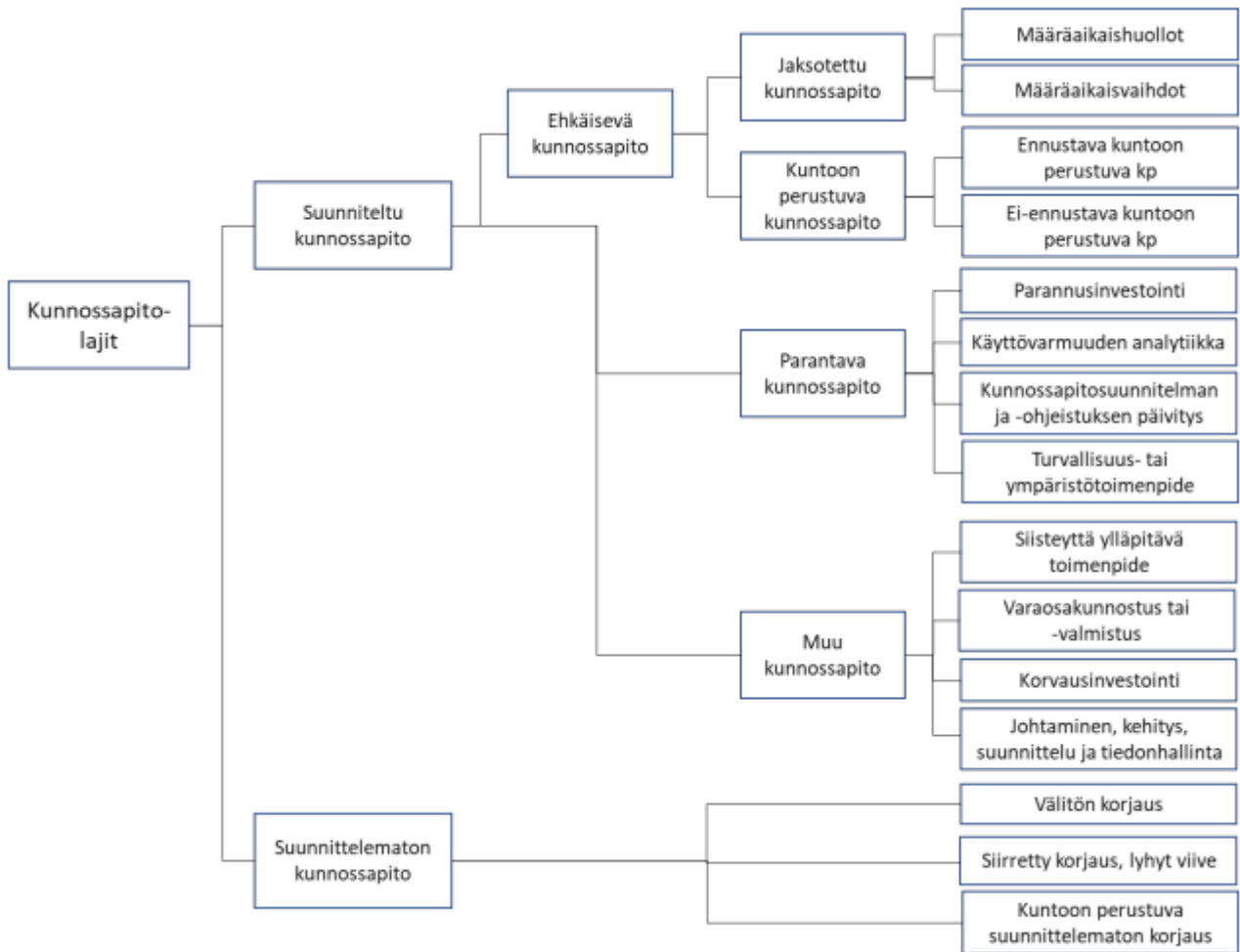
”Kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena palauttaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toimenpiteen”.

Näille kunnossapitolajeille pystytään myös SFS-EN 13306 standardin mukaan jaottelemaan erilaisia alalajeja, kuten jaksotettu-, kuntoon perustuva-, välitön korjaava- ja siirretty korjaava kunnossapito. Alapuolella olevassa kuvassa havainnollistetaan miten Eurooppalainen standardi jaottelee kunnossapitoa.



Kuvio 1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan

PSK 6201 standardi käsittää kunnossapitolajit myös kahden päälain alle, jotka eroavat Eurooppalaisesta SFS-EN 13306 standardista siten, että ne ovat jaoteltu suunniteltuun- ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon. Suunniteltu kunnossapito pitää sisällään ehkäisevän kunnossapidon, joka on määritelty standardin mukaan melkein samalla tavalla kuin SFS-EN 13306 standardissa. Suunnittelematon kunnossapito pitää sisällään korjaavan kunnossapidon, joka on jaoteltu muutamalle eri alalajille.



Kuvio 2 Kunnossapitolajien luokittelu (PSK6201, 45.)

Tarkastellessa näitä kahta eri standardia voidaan huomata, että SFS-EN 13306 standardi on yksiselitteisempi ja jakaa kunnossapitolajit suoraan kahteen erilaiseen tyyppiin. Myös PSK 6201 standardissa kunnossapitolajit jaetaan kahteen erilaiseen tyyppiin, mutta niitä avataan ja tarkastellaan laajemmin, kuin eurooppalaisessa standardissa. Yläpuolella olevasta kuviossa kaksi näkee miten PSK 6201 luokittelee kunnossapitoa laajempiin osa-alueisiin.

Opinnäytetyössä tullaan käyttämään tarkemmin PSK 6201 standardissa olevaa esitettyä kunnossapitojakoa kunnossapitolajeista, sillä se sopii paremmin työssä käsiteltävälle kohteelle. Lisäksi standardissa on avattu tarkemmin eri alalajeihin kuuluvia asioita ja se on helpommin ymmärrettävissä.

4.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitoa, jonka tavoitteena on palauttaa kohde tilaan, jossa se pystyy toteuttamaan sille vaaditun toimenpiteen. Korjaava kunnossapito suoritetaan vian tai muun poikkeaman havaitsemisen jälkeen. (PSK 6201:2022, 27.)

Sähkölaitteistolle SFS 6002 määrittelee (Rousku & Mäkinen 2018, 103) korjaustyöt jakaantuvaksi vian etsintään, paikantamiseen ja korjaukseen. Vianetsintä suoritetaan yleensä jännitteisessä laitteistossa lähityönä, jolloin tulee käyttää tilanteen mukaan henkilökohtaisia suojavarusteita. Korjaustyöt tehdään vian paikantamisen jälkeen ja tapauskohtaisesti työt voivat vaatia myös komponenttien vaihtoa. Ensisijaisesti työt tullaan tekemään jännitteettöminä, mutta tarvittaessa työt voidaan tehdä myös jännitetyönä. Ennen jännitteen uudelleenkytkentää kohteelle tehdään käyttöönottotarkastus soveltuvien osien. Käyttöönottotarkastus pitää sisällään silmämääräisen tarkastuksen, tarvittavat toiminnalliset kokeet ja testaukset sekä tarvittavat asettelut. (Rousku & Mäkinen 2018, 103.)

Välitön suunnittelematon korjaus on toimenpide, joka kuuluu korjaavaan kunnossapitoon. Se tulee suorittaa heti vian tai muun poikkeaman havaitsemisen jälkeen, jotta toimintakunto voidaan palauttaa tai vian aiheuttamat seuraukset voidaan rajoittaa hyväksyttävälle tasolle. Välittömät korjaukset kuuluvat suunnittelemattomaan kunnossapitoon. (PSK 6201:2022, 27.)

Näitä toimenpiteitä ei pystytä, ehditä tai päätetä valmistella, jolloin korjaukset tulevat yllättäen suorittajan näkökulmasta ja pitävät sisällään erilaisia viiveitä. Korjaustarpeet ilmenevät joko välittömästi tai poikkeamahavainnon jälkeen viiveellä. (PSK 6201:2022, 27.)

4.3 Ehkäisevä kunnossapito

Kuntoon perustuva kunnossapito kuuluu ehkäisevään kunnossapitoon, joka on tarkasteltavan kohteen jatkuvan tai määräajoin suoritettavan tarkkailun perusteella suoritettava toimenpide. Tämän avulla vähennetään vikaantumisen seurauksia havaitsemalla ajoissa oireita kohteessa, reagoimalla niihin ennen sen vikaantumista sekä samalla keräämällä tietoa vikojen aiheuttajista.

Välittömiä suunnittelemattomia korjauksia eli häiriökorjauksia pyritään kuntoon perustuvalla kunnossapidolla siirtämään kuntoon perustuviksi suunnitelluiksi korjauksiksi sekä jaksotettuun kunnossapitoon kuuluvia huoltotoimenpiteitä kuntoon perustuviksi huoltotoimenpiteiksi. (PSK 6201:2022, 28.)

Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on toimintaa, jolla seurataan ja havainnoidaan kohteen tilan parametrejä ja sen ominaisuuksia. Toimenpide voi olla joko määritetyin väliajoin tehtävää, jatkuvaa tai tietyn käyttömäärän jälkeen tehtävää. Kunnonvalvontaa voidaan määritellä aistihavaintoihin perustuvalla tavalla tai mittaavalla tavalla. (PSK 6201:2022, 31.)

Tarkastus tai testaus

Tarkastus tai testaus on toimenpide, jolla voidaan todeta kohteen ominaisuuksien vaatimustenmukaisuus testaamalla, mittaamalla tai havainnoimalla. Kyseinen toimenpide liittyy yleensä lakisääteisiin vaatimuksiin tai kunnossapidolle asetettuihin tavoitteisiin. (PSK 6201:2022, 31.)

Ennustava kunnossapito

Ennustava kunnossapito on toimintatapa, jolla pyritään ennustamaan kunnossapidon toimenpiteiden sisältöä ja ajoitusta. Se perustuu ennusteisiin, joita saadaan tunnetuista tunnusmerkeistä, toistuvista analyseistä kohteelle sekä tarkastelemalla kohteen tilan muuttumista. Tämän tyyppistä tilan muuttumista voi olla esimerkiksi kohteen heikkeneminen. Ennustavalla kunnossapidolla saadaan huomioon laajempi kokonaisuus, esimerkiksi järjestelmä tai laitteisto, kun määritellään laitteiden kunnossapidollisia toimenpiteitä. (PSK 6201:2022, 31.)

Jaksotettu kunnossapito

Jaksotettu kunnossapito tehdään käytön tai ennalta määritettyjen aikajaksojen mukaan, mutta ilman edeltävää toimintakunnon tutkimista. Tällä kunnossapitotavalla pyritään pienentämään koh-

teen vikaantumisen todennäköisyyttä tai sillä pyritään vaikuttamaan kohteen heikkenemisen etenemiseen. Jaksotettu kunnossapito tunnetaan myös termillä ehkäisevä kunnossapito, kun sitä käytetään käytännön toiminnassa. (PSK 6201:2022, 32.)

5 Kunnossapitokäytännöt

Sähköturvallisuusstandardin SFS 6002 mukaan kaikki sähkölaitteistoon sovellettavat kunnossapitotoimet tulee hyväksyttävä käyttöä valvovalla henkilöllä. Kunnossapitotyöt, jotka ovat tyypiltään samankaltaisesti toistuvia voi työn lopetus-, aloitus- ja keskeytyslupan antaa työnaikainen sähköturvallisuuden valvoja. Sähkötöiden johtajalla tai käytön johtajalla on velvollisuus ohjeistaa näiden töiden suorittaminen. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 §56.)

Sähkölaitteistoon liittyviä kunnossapidon korjaustöitä saa yleensä tehdä vain sähköalan ammattihenkilö, työhön riittävän pätevä henkilö tai riittävän opastettu henkilö. Opastettu henkilö saa osallistua kunnossapidon korjaustöihin, mutta sähköalan ammattihenkilön täytyy olla valvomassa toimintaa. (SFS 6002 käytännössä, 102.) On tärkeää, että kunnossapidon korjaustöissä otetaan huomioon sähköturvallisuus, jotta sähköiset vaarat vältetään.

6 Kunnossapitostrategia

6.1 Kunnossapidon suunnittelu

Mikkonen (2009) kirjoittaa, että PSK 6021 standardissa kunnossapitostrategialla saavutetaan liiketoiminnalle asetetut tavoitteet sekä kunnossapitosuunnitelmalla määritetään toimenpiteet, joilla kunnossapitostrategia saadaan toteutettua. Tekstissä sivutaan myös, että kuntoon perustuva kunnossapito on merkittävä osuus kunnossapitostrategiasta (Mikkonen 2009, 103).

Lisäksi Mikkonen (2009) ottaa kantaa myös laitetason kunnossapitostrategiaan. Tekstissä viitataan valintakaavioon, josta annetaan ymmärtää, että laite tai komponentti voidaan jakaa tuotannollisesti tärkeään sekä tuotannollisesti ei tärkeään kategoriaan. Nämä kategoriat voidaan erotella vielä suuriin- ja pieniin vauriokustannuksiin. Näiden avulla laitetason kunnossapitostrategian valinta tehdään siten, että kuuluuko se ennakkohuoltoon, kunnonvalvontaan, parantavaan kunnossapitoon vai kategoriaan, jossa vaurio sallitaan. (Mikkonen 2009, 123.)

Kirjassa korostetaan myös riskien hallintaa ja niiden tunnistamista. Satunnaisen vian todennäköisyyttä ja sen seurauksia pyritään hallitsemaan käyttövarmuuden suunnittelulla. Puhtaimmassa muodossaan kunnossapito on riskien hallintaa. Mikkonen (2009) kertoo tekstissään myös käyttövarmuustekniikasta, joka antaa erinomaiset työkalut riskien hallintaan ja tunnistamiseen. Käyttövarmuus on itsessään luotettavuutta, huollettavuutta ja huoltovarmuutta. Luotettavuus ja huollettavuus ovat linkityksessä investointiin, ja huoltovarmuus liittyy kunnossapito-organisaation kykyyn ylläpitämään käyttövarmuutta kunnonvalvonnan, ennakoivan huollon ja korjauksen keinoin. (Mikkonen 2009, 126.)

Tarkastellaan seuraavissa luvuissa erilaisia kunnossapidon toimintamalleja. Kaikkia kunnossapitoon liittyviä toimintamalleja työssä ei käydä läpi vaan rajataan toimintamallit opinnäytetyön aiheen ja laajuuden mukaan. Tarkastellaan lähemmin muutamaa, jotka liittyvät työhön keskeisesti ja tarjoavat työn tyyppin ja tarkoituksen mukaan hyviä lähestymistapoja työn toteutukselle.

6.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)

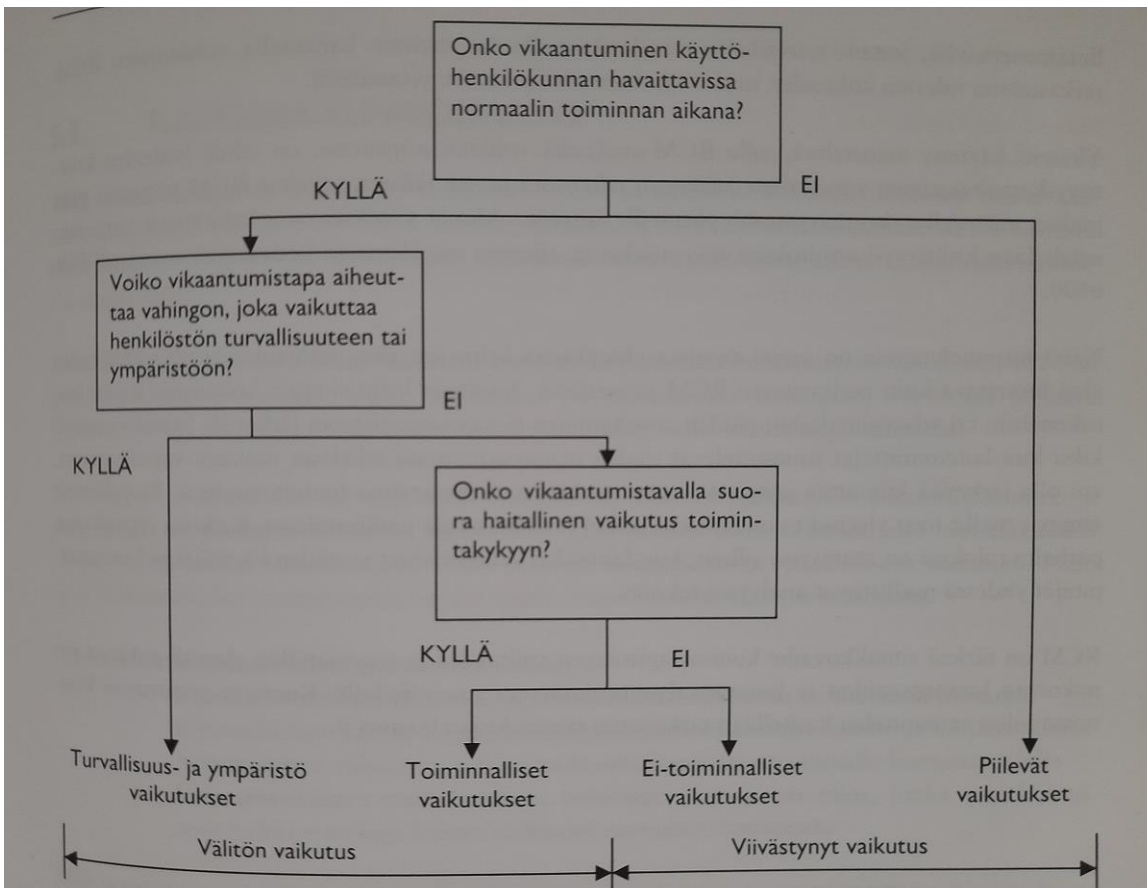
Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli Reliability Centered Maintenance (RCM) on yksi tärkeimmistä kunnossapidon suunnittelun työkaluista. RCM on alun perin lentokoneteollisuutta varten kehitetty menetelmä varmistamaan koneiden käyttövarmuutta. Huomattava seikka RCM menetelmässä on se, että varsinaisen kunnossapidon rinnalla laitteiston suunnittelua sekä sen kehittämistä pidetään yhtä tärkeänä. (Mikkonen & Komonen 2009, 75.) Tällä kunnossapitomenetelmällä pyritään siihen, että kunnossapitoa tehdään mahdollisimman vähän, mutta ei kuitenkaan vaaranneta laitteen tai laitoksen toimintaa. Pohjana tälle kaikelle toimii systemaattisuus. Luotettavuuskeskeinen toimintamalli on jo itsessään erittäin hyvä ja siitä kannattaa ottaa keskeisiä kohtia oman opinnäytetyön toteutukseen ja suunnitteluun.

Pähkinänkuoressa RCM voidaan määritellä seuraavien pääkohtien avulla:

- Priorisoidaan prosessin laitteet ja kohdistetaan kunnossapito laitteisiin, jotka ovat toiminnan kriittisimmissä kohdissa.
- Selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit, joista luodaan pohja oikeiden, tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle
- Huomioidaan passiiviset raja ja turvalaitteet
- Laitteille, joille ei löydy tehokkaita kunnossapidon menetelmiä, laaditaan toimintaohjeet vikaantumisen ilmettyä

- Koneiden käyttäjille opetus kriittisten komponenttien seuraamisesta (Mikkonen & Komonen 2009, 75.)

RCM-prosessissa voidaan määritellä vian seuraukset alapuolella olevan kuvion kolme mukaan. Nämä viat voidaan jakaa neljään eri kategoriaan, jotka ovat: piilevät seuraukset, turvallisuus- tai ympäristövaikutukset, toiminnalliset vaikutukset sekä ei-toiminnalliset vaikutukset. (Mikkonen & Komonen 2009, 76.)



Kuvio 3 Vian vaikutukset RCM (Mikkonen 2009, 77.)

6.3 Tuottava kunnossapito (TPM)

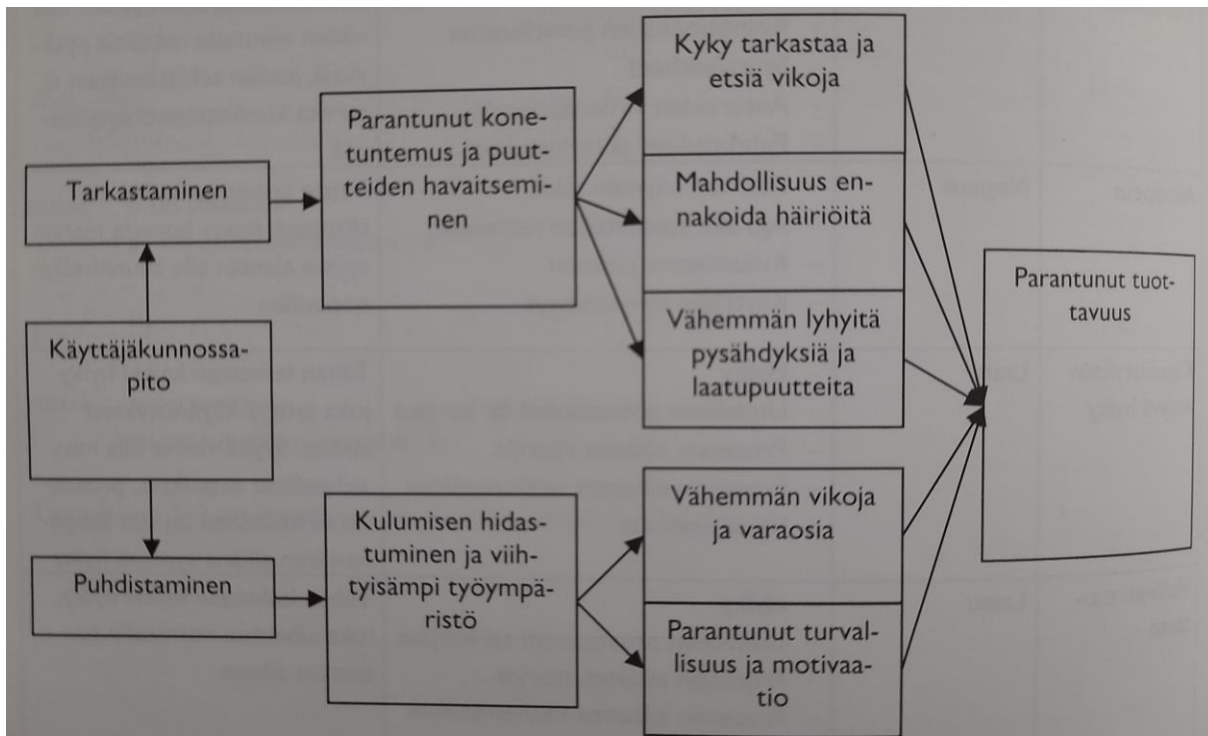
Tuottava kunnossapito tunnetaan nimellä Total Productive Maintenance (TPM). Merkittävänä tekijänä tuottavalla kunnossapidolla on se, että sen avulla haetaan kokonaisvaltaista strategiaa, jonka tarkoituksena on maksimoida tuotannon tehokkuus ja laatu. Lähtökohta TPM:lla on se, että luodaan tuotannolle optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpidetään ne. Kokonaisvaltaisuutta TPM:lla

korostetaan kokonaistehokkuudella, kattavuudella eli huolto- ja korjaustoimia pienennetään kuntoon perustuvalla kunnossapidolla sekä kokonaisvaltaisella toiminnalla. (Mikkonen & Komonen 2009, 79.)

Tuottavan kunnossapidon avainkohtia ovat:

- Jatkuva laiterikkojen vähentäminen
- Koneet pidetään jatkuvasti huippukunnossa
- Koneiden huollosta tehdään rutiininomaista
- Henkilöstön taitojen kehitys
- Tuotantoprosessin kehittäminen ja suunnittelu (Mikkonen & Komonen 2009, 80.)

TPM toimintamallista puhuttaessa ja käsitellessä törmätään myös käsitteeseen käyttäjäkunnossapito. Tällä tarkoitetaan koneen käyttäjän suorittamaa käyttövarmuutta parantavia toimenpiteitä (Mikkonen & Komonen 2009, 84.) Tekstissä Mikkonen & Komonen kertovat myös, että koneiden puhdistaminen ja tarkastaminen ovat avainasemassa, jota havainnollistetaan kuviossa neljä. Liikaantuminen aiheuttaa koneissa kulumista ja konerikkoja, laatuvirheitä sekä nopeushäviöitä. Kirjoituksessa mainitaan myös, että puhdistaminen on TPM:lla yksi tarkastus muodoista. (Mikkonen & Komonen 2009, 84.)



Kuvio 4 Puhdistamisen ja tarkastamisen vaikutus käyttäjäkunnossapitoon (Mikkonen 2009, 84.)

TPM + RCM yhdistelmä

TPM ja RCM kunnossapitomenetelmiin tutustuttiin tarkemmin sekä avattiin niitä vähän pintaraa-paisulla. Nämä kunnossapitomenetelmät valittiin niiden luonteen ja sopivuuden takia. Omassa työssä mallia otetaan näistä kummastakin ja valitaan niistä niiden parhaat puolet. Mietitään esi-merkiksi TPM menetelmää, jossa halutaan maksimoida tuottavuus ja laatu. Tämä on varmasti hyvä lähtökohta jokaiselle tuotantolaitokselle. RCM menetelmässä kunnossapitoa halutaan tehdä mah-dollisimman vähän, mutta pidetään mielessä silti toimivuus ja turvallisuus. Näiden kummankin yh-distelmästä saadaan täydellinen paketti, joka täyttää opinnäytetyölle määritetyt vaatimukset sekä tavoitteet.

7 Sähkölaitteiston kunnossapito

Tässä luvussa käydään läpi laitekohtaisia kunnossapitoon liittyviä määräyksiä ja asetuksia. Laitteistolle otetaan huomioon myös laitekohtaiset ohjeet ja sekä aihe rajataan opinnäytetyössä tarkasteltaviin kohteisiin. Sivutaan sitä, miten sähköturvallisuus tulee ottaa huomioon kunnossapidon kannalta.

7.1 Sähköturvallisuuden yhdistäminen kunnossapitoon

Sähköturvallisuuslain (1135/2016) 6§ mukaan sähkölaitteita- ja laitteistoja sekä tietoteknisiä järjestelmiä on pystyttävä ylläpitämään niin, että niille esitetyt vaatimukset täyttyvät ja järjestelmien käyttövarmuus pysyy kunnossa. Näille on syytä suorittaa aistinvaraisia tarkastuksia sekä tarpeen vaatiessa erilaisia mittauksia ja testauksia säännöllisin väliajoin.

Järjestelmien kunto- ja toimivuustarkkailun tiheyden määrittää kohteen käyttöolot ja toiminnan vaativuus. Järjestelmien tarkkailu yleensä tapahtuu valvomosta tai muiden ylläpitotoimien yhteydessä kohteessa. (ST 96.01, 3). Aiemmissa luvuissa mainittuja aistinvaraisia tarkastuksia voidaan suorittaa, esimerkiksi katsomalla onko laitteen pinnalle kertynyt pölyä tai käyttökunto voidaan selvittää, toimiiko laitteen sähkölukko tai ihan vaan kysymällä toimiiko valaistus oikeaoppisesti.

Järjestelmille on luotava tehokas sekä järjestelmällinen kohdekohtainen ja olosuhteet huomioon ottava huolto- ja kunnossapitosuunnitelma. Kaikille suoritetuille kunnossapito- ja huoltotoimille on hyvä pitää dokumentoitua huoltopäiväkirjaa, jonka avulla voidaan todeta ylläpitosuunnitelman noudattamista. (ST 96.01, 1). Esimerkki tällaisesta dokumentoinnista voi olla sähköinen tiedosto, ohjelmisto, sovellus tai paperitulostus. Kohdekohtainen ylläpitosuunnitelma voidaan luoda Excel-muotoista taulukkoa hyödyntäen. Muokkaamalla tällainen taulukko vastaamaan kohteen järjestelmää sekä aikatauluttamalla se, saadaan luotua kohdekohtainen ylläpitosuunnitelma, jota on helppo muokata ja täydentää sekä viedä se sähköiseen järjestelmään eteenpäin esimerkiksi kunnossapitosovellukseen.

7.2 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksella tarkastellaan sähkökoneen käämityksen eristystilaa. Mittaus yleensä suoritetaan vain pääeristykseen kuuluville eristysten osille sekä aina maaeristyksille. Koneissa, joissa vaihekäämityksen molemmat päät ovat tuotu liitäntäkotelolle tehdään myös vaiheväliseristysmittaus. (PSK 7704:2000, 1.) Mittaukset suoritetaan osana kunnossapitoa, aina ennen käyttöönottoa sekä silloin, kun muuntaja on seisonut pitkään käyttämättömänä.

Eristysvastusmittauksessa käämityksen eristys alkaa varautua ja eristysten läpi alkaa kulkemaan eristysten ominaisuuksista riippuva vuotovirta. Varautumisen tasaantumisen jälkeen jäljelle jää vain vuotovirta komponentti. Yleensä käämitykseen on kytketty taulukon 1 mukainen tasajännite käämityksen nimellisjännitteestä riippuen.

Taulukko 1 PSK 7704 standardin mukainen eristysvastusmittauksissa käytettävä jännitteen valinta

Mittausjännite (V, DC)	Käämityksen nimellisjännite (V)
500-1000	< 1000
1000	1000-6600
1000-5000	6600-15000

Mittauksia suorittaessa on hyvä määritellä aika mittauksen aloittamisesta, jolloin eristysvastusluku otetaan. Erityisesti mittauksen alussa eristysvastuksen arvo muuttuu erittäin voimakkaasti. Tämä johtuu eristysten varautumisesta. Eristysvastusluku otetaan kahtena ajan hetkenä, 60 s ja 600 s, ja näiden avulla muodostetaan polarisaationindeksi. Polarisaatioindeksi on myöhäisemmän ajan hetken ja varhaisemman ajan hetken suhde. Tämän avulla saadaan tietoa eristysten mahdollisesta kosteudesta, likaisuudesta ja arvio käämityksen soveltuvuudesta mahdolliseen jännitekokeeseen. (PSK 7704:2000, 1.)

Kosteudella ja lialla erittäin huomattavia vaikutuksia eristysvastusarvoon. Eristysvastus voi pudota huomattavan alas esimerkiksi pintaeristysvälien likaantumisen takia, jolloin eristysvastus on palautettavissa normaaliksi eristysvälien huolellisella puhdistuksella. Uudella käämityksellä eristysvastus

on tyypillisesti 200 M Ω - 20 000 M Ω alueella ja vanhalla käämityksellä eristysvastus voi pudota kymmenistä M Ω :sta satoihin M Ω :in. (PSK 7704:2000, 2.)

7.3 Lämpökamerakuvaus

Sähkölaitteiden lämpökamerakuvaus on osa ennakoivaa kunnossapitoa ja on tärkeä tekijä turvallisuuden kannalta sekä lämpökamerakuvauksella voidaan tuoda tuotantoon tehokkuutta. Sähkölaitteet ovat jatkuvasti alttiina vaihtuville kuormitustilanteille ja käyttölämpötilat vaikuttavat liitoksiin. Ennen lämpökuvausta tulisi kuitenkin miettiä kohteen mahdolliset viat ja siten sen avulla miettiä mitä vikoja lämpökuvauksen avulla voidaan havaita (ST 53.62, 2.)

Ohjekortti ST 53.62 määrittelee lämpökameran seuraavalla tavalla: ”Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevä lämpösäteilyn eli infrapunasäteilyn voimakkuutta. Lämpökamera muuttaa säteilyn lämpötilatiedoksi, josta muodostetaan digitaalisesti lämpökuvaukset.”



Kuvio 5 Pistelämpökamera FLIR TG267 (Infradex)

Sähkölaitteiston lämpökuvaukseen tulee suorittaa säännöllisesti ja laitteistolle tehtävä lämpökuvaukseen on riippuvainen kuvattavasta laitteistosta. Kuviossa viisi on esitetty yleinen lämpökameramalli. Ohjekortissa ST 53.62 mainitaan, että lämpökuvaukseen tulisi suorittaa käyttöönoton yhteydessä siten, että sitä on jo kuormitettu. Tämä johtuu siitä, että ilman kuormitusta ei lämpömittauksesta ole

hyötyä. Sen jälkeen lämpökuvauksia voidaan suorittaa kolmen vuoden välein. Laitteille, joilla ympäristöolosuhteet ovat vaativia, voidaan lämpökuvaukset suorittaa kuuden kuukauden välein. Kuvattavat kohteet ja kuvausvälit tulee dokumentoida. (ST 53.62, 12.)

Lämpökuvauksissa on hyvä huomioida myös sähköturvallisuus. Sähkölaitteistolle tehtävissä lämpökuvauksissa, kuvattava kohde on aina virrallinen. Tällaisessa tapauksessa on aina valokaaren vaara tai mahdollisuus altistua sähköiskulle. Lämpökuvaukset tulisi suorittaa turvallisen etäisyyden päästä jännitteisistä osista. Kuvauksia tekevän sähköalan ammattihenkilön tulee käyttää tarpeellisia suojarusteita poistaessa jännitteisen osan suojauksia. (ST 53.62, 8.)

Yleisimpiä sähkölaitteistoja ja laitteistojen osia, joille lämpökuvauksia suoritetaan ovat:

- Akustot
- Moottorit
- Sähkönjakelu (3-vaiheinen)
- Sulakerasiat
- Kaapelit ja liitännät
- Eristimet
- Kondensaattorit
- Ohjaimet
- Muuntajat
- Releet/kytkimet

7.4 Muuntamot

Muuntamolla tarkoitetaan tilaa, jossa sähkö voidaan muuttaa kuluttajalle käytettäväksi. Muuntamo muodostuu erillisistä sähkölaitteista ja komponenteista, jotka ovat: suurjännitekojeisto, jakelumuntaja, pienjännitepääkeskus sekä yliaaltojen suodatus ja loistehonkompensointilaitteistot. (Joensivu 2021, 1).

Muuntamotilat voidaan laskea luokan kaksi sähkölaitteistoon, jotka ovat sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) 44§ määritelty seuraavasti:

2) luokan 2 sähkölaitteisto:

c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista

sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;

d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovoltiampeeria.

Muuntamotiloissa tulee säilyttää työmaadoitusvälineitä, jotka täyttävät yleiset vaatimukset ja määräykset. Pidetään myös hyvänä tapana säilyttää jännitekoetinta muuntamotiloissa, mutta tämä ei ole välttämätöntä. Jännitekoettimen toiminta ja laitteen kunto tulee aika-ajoin tarkistaa, jos muuntamotiloista sellainen löytyy. Tiloista tulisi myös löytyä suurjännitesulakkeita varalla, sähköenergian jakelun- ja käyttöjärjestelmän pää- ja maadoituskaavio sekä hätäpuhelinnumero.

Muuntamotiloista tulee löytyä yhteenvetona myös kansio tai muu säilytys tapa dokumenteille, joista selviää:

- Tarkastuspöytäkirjat
- Huolto- ja kunnossapito-ohjelma
- Toimenpidemuistiot
- Releasettelu
- Verkonhaltijan ilmoittama vaadittavan maadoitusresistanssin arvio
- Maadoitusresistanssin arvio valmistumishetkellä ja tarkistusmittausten yhteydessä
- Käytönjohtajan tiedot
- Muuntamon suunnitteluvaiheen ja normaalin käyttötilanteen mukainen oikosulkuvirta

Muuntamossa tehtävien huoltojen yhteydessä tulee tarkistaa, että muuntamotilasta löytyy kaikki vaaditut merkinnät ja kilvet, jos näistä jokin puuttuu, tulee ne uudelleen sijoittaa kohteeseen. Ennen huoltotöiden aloittamista, on käyttöä valvovalta henkilöltä saatava lupa työn aloittamiseen. Muuntamolle on tehtävä aluksi riskiarviointi ja tämän avulla tehtävä tarvittavat suojaustoimenpiteet.

Jakelumuntajat voidaan jakaa kolmeen erilaiseen yksittäiseen laitetyyppiin: öljyeristeinen muuntaja paistuntasäiliöllä, hermeettisesti suljettu muuntaja ja kuivamuuntaja. Suositellaan, että ensimmäisen huoltotoimenpiteenä muuntajille suoritetaan lämpökuvaus vielä niiden ollessa kuormitettuna. Tämän avulla pystytään selvittämään muuntajan vikaantuneita kohtia. Muuntajien pinnat tulee käydä läpi mahdollisten vaurioiden varalta sekä samalla puhdistetaan jäähdytinsäleiköt pölystä ja muista epäpuhtauksista.

Kaapeliliitosten kireys tulee tarkistaa ja lämpökamerakuvauksen avulla on voitu saada tietoa mahdollisista löysistä liitoksista. Tämä johtuu siitä, että löysät liitokset lämpenevät normaalia enemmän ja siitä syystä näkyvät eri tavalla lämpökuvauksessa. Muuntajan tiivisteet ja läpivientieristeet tarkistetaan ja haljenneet tai hapertuneet tiivisteet uusitaan.

Öljyeristeisellä muuntajalla öljynpinnan korkeus tarkistetaan ja otetaan öljynäyte. Öljyä lisätään tarvittaessa, jos pinnankorkeus on pudonnut käytönaikana sekä selvitetään syy öljynpinnan laskeamiseen. Syy pinnankorkeuden putoamiseen voi olla esimerkiksi öljyvuoto. Öljynäytteestä tulee tutkia öljyn läpilyöntilujuus, vesi ja kaasupitoisuus. Hermeettisesti suljetussa muuntajassa öljynäytettä ei tarvitse ottaa niin usein, kuin öljyeristeisessä sillä öljy on suljettu muuntajan sisään kaasutiiviisti ja öljyyn on lisätty vanhenemista hidastava inhibiitti.

Kojeiston kennoille suoritetaan samanlainen yleisen kunnon tarkistus, kuin muuntajille. Tarkisteen kennojen pinnat vaurioilta sekä puhdistetaan ne pölystä ja muusta liasta. Samalla kennojen merkintöjen kunto tarkastetaan ja uusitaan huonot tai puutteelliset merkinnät. Kennoissa olevien ovien tai luukkujen saranat ja lukitukset tulee tarkistaa myös huollon yhteydessä.

Katkaisijoille suoritetaan visuaalinen tarkistus, jossa katkaisijoiden yleinen kunto tarkistetaan ja suoritetaan niille tämän jälkeen ylivirtakoe. Ylivirtakokeen jälkeen tarkistetaan katkaisijan iskunvaimentimen ja iskunvaimennuskumien kunto. Puutteelliset ja vialliset komponentit tulee vaihtaa uusiin samantyyppisiin. Katkaisijan kynsien kunto tarkistetaan myös huollon yhteydessä ja liian kuluneet kynnet vaihdetaan uusiin. Eristimien kunto tarkistetaan yleisesti ja pilareiden tiivisteet tulee vaihtaa uusiin. Vähäöljykatkaisijoissa öljyn pinnankorkeus tarkistetaan ja tehdään tarvittavat toimenpiteet.

Erottimien huoltotoimenpiteissä tarkistetaan niiden toiminta ja avausväli tarkistetaan visuaalisesti. Vikaa havaittaessa erottimen toiminnassa, on se vaihdettava tai korjattava heti, jotta saadaan mahdollisimman turvallinen ilmaväli. Erottimien kynnet tarkistetaan ja varokeuormaerottimella tulee tarkistaa sulakkeiden kunto ja oikea koko. Sulakkeita vaihtaessa tulee vaihtaa aina kaikki kolme sulaketta uusiin vastaaviin sulakkeisiin.

Mittamuuntajille tehdään ulkoisen kunnan tarkistus visuaalisesti sekä muuntajat puhdistetaan pölystä ja muusta epäpuhtaudesta. Vikaantuneet muuntajat tulee vaihtaa uusiin vastaaviin muuntajiin.

Kondensaattorilaitteiston huoltotöissä on otettava huomioon, että ennen huoltotöitä on odotettava vähintään viisi minuuttia jännitteen katkaisun jälkeen sillä, kondensaattorissa on jäännösvarausta. Laitteiston käyttöönoton jälkeen ensimmäinen huolto suositellaan suoritettavan muutama kuukauden kuluessa ja tämän jälkeen suositeltava huoltoväli on yksi vuosi.

Kondensaattoriparistosta tarkistetaan seuraavat asiat:

- Sulakkeiden kunto
- Johdinliitosten kireys
- Loistehon säädin
- Kontaktorit
- Kompaktikatkaisijan asetteluarvot
- Tuulettimet
- Ilmansuodin
- Pariston kosketussuojat
- Merkintä- ja varoituskilvet

Pienjännitepääkeskuksille suoritetaan myös lämpökuvaus. Lämpökuvaus tulee suorittaa keskuksen ollessa kuormitettuna. Tämän avulla pystytään havaitsemaan mahdolliset vikaantuneet komponentit ja löysät liitokset. Keskukselle tehdään yleinen visuaalinen tarkistus ja puhdistetaan se pölystä sekä muista epäpuhtauksista. Liitoksien kireys ja kontaktorien toiminta tarkastetaan, vaikka lämpökuvauksessa mitään huomioitavaa ei olisikaan löydetty. Pienjännitepääkeskuksille tulee suorittaa myös pääkytkimen toiminnan tarkistus ja koestus.

Muuntamotiloissa suoritetuista huoltotoimenpiteistä tulee pitää kirjallista raporttia, josta selviää kaikki suoritettut toimenpiteet. Hyvin ylläpidetyllä dokumentoinnilla helpotetaan tulevaisuudessa huoltojen suunnittelua ja tiedot laitteille tehdyistä huoltotoimenpiteistä säilyy. Dokumentit voidaan taltioida esimerkiksi sähkökäyttäjän kansioon, joka sijaitsee muuntamotiloissa.

7.5 Sähköpääkeskukset

Sähkökeskusten ennakoiva kunnossapito on yksi tärkeimmistä sähkölaitteiston kunnossapidon alueista. Sähkökeskusten huollolla estetään sähkönjakelun katkeaminen ja sen toiminta pysyy turvallisena ja toimintakykyisenä. Ennakoivalla sähkökeskusten kunnossapidolla säästetään myös rahaa epäsuorasti, sillä vikatilanteessa kustannukset nousevat rikkoutuneiden komponenttien myötä. Hämeen Sähkö Oy kirjoittaa sivullaan, että sähkökeskusten huollossa tehdään seuraavia töitä ja tarkastuksia: Keskusten ja niiden tilojen siivousta, keskuksen komponenttien tarkistamista visuaalisesti ja kuuntelemalla, lähtömerkintöjen ja piirustusten paikkaansa pitävyyden tarkistusta, lämpökuvauksia sekä sähköturvallisuusmääräysten täyttymisen tarkistusta. Aikaisemmassa luvussa oli myös mainittu, että sähkölaitteisto luokille 2 ja 3 oli luotava sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito- ja huolto-ohjelma. Kunnossapito-ohjelmaa luodessa on otettava huomioon sähkökeskusten käyttöympäristö (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, §48.)

Ohjekortissa ST 13.30 määritetään, että sähkökeskuksilta on löydyttävä seuraavat dokumentit: Asema-, taso- ja asennuspiirustukset, pääkaavio keskuksen piireistä, piirikaavio keskuksen sähköisistä virtapiireistä, kokoonpanopiirustus, kojeluettelo, järjestelmäkaavio ja laiteluettelo.

On tärkeää, että edellä mainitut dokumentit pidetään tallessa ja hyvässä järjestyksessä. Sähkökeskusten haltijalla on velvollisuus huolehtia siitä, että käyttödokumentit pidetään ajan tasalla. Kunnossapitohenkilöstön on päästävä käsiksi näihin dokumentteihin koko kohteen elinkaaren ajan, koska huolto ja kunnossapito on oltava mahdollista toteuttaa turvallisesti. Sähkökeskuksille tehtävissä muutos- ja laajennustöissä on dokumentointi ehdottoman tarpeellinen. (ST 13.30, 10).

7.6 Turvavalot

Turvavalaistuksella tarkoitetaan poistumisreitivalaistusta, avoimen alueen valaistusta ja riskialttiin työalueen valaistusta sekä käsite pitää myös sisällään opasvalaistuksen ja itse turvavalaistuksen (ST 59.10, 1).

Turvavalaistusta ja poistumisopasteita käsittelevä ohjekortti 59.10 käsittää eri valaistusmuodot seuraavasti:

Turvavalaistus	Normaalin valaistuksen virransyötön häiriintyessä käytettävä valaistus
Poistumisvalaistus	Turvavalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa henkilöiden turvallisuus tilasta poistuessa tai turvata mahdollisesti vaaraa aiheuttavan prosessin lopettaminen ennen poistumista
Varavalaistus	Turvavalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on taata normaalin toiminnan jatkuminen oleellisesti muuttumattomana
Poistumisreittivalaistus	Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa, että tilassa olevat henkilöt voivat tunnistaa poistumiskeinot ja käyttää niitä turvallisesti
Avoimen alueen valaistus	Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on ehkäistä paniikkia ja varmistaa henkilöiden pääsy paikkaan, josta poistumisreitti voidaan havaita. Tunnetaan myös nimellä paniikinehkäisyvalaistus.
Riskialttiin työalueen valaistus	Poistumisvalaistuksen osa, jonka tarkoituksena on varmistaa niiden henkilöiden turvallisuus, jotka ovat tekemisissä mahdollisesti vaarallisen prosessin tai tilanteen kanssa, ja se mahdollistaa toiminnan hallitun pysäyttämisen käyttäjän ja muiden tilassa olijoiden turvallisuutta vaarantamatta

Säännöllisellä kunnossapidolla pystytään varmistamaan poistumisreitien merkintöjen ja valaistuksen toimintakunnossa pysyminen. Näistä huolehtiminen kuuluu rakennuksen omistajalle tai haltijalle. Järjestelmälle tulee laatia kunnossapito-ohjelma, joka pitää sisällään tarvittavat huoltotoimenpiteet. (ST-ohjeisto 08).

Tilojen haltijan tai omistajan on nimettävä asiantunteva henkilö valvomaan järjestelmän huoltoa. Kyseisellä henkilöllä on oltava riittävästi päätäntävaltaa varmistamaan kaikkien tarvittavien töiden

suorittaminen oikeaoppisesti. Vikojen, testien ja muutosten tallentamisesta on pidettävä dokumentointia. Nämä asiakirjat voivat olla käsin tehtyjä tai paperitulosteita. Dokumentteja tulee säilyttää rakennuksen tiloissa nimetyn vastuuhenkilön huostassa ja se on oltava vaivattomasti käytävissä. (ST-ohjeisto 08).

Dokumenteista tulee selvitä seuraavat tiedot:

- Muutoksiin liittyvät dokumentit ja järjestelmän käyttöönottopäivämäärä
- Jokaisen määräaikaistarkistuksen ja -testin päivämäärä
- Yksityiskohdat jokaisesta suoritetusta huollosta, tarkastuksesta tai testistä
- Yksityiskohdat ja muutosten päivämäärät kaikille vioille ja suoritetuille korjauksille
- Yksityiskohdat ja muutosten päivämäärät kaikille turvalaistulaitteille
- Automaattisten testauslaitteiden pääominaisuudet ja käyttötoiminnan toimintatapa (ST-ohjeisto 08).

Keskitetyn tehonsyötön järjestelmän merkinantolaitteet tulee tarkistaa päivittäin. Tämä tulee suorittaa sen takia, että järjestelmä voidaan todeta toimivaksi eikä se vaadi testaustoimintaa. Päivittäin tehtävällä tarkistuksella tarkoitetaan sitä, että järjestelmän toimintaa pidetään jatkuvasti silmällä. Tätä voidaan tehdä normaalien huoltokierrosten ja -käyntien yhteydessä. (ST-ohjeisto 08).

Kuukausittain tulee testata jokainen valaisin ja jokainen sisäpuolelta valaistu uloskäytäväkilpi. Tämä tapahtuu kytkemällä valaisimet toimimaan riittävän pitkäksi ajaksi sen akusta, jonka avulla pystytään simuloimaan syötön vikaantumista. Tarkastuksen aikana kaikki valaisimet ja kilvet tarkistetaan ja varmistetaan, että ne ovat helposti havaittavissa, toimivat kunnolla ja ovat puhtaat. Tarkastuksen lopussa syöttö palautetaan normaalille valaistukselle, jonka jälkeen jokainen merkinantolamppu ja -koje tarkistetaan normaali syötön palautumisen varmistamiseksi. (ST-ohjeisto 08).

Vuosittaisessa tarkistuksessa tehdään täyden mitoituksessa käytetyn kestoajan testi. Testin tulokset ovat tallennettava ja dokumentoitava käytettäessä automaattista testauslaitetta. Muille järjestelmille tehdään kuukausittais tarkastuksen lisäksi seuraavat testit:

- Jokainen valaisin ja sisäpuolelta valaistu kilpi tarkistetaan samalla tavalla kuin aikaisemmin mainitussa kuukausittaisessa testissä, mutta vuotuisessa täyden mitoituksen

testissä käytetyn kestoajan testi suoritetaan valmistajan antaman informaation perusteella

- Kaikki merkinantolamput tai -kojeet tarkistetaan normaali syötön palautuessa sen varmistamiseksi, että se osoittaa normaalin syötön palautumisen. Latausjärjestelyjen asianmukainen toiminta tarkastetaan.
- Testeistä saadut tulokset ja päivämäärät dokumentoidaan. (ST-ohjeisto 08).

7.7 Savunpoistolaitteisto

Savunpoistolaitteisto määritellään siten, että se on automaattinen tai käsin käynnistettävä tai laukaistava laitteisto, jonka tarkoitus on ohjata savukaasujen kulkua paljo- ja sammutustilanteessa. Ennen laitteiston käyttöönottoa on laadittava huolto- ja ylläpito-ohjeet laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti siten, että ne täyttävät niitä koskevat säädökset ja määräykset. (Suomen ilmastointi ja savunpoisto Oy). Kiinteistön omistaja tai haltija on velvoitettu säilyttämään savunpoistolaitteiston korjauksiin, huoltoon ja muutostöihin liittyviä asiakirjoja helposti saatavilla olevassa paikassa.

Järjestelmästä luodussa kohdekohtaisesta kunnossapito-ohjelmasta tulee selvittää toimintakunnan takaavat tarkastus-, huolto- ja testaustoimenpiteet sekä niiden aikataulut. Kokemuspäisistä havainnoista on myös hyvä tehdä maininta. (ST 96.31.30).

Kunnossapito-ohjelman luonnissa täytyy sen lähtökohtana pitää sitä, että sen tulee olla jatkuvasti toimintakunnossa. Tämä tarkoittaa siis sitä, että savunhallintajärjestelmän toimivuus tulisi testata vähintään kerran vuodessa, kuitenkin huomioon ottaen laitevalmistajan laitekohtaisia ohjeita. Valmistajan ohjeita noudattaessa varmistutaan siitä, että savunpoistolaitteisto on jatkuvasti täydessä toimintakunnossa. (96.31.30).

Savunpoistolaitteiston huolto tulee tehdä vähintään kerran vuodessa laitteiden huolto-ohjeiden mukaisesti. Samalla laitteiston toiminta tarkistetaan ja osa savunpoistolaitteista tulee testata. Laitteisto on tarkistettava, jos huolto on ollut epäsäännöllistä tai huoltopäiväkirjaa ei ole pidetty. Tarkastuksen yhteydessä on mitattava koko laitteistoa koskevat virtapiirit sekä samalla tarkistettava sulakkeet ja anturit. Lisäksi osa järjestelmässä olevista laitteista on koestettava. Jos viimeisestä huollosta on kulunut yli viisi vuotta, tulee järjestelmä koettaa kokonaan. Yli kolme vuotta sitten kuluneesta edellisestä huollosta, tulee järjestelmästä koettaa 50 %. Yli yksi vuosi sitten kuluneesta edellisestä huollosta, tulee järjestelmästä koettaa 33 %. (Suomen ilmastointi ja savunpoisto Oy).

7.8 Nosto-ovet

Hissiturvallisuuslain (1134/2016) 54§ mukaan nosto-ovien haltijan on huolehdittava nosto-ovien säännöllisestä huollosta ja kunnossapidosta sen koko käyttöiän ajan. Nosto-ovien haltijan on varmistettava, että nosto-ovista ei aiheudu vaaraa kenenkään, terveydelle, hengelle tai omaisuudelle (Hissiturvallisuuslaki 1134/2016, 54§.)

Nosto-ovelle, jonka nostokorkeus on suurempi kuin 2,9 metriä, on tehtävä määräaikaistarkastus ensimmäisen kerran neljän vuoden aikana käyttöönotosta. Tämän jälkeen nosto-ovi tulee tarkastaa neljän vuoden välein. Nosto-oven haltija on velvoitettu huolehtimaan siitä, että määräaikaistarkastus suoritetaan. (1134/2016, 56§.) Määräaikaistarkastuksen suorittaa valtuutetun laitoksen valtuutettu tarkastaja.

Nosto-ovelle, jonka nostokorkeus on suurempi kuin 2,9 metriä, on tehtävä varmennustarkastus kuuden kuukauden kuluessa käyttöönotosta. Varmennustarkastus on määrätty uusittavaksi, jos kyseinen nosto-ovi siirretään uuteen käyttöpaikkaan. Nosto-oven haltija on velvoitettu huolehtimaan siitä, että varmennustarkastus suoritetaan laitteelle ja nosto-ovelle. (1134/2016, 56§.) Varmennustarkastuksen suorittaa valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Huomioitavaa on myös, että hissiturvallisuuslakia ei tarvitse noudattaa, jos nosto-ovi on yksityiskäytössä.

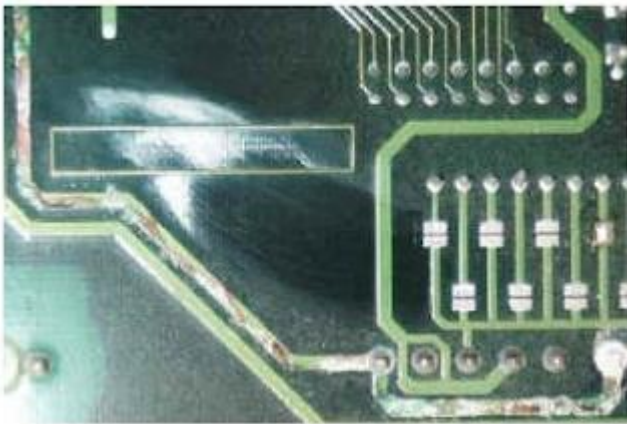
7.9 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajien yleisimpiä käyttö kohteita ovat puhaltimet, pumput ja kompressorit. Taajuusmuuttajalla ohjataan sähkömoottoria muuttamalla sen tehonsyötön taajuutta sekä jännitettä. Sillä voidaan ohjata myös moottorin ylös ja alas ramppausta käynnistyksen ja pysäytyksen aikana. (Danfoss, N.d.).

Taajuusmuuttajien huollon tärkeimpiä asioita ovat sen puhtaana pitäminen, jäähdytys, huolehtiminen siitä, että taajuusmuuttaja pysyy kuivana eikä ole alttiina kosteudelle ja sen liitosten silmämääräinen tarkistus (Polka, N.d.) Taajuusmuuttajat ovat muihin sähkölaitteistoihin verrattuna huomattavasti vähempi huoltoisia ja niiden huollolla lähinnä halutaan taata taajuusmuuttajien pitkäikäisyys. Kunnossapidon kannalta katsoen taajuusmuuttajien huollossa keskitytään lähinnä jäähdytyksen toimivuuteen.

Jäähdytys taajuusmuuttajilla tapahtuu vapaan tuuletusilman kulkemisen avulla. Tämän avulla pystytään säästämään komponentteja ja lämpöhäviöitä pienennetään. Ilmankierto on yleisempi taajuusmuuttajien jäähdytys keino. Ilmajäähdytyksellä taajuusmuuttaja ottaa kylmää ilmaa alasuunnasta ja puhaltaa lämmintä ilmaa yläpuolelta pois päin. Suurtehoisemmilla taajuusmuuttajilla voidaan käyttää nestejäähdytystä. Nestejäähdytyksen huoltoa tehdään jäähdytys-elementtien puhdistuksella. Tätä tehdään harjaamalla, imuroimalla tai paineilmaa käyttäen. Taajuusmuuttajien tulo- ja poistoilmasuodattimien vaihto on osa määräaikaista huoltoa.

Yleinen määräys taajuusmuuttajille on myös se, että ne eivät saa ottaa kosteutta itseensä. Kosteus taajuusmuuttajassa voi aiheuttaa sen virtapiirilevyyden korroosiota, joka taas vaikuttaa sen toimintaan. Kuviossa kuusi on havainnollistettu korroosion aiheuttamaa korroosiota taajuusmuuttajan virtapiirilevyllä. Joissakin taajuusmuuttajissa, riippuen valmistajasta, on sisäänrakennettu veden tiivistymisen esto suojaus, mutta tätä ei kaikki laitevalmistajat tarjoa. Yleensä luotetaan siihen, että taajuusmuuttajaa käytettäessä kellon ympäri sen sisäinen jäähdytys-elementti (Heatsink) tarjoaa tarpeeksi lämpöä kondensaation estymiseksi. (Polka, N.d.).



Kuvio 6 Kosteuden aiheuttama korroosio virtapiirilevyllä (How to maintain a VFD, ABB.)

Aistinvaraisilla tarkistuksilla tarkastetaan taajuusmuuttajien ympäristö ja sen liitännät. Ympäristöä tarkistaessa katsotaan, onko pölyä ja liikaa päässyt kertymään taajuusmuuttajan ympärille. Samalla kannattaa myös kuunnella kuuluuko laitteesta poikkeavaa ääntä. Poikkeava ääni voi viitata vaurioihin taajuusmuuttajan rungossa tai suojauksessa oleviin vaurioihin. Pintojen lämpötilat kannattaa myös tarkistaa tässä vaiheessa. Liitäntöjen tarkistamista ei myöskään kannata unohtaa sillä

mekaaninen värinä voi aiheuttaa liitöntöjen löystymistä tai jopa niiden irtoamisen. Huonot liitännät voivat aiheuttaa valokaaria. Liitöntöjen tarkistaminen tulisi suorittaa lämpömittauksen avulla, sillä sen avulla voidaan huomata liian lämpöisenä olevat liitännät. Liitöntöjen tarkistamista ei saisi missään nimessä tehdä niiden kiristämällä tai ensiksi niiden löystämällä ja sitten uudelleen kiristämällä. (Polka, N.d.).

8 Käytönjohtajuus

SFS 6002 sähköturvallisuusstandardi velvoittaa, että sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käytön johtaja aina yli 1000 V nimellisjännitteen suurjännitesähkölaitteistolle sekä pienjännitelaitteistoihin, jotka ovat rakennettu haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettuihin liittyisiin ja näiden liittymisteho on yli 1600 kVA. Toimeksiantajalla on hallussaan kolme muuntamotilaa heidän päätoimipisteellään Jyväskylässä. A- ja D-hallissa sijaitsevat muuntajat ovat teholtaan 1000 kVA ja E-hallissa sijaitseva muuntaja on teholtaan 500 kVA.

Käytönjohtajan tulee, joko olla sähkölaitteiston haltija tai toimia tämän palveluksessa. Sähkölaitteiston haltijan kanssa voidaan tehdä kunnossapitosopimus, jolloin käytönjohtaja voi toimia kunnossapitoyrityksen palveluksessa. (SFS 6002 Käytännössä, 46.) Sähköturvallisuusstandardin SFS 6002 mukaan sähkötöiden johtaja voi toimia myös käytönjohtajana. Käytönjohtajana voi toimia, myös jos sähkölaitteistoon kuuluu enintään kolme nimellisjännitteeltään 20 kV muuntamoaa tai muuntamoon rinnastettavaa enintään 1000 V nimellisjännitteistä kytkinlaitosta (SFS 6002 Käytännössä, 46.) Toimeksiantajan puolesta muuntamoille on hankittu ulkopuolinen käytönjohtaja.

Käytön johtajalla tulee olla riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkötöitä ja käyttötöitä. Sähkölaitteiston haltija on veloitettu antamaan mahdollisuudet tähän. Sähkötyöturvallisuuteen liittyviä tehtäviä käytönjohtaja voi hoitaa itse tai huolehtia siitä, että on olemassa järjestelmä, jota noudattaessa ja sen mukaan toimittuna vaatimukset sähköturvallisuudesta täyttyvät. (SFS 6002 Käytännössä, 46.)

Sähkölaitteiston käytönjohtaja vastaa siitä, että lain edellyttämä turvallisuustaso ylläpidetään sekä käytännössä siitä, että:

- Sähkölaitteiston käyttö on turvallista suur- ja pienjännitteisten osien osalta
- Sähkölaitteistolle on laadittu kunnossapito-ohjelma laitteistokohtaisesti, joka on sähköturvallisuuden ylläpitävä ja kalenteriaikaan (mahdollisesti käyttöön) sidottu
- Käytettävälle laitteistolle tehdään kunnossapitosuunnitelman mukaiset toimenpiteet ja töiden suoritukset dokumentoidaan.
- Sähkölaitteiston kuntoa valvotaan kunnossapidon ja huollon lisäksi käyttäjien omien toimien ohessa tehtävällä käyttöseurannalla.
- Vikoja ja puutteita havaittaessa ne tulee poistaa riittävän nopeasti
- Määräaikaistarkastukset suoritetaan sähkölaitteistolle säädösten edellyttämällä tavalla
- Todetut puutteet tulee korjata ja dokumentoida siten, että ne voidaan osoittaa korjatuiksi
- Laitteistoon tehtäville lisäys-, muutos- ja laajennustöille tehdään säädösten edellyttämät käyttöönotto ja varmennustarkastukset
- Sähkölaitteiston haltijalle on luovutettu tarkastuspöytäkirjat ja havaitut puutteet on korjattu
- Sähkölaitteiston hoitoon ja käyttöön kuuluvat ohjeet, kaaviot, välineet ja piirustukset ovat ajan tasalla ja käytettävissä
- Laitteistoon tehtävät muutokset ja ilmoitukset on tehty Tukesin rekisteriin
- Töitä itsenäisesti tekevillä henkilöllä sekä sähkölaitteiston käyttötöitä tekevillä ja valvovilla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai ammattitaito ja henkilöt ovat opastettu tehtäviinsä. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 60–68§.).

9 Huolto- ja kunnossapito-ohjeiden kokoaminen HB-Betoniteollisuus Oy:lle

Ensimmäisenä työvaiheena oli tutustua toimeksiantajan lähtötilanteeseen sekä millaisiin sähkölaitteistoihin huoltosuunnitelma tulisi luoda. Toiveena oli, että muuntamoille tehdään laajempaa tarkastelua sekä panostettaisiin enemmän uudempaan muuntamotilaan ja siihen kuuluvien laitteistoihin. Kiinteistöllään toimeksiantajalla oli hallussaan kolme eri muuntajaa, joista uusin, on sijoitettu E-halliin ja on vuonna 2006 valmistettu. Seuraavaksi uusin muuntaja löytyy D-hallista ja on vuonna 1988 valmistettu. A-hallista sijaitsevasta vanhimmasta muuntajasta ei ole tiedossa valmistusvuotta.

Kiinteistöllä oleville taajuusmuuttajille, sähkökeskuksille, nosto-oville, turvavalaistuksille ja savunpoistojärjestelmille tehtiin myös kartoitusta millainen huolto-ohje/suunnitelma kyseisille laitteille tulee tehdä. Aiheeseen kuului myös sisäilman jäähdytys, mutta sitä ei käyty sen tarkemmin läpi sillä toimeksiantajan puolesta sen hoitaa ulkoinen taho ja aiheesta löytyvä aineisto oli eri valmistajien markkinointia varten luotua ja omaa etua etsivää.

Seuraavana työvaiheena tutustuttiin kunnossapitoon yleisesti sekä erilaisiin kunnossapidon lajeihin, jotta saadaan yleiskäsitys aiheesta ja pystytään hyödyntämään siitä saatua tietoa työssä. Painettua kirjallisuutta kerättiin kirjastosta sekä sähköisistä lähteistä. Painetusta kirjallisuudesta selvisi kunnossapitoon liittyvät käsitteet ja sähköisistä lähteistä saatiin tietoa standardeihin ja lakisääteisiin määräyksiin liittyvistä kohdista. Kunnossapitoon tutustumisen jälkeen alettiin käymään läpi erilaisten sähkölaitteiden kunnossapitoon liittyviä seikkoja sekä mitkä ovat tärkeitä ja miten esimerkiksi ennakoivaa kunnossapitoa voidaan hyödyntää tässä työssä. Laitekohtaisia ohjeita kunnossapidolle otettiin myös huomioon ja hyödynnettiin suunnitelman luonnissa. Laitekohtaisia ohjeita saatiin toimeksiantajalta sekä sähköisistä lähteistä etsittiin laitekohtaisia ohjeita ja määräyksiä. Viimeisenä vaiheena summattiin yhteen taustatyön avulla saadut tiedot sekä toimeksiantajan puolelta saadut materiaalit ja luotiin näistä laitekohtainen kunnossapitosuunnitelma. Kvalitatiivisella tutkimusotteella materiaalia etsiessä ja tutkiessa saatiin aihe rajattua sopivaan pakettiin ja se osui kohdilleen hyvin opinnäytetyön tyyppin perusteella.

10 Tulokset

Kappaleessa summataan tiiviimpään pakettiin millaisia kunnossapidon sekä huollon toimenpiteitä työssä käsiteltäville sähkölaitteille tulee tehdä. Osan toimenpiteistä voi suorittaa ilman erityistä osaamista, mutta osaan täytyy palkata valtuutettu tekijä hoitamaan kunnossapidon tehtävät tai tarvitaan sähköalan ammattilainen hoitamaan kyseiset toimenpiteet.

Seuraavia toimenpiteitä suositellaan tehtäväksi sähkölaitteiston kunnossapidon yhteydessä ja niiden toimivuuden varmistamiseksi:

Taajuusmuuttajat

Toimivuuden ylläpitämiseksi taajuusmuuttajat tulevat pysyä kuivana eivätkä ole altistuneena kosteudelle. Varmistetaan myös asennusvaiheessa ja jälkeensä huoltokierroksella, että taajuusmuuttajilla on vapaa ilmankierto. Taajuusmuuttajien huoltoon kuuluu myös:

- Puhtauden ylläpitäminen
- Liitosten silmämääräinen tarkistus
- Jäähdytuselementin puhdistus (nestejäähdytys)
- Tulo- ja poistoilmasuodattimien vaihto määrä ajoin

- Aistinvaraiset tarkistukset
- Pintojen lämpötilan tarkastaminen (lämpökamera kuvaus)

Näitä toimenpiteitä suositellaan tehtäväksi osana muuta huoltokierrosta. Toimeksiantajalla on hallussaan erityyppisiä taajuusmuuttajia, mutta ohjeet ovat yleispäteviä ja sopivat kaikkiin taajuusmuuttajiin. Yleinen suositus on, että tarkastus suoritettaisiin vähintään vuoden välein.

Nosto-ovet

Nostokorkeudeltaan suurempien kuin 2,9 metriä oleville nosto-oville on suoritettava määräaikais-tarkistus neljän vuoden sisällä käyttöönotosta, jonka jälkeen tarkistus tulee suorittaa neljän vuoden välein. Varmennustarkastus tulee suorittaa kuuden kuukauden kuluessa käyttöönotosta. Nosto-oven uudelleen sijoittamistilanteessa varmennustarkastus on suoritettava uudelleen.

Seuraavia tehtäviä tulee suorittaa määräaikaistarkistuksessa:

- Mekaanisten rakenteiden kunnon tarkastus
- Ohjauslaitteen ja käsikäytön tarkastus
- Turvalaitteiden tarkastus
- Mahdolliset hätäavauslaitteet
- Sähköasennusten tutkiminen
- Ympäristön tarkastaminen
- Asiakirjojen tarkastus

Seuraavia tehtäviä tulee suorittaa varmennustarkistuksessa:

- Nosto-oven oikeanlainen asennus
- Asiakirjojen saatavuuden tarkastaminen
- Standardien mukaisuus

Määräaikaistarkastus ja varmennustarkastus tulee suorittaa eräntymisajankohdan puitteissa. Tarkastuksen suorittaa valtuutettu tarkastaja ja nosto-ovien tarkastus on lakisääteinen. Tarkastuksia aiemmin on suorittanut Kiwa Inspecta. Aiheesta lisää Tukesin säädöstietopalvelusta 1134/2016 Hissiturvallisuuslaki. Huoltokierroksen yhteydessä suositellaan tekemään aistinvaraisia tarkastuksia nosto-oville ja lähiympäristölle.

Savunpoistolaitteisto

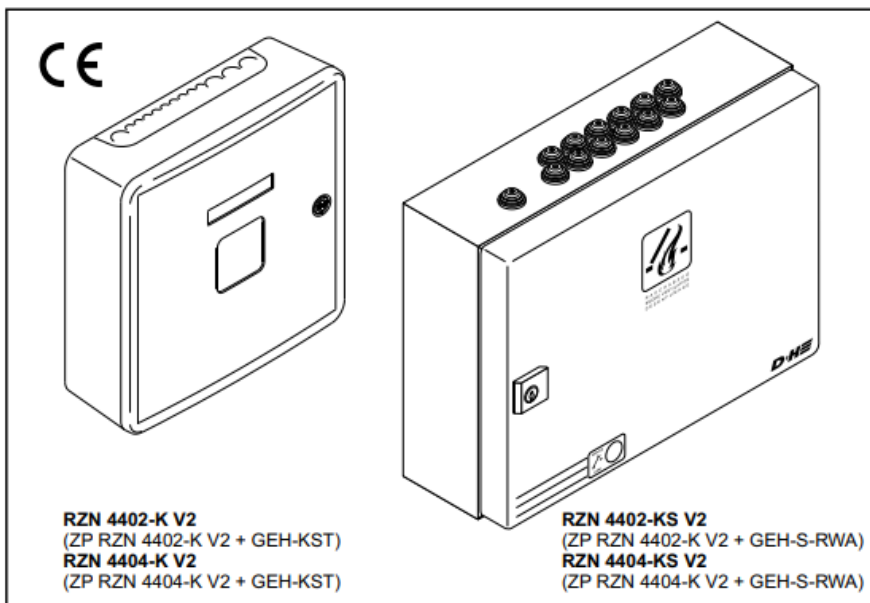
Savunpoistolaitteiston huolto sekä kunnossapito tulee suorittaa laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Laitteisto tulee tarkistaa vähintään kerran vuodessa. Tarkastuksen yhteydessä mitataan laitteistoon koskevat virtapiirit sekä anturit ja sulakkeet tulee tarkastaa. Osa laitteistosta koestetaan myös tarkastuksessa, jos viimeisimmästä huollosta on yli viisi vuotta, tulee kokolaitteisto koestaa. Yli kolme vuotta, tulee laitteistosta koestaa puolet. Yli vuosi, laitteistosta tulee koestaa kolmasosa.

Laitteistosta, jolle on suoritettu säännöllisiä tarkistuksia riittää, että viidesosa laitteistosta koestetaan tarkastuksen yhteydessä.



D+HE

RZN 4402-K V2 / RZN 4404-K V2



Kuvio 7 RZN 4402-K Savunohjauskeskus

Toimeksiantajalla on käytössään RZN 4402/04-K savunpoisto ohjauskeskus, jolle löytyy laitekohtaiset huolto-ohjeet. Kuviossa seitsemän on havainnollistettu ohjauskeskuksen kotelokuva. Laitteiston huolto tulee suorittaa laitteen huolto-ohjeiden mukaan. Huollon ja kunnossapidon suorittaa valtuutettu huoltoliike. Seuraavia toimenpiteitä suoritetaan huollon yhteydessä:

- Järjestelmän osien ulkopuolinen tarkastus sekä arviointi
- Jännitteensyöttöyksikön tarkastus
- Liitettyjen järjestelmänosien toiminnan testaus
- Pöytäkirjojen tarkastaminen ja merkitseminen

Myös kokemuskohtaiset asiat tulee kirjata ylös pöytäkirjoihin. Normaalin huoltokierroksen yhteydessä suositellaan yleisen siistimisen tekeminen laitteistolle. Puhdistuksessa ei saa käyttää puhdistus- tai liuotusaineita. Lisää aiheesta löytyy RZN 4402/04-K käyttöohjeesta sekä ST-kortista 96.31.30 Savunhallintajärjestelmä.

Turvavalaistus

Turvavalaistukselle tulee suorittaa päivittäistä tarkastamista. Tällä tarkoitetaan siis sitä, että turvavalaistusta pidetään jatkuvasti silmällä. Tarkastusta suoritetaan normaalien huoltokierrosten yhteydessä. Toimeksiantajalla on Finntek PWK-600 230 VAC turvavalaistuskeskus.

Kuukausittain tulee tarkistaa jokainen valaisin sekä jokainen sisäpuolelta valaistu uloskäytäväkilpi. Tarkastuksessa jokainen kilpi tarkistetaan ja varmistetaan, että ne ovat helposti havaittavissa. Yleinen turvavalaistuksen puhtaus tulee myös tarkistaa.

Turvavalaistukselle suoritetaan täyden mitoituksen kestoajan testi. Testin aikana varmistetaan, että akun kesto on riittävä (1 h). Testit ja huollot tulee suorittaa Finntek PWK 230 VAC asennus- ja käyttöoppaan ohjeiden mukaisesti vähintään neljä kertaa vuodessa. Tulokset tallennetaan ja dokumentoidaan asianmukaisesti. Dokumenteissa tulee selvittää seuraavat asiat:

- Muutoksiin liittyvät asiat
- Tarkastusten ja testien päivämäärät
- Tarkastuksen ja testien tulokset
- Yksityiskohdat suoritetuista testeistä ja huolloista
- Yksityiskohdat ja muutokset havaituille vioille

Tarkastamisesta vastaa rakennuksen omistaja. Tarkastuksen suorittaa rakennukselle nimetty vastuhenkilö tai nimetty hoitaja.

Sähköpääkeskukset

Sähköpääkeskuksille suositellaan tehtäväksi normaalin huoltokierroksen ja tarkastuksen yhteydessä seuraavia toimenpiteitä:

- Keskusten sekä niiden tilojen siistiminen
- Komponenttien visuaalinen tarkistaminen ja kuunteleminen
- Lähtömerkintöjen ja piirustusten paikkaansa pitävyys
- Lämpökuvaus
- Sähköturvallisuusmääräysten täyttymisen tarkistaminen

Sähköturvallisuuslaista löytyy lisää Tukesin säädöstietopalvelusta 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki.

Sähkökeskusten yhteydestä on löydyttävä myös seuraavat dokumentit:

- Asema-, taso- ja asennuspiirustukset
- Pääkaavio keskuksen piireistä
- Piirikaavio keskuksen sähköisistä virtapiireistä
- Kokoonpanopiirustus
- Kojeluettelo
- Järjestelmäkaavio
- Laiteluettelo

Sähkökeskuksen haltija on velvollinen vastaamaan, että edellä mainitut dokumentit löytyvät. Sähkökeskuksille on suoritettava myös määräaikaistarkastuksia kymmenen vuoden välein, sillä toimekiantajan laitteisto kuuluu sähköluokkaan 2c. Määräaikaistarkastuksessa tulee tehdä seuraavat toimenpiteet:

- Varmistetaan, että sähkölaitteiston käyttö turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet
- Sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä
- Sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat

Lakisääteisiä tarkastuksia suorittaa vain valtuutetut tarkastaja ja laitokset. Aiemmin tarkastuksia on suorittanut Kiwa Inspecta. Aiheesta löytyy lisää ST-kortista 13.30 Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käyttödokumentit sekä Tukesin sivulta Sähkö/Sähkölaitteistot/Kunnossapito.

Muuntamotilat

Huolto- ja tarkastuskierroksella muuntamotiloista tarkastetaan, että tiloista löytyy vaaditut merkinnät ja kilvet, yleinen kunto, työmaadoitusvälineet, jännitekoetin, suurjännitesulakkeita varalle, sähköenergian jakelun- ja käyttöjärjestelmän pää- ja maadoituskaavio sekä hätäpuhelinnumero.

Seuraavat dokumentit tulee löytyä myös muuntamotiloista, joista selviää:

- Tarkastuspöytäkirjat
- Huolto- ja kunnossapito-ohjelma
- Dokumentointi tehdyistä toimenpiteistä
- Releasettelun sisällään pitävä dokumentti
- Maadoitusresistanssi arvo dokumentoituna
- Käytönjohtajan tiedot
- Oikosulkuvirta

Kojeistojen kennoille suoritetaan myös seuraavat huollon ja kunnossapidon toimenpiteet:

- Kennojen pintojen tarkastus
- Yleinen puhtaus
- Kennojen kunnan tarkastus
- Merkinnät
- Luukkujen ja ovien saranoiden sekä lukitusten tarkistaminen

Katkaisjoille suoritetaan myös seuraavat huollon ja kunnossapidon toimenpiteet:

- Visuaalinen tarkastus
- Ylivirtakokeen suorittaminen
- Iskunvaimentimen tarkastaminen
- Iskunvaimennuskumin tarkastaminen
- Puutteellisten ja viallisten komponenttien vaihto uusiin samanlaisiin
- Kynsien kunnan tarkastaminen ja kuluneiden kynsien vaihto uusiin.
- Eristimen kunnan tarkastaminen
- Pilareiden tiivisteiden tarkastaminen
- (Öljyn pinnankorkeuden tarkastaminen)

Kondensaattoriparistojen tarkastaminen tulee suorittaa myös huollon ja kunnossapidon yhteydessä ja niistä tarkastetaan seuraavat asiat:

- Sulakkeet

- Johdinliitokset
- Loistehon säädin
- Kontaktorit
- Kompaktikatkaisijan asetteluarvot
- Tuulettimet
- Ilmansuodin
- Pariston kosketussuojat
- Merkintä- ja varoituskilvet

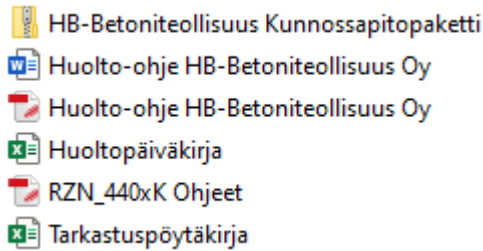
Käyttövalvova henkilö voi antaa valtuutuksen tehtäville toimenpiteille. Yleistä siisteyttä ja aistinvaraisia tarkastuksia suositellaan tekemään normaalien huoltokierrosten yhteydessä. Aiheesta löytyy lisää tietoa Tukesin sivulta Teollisuus/Vastuuhenkilöt.

E-Hallissa sijaitsevassa TMC Italia S.P.A valmistajan muuntajan huollossa ja kunnossapidossa hyödynnetään edellä mainittuja kohtia, sekä otetaan huomioon valmistajan tarjoama asennusohje. Asennusohjeesta löytyy toimintahäiriötä ja korjaustoimenpiteitä varten mahdolliset syyt ja viankorjaus näihin. Liitteessä 1 on esitetty vastaava tarkastuslista, mitä muuntajan ohjeistuksessa on esitetty. Näitä listattuja toimenpiteitä voi peilata muihin muuntajiin ja käyttää mahdollisissa ongelmatilanteissa.

Sisäilman jäähdytys

Huolto- ja kunnossapidon piiriin toimeksiantajalla kuuluu myös sisäilman jäähdytys. Sisäilman jäähdytyksen huollon ja kunnossapidon hoitaa kokonaan ulkopuoleinen taho (ARE Oy). Tästä voi kuitenkin tehdä omia aistinvaraisia tarkastuksia esim. Ilman tunkkaisuuden huomaa helposti, joka viittaa kanavistoon kertyneestä pölystä ja liasta.

Tuloksista tehtiin erillinen paketti toimeksiantajalle, josta seulottiin ns. ”turhat” kohdat opinnäytetyöstä pois. Tällä tarkoitetaan siis teoriapohjaa, jolla ei ole sen suurempaa arvoa toimeksiantajalle vaan tehtiin alkuperäisen tarkoituksen mukainen huollon ja kunnossapidon suunnitelma. Alapuo-
lella olevassa kuviossa on esitetty havainnollistava kuva lähetettävistä dokumenteista.



Kuvio 8 Lähetettävä paketti

Työssä käsiteltävistä kohdista luotiin myös Excel pohja, johon on kirjattu eri laitteille suositeltavat huollon ja kunnossapidon toimenpiteet. Excel työkirjaa työstäessä otettiin huomioon ennakoivan kunnossapidon tärkeys sekä hyvät yleiset toimintatavat ja parhaaksi nähdyt toimintaperiaatteet. Luotiin myös erillinen huoltopäiväkirja, jota voidaan täyttää tarpeen tullen. Näin saatiin luonnosteltua ohjeet, joilla pystytään tulevaisuudessa ehkäisemään huollon tarvetta ja saadaan sähkölaitteistolle pitkäikäisyyttä hyvällä kunnossapidolla.

11 Pohdinta

Käsitys kunnossapidosta ja kunnossapitoon liittyvistä termeistä nykypäivänä on muuttunut. Toimintatapoja on uudistettu ja luotu parempia ratkaisuja tulevaisuutta ajatellen. Pää tavoitteena kuitenkin edelleen on asian ydin eli miten ja millä tavalla saavutetaan toimiva kunnossapito järjestely.

Tavoitteena opinnäytetyölle oli luoda laitekohtainen kunnossapito-ohje ja suunnitelma toimeksiantajalle. Työn toteuttaminen lähti käyntiin hyvin eikä alussa ollut sen ihmeellisempiä ongelmia. Huomioitavia asioita kuitenkin oli, että erilaisia lähteitä tutkiessa oli selvästi eri kirjoittajilla erilainen käsitys sekä erilaiset käsitteet kunnossapidosta. Termejä käytettiin vähän eri tavalla, josta siten itselle jäi tulkinnanvaraa, mitä tällä on oikeasti tarkoitettu. Erilaisten kunnossapitotapojen sisällyttäminen ohjeisiin oli omalta osaltaan haastavaa, sillä alkuperäinen ajatusmaailma kunnossapitokäsityksestä oli erilainen ja kunnossapitotapojen tuominen suoraan osaksi suunnitelmaa ei ollut niin yksinkertaista, sillä sähkölaitteistolle tehtävät kunnossapidon toimenpiteet ovat suurimmalta osaltaan standardeissa sekä laissa määriteltyjä.

Ohjeiden kasaaminen kunnossapidon kannalta oli kuitenkin lopulta erittäin yksisuuntaista, sillä suurin osa näistä oli lakisääteisiä ja näin ollen niissä ei ollut tulkinnanvaraa. Osa ohjeista oli myös laite- ja kohdekohtaisia, jolloin näidenkin kokoaminen kasaan oli helppoa. Suurimpana ongelmana oli se, että minkälainen paketti näistä sitten lopulta muodostuu ja millainen sen tulisi olla, että jokainen osapuoli on tyytyväinen lopputulokseen. Lopputuloksena työstä saatiin toimivia kunnossapitosuunnitelma, jonka avulla saadaan tarvittavat kunnossapidon toimenpiteet suoritettua. Työllä on myös toinenkin hyödyn kohde muillekin kuin toimeksiantajalle sillä kovin montaa työtä samasta aiheesta ei ollut tehty missä olisi muutamille eri sähkölaitteille koottu tarvittavat kunnossapidon toimenpiteet yhteen nippuun vaan oli monia töitä, joissa kunnossapidon toimenpiteet olivat rajattu vain yhdelle kohteelle.

Tulevaisuutta varten kehittämismahdollisuuksia työlle vielä löytyy. Näistä yksi esimerkki on se, että taajuusmuuttajille tehtäisiin tarkempaa tarkastelua ja kerättäisiin tiedot kaikista toimeksiantajan hallussa olevista taajuusmuuttajista ja tehtäisiin näistä tarkat laitekohtaiset kunnossapito-ohjeet. Kahdelle muulle vanhemmalle muuntajalle voisi yrittää etsiä laitekohtaiset huolto-ohjeet ja tehdä näiden perusteella siten tarvittavia lisäyksiä kunnossapitosuunnitelmaan. Tällä hetkellä kuitenkin on huomioitu laitteistolle tärkeimmät kunnossapidon kohdat ja lisätyötä näille kannattaa tehdä tarpeen tullen. Minkäänlaisista kunnossapitoon liittyvistä kustannuksista työssä ei oteta kantaa ja näistäkin lisätyöllä pystyy tekemään kartoituksen ja siten miettimään niiden tarvetta.

Lähteet

Bister, T. 2019. Tietojenkäsittelyn opinnäytetyö: Viittoja ja karttoja tutkimisen ja kehittämisen teille. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.5.2022.

Joensivu, K. 2021. Sähkövoimatekniikan insinöörityö: Muuntamon huolto-ohjeistus. Helsinki: Metropolian ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.6.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202104225439>.

Lämpökuvaus on tärkeä osa sähkölaitteiston ennakoivaa huoltoa. N.d. Artikkelinä lämpökuvauksesta Hämeen Sähkön kotisivuilla. Viitattu 5.6.2022. <https://www.hameensahko.fi/palvelut/sahkolaitteet/>.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. 1.p. Helsinki: KP-Media Oy, 103, 123–126.

Mikkonen, H & Komonen, K. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. 1.p. Helsinki: KP-Media Oy, 103, 75–76, 79–84.

Mikä on taajuusmuuttaja? N.d. Artikkelinä taajuusmuuttajista Danfossin sivustolla. Viitattu 29.4.2022. <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>.

Polka, D. 2001. How to maintain a VFD. ABB. Drives and power electronics. <https://files.valinonline.com/userfiles/documents/how-to-maintain-a-vfd.pdf>.

PSK 6201:2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 21.4.2022. https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.jamk.fi:2443/wp-content/uploads/PSK6201_4p.pdf.

PSK 7704:2000. Kunnonvalvonnan sähköiset menetelmät. Pyörivät epätahtikoneet. Eristysvastusmittaus. PSK standardisointiyhdistys ry. Viitattu 25.4.2022. <https://psk-standardisointi-fi.ezproxy.jamk.fi:2443/Standard/Ryhma77/Psk7704.pdf>.

Rousku, H. Mäkinen, P. A. 2018. SFS 6002 Käytännössä. 33. p. Espoo: Sähköinfo Oy.

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen Standardisointiliitto SFS Ry. Viitattu 21.4.2022.

1134/2016. Hissiturvallisuuslaki. Viitattu 27.4.2022. <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20161134>.

1135/2016. Sähköturvallisuuslaki. Viitattu 21.4.2022. <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20161135>.

Savunpoistolaitteiston ylläpito. N.d. Suomen ilmastointi ja savunpoisto Oy. Viitattu 27.4.2022. https://sissit.com/SP_suojeluohje.pdf.

ST 96.01:2020. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien huolto- ja kunnossapito-ohjelmin laatiminen. Sähkötieto Ry. Viitattu 21.4.2022.

ST 13.30:2020. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien käyttödokumentit. Viitattu 4.5.2022.
<http://www.sahkotieto.fi>.

ST 53.62:2019. Sähkölaitteistojen lämpökuvaus. Sähkötieto Ry. Viitattu 29.4.2022.
<http://www.sahkotieto.fi>.

ST 59.10:2020. Turvavalistus ja poistumisopasteet. Suunnittelu. Sähkötieto Ry. Viitattu 27.4.2022.
<http://www.sahkotieto.fi>.

ST-ohjeisto 08. 2021. Poistumisvalistus ja poistumisreittivalistus. Sähkötieto Ry. Viitattu 27.4.2022. <http://www.sahkotieto.fi>.

Sähkölaitteiden lämpökuvaus. N.d. Artikkelinä lämpökuvauksesta Infradexin verkkosivustolla. Viitattu 7.6.2022. <https://www.infradex.com/sahkolaitteiden-lampokuvaus/>.

Tietoa yrityksestä. N.d. Viitattu 5.6.2022. <https://hb.fi/tietoa-yrityksesta/>.

Liitteet

Liite 1. Tarkistus -ja korjauslista

TMC ITALIA S.P.A M0761		
Tarkistuslista		
Tarpeelliset tarkastuskohteet	Tarkastusvälit	Toimenpiteet
Tarkista lämpötilan tuntoelimet	Vuosittain tehtävä tarkastus ja seuraavat ei-rutiiniryöön yhteydessä	Sähköinen jatkuva, mittaus käyttäen testaaaja
Tarkista turvalaitteiden toimintakyky ylikuormitustilanteissa	Suunnitellun aikataulun mukaisesti	Ohjeen mukaisesti
Poista kaikki lika tai pöly sekä kaikki vieraat esineet merkeistä	Tarkastus 6 kuukauden välein ja tarkastus aina, kun muuntaja on jännitteetön	Puhdista paineilmalla ja puhdistuskankaalla
Ylä- / alajänniteliittimet, kolmio -ja tähtiliitäntäpultit	Vuosittain tehtävä tarkastus ja seuraavat ei-rutiiniryöön yhteydessä	Vääntömomentit käyttäen vääntömomenttiavainta
Muuntajan alaosassa olevien pulttien kireys	Vuosittain tehtävä tarkastus ja seuraavat ei-rutiiniryöön yhteydessä	Vääntömomentit käyttäen vääntömomenttiavainta
Tarkasta eristys käämien välillä ja käämien ja maan välillä	Kun muuntaja on ollut käyttämättömänä pitkän ajan	Ylä- / alajännite / maan, vähintään 20Mohm. Ala- / yläjännite / maa vähintään 10Mohm mega-ohmimittari
Tarkista vaiheiden kiinnityskappaleiden kireys	Vuosittain tehtävä tarkastus ja seuraavat ei-rutiiniryöön yhteydessä	Kiristysmomenttien arvot 20 - 40 Nm käyttäen moementtiavainta
TMC ITALIA S.P.A M0761		
Toimintahäiriöt ja korjaustoimenpiteet		
Vika	Mahdolliset syyt / Vialliset osat	Ratkaisu
Matala eristysvastus	Kosteutta eristyksen pinnalla	Puhdistaminen kuivalla ilmalla, kuivaus ilmalla
	Eristysvika aiheutuu vanhenemisesta tai liasta	Puhdistaminen kuivalla ilmalla, kuivaus ilmalla
Tapahtuu automaattinen katkaisu	Eristysongelmia yläjännitepuolen käämissä	Ota yhteys valmistajaan
	Yläjännitepuolen jännitteen muutos / ensiökäämin jännitteen arvo ei vastaa toision liitännästä mitattua arvoa	Tarkista, että jännitteen muutos vastaa jännitteen arvoa
	Väärä suurjännitesulakkeen koko	Vaihda kokoa
	Suojareleen aika- ja virta-arvot ei oikein aseteltu	Katso uudelleen aika-asetus ja aseta arvo
Virheellinen toisiopuolen jännite	Ensiöpuolen syöttöjännite ei ole normaali. Ensiöpuolella ei ole jännitettä	Ota yhteyttä sähkön myyjään ja jakeluyhtiöön
	Väliottokytkin virheellisesti aseteltu	Korjaa väliottokytkimen asettelu