



Tuotannon sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelma

Timo Hepola

Opinnäytetyö, AMK
Toukokuu 2023
Energia- ja ympäristötekniikka

Hepola, Timo

Tuotannon sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelma

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Toukokuu 2023, 54 sivua.

Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia kunnossapitosuunnitelma tuotannon sähköjärjestelmälle. Kunnossapitosuunnitelmaan luodut ennakkohuolto- ja kunnonvalvontatehtävät syötettiin toimeksiantajalla käytössä olevaan kunnossapidon tietojärjestelmään, jolla tehtävien aikataulutusta ja toteutumista on helppo seurata. Tehtävät auttavat toimeksiantajaa ylläpitämään järjestelmän käyttövarmuutta.

Työn toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan toimipiste, jonka laajaan tuotevalikoimaan kuuluu mm. paperi- ja kartonkikoneet sekä niihin liittyvät erikoiskomponentit sekä erilaiset palvelutoimet.

Työ toteutettiin kehittämistutkimuksena käyttäen laadullisia tutkimusmenetelmiä. Tutkimuksen aineisto muodostui aihepiirin kirjallisuudesta, komponenttien käyttö- ja huolto-ohjeista sekä laitteiston kunnossapidosta vastaavien asiantuntijoiden haastatteluista. Ennakkohuoltotehtävät laadittiin komponenttikohtaisesti aineistoa hyödyntäen, käyttöolosuhteet huomioon ottaen. Kunnonvalvontatehtävät laadittiin aineistoa hyödyntäen ja kunnossapidosta vastaavien ammattilaisten kokemusten pohjalta. Kunnossapidon tietojärjestelmään luotiin hierarkia, joka vastaa todellista jännitteen kulkua sähköjärjestelmässä. Lisäksi kullekin tarkastelun kohteena olleelle komponentille luotiin oma laitekortti. Laitekorteille syötettiin komponenttien tiedot ja niihin liittyvät aineistot sekä luodut tehtävät aikatauluineen ja toteutuksesta vastaavine kumppaneineen.

Työn lopputuloksena syntyi tuotannon sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelma. Lopputuloksessa huomioitiin mahdollisuus laajentaa suunnitelma kattamaan toimeksiantajan koko sähköjärjestelmä.

Avainsanat (asiasanat)

kunnossapito, käyttövarmuus, sähköjärjestelmä, kunnonvalvonta, sähköturvallisuus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Ei salassa pidettäviä tietoja tai liitteitä

Hepola, Timo

The maintenance plan for the production electrical system

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2023, 54 pages.

Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The objective of the thesis was to create a maintenance plan for the production electrical system. The preventive maintenance and condition monitoring tasks, which were created for the maintenance plan, were added into the maintenance information system used by the client, making it easy to track task schedules and implementation. The tasks help the client maintain the functional reliability of the system.

The client for this work was Valmet Technologies Oy's Rautpohja site, which has a wide range of products including paper and cardboard machines and related specialty components, as well as various service operations.

The work was carried out as a developmental research using qualitative research methods. The research material consisted of literature on the subject, usage and maintenance instructions for the components and interviews with experts responsible for the maintenance of the equipment. The preventive maintenance tasks were prepared for each component, taking into account the operating conditions and using the material available. The condition monitoring tasks were prepared using the material and based on the experiences of maintenance professionals. A hierarchy was created in the maintenance information system that corresponds to the actual flow of voltage in the electrical system, and a separate device card was created for each component under review. The device cards contained the component's information and related materials, as well as the created tasks with their schedules and partners responsible for their implementation.

The result of the work was a maintenance plan for the production electrical system. The plan takes into account the possibility of expanding the plan to cover the client's entire electrical system.

Keywords/tags (subjects)

maintenance, reliability, electrical system, condition monitoring, electrical safety

Miscellaneous (Confidential information)

No confidential information or attachments

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Kunnossapito ja sähköjärjestelmä	3
1.2	Valmet	4
1.3	Tausta ja tarve	4
2	Tutkimusasetelma	5
2.1	Rajaus ja tavoite	5
2.2	Kehittämistutkimus	6
2.3	Toteutustapa	7
2.4	Aineiston kerääminen	8
2.5	Aineiston analysointi, eettisyys ja luotettavuus	8
3	Kunnossapito	9
3.1	Kunnossapidon tarkoitus.....	9
3.2	Kunnossapitolajit.....	9
3.3	Käyttövarmuus	10
3.4	Strategiat	13
3.5	Kunnossapidon kehittämismenetelmät	13
4	Sähköjärjestelmän kunnossapito	15
4.1	Ennakoiva kunnossapito.....	15
4.2	Kunnonvalvonta	17
4.2.1	Eristeaineanalyysit	18
4.2.2	Lämpökamerakuvaus.....	19
4.2.3	Osittaispurkauskuvaus akustisella mittalaitteella	20
5	Sähkölaitteistot ja niiden käyttö	21
5.1	Sähköturvallisuus	21
5.2	Määräaikaistarkastukset	22
5.3	Vaadittavat koulutukset	24
5.4	Työkalut, varusteet ja laitteet	25
5.5	Piirustukset, asiakirjat, kilvet ja luoksepäästävyys.....	26
6	Kunnossapitosuunnitelma	27
6.1	Aineiston kerääminen, tutkiminen ja analysointi	27
6.2	Laitteiston nykytila	28
6.3	Luotettavuuslohkokaavio	30
6.4	Kunnossapidettävyyden määrittäminen.....	32

6.5	Kunnossapitotehtävien ja toteutusaikataulun määrittäminen.....	36
6.6	Kunnossapitotehtävien kohdistaminen sopimuskumppaneille.....	37
6.7	Kunnossapidon tietojärjestelmä	38
7	Johtopäätökset.....	43
8	Pohdinta.....	45
8.1	Lopputuloksen arviointi	45
8.2	Lopputuloksen luotettavuus	46
8.3	Jatkotoimenpiteet	46
	Lähteet	48
	Liitteet	50
	Liite 1. Kunnossapitotehtävät ja aikataulus.....	50
 Kuviot		
	Kuvio 1. Luotettavuuslohkokaavio	31
	Kuvio 2. Kunnossapidon tietojärjestelmän etusivu	38
	Kuvio 3. Laitetason luonti.....	39
	Kuvio 4. Luotu laitehierarkia	39
	Kuvio 5. Uuden laitekortin luominen	40
	Kuvio 6. Esimerkki dokumentin lisäämisestä laitekortille	41
	Kuvio 7. Esimerkki kunnossapitotehtävien kohdistamisesta komponentille	41
	Kuvio 8. Esimerkki kunnossapitotehtävistä ABB Uniswitch varokekuormaerottimelle	42
	Kuvio 9. Esimerkki luodusta laitekortista	42
	Kuvio 10. Esimerkki laitekortin dokumenteista ja kunnossapitotehtävistä	43

1 Johdanto

1.1 Kunnossapito ja sähköjärjestelmä

Kunnossapito on itsessään todella laaja käsite. Alaan perehtymättömälle se voi tarkoittaa vaikka rikkiäisen polttimon vaihtoa olohuoneen valaisimeen tai auton moottoriöljyn vaihtoa huolto-ohjelman mukaisesti. Nämä molemmat ovat kunnossapitoa ja sen tarkoituksena on pitää laitteet käyttökunnossa. Kun laitteet ovat käyttökuntoisia, ne kykenevät suorittamaan niille annetun tehtävän. Kun ajatellaan kunnossapitokäsitettä hieman laajemmin ja yhdistetään siihen jokin suuri teollinen tuotantolaitos sekä sen sisällä toimivat tuotantoprosessit, saa käsite vähän erilaiset mittasuhteet. Suurten laitosten tuotantoprosessit pitävät sisällään lukuisia polttimoita sekä moottoreita, joihin öljyä tulee vaihtaa. Tuotannon tulisi säilyä katkottomana mahdollisimman pitkää aikoja ja lopputuotteen laadun tulisi pysyä korkeana.

Kunnossapito onkin todella tärkeässä asemassa teollisessa toiminnassa. Huonosti suunniteltu tai toteutettu kunnossapito merkitsee yleensä suuria vikamääriä, pitkiä tuotantokatkoja ja sitä kautta suuria rahallisia menetyksiä. Hyvin suunniteltu ja toteutettu kunnossapito taas takaa vakaan tuotannon etenemisen. Kun tuotantoprosessiin ja sen mahdollisiin vikapaikkoihin on perehdytty, voidaan laatia suunnitelmia vikaantumisten varalle. Myös kriittisiä varaosia on syytä hankkia varastoon sekä opastaa niiden asentamiseen tarvittavia sopimuskumppaneita järjestelmän kunnossapitoon ja huoltoon. Kunnossapidosta huolimatta vikatilanteita voi esiintyä ja näin saadaan mahdolliset jännitekatkot lyhemmiksi. Ennakoinnilla ja suunnitelmallisuudella voidaan parantaa laitteiston käyttövarmuutta.

Sähköjärjestelmällä on merkittävä rooli teollisessa toiminnassa. Sähkön käytön estyminen pysäyttää vaikutusalueellaan käytännössä kaiken tuotannollisen toiminnan. Sähköjärjestelmä pitää sisällään monia komponentteja, joiden vikaantuminen tai poikkeava toiminta voi vaikuttaa järjestelmän toimintaan ja aiheuttaa sähkökatkon syntymisen. Komponenttien saatavuus saattaa myös olla vaikeaa, varsinkin jos rikkoutunut komponentti on hyvin vanha ja vastaavaa ei enää löydy. Lisäksi äkillisistä sähkökatkoksista voi aiheutua materiaalihukkaa tai vaaratilanteita. Sähköturvallisuus on myös huomioitava etenkin rikkoutuneiden laitteiden osalta. Laitteen tai komponentin rikkoutumisesta tai vikaantumisesta saattaa aiheutua kohonnut sähköiskun ja valokaaren syntymisen vaara. Sähköisku ja valokaari ovat vaaraksi ihmiselle sekä ympäristölle.

1.2 Valmet

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan toimipiste. Valmet tunnetaan maailmalla prosessiteknologiastaan, automaattioratkaisuistaan sekä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle toimittamistaan ja kehittämistään palveluista. Valmetilla työskentelee kaikkiaan noin 17500 ammattilaista ympäri maailmaa. Yhtiön historia ulottuu yli 220 vuoden taakse ja sen liikevaihto oli vuonna 2022 noin 5,1 miljardia euroa. (Valmet yrityksenä.)

Rautpohjaan vuonna 1938 perustettu toimipiste sijaitsee Jyväskylässä aivan keskustan tuntumassa. Noin 32 hehtaarin kokoisella tehdasalueella työskentelee päivittäin noin 1800 henkilöä, joista 1500 on Valmetin työntekijöitä ja loput 300 yhteistyökumppaneita. Toimipisteen tuotantoon kuuluu paperi- ja kartonkikoneet, massankuivauskoneiden märkápäät, erikoiskomponentit, valutuotteet ja erilaiset palvelutoimet kuten elinkaaripalvelut. (Valmet perehdytysmateriaali 2023.)

1.3 Tausta ja tarve

Toimeksiantajalle oli syntynyt tarve laatia tuotannon sähköjärjestelmälle kunnossapitosuunnitelma. Toimipisteen alueella sijaitseva laaja sähköjärjestelmä koostuu hyvin pitkällä aikavälillä tehdystä asennuksista ja komponenteista. Aikaisemmin sekä kiinteistön että tuotannon sähköjärjestelmät sisältyivät samaan suunnitelmaan, mutta nyt ne ovat hajautettu omiksi toimialueiksi. Tästä syystä kunnossapitosuunnitelman laatimisen tarve oli oleellinen ja myös laissa (Jokela 2022, 15) on veloitettu laitteiston haltijan huolehtimaan sen kunnossapidosta.

Valmetilla on valtakunnallisesti käytössään kunnossapidon tietojärjestelmä, jonne työn lopputuloksena syntynyt suunnitelma syötettiin. Järjestelmä mahdollistaa erilaisten kunnossapitotehtävien kohdentamisen komponenteille, tehtävien aikatauluttamisen sekä jakamisen suoraan töitä suorittaville sopimuskumppaneille. Lisäksi järjestelmällä voidaan hallita kunnossapitotehtävissä tarvittavia dokumentteja ja historiatietoja. Sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelman lisääminen olemassa olevaan järjestelmään tehostaa siitä saatavaa hyötyä entisestään ja helpottaa käyttäjiä kunnossapidollisten toimien etenemisen seurannassa.

2 Tutkimusasetelma

2.1 Rajaus ja tavoite

Opinnäytetyön rajauksia tehdessä oli selvää, ettei alueen koko sähköjärjestelmää ole mahdollista tarkastella kerralla yhden opinnäytetyön ajan puitteissa. Opinnäytetyölle tehtyjen rajausten tarkoitus oli pitää työn koko kohtuullisena, koska olemassa oleva järjestelmäkokonaisuus on hyvin laaja. Tarkastelu kohdistui kuitenkin kokonaisuuden jokaiseen osa-alueeseen, joten lopputuloksen jatkjalostaminen on tarvittaessa helppoa. Lisäksi työstä rajattiin pois selkeästi aiheen ulkopuolelle kuuluvat toimijoiden hankinnat sekä niihin liittyvä sopimustekniikka. Toimeksiantajan on mahdollista hyötyä työn lopputuloksena syntyneestä työkalusta, kun tarvetta ulos rajatuille toimille tulevaisuudessa tulee.

Opinnäytetyö rajattiin alueen sähköjärjestelmän 110kV liityntäpisteen ja 1-hallin tuotannon pienjännitekeskuksen välille. Jännitteen kulkumatkalta tarkasteluun kuuluivat 110kV RT0 muuntoaseman järjestelmän käyttöön ja ohjaukseen liittyvät komponentit, 110kV/20kV öljymuuntaja PM1, 20kV RT0 6.1-6.9 kojeiston katkaisijat 6.1 ja 6.9, 20kV RT12 kojeiston kuormaerotin +01 sekä varokekuormaerottimet +04 ja +05, 20kV/400V öljymuuntajat M2 ja M3 sekä 1-hallin pienjännitekeskuksen ilmakatkaisijat sekä erottimet. Sähkötilojen osalta opinnäytetyöhön sisältyi sähköjärjestelmän kunnossapidettävyyteen liittyvien seikkojen tarkastelu. Lisäksi kunnossapidon tietojärjestelmän osalta opinnäytetyöhön sisältyi käyttöliittymän hierarkian luominen, tutkimusten tuloksena saatujen tietojen syöttäminen, tehtävien aikataulutukset sekä tehtävien jakaminen olemassa oleville sopimuskumppaneille.

Työssä käytetyt kehittämistehtävät olivat:

- Järjestelmän kunnossapitotarpeiden selvittäminen
- Kunnossapidon tietojärjestelmän hierarkian luominen
- Sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelman laatiminen
- Tietojen syöttäminen kunnossapidon tietojärjestelmään

Työlle asetettiin seuraava tutkimuskysymys: Millaista ennakoivaa kunnossapitoa kohteen sähköjärjestelmän komponentit vaativat?

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda rajatulle alueelle kuuluneelle tuotannon sähköjärjestelmälle kunnossapitosuunnitelma. Työssä tutkinnan kohdetta tarkastellaan käyttövarmuuden näkökulmasta. Työn tutkimuksen perusteella kullekin tutkimuksen kohteena olevalle sähköjärjestelmän komponentille määräytyi sen käyttövarmuutta parantavat ennakoivan kunnossapidon tehtävät ja niiden toteutusaikataulu. Työssä tutkittiin lakiin, määräyksiin ja ohjeistuksiin sekä komponentteihin liittyvistä aineistoista löytyviä huolto- ja kunnossapitotehtäviä. Lopuksi niistä muodostuneita tehtäviä ja aikatauluja yhteensovitettiin järjestelmän toimintaolosuhteiden ja käytön mukaisiksi. Näin muodostui lopullinen kunnossapitosuunnitelma.

2.2 Kehittämistutkimus

Historia

Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmänä varsin tuore tapaus. Ensimmäisenä julkaisuna siihen liittyen on pidetty Ann Brownin vuonna 1992 julkaistua artikkelia. Tuolloin kehittämistutkimus oli vielä varsin tuntematon menetelmä. 2000-luvulle siirryttäessä menetelmä tuli yleisesti tutummaksi ja aihe alkoi kiinnostaa tiedeyhteisöä enemmän. Tällöin alan artikkeleiden julkaisumäärät alkoivat kasvamaan tasaisesti. Se on vakiinnuttanut asemaansa opetuksen tutkimuksena viimeisen 20 vuoden aikana ja sen käyttö on levinnyt laajasti. (Pernaa 2013, 1–2.)

Määritelmä

Kehittämistutkimus on vastannut tarpeeseen tuottaa kentällä työskentelevien opettajien käyttöön heidän opetustaan tukevaa käytännönläheistä tietoa. Kehittämistutkimukselle ei voida esittää vain yhtä määritelmää sen monitahoisuuden takia. Kehittämistutkimus on prosessi, joka yhdistelee teoreettisia ja kokeellisia vaiheita. Sille on ominaista eri sidosryhmien asiantuntijuuksien hyödyntäminen arvioinnin ja kehittämisen yhteydessä sekä monimenetelmäinen lähestymistapa, joka yhdistelee kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Kehittämistutkimuksen kolme ominaispiirrettä ovat seuraavat: 1) iteratiivisen kehityksen synty muutoksen tarpeesta, 2) kehittämisen johtaminen käytettävään tuotokseen ja 3) kehittäminen tuottaa edistävää tietoa. Kehittämistutkimus pyrkii vastaamaan kolmeen kysymykseen: Miten kehittämisessä halutaan edetä?

Mitkä ovat kehittämisen tarpeet ja mahdollisuudet? Millaiseen lopputulokseen kehittäminen johtaa? Nämä kysymykset jakavat kehittämistutkimuksen tehtävät kolmeen kategoriaan: kehittämisprosessi, ongelma-analyysi ja kehittämistuotos. (Pernaa 2013, 2–3.)

2.3 Toteutustapa

Kehittämistutkimus valikoitui toteutustavaksi aiheen kohdistuessa todelliseen työelämän kehittämistarpeeseen. Kunnossapitosuunnitelmaa tehtäessä olisi mahdollista käyttää sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Päädyimme kuitenkin toimeksiantajan kanssa siihen lopputulemaan, että lähestyn asiaa vain kvalitatiivisella tutkimusotteella. Kvalitatiivisen tutkimusotteen valintaa puolsi tutkimusmateriaalien laatu, joka sähköjärjestelmän osalta perustuu pääsääntöisesti laki-, määräys- ja ohjeistusteksteihin.

Kehittämistutkimuksen ero perinteiseen kvantitatiiviseen tutkimukseen on sen tarkastelun tapahtuminen todellisissa olosuhteissa sekä tutkimukseen osallistujia hyödyntämällä. Kehittämistutkimus aloitetaan aina ongelma-analyysillä. Tämän pakollisen vaiheen tavoitteena on luoda kuva kehittämistarpeista, mahdollisuuksista ja haasteista. Tämä on tärkeää, koska kehittämistarpeen täytyy syntyä aidosta ongelmasta. (Pernaa 2013, 7.)

Tutkimuksen lopputuloksena syntyvä ratkaisu ei kuitenkaan aina tarkoita ongelman poistumista. Syntynyt lopputulos on muutos, joka tulee sisällyttää yrityksen toimintaan, jotta käytännön ongelma poistuisi. (Kananen 2015, 13.)

Kehittämistutkimuksen raportin rakenne noudattaa tutkijan oman etenemisen vaiheita ja sen muoto vastaa opinnäytetyön ja väitöskirjan rakennetta. Raportin sisältö muodostuu siitä, mitä tehtiin, miten tehtiin ja miksi tehtiin kussakin tutkimuksen vaiheessa. Tätä seuraa esittely tutkimustuloksista, joilla ongelma ratkaistiin ja saatiin poistettua. Näin ei tapahdu perinteisessä laadullisessa tai määrällisessä tutkimuksessa. Tutkimus koostuu nykytilan kartoituksesta, ongelman havaitsemisesta, ongelman määrittelystä, vaihtoehtojen etsinnästä ja vaihtoehtojen arvioinneista ja ratkaisun valinnasta. Kehittämistutkimus ei välttämättä yhdistele kvalitatiivista ja kvantitatiivista tutkimusta, vaan se voi olla myös pelkästään muutosta tavoitteleva kvalitatiivinen tutkimus. (Kananen 2015, 14–17.)

2.4 Aineiston kerääminen

Työssä käytettyä aineistoa löytyi aiheeseen liittyvästä ammattikirjallisuudesta ja luotettavista internetlähteistä. Kirjallisuuden etsintään käytin oppilaitoksen kirjaston tietokantaa ja aiemmin opittuja ja toimiviksi havaittuja hakumenetelmiä sekä rajauksia. Aineiston etsintää helpotti sen muodostuminen pitkältä laista, määräyksistä ja asetuksista, joihin liittyvää kirjallisuutta löytyi paljon kirjastoista. Internetistä löytyvistä aiemmin julkaistuista opinnäytetöistä sain myös lähdetietoa.

Aineistoa löytyi myös toimeksiantajan tietokannoista ja kunnossapidon tietojärjestelmistä. Tietoa laitteiston kunnossapidosta, käytöstä, huollosta ja tarkastuksista sain niistä vastaavilta kokeneilta alan ammattihenkilöiltä käymällä heidän kanssaan teemahaastatteluja. Tietokannoista ja teemahaastatteluista kerätty aineisto koostui pääasiassa aiemmin suoritettujen huolto- ja kunnossapitotöiden raporteista ja luovutusasiakirjoista sekä komponenttivalmistajien huolto-ohjeista. Järjestelmää tutkimalla ja teemahaastatteluiden avulla oli saatavilla laitteiston komponentteihin ja niiden käyttöolosuhteisiin liittyvää aineistoa sekä kokemuksellista tietoa laitteiston kunnossapidosta ja sen tarpeesta.

2.5 Aineiston analysointi, eettisyys ja luotettavuus

Aineiston analysointiin ja sen luotettavuuteen oli suhtauduttava huolella, jotta tutkimuksen hyväksyttävyyden ja luotettavuuden säilyivät. Lait ja määräykset ovat hyvin yksiselitteisiä, joten ne ovat luotettavia lähteitä. Internetistä löytyvien aineistoihin oli suhtauduttava lähdekriittisesti. Monet löytyneistä lähteistä olivat luotu markkinointia silmällä pitäen, joten ne eivät soveltuneet opinnäytetyön aineistoksi. Toimeksiantajalta ja teemahaastatteluista saatu materiaali kohdistui juuri kyseiseen järjestelmään ja oli tunnettujen toimijoiden laatimaa, joten sitä saattoi pitää luotettavana. Kunnossapidosta löytyvä aineisto oli osittain yli kymmenenkin vuotta vanhaa, mutta aiheen pohjatieto ei ole juuri muuttunut vuosien varrella. Kunnossapidon menetelmät ovat kyllä kehittyneet ja niiden kohdalla perehdyin mahdollisimman tuoreeseen aineistoon. Aiemmin julkaistuja opinnäytetöitä ei suoraan käytetty lähteinä, vaan niiden kohdalla tutkimukset kohdistuivat opinnäytetöissä käytettyihin lähteisiin. Aineiston oikeaoppisella käsittelyllä sekä opinnäytetyön ohjeita ja niihin liittyviä sopimuksia noudattamalla voidaan todeta, että työ toteutettiin hyvää tutkimusetiikkaa noudattaen.

3 Kunnossapito

3.1 Kunnossapidon tarkoitus

Kunnossapito määritellään kirjallisuudessa koneen tai laitteen elinjakson aikaisiksi teknisiksi, hallinnollisiksi ja liikkeenjohdollisiksi toimenpiteiksi, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toimenpiteen (Järviö & Lehtiö 2017, 17). Kunnossapidon tarkoituksena on pitää koneet ja laitteet käyttökuntoisina sekä valmiina tuottamaan laadukasta tuotetta. Kunnossapidon tavoitteena on pitää tuotannon kokonaistehokkuus korkeana sekä käyttövarmuus hyvänä. Kun käyttövarmuus on hyvällä tasolla, on koneen tai laitteen toiminta luotettavaa.

Kunnossapitoa on tehty yhtä kauan kuin koneita on käytetty. Siinä missä entisajan kunnossapito oli lähinnä redundantista varmistamista, laitteiden ylimitoittamista, vian syntymisen jälkeistä korjaamista ja huoltoa, niin nykypäivän kunnossapito on ottanut siitä ison harppauksen. Tänä päivänä kunnossapito on paljon kehittyneempää niin mittaustekniikoiden kuin suunnitelmallisuudenkin suhteen. Mukaan on tullut monia menetelmiä, kuten kunnonvalvontaa, erilaisia riski- ja vikaantumisanalyseja, moniosaamista, laadunseurantaa, etävalvontaa yms. Kunnossapidolla voidaan korostaa myös laadun merkitystä. (Järviö & Lehtiö 2017, 17–25.)

Nyky-yhteiskunnassa turvallisuus on noussut yhdeksi kunnossapidon tärkeimmäksi osa-alueeksi. Rikkinäinen kone ei ole turvallinen ja sen käyttöön liittyy suunnittelemattomia toimia, joihin ei voida ennakoon varautua. Lisäksi ympäristöystävällisyys ja tehokkuus ovat korostuneet. Ympäristöystävällisyys tulee esiin viranomais määräyksissä ja tehokkuus vikaantumisen synnyn todennäköisyytenä huonon kunnossapidon takia. (Järviö & Lehtiö 2017, 26.)

3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajeissa ja niiden jaotteluissa on pieniä eroja riippuen siitä, mitä standardia katsotaan. Standardissa PSK 7501:2010 jaottelu tapahtuu ensin sen perustella, onko vika jo syntynyt vai ei. Tämä lajittelee kunnossapitolajit häiriökorjauksiin ja suunniteltuun kunnossapitoon. Jos vika on jo syntynyt, edetään häiriökorjauksen mukaisesti. Kunnossapito tehdään häiriökorjauksen alalajien

mukaisesti joko välittömänä korjauksena heti tai siirrettynä korjauksena jonkin seuraavan suunnitellun huollon tai seisokin aikana. Korjaukset on tehtävä välittömästi, jos vikaantunut laite aiheuttaa koko prosessin pysähtymisen tai tuotteen laadun huonontumisen. Korjaukset on mahdollista siirtää, jos laite on kahdennettu tai prosessia voidaan ajaa esimerkiksi hitaammalla nopeudella tuotteen laadun siitä oleellisesti kärsimättä. (Järviö & Lehtiö 2017, 47.)

Suunniteltu kunnossapito puolestaan jakautuu seuraaviin alalajeihin: parantava kunnossapito, kunnostaminen ja ehkäisevä kunnossapito. Parantavan kunnossapidon tarkoitus on koneen tai sen osan muuttamista luotettavuuden tai kunnossapidettävyyden kannalta paremmaksi. Kunnostaminen tarkoittaa jonkin laitteen kunnostamista sen sijaan, että tilalle ostettaisiin ja vaihdettaisiin uusi. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito jakautuu kolmeen alalajiin: jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. Jaksotettu kunnossapito perustuu ennalta määritellyn ohjelman noudattamiseen, jolla ylläpidetään koneen tai laitteen toimintakykyä. Kunnonvalvonnalla voidaan puolestaan seurata koneen tai laitteen käynninaikaisia muutoksia reaaliaikaisesti ja tuottaa tietoa analysoitavaksi. Kuntoon perustuva suunniteltu korjaus perustuu esimerkiksi kunnonvalvonnan tuottaman tiedon analyysin tulokseen, tarkastuksissa huomattuun alkavaan vikaan tai mittauksen tuloksista päätellyn alkavan vian suunnitelmalliseen korjaukseen. Näin on mahdollista välttyä suunnittelemattomilta tuotannon katkoilta. Lisäksi ennalta havaittu vika mahdollistaa perusteellisen suunnittelun sen korjaamiseksi ja tarvittavien varaosien hankinnan etukäteen. Nämä toimet lyhentävät tuotantokatkon kestoja. (Järviö & Lehtiö 2017, 49–51.)

3.3 Käyttövarmuus

Käyttövarmuus määritellään standardissa PSK 6201:2022 kohteen kyvyksi toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Tällä tarkoitetaan kohteen olemista siinä tilassa, että se kykenee suorittamaan siltä vaaditun toiminnon vallitsevissa olosuhteissa ja tarvittavat ulkoiset resurssit ovat käytettävissä. Käyttövarmuus käsitteenä sisältää käytettävyyden, johon kuuluu toimintavarmuus, kunnossapitovarmuus ja kunnossapidettävyyys. Toimintavarmuus määritellään kohteen kyvyksi suorittaa vaadittu tehtävä annetuissa olosuhteissa ja vaaditun ajanjakson ajan. Kunnossapitovarmuus puolestaan määritellään kunnossapito-organisaation kyvyksi suorittaa sille annettu tehtävä vallitsevissa

olosuhteissa tehokkaasti vaadittuna ajanjaksona tai hetkenä. Kunnossapidettävyyks taas määritellään kohteen kyvyksi olla pidettävissä tai olla palautettavissa tilaan, jossa se kykenee suorittamaan annetun toiminnon vallitsevissa olosuhteissa. Edellytyksenä on, että kunnossapito on suoritettu vallitsevissa olosuhteissa sille määrätyn menetelmin ja resursein. Käyttövarmuuden ominaispiirteisiin kuulu käytettävyyden kautta esimerkiksi turvallisuus ja käyttöolosuhteet. (PSK 6201:2022 2022, 9.)

Kunnossapidettävyyden kautta käyttövarmuuteen vaikuttavia piirteitä (PSK 6201:2022 2022, 10–11) ovat:

- **Kunnossapidon todentaminen**
 - *Toimenpiteet, joilla asetetut kunnossapidettävyyksvaatimukset todennetaan alla olevien tekijöiden perusteella.*
 - **Luoksepäästävyys**
 - *Kohteeseen suunniteltu ominaisuus, joka kuvaa helppoutta lähestyä ja päästä kohteeseen kunnossapitotehtävien suorittamiseksi.*
 - **Kunnossapitotöiden turvallisuus**
 - *Suunniteltu ominaisuus, jolla varmistetaan kunnossapitotoimenpiteiden turvallinen suorittaminen niin ettei niistä aiheudu vaaraa ihmiselle, ympäristölle tai omaisuudelle.*
 - **Korjattavuus**
 - *Suunniteltu ominaisuus, jonka määrittävät korjaustoimenpiteiden suorittamisen helppous, nopeus sekä tarvittavat resurssit. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi pysäytystarve, luoksepäästävyys, puhtaanapidettävyyks, osien lukumäärä, modulaarisuus, osien ja materiaalien yleinen saatavuus, dokumentointi ja ohjeistus sekä korjaustoimenpiteiden turvallisuus ja niiden rajallinen kesto.*
 - **Korvattavuus**
 - *Suunniteltu ominaisuus, jonka määrittelee keskenään vaihtokelpoisten osien ja laitteiden käytön laajuus. Esimerkiksi samaa osaa voidaan käyttää useassa laitteessa.*
 - **Testattavuus**
 - *Suunniteltu ominaisuus, joka sallii kohteen tilan, kunnan tai toiminnan valvonnan ja tarkastamisen kohtuullisessa ajassa. Tällaisia ovat esimerkiksi näytteenotto ja kunnanvalvonnan mittaukset.*
 - **Itsediagnostiikka**
 - *Kohteeseen sisäänrakennettu laitteisto tai ohjelmisto, joka automaattisesti, jatkuvasti tai ajoittaisesti testaa ja analysoi kohteen kuntoa.*
 - **Huollettavuus**
 - *Suunniteltu ominaisuus, jonka määrittävät jaksotettujen huolto- ja vaihtotoimenpiteiden suorittamisen helppous, nopeus sekä tarvittavat resurssit. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi pysäytystarve, luoksepäästävyys, puhtaanapidettävyyks, osien lukumäärä, modulaarisuus, osien ja materiaalien yleinen saatavuus, dokumentointi ja ohjeistus sekä huoltotoimenpiteiden turvallisuus ja niiden ajallinen kesto.*

- **Vian paikannettavuus**

- *Kohteen suunniteltu ominaisuus, joka mahdollistaa vian etsimisen ja paikannuksen mahdollisimman tehokkaasti.*

Käyttövarmuuteen siis liittyy monia osatekijöitä ja se onkin havainnollinen käsite kuvaamaan kohteen laatuun liittyviä ominaisuuksia. Kaikki osatekijät vaikuttavat osaltaan kunnossapitoon ja sen suunnitteluun. Käyttövarmuuden näkökulmasta varaosatarpeita tulee tarkastella niiden saatavuuden, toimitusaikojen ja korvattavuuden kannalta. Toimeksiantajan järjestelmän koostuessa pitkän aikavälin komponenteista, tulee tutkia järjestelmän varaosakomponenttien saatavuutta ja toimitusaikatauluja. Omassa varastossa olisikin hyvä olla kohtuullinen määrä varaosia komponenttien vikaantumisten aiheuttamien tilanteiden varalta. Myös kunnossapitoa toteuttavien sopimuskomppaneiden haalinta ja kohteeseen opastus on ensisijaisen tärkeää. Tehtävään ja kohteeseen etukäteen opastetulla alan ammattilaisella on parhaat valmiudet toimia tehokkaasti.

Käyttövarmuutta voidaan myös mitata ja määritellä. Mittareita käyttämällä voidaan ohjata ja johtaa kunnossapitotoimintaa. Niiden avulla on mahdollista löytää kehityskohteita, asettaa tavoitteita, vertailla vaihtoehtoja ja seurata toimintaa. Mittareiden avulla voidaan tarkastella kilpailukykyä joko yksiköiden tai toimialan kilpailijoiden välillä. Mittareilla on myös mahdollista osoittaa erilaisten sopimusteknisiin, kuten turvallisuuteen tai käytettävyyteen liittyvien vaatimusten täyttyminen. Keskeisimmät mittarit käyttövarmuuden hallinnan kannalta ovat kokonaiskäytettävyys, kunnossapidollinen käytettävyys, häiriötön käytettävyys, kunnossapidosta johtuva toiminnallinen käytettävyys, toimintavarmuus, tuotannon kokonaistehokkuus (KNL), keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF) tai keskimääräinen häiriötoipumisaika (MTTR). Oleellisinta käyttövarmuuden laskennan kannalta on tapahtumahistorian tietokenttien täyttö, jotka koostuvat joko aikaleimoista tai esivalinnoista. Aikaleimoja ovat erilaiset alkamis- ja päättymisajankohdat, jotka liittyvät poikkeamaan ja sen vaikutuksiin, toimenpiteisiin ja niiden vaikutuksiin sekä tuotannon palautumiseen. Kirjattavia esivalintoja ovat esimerkiksi poikkeaman kohde, tyyppi, vaikutus sekä toimenpiteiden ajoitus, vaikutus tuotantoon ennen ja jälkeen suorituksen. (PSK 9101:2022 2022, 3–8.)

3.4 Strategiat

Yritykselle tulee valita kunnossapitostrategia. Näitä toimintamalleja on kolmessa kategoriassa. Ensimmäinen on laatujohtannaiset strategiat, kuten esimerkiksi Six Sigma, joka keskittyy työtehtävien oikein suorittamiseen ensimmäisellä kerralla. Toinen on TPM, jonka tehtävänä on motivoida käyttäjiä huolehtimaan koneistaan sekä yhteistyön edistäminen osastojen välillä. TPM muodostuu neljästä askelmasta: suunnittelu, mittaus, kunnostus ja huippukuntovaihe. TPM on systemaattinen lähestymistapa, jolla saavutetaan nopeasti taloudellisia tuloksia. Tarkoituksena on tunnistaa ensin suurimmat kunnossapidolliset ongelmat ja aloittaa kehitys niistä. Tuloksiin päästään verrattain nopeasti, mutta lopullinen omaksuminen kestää kauemmin. Kolmas on RCM, jolla pyritään tehokkaiisiin strategiavalintoihin. RCM on toimintamalli, jonka avulla määritetään koneelle tai sen osalle kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelman määrittäminen tällä tavoin on aikaa vievä ja kallis prosessi. Prosessi koostuu selvityksistä, tärkeysjärjestyksistä sekä vikaantumisen syiden ja seurausten tutkimisesta. Lisäksi selvitetään millaisia kunnossapidollisia keinoja olisi mahdollista käyttää ja ovatko ne järkeviä. (Järviö & Lehtiö 2017, 115–119.)

3.5 Kunnossapidon kehittämismenetelmät

Sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelman kehittämisen ensimmäinen vaihe on tunnistaa ja kirjata olemassa olevan laitteiston komponentit. Lisäksi tulee selvittää jokaisen komponentin aiempi kunnossapitohistoria. Tässä vaiheessa tulee huolehtia, että järjestelmän jokainen komponentti tulee huomioiduksi suunnitelmassa. Jokainen järjestelmään liittyvä pienikin komponentti voi vikaantuessaan katkaista jännitteen jakelun suurelta alueelta tai aiheuttaa vaaratilanteen epänormaalilla ja hallitsemattomalla toiminnallaan. Komponenttien kirjaamisen jälkeen voidaan tutkia, mitä huoltotehtäviä valmistajat ovat määritelleet kunkin komponentin kohdalla. Tutkimuksen tuloksesta saadaan luotua jaksotettu kunnossapito kullekin laitteelle. Jaksotusta luodessa pitää kuitenkin huomioida kohteen sähköjärjestelmän kuuluminen suuren teollisuusyrityksen tuotannon ylläpitämiseen. Tästä syystä jaksotettua kunnossapitoa on syytä tarkastella myös kunnossapidon suorittamiseen tarvittavien sähkökatkojen kautta. Niitä ei voi välttämättä tehdä pelkästään aikataulun mukaisesti, vaan on huomioitava myös tuotannon toiminta. Tästä syystä jaksotetut huollot tulee suunnitella jollekin aikavälille niin, että valmistajan vaatima maksimiaika ei ylitä. Maksimiajan ylittäminen saattaa heikentää komponentin luotettavaa toimintaa.

Riskien tunnistaminen kunkin komponentin kohdalla voidaan toteuttaa monella tavalla. Tuotantoon liittyvien komponenttien kohdalla voidaan ajatella niiden kuuluvan automaattisesti korkeaan riskiryhmään. Toimeksiantajalla onkin olemassa oleva sähköjärjestelmän palvelualueella sijaitsevien koneiden kriittisyyslista, jonka mukaan lähes jokainen kone on korkeimmassa A-luokassa. Sähköjärjestelmän kokonaiskuvasta voidaan tutkia vaihtoehtoisia jännitteen kulkureittejä, joita kautta vikaantuneen komponentin vaikutusalue on mahdollista ylläpitää vikaantumisen sattuessa. Komponentille on näin mahdollista suorittaa vaadittavat huoltotoimenpiteet. Näiden ns. rengassyöttöreittien tutkimisen jälkeen on mahdollista tehdä tarkempi riskianalyysi kunkin komponentin vikaantumisen vaikutuksesta.

RCM on hyvin perusteellinen menetelmä. Järjestelmän kokonaisvaltaisessa tutkimisessa RCM-menetelmän käyttäminen on mielestäni mahdollista ja perusteltua, kunhan toimeksiantajan koko sähköjärjestelmä on ensin tutkittu ja raportoitu. (Järviö & Lehtiö 2017, 163–165.) RCM-menetelmän laajuus olisi vaatinut todella paljon sekä toteuttajan että toimeksiantajan resursseja, joten sitä ei sovellettu tässä työssä.

Vika- ja vaikutusanalyysi FMEA puolestaan on hieman kevyempi menetelmä. Luomalla Excel-työkalu ja syöttämällä siihen kunkin komponentin arvioidut riskit, niiden mahdollisuudet sekä vaikutukset, voidaan laskea ja määritellä komponenttien riskiluvut. Tätä työkalua hyödyntämällä on mahdollista saada näkemys käyttövarmuutta parantavasta ennakoivan kunnossapidon tarpeesta ja varaosakomponenteista, joita olisi syytä olla helposti saatavilla. (Stamatis 2019, 61–76.) FMEA-menetelmä perustuu monen tyyppisten vikaantumisten kautta saatuun lopputulokseen ja tässä työssä painopiste oli vain yksittäisen vikatyypin aiheuttaman jännitteenkulun estymisessä. Tästä syystä FMEA-menetelmää ei sovellettu tässä työssä.

TPM-menetelmä puolestaan tähtää tuotannon koneiden kokonaisvaltaiseen kunnossapitoon luomalla niille optimaaliset toimintaolosuhteet ja niiden ylläpitotoimet. Näin toimimalla on lopulta mahdollista vähentää kunnossapitotarvetta, koska koneelle luodut olosuhteet ovat lähellä optimaalista. Menetelmän ideana on toteuttaa suunnitellut toimet ja niiden ylläpitäminen käyttöhenkilökunnan avulla. TPM on todella pitkä prosessi kokonaisuudessaan, sillä sen kesto voi olla jopa kymmenen vuotta. Lisäksi se vaatii laajaa sitoutumista ja aktiivista mukanaoloa. (Järviö & Lehtiö

2017, 147–162.) Samoin kuin aiemmin mainitun RCM-menetelmän kohdalla, TPM-menetelmää ei sovellettu tässä työssä sen keston ja vaadittavien suurten resurssitarpeiden takia.

Luotettavuuslohkokaavio on vanha graafinen esitysmuoto, jossa huomioidaan vain vikaprosessi. Kaavion ulkoasu muistuttaa sähköalalla käytettyjen vastusten sarja- ja rinnankytkentöjä. Kaavion idea tulee elektronikkainsinööreiltä ja luotettavuustekniikan pioneereilta, jotka keksivät laskea piirien luotettavuutta impedanssilaskennan tavoin. Kaavion laatimisen avulla oli mahdollista päästä työn kannalta haluttuun lopputulokseen. Ennen kaavion luomista tuli sähköjärjestelmää tutkia sen kokonaisuuden selvittämiseksi. Luodusta luotettavuuslohkokaaviosta oli mahdollista selvittää koko järjestelmän vikaantumisen aiheuttamiselle alttiita komponentteja ja niihin tarvittavien varaosakomponenttien tarvetta. Olemassa olevat varaosakomponentit ovat yksi osatekijä laitteiston käyttövarmuuden parantamisessa. (Aubry & Brinzei 2015, 18–21.)

4 Sähköjärjestelmän kunnossapito

4.1 Ennakoiva kunnossapito

Sähköjärjestelmän ennakoiva kunnossapito teollisessa toiminnassa on erittäin tärkeää. Sen toteuttaminen määrätyin väliajoin tai mittaamalla havaittujen poikkeamien johdosta vähentää suunnittelelemattomien katkojen mahdollisuutta. Suunnittelelemattomat katkot tuotantoprosessissa voivat muodostua hyvinkin pitkiksi, jos järjestelmän kunnossapitosuunnitelma ei ole ajan tasalla. Pitkä suunnittelematon katko tarkoittaa yleensä aina rahallisia menetyksiä ja monesti myös materiaalihukkaa. (Järviö & Lehtiö 2017, 99–100.)

Sähkön katketessa yllättäen, saattaa hiontakivi tehdä liian syvän uran telaan viimeistelyhionnan aikana pyörimisnopeuden laskiessa tai painava tela voi jäädä nosturin varaan korkealle roikkumaan. Näissä molemmissa tapauksissa on materiaalihukan mahdollisuus, koska viimeistelyvaiheessa olevaan telaan on kohdistettu aikaisemmin jo paljon arvokasta työtä. Telan roikkuessa korkealla tulee kysymykseen myös turvallisuus ja mahdollisen tapaturmariskin kasvaminen.

Tuotantolaitteidenkin kohdalla saattaa tulla vastaan hetkiä, jolloin katkot aiheuttavat niille vahinkoa. Esimerkkinä ovat jännitepiikit, jotka voivat rikkoa kalliita ja pitkän toimitusajan vaativia elektronikkakomponentteja. Ennakoivaa kunnossapitoa ei kuitenkaan ole kannattavaa tehdä liikaa. Ennakoiva kunnossapito aiheuttaa kustannuksia, jotka täytyy pitää kohtuullisena suhteessa

saavutettuun hyötyyn. Koneiden ja laitteiden liiallinen ennakoiva kunnossapito saattaa saada aikaan enemmän vahinkoa kuin parantaa käyttövarmuutta. Tämä voi johtua heikkolaatuisista varaosista, huollon tekijän huolimattomuudesta tai tietämättömyydestä. Havaitun alkavan vian jälkeen huolellisesti suunniteltu ennakoiva huolto on tehokasta ja kannattavaa toimintaa. Kunnonvalvonnalla ja tarkastuksilla on mahdollista havaita alkavia vikoja. (Järviö & Lehtiö 2017, 101–102.)

Sähköjärjestelmään ja sen kunnossapitoon liittyy oleellisesti turvallisuus. Rikkinäiset laitteet tai komponentit aiheuttavat välittömän vaaran niin ihmisille kuin kiinteistöillekin. Vaarana saattaa olla lisääntynyt riski sähköiskulle tai tulipalon vaara. Kunnossapidossa onkin otettava huomioon laitteiston ikä, sijainti, olosuhteet ja käyttötavat. Ikääntyvät 60-luvun järjestelmän osat ovat sekä asennusmääräyksiltään että asennusteknisesti vaarallisia kokemattomien asentajien tai maallikoiden lähestyttäviksi. Laitteiston sijainti vaikuttaa kunnossapitotehtävien hoitoon. Joissain tapauksissa järjestelmän osia saattaa olla sijoitettu paikkoihin, jonne on vaikea päästä ja huollon yhteydessä vaihdettavien komponenttien paikalle saanti voi olla erityisen vaikeaa. Olosuhteilla on myös iso vaikutus laitteiston kunnossa pysymiseen. Teollisuusprosessit saattavat esimerkiksi tuottaa erittäin hienojakoista sähköä johtavaa pölyä tai muuta sivuvirtatuotetta, jolla on mahdollisuus leivitä sähkölaitteiston komponenttien sisään. Myös suuret lämpötilat ja kosteus tai niiden suuret vaihtelut aiheuttavat laitteistolle ennen aikaista ikääntymistä. (Tukes n.d., 2–3.)

Olosuhteiksi voidaan luokitella myös puhtaanapito, jonka laiminlyönti aiheuttaa lisääntyneen tulipaloriskin. Jos esimerkiksi pölyä kerääntyy paljon keskuksen päälle, saattaa oikosulun tapahtuessa mahdollisesti syntyvä valokaari sytyttää sen palamaan. Käyttötavat taas saattavat vaihdella esimerkiksi vanhoista suorakäynnisteisistä moottoreista nykypäivän taajuusmuuttajakäyttöisiin. Suorakäynnisteiset moottorit ottavat heti kytkeytyessään maksimivirran, jolloin kytkimen tai katkaisijan kärjet altistuvat suuremmille läpimeno- ja lämpövirroille. Tämä rasittaa niitä ja aiheuttaa ajan saatossa kontaktipintojen lämpenemistä. Tämä johtuu siitä, että kytkennässä tapahtuva valokaari synnyttää nopeaa kontaktipinnoille ja näin ollen huonontaa kontaktia. (Alhanen 2017, 52–57.) Taajuusmuuttajakäyttöiset laitteet käynnistyvät hitaasti nopeutta nostamalla, jolloin käynnistysvirrat pysyvät pieninä ja edellä mainittua ongelmaa ei synny.

4.2 Kunnonvalvonta

Sähköjärjestelmän käytönaikaiseen kunnonvalvontaan löytyy monia mittauslaitteita ja -tapoja, joilla voidaan suojata järjestelmää suuremmilta häiriöiltä havaitsemalla helposti huomaamatta jääviä käytön aikaisia muutoksia sekä piileviä vikoja. Piilevät viat ovat suurin syy laitteiston rikkoontumiseen. Perinteisen kunnossapidon keskittyessä satunnaisesti esiintyviin ja helposti havaittaviin vikoihin, on kunnonvalvonnan tehtävänä estää pienten vikojen kasvaminen isoksi ongelmaksi. Piilevien vikojen havaitsemiseen ja niiden juurisyiden poistamiseen voi osallistua kuka tahansa käyttökunnasta. Jokaisella osallistuvalla henkilökunnan jäsenellä ei tarvitse välttämättä olla kunnossapidon osaamista tai kokemusta, mutta heidän panoksensa voi silti olla merkittävä. Vikojen ja mahdollisten vikapaikkojen tiedostaminen on vaikein vaihe niiden eliminointiprosessissa. Viat voidaan jakaa fyysisesti ja psykologisesti piileviin. Fyysisesti piilevät viat voivat aiheutua puutteellisesta tarkastamisesta, rappeutumisen analysoinnin puutteesta, epäpuhtauksista tai huonosta layout-ratkaisusta. Psykologiset viat taas voivat aiheutua tietoisesta huomiotta ottamattomuudesta, aliarvioinnista tai konkreettisten oireiden esiintyessä niiden huomiotta jättämisestä. (Järviö & Lehtiö 2017, 86.)

Sähköjärjestelmän käytönaikaiseen kunnonvalvontaan liittyviä menetelmiä ovat esimerkiksi eristeaineanalyysit, lämpökamerakuvaukset, osittaispurkaukset, määräaikaistarkastukset ja aistinvaraiset menetelmät. Näillä menetelmillä on mahdollista mitata järjestelmän toimintaa ja havaita siinä syntyneitä muutoksia. Mittaustulosten avulla voidaan analysoida mahdollisia oireita ja tehdä tarkempia diagnooseja vian aiheuttajasta sekä vakavuudesta. (Aro, Elovaara, Karttunen, Nousiainen & Palva 2015, 208–210.) Näin on mahdollista vähentää suunnittelemattomien jännitekatkojen ja suurempien vikaantumisten syntyä sekä ajoittaa havaittujen vikapaikkojen kunnossapitotehtävät varaosineen hallitusti parhaiten soveltuviin ajankohtiin. Esiintyneiden vikojen, kunnonvalvonnan mittaustulosten ja niihin liittyvien havainnointien sekä johtopäätösten pohjalta saadut raportit kannattaa tallentaa laitteiston huoltohistoriatietoihin. Tätä tietoa on mahdollista hyödyntää laitteiston kunnonvalvontaa ja parantavaa kunnossapitoa kehitettäessä. (Miettinen, Leinonen, Jantunen, Kokko, Riutta, Sulo, Komonen, Lumme, Kautto, Heinonen, Lakka, Mäkeläinen & Mikkonen 2009, 162–164.)

4.2.1 Eristeaineanalyysit

Sähköverkossa olevien suurjännitelaitteiden eristykset eivät käytössä ollessaan säily muuttumattomina. Niihin kohdistuu erilaisia mekaanisia, termisiä, kemiallisia ja sähköisiä rasituksia, jotka vaikuttavat eristysten kuntoon. Muuttumisprosessi voi olla joko hidasta tai erittäin nopeaa materiaalin rappeutumista, jos siihen kohdistuu erityistä rasitusta. Nämä tekijät osaltaan vaikuttavat laitteiston elinikään, jonka kriittisimmät osatekijät ovat laitteiston käyttötapa, rasitukset ja sille tehdyt huoltotoimenpiteet. Erilaisten laitteistojen käyttöolosuhteita, niistä johtuvia rasituksia ja eristerakenteissa käytettyjen materiaalien koostumuksien vaihteluita ei voida kovin tarkasti ennakoita. Tästä syystä kunnonvalvonnalla on tärkeä tehtävä eristeaineiden laadun tarkkailussa ja laitteiston eliniän maksimoimisessa. (Aro ym. 2015, 179.)

Eristyksissä käytettävistä aineista kaasun ja öljyn laatua voidaan mitata kemiallisin menetelmin. Eristeiden vanhetessa ja rakenteissa tapahtuvien muutosten johdosta eristeaineisiin liukenee vika-tyypeille luonteenomaisia kemiallisia yhdisteitä ja kaasuja. Näiden määrää ja laatua analysoimalla voidaan selvittää eristysten kunto ja mahdollinen kunnossapitotoimien tarve. Kemiallinen laadun tarkkailumenetelmä soveltuu myös kaasueristeisten GIS-laitosten SF₆-kaasun analysointiin. Niissä eristeaineena olevassa SF₆-kaasussa tapahtuvat osittaispurkaukset ja valokaaret aiheuttavat kaasun hajoamista ja synnyttävät erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Yhdisteiden määrästä ja koostumuksesta voidaan analysoida vian paikkaa ja laatua. Kaasueristeisten laitosten kuntoa voidaan valvoa myös jatkuvatoimisilla kaasun tiheyttä mittaavilla antureilla, jotka antavat hälytyksen raja-arvojen ylittyessä tai alittuessa. Sisä- ja ulkotiloja voidaan myös valvoa kaasuvuotoja ilmaisevilla menetelmillä. (Aro ym. 2015, 208.)

Tehomuuntajat ovat sähkösiirto- ja jakeluverkkojen tärkeimmät ja samalla kalleimmat yksittäiset komponentit, joiden häiriöttömällä toiminnalla on suuri merkitys sähkönjakelun käyttövarmuutta mitattaessa (Dasgupta 2009, 363). Öljyanalyysi on öljymuuntajien eristysten kunnonvalvontaan kehitetty menetelmä, jolla voidaan selvittää öljyn liuenneiden kaasujen määrä sekä koostumus. Tämän lisäksi näytteestä saadaan selville öljyn läpilyöntilujuus ja vesipitoisuus. Analyysin tuloksesta voidaan päätellä öljyn laatu ja sen suhde uuteen öljyyn. Öljy toimii muuntajien eriste- ja jäähdytysaineena. Jäähdytyksen huonontuminen saa aikaan muuntajaa ennenaikaisesti kuluttavaa sisäisen lämpötilan nousua. Tästä syystä esimerkiksi lämpökamerakuvauksissa havaittujen lämpötilapoikkeamien perusteella on syytä suorittaa öljyanalyysi. (Dasgupta 2009, 358–360.)

Öljymuuntajan käyttöikään vaikuttaa oleellisesti öljyn laatu ja sen vesipitoisuus. Muuntajan öljyn laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi muuntajan sisäiset sekä muuntajan käyttöympäristön lämpötilan vaihtelut ja huohotettavan ilman kuivaamiseen tarkoitetun silikageelin kunto. Näin ol- len öljyanalyseja tulisi tehdä säännöllisesti, jotta laadun heikentyminen sekä saostumat huoma- taan ja kunnossapitotoimet voidaan ennalta suunnitella. Joissain tapauksissa öljy voidaan kuivata ja suodattaa, mutta saostumia ollessa liikaa, tulee öljy vaihtaa kokonaan. Öljyn kuivauksen yhtey- dessä on tehtävä myös muuntajan paperieristysten kuivaus, koska suurin osa kosteudesta on imeytynyt siihen. Tämä prosessi voi kestää viikoista kuukausiin, joten tavallisesti se tehdään muun- tajan perushuollon yhteydessä. Tällainen perushuolto muuntajalle tehdään keskimäärin kerran sen elinkaaren aikana. (Dasgupta 2009, 374–383.)

4.2.2 Lämpökamerakuvaus

”Lämpökamerat ovat vastaanottimia, jotka muodostavat näytölleen kuvan kohteesta tulevan ko- konaislämpösäteilyn perusteella. Lämpökameroiden mittausperiaate on täysin sama kuin ns. infra- punamittareidenkin.” (Hietanen 2017, 23.)

Sähkölaitteistojen lämpeneminen ei välttämättä johdu aina viasta ja ole haitallista laitteistolle. Monien komponenttien kuuluukin lämmitä käytössä. Tämä normaali lämpeneminen perustuu sähköisiin ilmiöihin. Kuvaajan tulee erottamaan, mikä on normaalia ja mikä haitallista ja vaarallista lämpenemistä. Komponentit muodostavat lämpöä niitä kuormitettaessa. Lämpötila riip- puu komponentin materiaalin ominaisvastuksesta ja läpimenevän virran suuruudesta. Läpi mene- välle virralle oikein mitoitetut ja ehjät komponentit eivät tuota suunnittelulämpötilaansa enempää lämpöä. Jokaiselle sähkölaitteiston kuormitettavalle piirille pätee yksi tekijä. Mitä enemmän siinä on epäjatkuvuuskohtia, sitä suurempi riski sillä on vikaantua. Epäjatkuvuuskohdilla tarkoitetaan tässä tapauksessa liitoksia ja kytkeytyviä komponentteja. Jokaisen komponentin lämpeneminen on testattu valmistajan toimesta yleensä hyvin tuuletetuissa ja avoimissa eli laboratoriomaisissa olo- suhteissa. Kun näitä edellisen kaltaisissa olosuhteissa testattuja ja toimiviksi havaittuja kom- ponentteja asennetaan lopulta useita lähekkäin ahtaaseen tilaan, saattaa niiden lämpötilat nousta korkeammiksi kuin normaalisti. Tästä syystä voidaankin todeta yksittäisille komponenteille asetet- tujen suurimpien sallittujen lämpötilojen olevan peruslähtökohta ja suurempia komponenttikoko- naisuuksia tulee käsitellä aina kokonaisuutena. Kullekin kokonaisuudelle on tehtävä oma riskiarvi- onsa komponenttien määrän mukaisesti. (Alhanen 2017, 52.)

Lämpökamerakuvaus toimii myös kunnonvalvontajärjestelmänä, jolla voidaan todentaa laitteiston kuntoa normaalikäytön aikana. Säännöllisesti ja aina samankaltaisissa olosuhteissa tehtyjen lämpökamerakuvausten tuloksista voidaan analysoida laitteiston käytönaikaista kuntoa. Tulosten perusteella on mahdollista havaita poikkeavia lämpötilamuutoksia ja alkavia vikaantumisia. (Tukes n.d., 2.)

Laitteiston käytöstä aiheutuva kuluminen, likaantuminen, ylikuormitus tai erilaisten liitosten väärät kiristysmomentit aiheuttavat komponenteille sekä liitoksille niiden kytkentäkyvyn heikkenemistä. Tästä seuraa komponentin tai liitoksen poikkeuksellinen lämpeneminen ja siitä johtuvat lämpöjännitykset. Lämpöjännitykset saattavat aiheuttaa materiaaleihin pysyviä muodonmuutoksia, jolloin kytkentäkyky ei palaudu lämpötilan laskiessa. Seuraus pitkäaikaisesta kytkentäkyvyn heikkenemisen aiheuttamasta lämpenemisestä voi olla pahimmassa tapauksessa tulipalo. Mittausolosuhteiden samankaltaisuus tekee niiden tuloksista vertailukelpoisia keskenään ja helpottaa mahdollisten muutosten havaitsemista. (Miettinen ym. 2009, 439.)

Lämpökamerakuvausten yhteydessä tulee aina mitata tai muuten luotettavasti selvittää mittaushetkellä oleva kuormitus. Kullekin komponentille annetut maksimilämpenemät ovat ilmoitettu aina nimelliskuormitukselle ja tästä syystä kuvaajan tulisikin pystyä arvioimaan tilannetta kuvaushetkellä vallitsevien olosuhteiden perusteella. Kuvaushetkellä mahdollisen alhaisen kuormituksen kasvaessa sen kasvamisen vaikutukset pitäisi kyetä arvioimaan. (Hietanen 2017, 29.)

4.2.3 Osittaispurkauksukuvaus akustisella mittalaitteella

Akustiset mittalaitteet ovat vastaanottimia, jotka kykenevät havaitsemaan ja paikantamaan osittaispurkauksista aiheutuvat ultraäänialueella olevat äänitaajuudet sekä muodostamaan niistä kuvan mittalaitteessa olevalle näytölle (Aro ym. 2015, 498).

Osittaispurkaus on suurjännitteisissä eristeissä esiintyvää, eristeiden sähkölujuuden ylittävää sähköpurkausta. Purkauksella on fysikaalisia ja kemiallisia vaikutuksia eristeaineeseen ja se lyhentää eristeiden käyttöikää. Purkauksella on myös ympäristövaikutuksia syntyvien lämmön, valon, äänen sekä kaasujen muodossa. Purkausten ikäännyttäessä eristeitä, niiden läpilyöntilujuus heikentyy ajan saatossa. Tästä voi aiheutua vaaraa niin ympäristölle kuin ihmisillekin eristeiden lopullisesta pettämisestä johtuvan valokaaren aiheuttavan tulipalovaaran takia. Purkauksien suurin vaikutus

on vaihtojännitteisissä piireissä ja niitä voi esiintyä kaasu-, neste- tai kiinteissä eristeaineissa ja niiden rajapinnoilla. (Aro ym. 2015, 80.)

Osittaispurkauksuvausta voidaan hyödyntää suurjännitteisten eristeiden ja rakenteiden kunnonvalvonnassa sekä elinikätkimuksissa. Alkaneet purkaukset voidaan paikantaa akustisella mittalaitteella tehtävällä osittaispurkauksuvauksella. Akustinen paikannusmenetelmä perustuu purkauksista syntyvän 10–500 kHz taajuisen äänen havaitsemiseen. Käytäntö on kuitenkin osoittanut 30–50 kHz taajuuden olevan käyttökelpoisiin. (Aro ym. 2015, 489.) Jotta sähköjakelun luotettavuus voidaan varmistaa, on laitteistolle suoritettava määrävälein osittaispurkauksuvauksia, joilla tunnistetaan eriteiden toiminnan heikkeneminen. Tällöin hyvissä ajoin havaittujen vikapaikkojen kunnossapitotyöt voidaan suunnitella ennalta ja tarvittavat varaosat hankkia ennen vikaantumisen syntymä. (Aro ym. 2015, 191.)

5 Sähkölaitteistot ja niiden käyttö

5.1 Sähköturvallisuus

Sähköturvallisuus Suomessa on yleisesti hyvällä tasolla, mutta silti sähkötapaturmissa kuolee vuosittain keskimäärin kolme henkilöä. Näistä kolmesta henkilöstä on suurin osa maallikoita. Sähköteitä tekevät henkilöt jaetaan kolmeen kategoriaan: maallikot, opastetut henkilöt ja sähköalan ammattihenkilöt. Maallikolla tarkoitetaan henkilöä, jolla ei ole sähköalan koulutusta, työkokemusta tai opastusta tehtävään. Opastetulla henkilöllä tarkoitetaan yleensä maallikkoa, jolla ei ole sähköalan koulutusta tai työkokemusta, mutta hänet on opastettu sähköalan ammattihenkilön toimesta välttämään sähköä aiheuttamat vaarat. Sähköalan ammattihenkilöllä on alaan soveltuva koulutus ja työkokemus. Näiden avulla hänen on mahdollista arvioida sähköä aiheuttamat riskit ja välttää sähköä aiheuttamat vaarat. Lisäksi hänen katsotaan olevan kykenevä valvomaan maallikoiden sekä opastettujen henkilöiden työn tekoa. Kuolemaa lievempiä, mutta sähköön liittyviä tapaturmia tilastoidaan vuosittain noin 200 kappaletta. (Rousku & Mäkinen 2018, 7–13.)

Sähköä kaksi yleisintä vaaratekijää ihmiselle ovat sähköisku ja valokaari. Sähköisku vaikuttaa ihmisen sydämeen ja aiheuttaa virran suuruudesta riippuen pelkistä tuntemuksista aina välittömään sydänpysähdykseen saakka. Valokaari taas voi aiheuttaa erittäin vakavia palovammoja, koska sen lämpötila voi olla tuhansia asteita. Sähkövirran vaikutus ihmiseen riippuu kehon lävitse kulkevan

virran suuruudesta, virran kulun kestoajasta sekä kulkureitistä. Virran suuruuteen vaikuttaa mm. jännitteen suuruus, ihon kosteus, virran taajuus, kosketuksen pinta-ala ja paine sekä lämpötila. Kesto aikaan voi vaikuttaa virran suuruudesta riippuva kouristus, joka saattaa aiheuttaa voimakkaan tartuntareaktion jännitteiseen osaan. Kehon läpi johtava kulkureitti määräytyy jännitteistä osaa kosketetusta kohdasta helpoiten toiseen potentiaaliin pääsevää reittiä. Jos reitti kulkee sydämen kautta (esim. vasemmasta kädestä oikeaan käteen), saattaa virran vaikutukset olla kohtalokkaita. Jos taas kulkureitti on saman käden sormesta kyynärpäähän, ovat vaikutukset mahdollisesti vähäisemmät. (Rousku & Mäkinen 2018, 7–13, 36.)

5.2 Määräaikaistarkastukset

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 määrittää sähkölaitteiden ja -laitteistojen käytön turvallisuuteen liittyvän lainsäädännön. Lain tarkoitus on varmistaa sähkölaitteiden ja -laitteistojen käytön aikainen turvallisuus ja turvallisuuden ylläpito. Laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistolle asetetut vaatimukset sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja valvonnasta. (Jokela 2022, 7.)

Laki (1135/2016) luokittelee 3. luvun 44 §:ssä sähkölaitteistot kolmeen luokkaan. Sähkölaitteistot jaetaan niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta luokkiin seuraavasti:

- 1) *luokan 1 sähkölaitteisto:*
 - a) *sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;*
 - b) *muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;*
- 2) *luokan 2 sähkölaitteisto:*
 - c) *sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;*
 - d) *sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1600 kilovolttiampeeria.*
- 3) *luokan 3 sähkölaitteisto:*
 - a) *verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko.*

Laissa määritetään, että sähkölaitteiston haltija on vastuussa laitteiston turvallisuudesta ja sen ylläpitämiseen tarvittavasta kunnossapidosta. Haltijan on myös huolehdittava, että edellä mainittujen luokkien 2 ja 3 laitteistoille laaditaan sähköturvallisuutta ylläpitävä kunnossapito-ohjelma ja

haltija vastaa sen noudattamisesta. Kunnossapito-ohjelmassa tulee huomioida käyttöympäristöstä johtuvat erityistarpeet.

Laki määrittää luokkien 1 ja 2 laitteistoille määräaikaistarkastuksien väliksi kymmenen vuotta. Tämä ei koske asuinrakennuksia, ellei niiden osana ole liiketiloja tai muuta kuin asumiskäyttöön tarkoitettuja ylivirtasuojan nimellisvirraltaan 35 ampeeria ylittäviä tiloja. Luokan 3 laitteistoille määräaikaistarkastusten väli on viisi vuotta. Määräaikaistarkastuksen suorittajan tulee olla valtuutettu tarkastaja tai tarkastuslaitos, joka laatii tarkastuksesta sähkölaitteiston haltijalle tarkastuspöytäkirjan. Tarkastaja kiinnittää tarkastuksen jälkeen tarkastustarran joko pääkeskukseen tai muuhun vastaavaan näkyvään paikkaan. Tarrasta tulee käydä ilmi tarkastuksen suorittajan nimi sekä tehdyn ja seuraavan tarkastuksen ajankohdat. Määräaikaistarkastuksessa tulee riittävän laajasti varmistua laitteiston turvallisuudesta, kunnossapidon riittävydestä sekä siitä, että käyttöön liittyvät välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat saatavilla. Myös mahdolliset laitteiston muutoksiin tai laajennuksiin liittyvien tarkastuspöytäkirjojen tulee olla asianmukaiset. Laitteiston haltijan tulee huolehtia tarkastuspöytäkirjassa mahdollisesti esitettyjen puutteiden korjauksista. Laitteiston haltijan tulee säilyttää tarkastuspöytäkirja sekä tarvittaessa osoitus siinä esiintyvien puutteiden korjaamisesta vähintään seuraavaan tarkastukseen asti. (Jokela 2022, 15.)

Sähköturvallisuuslain lisäksi Turvallisuus- ja kemikaaliviraston ohjeen 16/2017 (Tukes 2017, 3) kohdassa 3 mainitaan sähkölaitteiston haltijan velvollisuudesta hoitaa laitteistoaan niin, ettei siitä voi aiheutua kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.

Laitteiston haltijan on valvottava laitteiston kuntoa sekä turvallisuutta ja havaitut puutteet ja viat on korjattava riittävän nopeasti. Suoritettavan valvonnan tulee säännöllistä ja sitä voi osittain suorittaa sähköalan ammattilaisen lisäksi tehtävään opastettu henkilö. Luokkien 2 ja 3 laitteistoille haltijan on laadittava sähköturvallisuutta ylläpitävä kunnossapito-ohjelma, joka sisältää haltijalle kuuluvat tarkastukset ja tarkistukset, joita laitteiston vaatimuksenmukaisuuden seuranta vaatii. Kunnossapito-ohjelman täytyy sisältää riittävän sähköturvallisuuden takaavan kunto- ja vikavalvonnan lisäksi erilaisiin suojauksiin, palo- ja räjähdysvaaran ehkäisyn toimenpiteisiin, ilmajohtoihin kohdistuvien vaaratilanteiden ehkäisyyn, sähköpylväiden kuntoon, sähkötilojen lukitukseen, luokse päästävyteen ja varoituskilpiin sekä maadoitus ja potentiaalitasaukseen liittyvät huolto-, kunnossapito- ja korjaustyöt. (Jokela 2022, 546.)

Sähkölaitteiston komponenteilla, jotka toimivat poikkeavissa olosuhteissa tai sijaitsevat poikkeavan tilaluokituksen alaisissa tiloissa, voi olla erikoisvaatimuksia. Poikkeavissa olosuhteissa toimivat tai sijaitsevat komponentit tulee valita niin, että niiden käyttäminen on turvallista. Komponentin koteloitiluokan ja materiaalin tulee täyttää vallitsevien olosuhteiden ja tilaluokituksen mukaiset vaatimukset. Esimerkiksi märät, hyvin lämpimät tai suuria lämpötilan vaihteluita komponenteille aiheuttavat olosuhteet ovat poikkeusolosuhteita. Tilaluokituksen mukaisia erityisvaatimuksia voi olla esimerkiksi räjähdysvaarallisissa tiloissa, maalaamoissa, kemikaalien käsittelytiloissa sekä tilassa, jossa on käytössä eristystasonvalvontalaitteisto. Kerran vuodessa päivittyvästä luettelosta S10-2023 löytyy sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit, joita noudattamalla sähköturvallisuuslain mukaiset vaatimukset katsotaan täyttyvän. Näissä standardeissa esitetään erikoisvaatimuksia koskevat määräykset. (Luettelo S10-2023 2023.)

5.3 Vaadittavat koulutukset

Yleinen vaatimus Suomessa sähköalalla työskenteleville henkilöille on työturvallisuuskoulutus. Tämän koulutuksen tarkoituksena on antaa perustietoa työympäristössä piilevistä vaaroista ja työsuojelusta. Koulutus kestää 8 tuntia ja päättyy tenttiin, jossa varmistetaan tietojen ymmärtäminen. Hyväksytysti suoritetusta koulutuksesta henkilö saa henkilökohtaisen työturvallisuuskortin, joka on voimassa enintään 5 vuotta. (Työturvallisuuskortti n.d.)

Kaikkia sähköalan töissä työskenteleviä henkilöitä, myös työnjohto-, käyttö- ja asiantuntijatehtävissä työskenteleviä, koskee vaatimus suorittaa sähkötyöturvallisuuskoulutus (Rousku & Mäkinen 2018, 26). Koulutuksen sisältö perustuu SFS 6002 standardin liitteen X.9 asettamiin sähkötyöturvallisuusvaatimuksiin. Koulutuksessa käydään läpi sähkön aiheuttamat vaarat, alan keskeiset säädökset ja sattuneet tapaturmat. Koulutus kestää 4 tuntia ja päättyy tenttiin, jossa varmistetaan tietojen ymmärtäminen. Hyväksytysti suoritetusta koulutuksesta henkilö saa henkilökohtaisen sähkötyöturvallisuuskortin, joka on voimassa enintään 5 vuotta. (SFS 6002 Sähkötyöturvallisuuskoulutus n.d.)

Riittävän ensiapuvalmiuden saavuttamiseksi osan sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä työskentelevien henkilöiden tulee suorittaa ensiapukoulutus. Tämä koulutus takaa riittävän osaamisen sähkötapaturmien sattuessa. (Rousku & Mäkinen 2018, 26.)

Sähköalalle riittävä SFS 6002-standardin ja Tukesin asettamat vaatimukset täyttävä koulutus kestää 4 tuntia. Koulutus antaa hyvät valmiudet toimia oikein tapaturma- ja ensiaputilanteissa. Koulutuksen suorittanut henkilö saa todistuksen, joka on voimassa 3 vuotta. (Sähköalan ensiapukoulutus n.d.)

5.4 Työkalut, varusteet ja laitteet

Sähkötöitä tehdessä on huomioitava työkalujen, varusteiden ja laitteiden kunto ja soveltuvuutta määrittelevät standardit kuten eurooppalainen EN, kansallinen SFS ja kansainvälinen IEC. Kaikkien käytettävien työkalujen, varusteiden ja laitteiden tulee täyttää jokin edellä mainituista standardeista niiltä osin, kuin niistä on standardeja olemassa. (Rousku & Mäkinen 2018, 28–29.)

Standardisoituja henkilösuojaimia ovat mm.

- Turvakengät ja käsineet
- Silmä- ja kasvosuojaimet
- Päänsuojaimet
- Suojavaatteet.

Standardisoituja varusteita ovat mm.

- Eristävät matot
- Työtasot ja telineet
- Eristävät suojausmateriaalit
- Eristetyt tai eristävät työkalut
- Käyttö- ja ohjaussauvat sekä lukot
- Varoituskilvet.

Standardisoituja laitteita ovat mm.

- Jännitteenkoettimet
- Suurjännitesulakkeen vaihtosauvat
- Jännitteen ilmaisujärjestelmät
- Kaapelien paikantamisvälineet ja kaapelitutkat
- Työmaadoitusvälineet
- Suojukset ja liput.

Standardisoituja välineitä yhdistää määräys, että niitä tulee käyttää, säilyttää ja huoltaa valmistajien ohjeiden ja opastusten mukaisesti. Ohjeet ja opastus tulee esittää maassa käytettävällä kielellä, joka tarkoittaa Suomessa joko suomen tai ruotsin kieltä. Kaikkien näiden välineiden tulee olla sopivia kulloiseenkin käyttöön, käytön on oltava asianmukaista ja välineet on pidettävä käyttökunnossa. Käyttökunnossa pitämällä tarkoitetaan määrävälein tapahtuvaa silmämääräistä tarkastamista sekä tarvittaessa sähköisiä testejä, joilla varmennetaan sähköinen eheys ja mekaaniset ominaisuudet. (Rousku & Mäkinen 2018, 28–29.)

5.5 Piirustukset, asiakirjat, kilvet ja luoksepäästävyys

Standardi (SFS 6002:2015, 15) luokittelee sähkölaitteistot nimellisjännitteen mukaan pienois-, pien-, ja suurjännitteisiksi. Pienoisjännitteisiä ovat laitteistot, joiden nimellisjännite ei normaalisti ylitä 50 V vaihto- tai 120 V tasajännitettä. Pienjännitteisiä ovat laitteistot, joiden nimellisjännite ei normaalisti ylitä 1000 V vaihto- tai 1500 V tasajännitettä. Suurjännitteisiä ovat laitteistot, joiden nimellisjännite normaalisti ylittää 1000 V vaihto- tai 1500 V tasajännitteen.

Jokaisesta pienjännitteisestä sähköasennuksesta tulee olla tarpeelliset dokumentit ja kaikki sähkölaitteet tulee sijoittaa ja asentaa niin, että niitä voi käyttää, tarkastaa ja huoltaa ja liitoksiin pääsee käsiksi. Sähköasennusten dokumentointi on tehtävä standardien SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346 mukaisesti laadittuja kaavioita, piirustuksia ja taulukoita käyttäen. Dokumenteista on käytävä ilmi virtapiirien laji ja rakenne sekä suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja sijainnit. Asennuksesta riippuen dokumenttien tulee sisältää yksityiskohtaisempaa tietoa mm. johdintyypeistä ja poikkipinnoista, suojalaitteiden lajeista, tyypeistä, mitoitusvirroista ja asetteluista. Piirrosmerkkien tulee olla standardisarjan IEC 60617 mukaiset tai muulla tavalla yksiselitteisiä. (SFS-käsikirja 600–1–1 2017, 23, 194–198.)

Suurjännitteisissä asennuksissa tunnisteiden ja merkintöjen tärkeys korostuu. Niiden olemassaolo ja oikeellisuus ovat tarpeellisia estämään laitteiston käytöstä johtuvia käyttövirheitä ja tapaturmia. Kaikki suurjännitelaitteiston tärkeät osat, kuten kiskojärjestelmät, kytkimet, kentät ja johtimet tulee merkitä helposti luettavalla, selvällä ja kestäväällä tavalla. Merkinnot tulee tehdä kiinteisiin osiin eikä esimerkiksi irrotettaviin suojiin tai kansiin, joissa ne voivat vaihtua keskenään. Kaikkien osien on oltava selkeästi tunnistettavissa ja niiden merkintöjen tulee olla yksiselitteiset, jotta vältetään

mm. mahdollisilta virhekäytöiltä, inhimillisiltä erehdyksiltä sekä onnettomuuksilta käyttö- ja kunnossapitotöiden aikana. Laitteistojen kytkimissä on oltava selkeät asennonosoittimet, elleivät pääkoskettimet ole selkeästi näkyvillä ja kytkimen asento voidaan todeta sitä kautta. Kaapelipäätteet ja muut tarpeelliset osat tulee olla merkittyinä, jotta niiden tunnistaminen eri dokumenteista on mahdollista. (SFS-käsikirja 601:2018 2018, 54, 79.)

Kaikista sähkötiloista ja teollisuusrakennusten sähkölaitetiloista tulee sen ulkopuolelta ja sisäänkäyntiovesta löytyä kilvillä merkityt tilan tunnistetiedot ja tieto sisällä olevista vaaratekijöistä. Muuntajia ja kytkinlaitteita sisältävät sähkötilojen ovet, mastot ja pylväät ja niitä ympäröivät aidat tulee varustaa varoituskilvillä. Kondensaattorit tulee varustaa purkausajan ilmoittavalla varoitusmerkinnällä. Kaikki kyltit, kilvet, taulut ja ilmoitukset tulee olla kulutusta ja korroosiota kestävä materiaalia ja merkinnät on painettava kestäväällä tavalla. Sähkötiloista ulos johtavat kulkutiet ja ovet tulee osoittaa tarkoituksenmukaisilla kilvillä, jotka ovat IEC-standardien ja kansallisten määräysten mukaiset. (SFS-käsikirja 601:2018 2018, 79.)

6 Kunnossapitosuunnitelma

6.1 Aineiston kerääminen, tutkiminen ja analysointi

Aineiston kerääminen alkoi kunnossapidosta ja sähköjärjestelmästä kertovaa kirjallisuutta sekä verkkolähteitä tutkimalla. Analysoitavaa materiaalia kunnossapidosta löytyi paljon. Aineisto koostui tunnettujen kirjoittajien kunnossapidon aihepiiriin liittyvistä kirjoista, joten aineistoa voitiin pitää luotettavana. Sähköjärjestelmän osalta tietoa oli myös hyvin saatavilla ja lähteiden luotettavuus oli alusta alkaen kunnossa aineiston perustuessa lakitekstiin, määräyksiin ja standardeihin. Aineistoa analysoimalla selvisi kunnossapidon osalta sen määritelmät, terminologia, tarkoitus ja menetelmät sekä sähköjärjestelmän osalta sille säädetyt lait, määräykset ja kunnonvalvonnan menetelmät.

Toimeksiantajan aineiston keräämiseksi oli päästävä tutustumaan toimeksiantajan tiloihin ja sähköjärjestelmään paikan päällä. Tämä edellytti toimeksiantajan perehdytyskäytännön läpikäymistä heidän omassa verkkoympäristössään. Perehdytyksen lopuksi tehtävällä kokeella varmistuttiin siitä, että perehdytettävä oli lukenut heidän turvallisuus- ja toimintaohjeistuksensa. Perehdytyk-

sen jälkeen tuli noutaa alueella kulkemiseen oikeuttava kulkukortti sekä avaimet tutkimuksen tekemiseen edellyttäviin tiloihin. Ensimmäisellä kerralla liikkuminen alueella tapahtui opastetusti, jotta tutkimuksen suorittamiseen tarvittavat tilat löytyisivät helpommin. Toimeksiantajan laitteiston koostuessa osin hyvinkin vanhoista laitteista ja asennuksista, ei sähkötiloihin saa maallikot tai vähäistä työkokemusta omaavat sähköalan ammattihenkilöt itsenäisesti mennä.

Alueella käytyjen ensimmäisten palaverien aikana selvisi kokonaiskuva järjestelmästä ja sen kunnossapidosta vastaavista henkilöistä sekä kunnossapidon tietojärjestelmästä, jonne työn lopputulos tullaan syöttämään. Pääsy toimeksiantajan verkkoasemalle ja kunnossapidon tietojärjestelmään vaati käyttäjätunnuksien luomisen sekä käyttöoikeuksien antamisen IT-järjestelmistä vastaavilta henkilöiltä. Lisäksi henkilökohtaiselle tietokoneelle oli asennettava yhteyden luomiseen tarvittavat ohjelmistot. Työn laadittiin kokonaisuudessaan henkilökohtaisella tietokoneella, joten mitään esiasennettuja ohjelmistoja ei ollut käytössä. Kunnossapidon tietojärjestelmän käyttöön oli saatavilla opastusta ja järjestelmän etusivulta löytyy myös käyttöohjeet ohjelman omatoimista tutkimista varten.

Aineiston kerääminen tapahtui sähkötiloista löytyvistä käyttö-, huolto- ja luovutusdokumenteista sekä erilaisista raporteista. Puuttuvaa lisätietoa oli saatavilla teemahaastatteluiden muodossa käytöstä ja huollosta vastaavilta henkilöiltä. Teemahaastatteluista lisätietoja tuli esimerkiksi aiemmin käytössä olleista kunnossapito-ohjelmista sekä tehdyistä huolloista ja tarkastuksista. Alueella laitteiston komponentteja havainnoimalla oli mahdollista saada aineistoa liittyen komponenttien käyttöolosuhteisiin, kuntoon, luoksepäästävyYTEEN, merkintöihin sekä huollettavuuteen ja korvattavuuteen. Alueella on tiukka valokuvauskielto, mutta lupa laitteiston kuvaamiseen tutkimustarpeessa annettiin, koska se oli tarpeellista työn lopputuloksen kannalta. Kuvat syötettiin kunnossapidon tietojärjestelmään ja niiden tehtävä on auttaa kunnossapitohenkilökuntaa tunnistamaan kohteet huoltotöitä tehdessä.

6.2 Laitteiston nykytila

Toimeksiantajan aineiston ja havainnointien analysoinnin lopputuloksena syntyi selvitys tutkittavista komponenteista, niiden nykykunnosta sekä alueelta löytyvistä varaosista ja uusista tarpeellisista varaosista. Selvityksen perusteella komponenttien tarvitsemiin ennakoivan kunnossapidon

tehtävien luontiin saatiin työn kannalta oleellista aineistoa. Lisäksi teemahaastatteluiden perusteella kertyi tietoa laitteiston käyttöön ja huoltoon liittyvistä käytänteistä. Tutkittavat komponentit laitteiston nykytilassa olivat:

- 110/20kV Muuntoasema:
 - Verkolla aidatulla ulkokentältä tutkittavana ovat 110kV erotin 3.1.1, 110kV katkaisija 3.1.0 sekä 110/21kV öljymuuntaja PM1 omassa betoni kaukalossaan.
 - Rakennuksen sisällä tutkittavana ovat 110kV ohjaukseen ja käyttöön liittyvät laitteet, 110VDC TAK tasasähkökeskus sekä Siemens PC, jolla laitteiston toimintaa voidaan ohjata ja seurata. Lisäksi sieltä löytyy tutkittava 20 kV kojeiston RT0 6.1-6.9 katkaisijat 6.1 ja 6.9 sekä niiden suojarieleet.
- 1-Hallin ulkoseinältä:
 - Tutkittavana ovat 20/0,4kV öljymuuntajat RT12 M2 ja RT12 M3.
- 1-Hallin kellarista:
 - Kellarin sähkötilassa sijaitsee tutkittava 20kV kojeisto RT12 ja sen kuormaerotin +01, varokekuormaerottimet +04 ja +05.
 - Lisäksi samasta tilasta löytyy tutkittava pienjännitekeskus PJK 1-HALLI KELLARI ja sen kennot 3 ja 4, joista löytyy erottimet 3.Q0 ja 4.Q0 sekä ilmakatkaisijat 3.Q1 ja 4.Q1.
- Lisäksi tutkittavana olivat sähkötiloista löytyvät laitteistojen käyttöön tarvittavat työkalut ja välineet, jännitteettömyyden todentamiseen käytettävät välineet, työmaadoitusvälineet, ensiapuohjeet, kaaviot, piirustukset, merkinnät sekä lukitus-, varoitus- ja merkintävälineet.

Tehdasalueella tehdyn havainnoinnin ja teemahaastatteluiden perusteella komponenttien iästä ja kunnossapidosta voitiin tehdä seuraavia huomioita:

110kV muuntoaseman ulkokentällä olevat 110kV komponentit sekä sisällä olevat ohjaukseen ja valvontaan liittyvät komponentit on otettu käyttöön vuonna 1990. 110/21kV öljymuuntaja PM1 on otettu käyttöön vuonna 1970 ja huollettu laajasti vuonna 1999, jolloin on tehty myös testauksia, mittauksia ja öljyanalyysi. Muuntoaseman sisällä oleva 20kV kojeisto RT0 6.1-6.9 on otettu käyttöön 2007. Kojestoon katkaisijat ja suojarieleet ovat huollettu säännöllisesti 4 vuoden välein ja viimeisin huoltoreportti löytyi vuodelta 2021. Koko muuntoasemaa ja siihen liittyvien komponenttien kuntoa on seurattu kuukausittain tehtävällä tarkastuskierroksella.

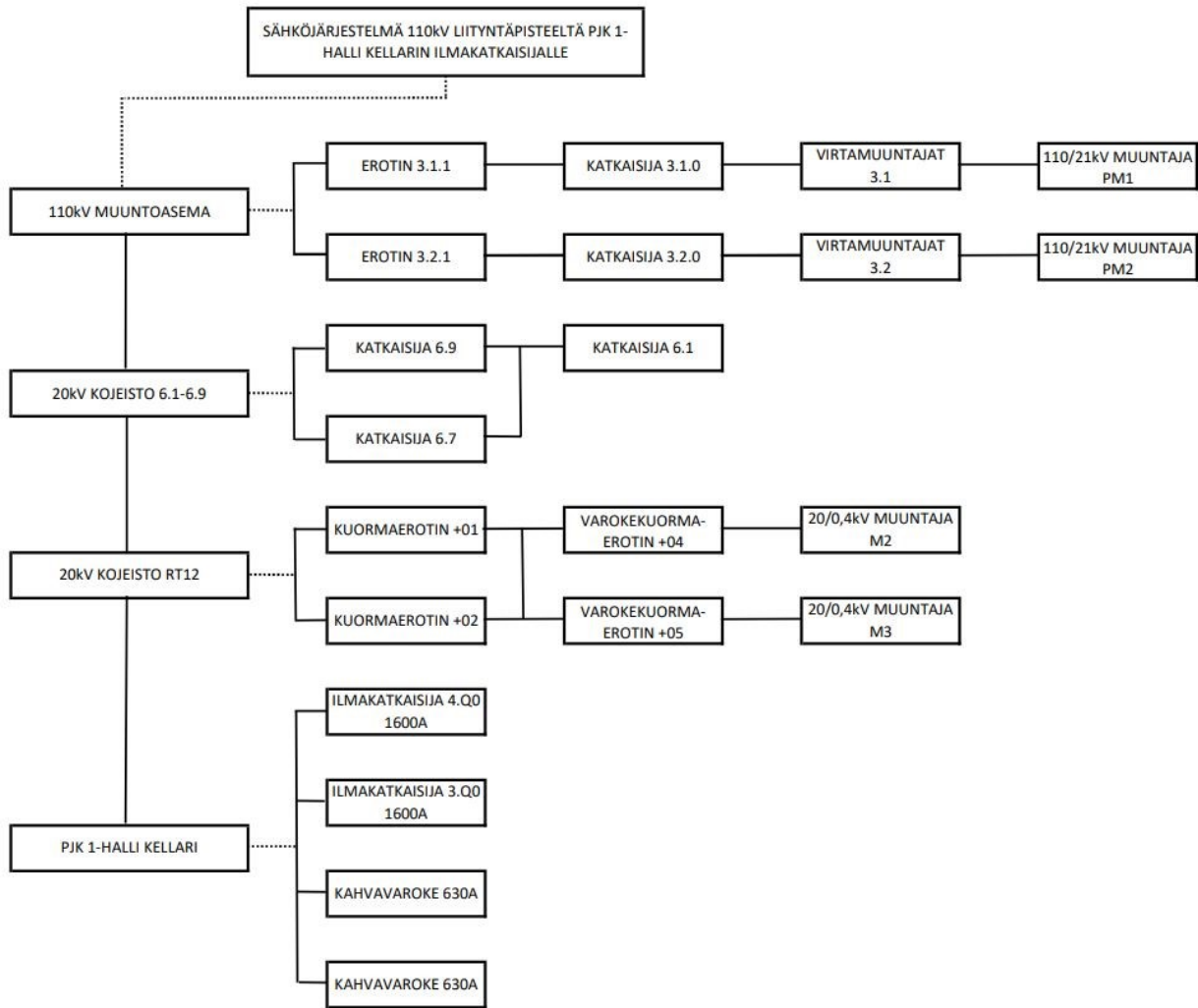
1-Hallin kellarissa ja ulkoseinällä olevat 20kV kojeisto RT12 ja öljymuuntajat M2 ja M3 on otettu käyttöön vuonna 2007 ja PJK 1-HALLIN KELLARI vuonna 1970. Kojestoon on valmistajan mukaan huoltovapaa, joten sitä ei ole huollettu käyttöönoton jälkeen. Muuntajien viimeisimmät öljyanalyysiraportit ovat vuodelta 2021. PJK:n ilmakatkaisijoita ja erottimia ei tiettävästi ole koskaan huol-

lettu. Niitä ei ole tarvetta enää huoltaa, koska keskuksen vaihtoprosessi on edennyt jo tarjouskyselyvaiheeseen ja keskus tullaan todennäköisesti vaihtamaan vuoden 2023 aikana. Kaikki 1-Hallin kellarin sähkötilassa sijaitsevat komponentit kuuluvat vuosittain tehtävään tarkastuskierrokseen, jossa niiden yleiskuntoa seurataan. Muuntajien tarkastusraporteista käy ilmi, että niiden on havaittu olevan hyvin likaisia ja puhdistus olisi syytä tehdä pikaisesti.

Havaintojen perusteella sähkötilat olivat siistit ja suurjännitekaaviot olivat ajan tasalla. Laitteiden ohjaukseen ja käyttöön liittyvät laitteet olivat saatavilla. Työturvallisuuteen liittyvät työmaadoitusvälineet, jännitteenkoettimet, ensiapuvälineet, turvalukitusvälineet, kyltit ja ohjeistukset olivat kattavat. 110kV asemalta löytyi alkuperäinen, perusteellinen käyttö- ja huolto-ohjeistus vuodelta 1970 sekä vastaavat ohjeistukset laitepäivityksistä ja -laajennuksista vuosilta 1990 ja 2007. Sähkötiloille sekä niiden sisältäville komponenteille ja välineille on luotu kunnossapitotehtävät, joita on noudatettu säännöllisesti. Tiloissa oli vanhentuneita ja jo käytöstä poistettujen komponenttien käyttö- ja huolto-ohjeita, jotka olisi syytä hävittää sekaannusten välttämiseksi.

6.3 Luotettavuuslohkokaavio

Kuviossa 1 on esitetty tutkittavalle järjestelmälle luotu luotettavuuslohkokaavio. Kaaviota tutkimalla voitiin havaita komponenttien redundanttisuuden kattavan lähes koko alueen. Kaavion ja teemahaastatteluiden aineistoa analysoimalla oli tarkoitus selvittää varaosakomponenttien tarvetta. Lopputuloksena syntyi pohdinta komponenteista, joita toimeksiantajan varastossa tulisi olla hyvän käyttövarmuuden takaamiseksi. Teemahaastatteluiden aineistoa analysoitaessa tuli esille jo entuudestaan alueelta löytyviä varaosia. Tämä helpottaa etenkin vanhempien komponenttien kohdalla mahdollisia yhteensopivuus- ja saatavuusongelmia. Varaosien paikannettavuuteen tulee luoda järjestelmä, jotta ne löytyvät alueelta tarvittaessa virka-ajan ulkopuolellakin. Varaosien tiedot olisi mahdollista syöttää kunnossapidon tietojärjestelmään, josta ne olisivat kunnossapidosta vastaavien tahojen helposti löydettävissä.



Kuvio 1. Luotettavuuslohkokaavio

Kuviosta 1 voidaan havaita 110kV alueella olevan rinnakkain toiset vastaavat komponentit ja niiden ohjainlaitteet. Kumpikin 110kV muuntajista riittää teholtaan kattamaan yksinään alueen sähköhontarpeen. Muuntajat syöttävät omia muuntoaseman sisällä olevia 20kV kojeistojaan, jotka voidaan kytkeä yhteen kiskokatkaisijalla. Näin ollen kojeistot ovat rinnakkain, kuten kaaviosta käy ilmi. 1-hallin kellarissa olevan 20kV RT12 kojeiston syöttö on kahdennettu, sekä samassa tilassa olevaa pienjännitekeskusta voidaan syöttää joko muuntajalla M2 tai M3. Pienjännitekeskukseen on myös 2 kappaletta 400V varasyöttöjä.

6.4 Kunnossapidettävyys

Luoksepäästävyys

Sähkölaitteiston luoksepäästävyys kokonaisuudessaan on hyvällä tasolla. Komponentit sijaitsevat pääasiassa sähkötiloissa ja ulkoalueella, joissa on hyvät kulkuväylät sekä riittävä valaistus. Kojeistojen ja keskusten edessä on riittävät tilat huolto- ja kunnossapitotöiden suorittamiseksi. Kaikki sisätilat ovat lämpimiä. 1-hallin kellarissa sijaitseva 20kV kojeisto ja pienjännitekeskus tarvitsevat sijaintinsa puolesta rakenteellisia muutoksia ympäröivään kiinteistöön. Tämä on otettu jo aikaisemmin rakentamisvaiheen suunnittelussa huomioon tekemällä maatasolle pois nostettava rakennelma. Rakennelman poiston jälkeen tilalle muodostuu suuri nostoaukko, jotta kojeisto ja keskus voidaan laskea kellaritasolle ja haalata siellä keskustilaan. 1-hallin ulkoseinällä sijaitseville muuntajille pääsy on helppoa kävellen ja verkko-ovet on mahdollista avata, jotta huolto- ja kunnossapitotyöt voidaan suorittaa.

Muuntajat sijaitsevat ulkoalueella hallin seinään upotetussa tilassa kahden rakennuksen muodostaman asfaltoidun yli 10 metriä pitkän kapean reitin päässä. Muuntajat ovat tilassa n. 30 cm korkeudella maanpinnasta olevien metallikiskojen päällä ja yksi muuntaja painaa n.2000 kg. Muuntajien saaminen maanpinnalle vaatii jonkinlaisen nostimen tai rampin, joka kestää muuntajan massan. Maantasolle saadut muuntajat on joko työnnettävä käytävää pitkin väljemmälle alueelle tai nostettava edessä olevan rakennuksen yli. Teemahaastattelussa tuli esille vuonna 2007 tehty muuntajien vaihto, jolloin käytössä oli ollut autonosturi, joka nosti muuntajat edessä olevan rakennuksen yli.

Kunnossapitotöiden turvallisuus

Toimeksiantaja on kiinnittänyt erityistä huomiota kunnossapitotöiden turvallisuuteen. Heillä on muun muassa käytössään turvalukitusjärjestelmä, jossa jokaisen huolto- ja kunnossapitotöitä tekevän tulee henkilökohtaisella lukolla estää jännitteen pääsemisen työn kohteeseen tai sen ulkopuolelle. Turvalukitukseen liittyviä tuotteita on kattavasti saatavilla sähkötiloissa omissa huomiota herättävissä, väriltään keltaisissa kaapeissa, joista löytyy myös käyttöohjeet estolaitteiden käyttöön eri tilanteissa.

Suurjännitealueella olevien komponenttien turvallisesti suoritettavien huolto- ja kunnossapitotöiden edellyttämät työmaadoitus- sekä jännitteentodentamisvälineet löytyivät sähkötiloista. Näihin liittyvien standardien edellyttämien kuntotarkastuksien pöytäkirjoja ei tiloista löytynyt. Jännitteen todentamisvälineiden paristojen tarkastuksista löytyi maininta kuukausittain tehtävästä tarkastusraportista. Osa edellä mainituista laitteista on kymmeniä vuosia vanhoja, joten mielestäni kunnossapitosuunnitelmaan tulisi lisätä tehtäväksi työmaadoitus- ja jännitteentodentamisvälineiden vuosittainen tarkastusmenettely sekä raportointiohje. Tällä menettelyllä varmistettaisiin välineiden kunto kuukausittain tehtävän lukumäärälaskennan lisäksi.

Pienjännitekeskuksen PJK 1-HALLI KELLARI osalta voidaan todeta, että kyseessä on hyvin vanha keskus, mikä noudattaa valmistusvuotensa mukaisia määräyksiä. Keskuksesta löytyy mm. ”uuninluukku”-varokekytkimiä, joiden käytössä on käytettävä erityistä varovaisuutta. Kyseisissä varokekytkimissä piilee valokaaren syntymisen vaara. Keskus ei myöskään täytä kosketussuojauksensa osalta nykyvaatimuksia. Kuten aiemmin mainittua, keskuksen vaihtoa on jo suunniteltu, joten turvallisuus tältä osin tulee palaamaan nykyvaatimusten tasolle. Toimeksiantaja ja käytönjohtaja ovat laatineet keskuksen nykytilassa tehtäviä käyttötoimenpiteitä varten erillisen ohjeistuksen, jossa veloitetaan keskuksen huoltotehtävistä vastaavia henkilöitä suorittamaan turvalliseen työskentelyyn liittyvän opastuksen ennen töiden aloittamista. Ohjeistuksella sekä opastuksella varmistetaan laitteiston käyttöä ja huoltoa tekevän henkilön perehtyneisyys keskuksen rakenteesta johtuviin vaarallisiin ominaisuuksiin.

Korjattavuus

Toimeksiantajan tehdasalueelle sähköä syöttävä 110kV liityntäpiste jakautuu kahdeksi rinnakkain olevaksi piiriksi. Tämä tarkoittaa, että molemmat piirit on varustettu omalla erottimella, katkaisijalla, virtamuuntajilla sekä 100/21kV muuntajalla. Kumpikin muuntaja yksinään riittää takaamaan alueen vaatiman sähkötehon tarpeen. Näin on mahdollista huoltaa toiseen piiriin liittyviä komponentteja toisen piirin syöttäessä jännitettä alueelle.

20kV kojeistoissa huolto- ja korjaustoimet ovat helpompia suorittaa. RT0 6.1-6.9 kojeistossa on vaunukatkaisijat, jotka voidaan vetää kennosta ulos huolto- tai korjaustoimia varten ja tarvittaessa tilalle voidaan välittömästi siirtää varalähdöstä vastaava katkaisija. Ulosvedettävien katkaisijoiden

etu on myös se, että jännitettä ei tarvitse katkaista koko kojeistosta katkaisijan huolto- tai korjaustoimien ajaksi, vaan riittää kyseisen katkaisijan jännitteettömäksi tekeminen. Tämä nopeuttaa ja helpottaa huoltotehtäviä oleellisesti. RT12 kojeistossa ei ole vaunukatkaisijoita, mutta katkaisijan osien vaihto onnistuu tarvittaessa ja varaosia löytyy alueelta vastaavanlaisesta varakojeistosta.

PJK 1-HALLI KELLARI on jo niin vanha, ettei sitä kannata enää huoltaa kovin laajasti. Nykyisen pienjännitekeskuksen myöhemmin korvaava keskus on suunniteltu niin, että se koostuu kahdesta osasta. Kummankin osan pääkatkaisijoille tulee jännitesyöttö omalta 20/0,4kV muuntajalta kuten nykyiseenkin PJK 1-HALLI KELLARI keskukseen. Tämän lisäksi keskuksen osat voidaan yhdistää katkaisijalla, jotta tarvittaessa toinen pääkatkaisijoista voidaan huoltaa koko keskukselta jännitettä katkaisematta. Pienjännitekeskusten nykyaikaiset katkaisijat ovat myös ulosvedettäviä ja niiden huolto- ja korjaustoimien ajaksi ne voidaan korvata joko varalähdöstä saatavalla tai varastoon hankitulla katkaisijalla.

Varaosakomponentteja löytyy alueelta hyvin. 110kV alueelle varastosta löytyy valmiit päätteet ja virtamuuntajat. 20kV alueelle varastossa on RT12:sta vastaava 20kV kojeisto, josta voi tarvittaessa ottaa varaosia vikaantuneiden tilalle. 20kV kojeistossa RT0 6.1-6.9 on huollettuja ja tarkastettuja varakatkaisijoita sekä suojarkeitä, joita voi tarvittaessa siirtää vikaantuneiden tilalle. Mielestäni olisi kannattavaa hankkia varaosiksi yksi katkaisija sekä suojarkeitä, koska kojeisto on vuodelta 2007 ja varaosien saanti voi olla haastavaa. Varasulakkeita löytyy sekä suur- että pienjännitepuolelle.

Varaosien ongelmana on niiden epäselvä sijainti. Pitkään alueella kunnossapidon parissa työskennelleet henkilöt varmasti tietävät mistä mitäkin löytyy, mutta tietoa ei välttämättä ole työajan ulkopuolella sattuneella vikaantumishetkellä saatavilla. Mielestäni varaosista tulisi tehdä kunnossapidon tietojärjestelmään listaus, josta selviäisi varaosien määrä ja sijainti. Tämä nopeuttaisi laitteiston palautumista toimintakykyiseksi helposti korjattavan vian jälkeen.

Korvattavuus

Jotta laitteiston komponenttien korvattavuus olisi paras mahdollinen, tulisi laitteisto hankkia yhdeltä toimittajalta kerralla. Näin voitaisiin varmistua siitä, että mahdollisimman usea komponentti

olisi keskenään yhteensopiva. Toimeksiantajan laitteisto muodostuu nykytilanteessa pitkällä aikavälillä hankituista ja osittain eri valmistajien komponenteista. Näin ollen niiden korvaaminen ei onnistu kovin laajasti. 20kV kojeiston RT0 6.1-6.9 kanssa samassa tilassa sijaitsee toinen samaan aikaan hankittu ja muutenkin vastaavanlainen kojeisto. Näiden kesken komponenttien korvaaminen toisen kojeiston osilla on mahdollista. Myös 20kV kojeiston RT12 osia voidaan korvata varastossa olevasta vastaavanlaisesta varaosakojeistosta.

Testattavuus

Laitteiston testattavuus on suunniteltu hyvin ja kunnonvalvontaa on mahdollista tehdä koko laitteiston osalta. Suurjännitteisten osien osittaispurkaus- ja lämpökamerakuvaus on mahdollista suorittaa tarvittaessa turvallisesti. Muuntajien öljyanalyysit on mahdollista toteuttaa tarvittaessa. Pienjännitekeskuksen lämpökamerakuvaus on myös mahdollista. Sähkötiloissa ja ulkoalueilla sijaitseville komponenteille voidaan tehdä aistinvaraista tarkastelua sekä kunnonvalvontaa.

Itsediagnostiikka

Osa 110kV muuntoasemalla sijaitsevista laitteissa sisältää itsediagnostiikkaa. Differentiaalireleessä ja yhdistetystä ylivirta- ja maasulkureleestä löytyy itsevalvonta ja autodiagnostiikka, joka seuraa komponentin toimintaa ja antaa hälytyksen vian havainnoimisen jälkeen. Myös 20kV kojeisto RT0 6.1-6.9 suojarahat sisältävät kattavan itsediagnostiikan ja toiminnanvalvonnan sekä antaa hälytyksen vian havaitsemisen jälkeen. 110kV muuntoasemalla sijaitseva Siemens PC hälyttää ennakkoon määriteltyjen raja-arvojen ulkopuolelle mentäessä pääportille, josta tieto siirretään eteenpäin laitteistosta vastaaville henkilöille.

Huollettavuus

Laitteiston sijainti ja tilat on suunniteltu niin, että huolto- ja korjaustoimet voidaan toteuttaa. Turvalliseen työskentelyyn vaadittavat laitteet, välineet ja ohjeet ovat helposti saatavilla. Laitteiston ja komponenttien merkintöihin tulisi tehdä korjauksia epäselvyyksien välttämiseksi. Esimerkiksi 20kV kojeistojen lähtöjä oli merkitty sekavasti johtuen mahdollisesti muualla uusittujen kojeistojen läh-

töjen vanhoista merkinnöistä. Jännitteenjakeluun liittyvät kaaviokuvat ovat ajan tasalla. Myös sähkötiloissa olevat turvallisuuteen liittyvät ohjeistukset ja etenkin niissä olevat hätätilanteessa käytettävät puhelinnumerot ovat osittain korjattu tussilla. Tämä ei ole mielestäni oikea tapa, vaan koko ohjeistus tulisi vaihtaa epäselvyyksien välttämiseksi.

Toimeksiantajalla on huoltamiseen tarvittavia henkilöresursseja käytössään laajasti. Huolto- ja korjaustöistä vastaavat monet sopimus Kumppanit, jotka ovat alan ammattilaisia ja osaavat toimia vaativassa teollisuusympäristössä. Toimeksiantajan henkilökunta tuntee sähköjärjestelmän jo pitkältä ajalta ja osaa ohjata kunnossapitotehtäviä suorittamaan tulevia henkilöitä tehtävissään.

Vian paikannettavuus

Sähköjärjestelmän osalta vian paikannettavuus voi olla joko hyvin helppoa tai vaikeaa. Esimerkiksi jos jokin komponentti vikaantuu, niin jännite katkeaa sen vaikutusalueella. Vikaantunut komponentti on helppo selvittää piirustuksia ja laitteistoa tutkimalla tai se voi löytyä komponenttien toiminnasta kertovien indikaattorien avulla.

Vika voi olla muuallakin kuin komponentissa. Komponenttien välillä kulkee kaapeli- tai kiskoyhteyksiä. Kiskoilla yhdistetään yleensä vain lyhyitä yhteyksiä ja ne kulkevat tilassa, toisin kuin kaapelit, joilla yhdistetään pidemmät matkat ja jotka kulkevat yleensä maan alla piilossa. Kaapelit voivat silti vikaantua esimerkiksi kiven painuessa eristeiden läpi maan routien. Tällaiset viat ilmenevät joko katkaisijan laukaisuna tai sulakkeen palamisena. On siis mahdollista havaita, minkä komponenttien välillä vika on, mutta ei vian tarkkaa sijaintia.

6.5 Kunnossapitotehtävien ja toteutusaikataulun määrittäminen

Kunnossapitotehtävien määrittäminen alkoi kohteesta saamieni aineistojen analysoinnilla. Laittevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeista löytyi paljon tietoa komponenteille suunnatuista tehtävistä. Ohjeissa annetut suoritusvälit ovat pääsääntöisesti suuntaa antavia ja monessa ohjeessa onkin maininta käyttöolosuhteiden ja -ympäristön mukaisista vaikutuksista huoltoväleihin. Aineistosta esiintyneet tehtävät listasin MS Excel-ohjelmaan, jossa loin komponenttikohtaisen taulukon ennakoidun kunnossapidon tehtävistä. Tällä tavoin sain kaikki aineistossa esiintyvät tehtävät ensin kir-

jattua ylös ja annettua niille valmistajan määrittelemät suoritusvälit. Toimeksiantajan kunnossapidosta vastaava henkilökunta haastattellessa sain lisätietoa laitteiston tarpeista ja käytöstä, joita hyödyntämällä pystyin tarkentamaan tehtävien suoritusvälejä sekä lisäämään muutamia aiheellisia tehtäviä.

Toteutusaikatauluja määriteltäessä tuli ottaa huomioon joidenkin tehtävien tuotantoon kohdistuva vaikutus, joka sähköjärjestelmään liittyen tarkoittaa jännitekatkoja. Näitä katkoja ei välttämättä voida tehdä tarkkaan määriteltynä ajankohtana, joten teemahaastattelun perusteella päätin määrittää kunnossapitotehtävien toteutusvälin lyhemmäksi, mitä laitetoimittajien ohjeistuksissa mainitaan. Esimerkiksi laitevalmistaja suositellessa huoltoväliksi 5 vuotta, voidaan laitteen huolto aikatauluttaa tapahtumaan 4 vuoden välein. Tällöin huoltoa voidaan siirtää tarvittaessa vuodella eteenpäin, jos tuotanto ei mahdollista katkon tekemistä suunnitellulla hetkellä.

Kunnossapitotehtävien ajoituksessa huomioon otettiin myös sopimuskumppaneiden ajankäytön tehostaminen ja sitä kautta matkakustannuksien minimointi. Huoltohenkilöiden kulkeminen toiselta puolelta Suomea useita kertoja vuodessa vain muutaman huollon tai tarkastuksen tekemiseksi kerrallaan ei ole järkevää. Tehtävien ajoitus on suunniteltu isommiksi kokonaisuuksiksi, joiden aikana saman sopimuskumppanin on mahdollista tehdä määritettyjä tehtäviä pidempiä aikoja yhtäjaksoisesti.

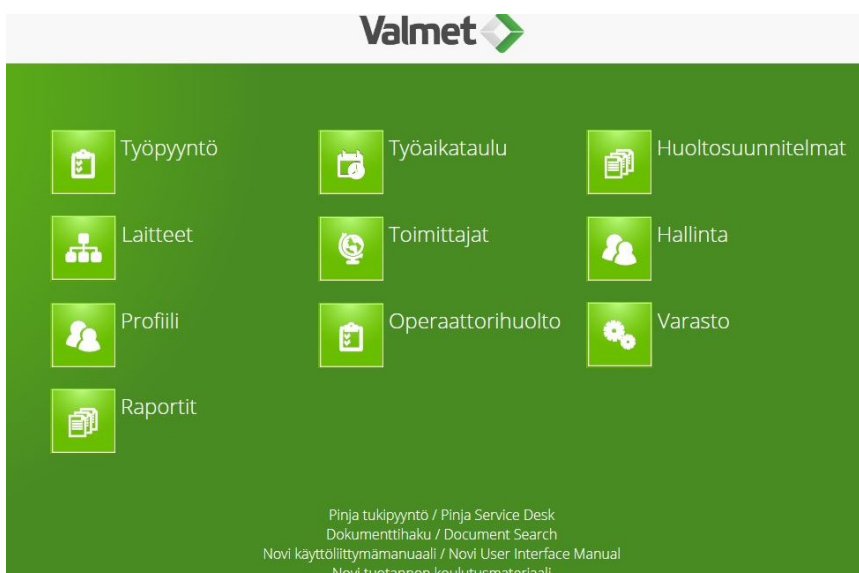
6.6 Kunnossapitotehtävien kohdistaminen sopimuskumppaneille

Tehtävien kohdistaminen sopimuskumppaneille tapahtui kunnossapidon tietojärjestelmän avulla. Järjestelmässä on esisyötettyjä sopimuskumppaneita, joille työt kohdistettiin kunkin sopimuksen ja tehtävän vaatiman erikoisosaamisen mukaisesti. Sopimuskumppaneina toimii sähköjärjestelmän eri osa-alueiden kokeneita ammattilaisia ja asiantuntijoita. Joidenkin komponenttien osalta huollosta vastaa laitetoimittajan oma huoltohenkilöstö.

Kunnossapidon kustannushallinnan kannalta olisi järkevää tarkastella kunnossapitotehtäviä suoritavien tahojen sopimuksia. Sopimuskumppaneiden määrää ja niiden välistä yhteistyötä voisi olla mahdollista tiivistää kunnossapitotehtävien suorittamisen sujuvoittamiseksi. Sopimuskumppaneiden hankinta ja sopimustekniikka eivät kuitenkaan sisältyneet tähän opinnäytetyöhön.

6.7 Kunnossapidon tietojärjestelmä

Kunnossapidon tietojärjestelmän tarkoitus on ohjata suunniteltujen kunnossapitotehtävien automaattista etenemistä niitä suorittaville sopimuskumppaneille sekä mahdollistaa tehtävien toteutumisen seuranta, huoltohistorian ylläpito ja dokumenttien hallinta. Tietojärjestelmään piti tätä varten luoda laitteiston nykytilaa vastaava laitehierarkia sekä jokaiselle komponentille laitekortti. Kunnossapitotehtävien luominen tapahtui laitekortteja hyödyntämällä, jolla voidaan taata tehtävien kohdistuminen oikeille komponenteille. Kuviossa 2 on kunnossapidon tietojärjestelmän etusivu, joka avautuu sisäänkirjautumisen jälkeen. Työssä käytin etusivulta löytyvää *Laitteet*, *Hallinta* ja *Huoltosuunnitelmat* -valintapainikkeita sekä alaosasta löytyvää käyttöliittymämanuaalia. Käyttöliittymämanuaalista löytyy selkeät ja havainnollistavat ohjeet tarvittavien toimintojen suorittamiseen.



Kuvio 2. Kunnossapidon tietojärjestelmän etusivu

Hierarkian luominen alkoi *Hallinta* -painikkeen alta avautuvasta näkymästä *Laitetasot* -kohdan valitsemisella. *Laitetasot* -kohdan valinnan jälkeen aukeaa kuvion 3 kaltainen näkymä, jossa laitteelle määriteltiin hierarkiatason numero sekä kuvaava nimi. *Ylätaso* -kohdasta aukeaa kuvion 4 näkymä, josta voidaan valita jokin aiemmin luoduista tasoista, jolle uusi taso halutaan kohdistaa. Tason numero siis määrittää sen, että asettuuko uusi taso valitun ylätason rinnalle vai onko kyseessä sen alataso. Kuviossa 4 näkyy työtä varten luotu laitehierarkia. Kunkin tason nimen edessä näkyy numero, joka tarkoittaa sen tason numeroa. Työn ns. pohjatasona toimi *99 / SÄHKÖLAITTEISTO*, josta

seuraavan tason numeroksi tuli 2 ja niin edelleen. Laitetasot vastaavat käytännössä jännitteen kulua sähköjärjestelmässä.

Tason numero

Tason nimi

Ylätaso

Lisää Sulje

Kuvio 3. Laitetason luonti

- 99 / SÄHKÖLAITTEISTO
 - 2 / 110 kV ASEMA
 - 3 / 20 kV KOJEISTO RT0 6.20-6.28
 - 3 / 20 kV KOJEISTO RT0 6.9
 - 4 / 20kV KOJEISTO RT0 6.1
 - 5 / 20 kV KOJEISTO RT12 +01
 - 6 / 20 kV KOJEISTO RT12 +04
 - 7 / 20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M2
 - 8 / PJK 1-HALLI KELLARI 4
 - 6 / 20 kV KOJEISTO RT12 +05
 - 7 / 20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M3
 - 8 / PJK 1-HALLI KELLARI 3
- 2 / MÄÄRÄAIKAISTARKASTUKSET

Kuvio 4. Luotu laitehierarkia

Seuraavana vaiheena oli luoda laitehierarkiaan laitekortit. Laitekorteille voidaan syöttää komponenttiin liittyvää yksityiskohtaisempaa tietoa ja sähköisiä dokumentteja. Laitekorttien luonti tapahtui järjestelmän *Laitteet* -kohdasta, josta aukeaa koko järjestelmään luotu hierarkia. Aukeavan hierarkiasivun oikean ylänurkan plusmerkistä pääsee aloittamaan uuden laitekortin luomisen ja kuvion 5 mukainen näkymä aukeaa.

Laite - Lisäys

Laitekoodi <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	Toimittaja <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>
Nimi <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	Huoltaja <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>
Tyyppi <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	Käyttöönotto <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>
Taso <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	Takuu päättyy <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>
Lisäsjainti <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	Luokitus <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>
Valmistaja <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	Kustannuskohdiste <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>
Malli <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	
Valmistusnumero <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	
ERP-numero <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	
Tuntihinta <input style="width: 90%;" type="text" value=""/>	
Lisätieto <input style="width: 95%; height: 40px;" type="text" value=""/>	

Tallenna
Peruuta

Kuvio 5. Uuden laitekortin luominen

Tähdellä merkittyjen kohtien täyttäminen on pakollista, mutta muut kohdat voidaan jättää tarvittaessa tyhjiksi. *Taso* -kohdasta aukeaa laitehierarkia ja sieltä on etsittävä laite, jonka alle uusi laitekortti halutaan luoda. Kun laitekortti oli täytetty ja hierarkianäkymä päivitetty, juuri luotu laitekortti tuli näkyviin hierarkiassa. Jos laitekortille halutaan lisätä esimerkiksi dokumentteja tai kuvia, täytyy hierarkiassa näkyvä laitekortti avata ja valita sen jälkeen *Muokkaa* -kohta. Muokkaussivulla pääsee lisäämään tietoja tai muokkaamaan aiemmin syötettyjä tietoja sekä lisäämään dokumentteja kortille. Dokumentin lisääminen tapahtuu kuviossa 6 näkyvässä kohdassa. Kohdasta *Valitse tiedosto* aukeaa tietokoneen resurssienhallinta, josta valitaan haluttu dokumentti. Työssä käytetyt tiedostot oli ensin viety toimeksiantajan verkkoasemalle, josta ne käytiin valitsemassa. Tiedoston valinnan jälkeen dokumentille annettiin lyhyt kuvaus, esimerkiksi käyttö- ja huolto-ohje tai valokuva. Lopuksi valittiin alavetovalikosta jokin sinne esisyötetyistä tyypeistä, kuten esimerkiksi *User & Instruction Manual tai Photo / Image*. Jos laitekortin vasempaan yläkulmaan valitaan laitteen kuva, tulee syötetyn kuvan tiedot näkyviin dokumentteihin .jpeg muodossa ilman kuvausta.

↓ Dokumentit - 6

Dokumentti Ei valittua tiedostoa

Linkki dokumenttiin

Kuvaus

Tyyppi

	Nimi	Kuvaus
	20kV kojeisto RTO 6.1-6.9.jpg	Valokuva
	20kV kojeisto RTO 6.1-6.9 Katkaisija 6.1.jpg	Valokuva
	RTO 6.1-6.9 lähtö 6.1 Tarkastuspöytäkirja.pdf	Tarkastuspöytäkirja
	20kV kojeisto RTO 6.1-6.9 Suojareleen käyttö- ja huolto-ohje.pdf	Käyttö- ja huolto-ohje
	20kV kojeisto RTO 6.1-6.9.pdf	Käyttö- ja huolto-ohje
	6.1pic.jpeg	

Kuvio 6. Esimerkki dokumentin lisäämisestä laitekortille

Kunnossapitotehtävien ja niiden aikataulun lisääminen sekä niiden kohdistaminen komponenteille tapahtuu *Huoltosuunnitelmat* -kohdasta. *Osahuolto* -lehden oikeassa ylänurkassa olevista kirjaimista L tarkoittaa laitetta ja generointia eli aikataulutusta, T toimenpiteitä, D dokumentteja ja M materiaalia. Kuviossa 7 näkyy esimerkki kunnossapitotehtävien kohdistamisesta tietyille komponentille sekä niiden aikataulutus. Kohtaan *Huoltoryhmä* syötetään lopuksi vielä kunnossapitotehtävästä vastaava sopimuskumppani tai henkilökunnan jäsen. Näin luodut tehtävät siirtyvät automaattisesti niistä vastaavan tahon järjestelmänäkymään. Kuviossa 8 näkyy hierarkiamainen polku, joka muodostui kunnossapitotehtäviä luodessa *Osahuolto* -lehden T-kohdassa.

SÄHKÖLAITTEISTO

Huoltosuunnitelmat

Huollon nimi
110kV MUUNTOASEMA
1-HALLI KELLARI SÄHKÖTILA
20kV KOJEISTOT
KUNNONVALVONTA

Osahuolto

L	T	D	M	Osahuollon nro	Selite	Kone Seisoo	Työkorttien lkm	Kiireellisyys	Siirto	Tilaja	Huoltoryhmä
				1	OLJYANALYYSI	<input type="checkbox"/>		Suunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>		


Laitteet

Laittekoodi	Laitenimi	Väli	Kesto	Seuraava generointi	Kuvaus	Generoitu G
M2	OLJYMUUNTAJA 20/0.4kV	3 vuotta	1 tuntia	1.12.2023 12.00.00	OLJYNÄYTTEEN OTTO JA ANALYYSOINTI	
M3	OLJYMUUNTAJA 20/0.4kV	3 vuotta	1 tuntia	1.12.2023 12.00.00	OLJYNÄYTTEEN OTTO JA ANALYYSOINTI	
PM1	OLJYMUUNTAJA 110/21kV	3 vuotta	1 tuntia	1.12.2023 12.15.00	OLJYNÄYTTEEN OTTO JA ANALYYSOINTI	

Kuvio 7. Esimerkki kunnossapitotehtävien kohdistamisesta komponentille

SÄHKÖLAITTEISTO										
Huoltosuunnitelmat										
Huollon nimi										
+										110kV MUUNTOASEMA
+										1-HALLI KELLARI SÄHKÖTILA
-										20kV KOJEISTOT
Osahuolto										
L	T	D	M		Osahuollon nro	Selite	Kone Seisoo	Työkorttien lkm	Kiireellisyys	Siirto Tilaaja
+	+	+	+		1	SIEMENS NXAIRM KATKAISIJAT	<input type="checkbox"/>		Suunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>
+	+	+	+		2	SIEMENS NXAIRM SUOJARELEET	<input type="checkbox"/>		Suunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>
+	+	+	+		3	SIEMENS NXAIRM SUOJARELEEN PARISTOT	<input type="checkbox"/>		Suunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>
+	+	+	+		4	ABB UNISWITCH KUORMAEROTIN	<input type="checkbox"/>		Suunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>
+	-	+	+		5	ABB UNISWITCH VAROKEKUORMAEROTIN	<input type="checkbox"/>		Suunnitelman mukaisesti	<input type="checkbox"/>
Toimenpiteet										
Järjestysno Toimenpide										
					1	EROTTIMEN JA MAADOITUSKYTKIMEN AUKI/KIINNIHJAUSTEN TOIMINNAN TOTEAMINEN JA SISÄPUOLINEN AISTINVARAINEN TARKASTUS				
					2	SULAKELAUKAISUMEKANISMIN TOIMINNAN TOTEAMINEN				
					3	"SULAKE PALANUT", EROTTIMEN JA MAADOITUSKYTKIMEN INDIKOINTIEN TOIMINNAN TOTEAMINEN				

Kuvio 8. Esimerkki kunnossapitotehtävistä ABB Uniswitch varokekuormaerottimelle

Laite - PM1			
			
Laitekoodi	PM1	Toimittaja	STRÖMBERG
Nimi	ÖLJYMUUNTAJA 110/21kV	Huoltaja	
Tyyppi	MUUNTAJA	Käyttöönotto	1.1.1970 12.00.00
Taso	110kV MUUNTOASEMA / ULKOALUE JA RAKENNUS 125	Takuu päättyy	
Lisäsjainti	ULKOKENTÄ	Luokitus	
Valmistaja	STRÖMBERG	Kustannuskohdiste	
Malli	KTRT 123 X 20		
Valmistusnumero	548797		
ERP-numero			
Tuntihinta			
Lisätieto	Teho 20MVA Valmistusvuosi 1970 Huollettu 1999		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> Sulje Muokkaa Työpyyntö Kopioi Operaattorihuolto Uusi työkortti </div>			

Kuvio 9. Esimerkki luodusta laitekortista

Nimi	Kuvaus
Ilmankuivain WJKHM.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
Kaasurele.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
Kapillaariämpömittari UCWMA.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
Käämin lämpötilan kuvaaja.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
Muuntajaöljyt osa1.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
Muuntajaöljyt osa2.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
PM1 110kV öljymuuntaja osa1.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
Öljynkorkeuden osoitin UDCU.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
PM1 110kV öljymuuntaja Tarkastuspöytäkirjoja.pdf	Tarkastuspöytäkirja
PM1 110kV öljymuuntaja osa2.pdf	Käyttö- ja hoito-ohje
PM1 huoltoseloste 7.9.1999.pdf	Tarkastuspöytäkirja
PM1 Koestuspöytäkirja 19.7.1999.pdf	Tarkastuspöytäkirja
PM1 Muuntajaöljyn analyysiseloste 27.7.1999.pdf	Tarkastuspöytäkirja
PM1 Öljymuuntaja.jpg	Valokuva
PM1 yläpuolelta.jpg	Valokuva
PM1pic.jpeg	

Työhistoria - 0

↑ Avoimet työkortit - 0

↓ Laitteen huollot - 3

Huollon nimi	Osahuollon numero	Osahuollon kuvaus	Viim. valr
KUNNONVALVONTA	1	ÖLJYANALYYSI	
KUNNONVALVONTA	2	LÄMPÖKAMERAKUVAUS	
KUNNONVALVONTA	3	OSITTAISPURKAUSKUVAUS	

Kuvio 10. Esimerkki laitekortin dokumenteista ja kunnossapitotehtävistä

110/21kV öljymuuntaja PM1:sen laitekortti näytti kuvion 9 mukaiselta ja se sisälsi myös kuvion 10 mukaiset dokumentit ja huoltotehtävät.

7 Johtopäätökset

Työn lopputuloksena syntynyt kunnossapitosuunnitelma kohdistui toimeksiantajan alueen 110kV liityntäpisteen ja 1-Hallin pienjännitekeskuksen väliseen laitteistokokonaisuuteen sekä siihen vaikuttaviin komponentteihin. Lisäksi työhön sisältyi laitehierarkian ja laitekorttien luominen toimeksiantajan kunnossapidon tietojärjestelmään sekä suunnitelmaan laadittujen kunnossapitotehtävien vieni laitekorteille.

Työn lopputuloksena syntyvän tuotannon sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelman odotettiin vastaavan järjestelmän nykytilaa ja parantavan sähköjärjestelmän käyttövarmuutta. Lisäksi se oli tarkoitus sisällyttää käytössä olevaan kunnossapidon tietojärjestelmään.

Tutkimuskysymystä ”Millaista ennakoivaa kunnossapitoa kohteen sähköjärjestelmän komponentit vaativat?” lähestyttiin ensin sähköjärjestelmän standardeihin, lakeihin ja määräyksiin kohdennettuja aineistoja tutkimalla ja analysoimalla. Tämän jälkeen suoritettiin olemassa olevan laitteiston komponenttien toimintaympäristöjen ja komponenttitoimittajien käyttö- ja huoltoaineistojen tarkinta ja analysointi. Lisäaineistoa sain asiantuntijoiden teemahaastatteluiden avulla. Tutkimusten tulosten perusteella oli mahdollista selvittää, millaista ennakoivaa kunnossapitoa sähköjärjestelmän komponentit vaativat ennakkoon määritetyn käyttövarmuuden näkökulmasta.

Työlle muodostetut kehittämistehtävät olivat:

- Järjestelmän kunnossapitotarpeiden selvittäminen
- Sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelman laatiminen
- Kunnossapidon tietojärjestelmän hierarkian luominen
- Tietojen syöttäminen kunnossapidon tietojärjestelmään.

Kehittämistehtävät toteutettiin yllä mainitussa järjestyksessä, koska niistä muodostui työn etenemisen kannalta looginen kokonaisuus. Järjestelmän kunnossapitotarpeiden selvittämistehtävää lähestyttiin edellä mainitun tutkimuskysymyksen lähestymisen tavoin. Aineistoja tutkimalla ja analysoimalla saatiin kaikki työn rajauksen mukaiset komponentit huomioitua ja lopputulos kehittämistehtävän mukaisesti suoritetuksi. Liitteessä 1 on esitetty taulukkomuodossa komponenteille määritetyt kunnossapitotehtävät ja niiden aikataulukus.

Myös sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelman laatimistehtävää lähestyttiin tutkimuskysymyksen kautta. Aineistoja tutkimalla ja analysoimalla saatiin koottua sähköjärjestelmälle kunnossapitosuunnitelma, joka pitää sisällään ennakoivan kunnossapidon tehtävät sekä pohdinnan mahdollisista varaosatarpeista. Järjestelmän kunnossapidettävyyden pohdinnassa otettiin huomioon myös muita laitteiston nykytilaan liittyviä huomioita ja parannusehdotuksia. Lopputuloksena syntyi tarkoituksenmukainen sähköjärjestelmän kunnossapitosuunnitelma.

Kunnossapidon tietojärjestelmän hierarkian luomistehtävää lähestyttiin tutkimalla ja analysoimalla toimeksiantajan kunnossapidon tietojärjestelmästä löytyvää sekä teemahaastattelujen avulla saatua aineistoa. Tutkimuksen lopputuloksen avulla oli mahdollista luoda hierarkia kunnossapidon tietojärjestelmään.

Tietojen syöttämistä kunnossapidon tietojärjestelmään lähestyttiin tutkimalla ja analysoimalla toimeksiantajan kunnossapidon tietojärjestelmästä löytyvää aineistoa. Tutkimuksen lopputuloksen avulla oli mahdollista syöttää kunnossapitosuunnitelmassa luodut ennakoivan kunnossapidon tehtävät kunnossapidon tietojärjestelmään.

8 Pohdinta

8.1 Lopputuloksen arviointi

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimeksiantajan tuotannon sähköjärjestelmän rajatulle osalle kunnossapitosuunnitelma. Työn tarkoituksena oli saada aikaan muutos, joka täyttää lakien ja määräysten mukaiset vaatimukset sekä parantaisi järjestelmän käyttövarmuutta ennakoivien kunnossapitotoimien avulla. Toimeksiantajan kiinteistön ja tuotannon sähköjärjestelmien jakautuessa omiksi toimialueiksi, jäi tuotannon sähköjärjestelmä ilman varsinaista kunnossapitosuunnitelmaa. Toimeksiantajalle on luotu malli, jota on mahdollista soveltaa koko tuotannon sähköjärjestelmään. Tämä mahdollistaisi kokonaisvaltaisen muutoksen toimeksiantajan kunnossapidossa. Työssä on esitetty kunnossapitosuunnitelman laatimiseen vaadittavat lähtökohdat ja toteutustavat.

Olemassa olevan kunnossapidon tietojärjestelmän osalta voidaan todeta sen olevan riittävän monipuolinen kunnossapitotehtävien ylläpitoon sekä dokumenttien ja huoltohistorian ylläpitämiseen. Järjestelmä mahdollistaa tehtävien automaattisen ajoituksen sekä niiden kohdistamisen suoraan kunnossapitotöitä suorittaville tahoille. Tämä helpottaa kunnossapitotöiden ylläpitämistä sekä niiden etenemisen seuranta. Järjestelmä on ollut toimeksiantajalla käytössä jo aiemmin, joten minäkään uuden järjestelmän käyttöönoton takia ei ole tarvetta kouluttaa henkilökuntaa.

Ajankäytöllisesti arvioituna eniten aikaa kunnossapitosuunnitelmaa luodessa meni olemassa olevan järjestelmän tutkimiseen ja sen komponentteihin kohdistuvien aineistojen etsimiseen. Tämä johtui osaltaan siitä syystä, että vanhoihin komponentteihin kohdistuvaa tarkkaa tietoa joutui etsimään pitkään. Laitetoimittajien tietokannoista ja toimeksiantajan arkistoista onneksi löytyi hyvin kattava aineisto vanhoistakin komponenteista.

8.2 Lopputuloksen luotettavuus

Aineiston koostuessa lakitekstistä, määräyksistä, standardeista, huoltoraporteista, laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeista sekä sähkö- ja kunnossapitotöiden ammattilaisten haastatteluista, voidaan lopputulosta pitää luotettavana. Haastattelut kohdistuivat henkilöihin, jotka ovat vastanneet juuri kyseisen järjestelmän kunnossapidosta ja tuntevat järjestelmään liittyvät ominaispiirteet hyvin. Huoltoraportit olivat tunnettujen huolloista vastaavien tahojen allekirjoittamia ja vastasivat laitevalmistajien ohjeistuksia tehtävistä toimista. Haastatteluihin oli laadittu ennalta kysymyslistat, joiden avulla haastattelut etenivät johdattelemattomasti ja eliminoivat mahdolliset aiheen vääristymiset sekä rajauksen ulkopuoliset asiat.

Muutamia oleellisia asioita puuttui laitevalmistajien käyttö- ja huolto-ohjeista ennakoivan kunnossapidon tehtäviä ja niiden aikatauluja luodessa. Ohjeissa saattoi esimerkiksi olla maininta, että komponentin kaikkien osien tulee toimia kunnolla, mutta laite on huoltovapaa. Mielestäni tällaisissa tapauksissa tulee komponentin osien toiminnasta varmistua säännöllisesti tehtävien testausien avulla. Osien toimintaan liittyy kuitenkin jousia, liitoksia sekä eri materiaaleista muodostuvia osakokonaisuuksia, joihin saattaa ajansaatossa tulla staattisesta paikallaolosta ja olosuhteista johdettua toimintaa rajoittavaa tai estävää olotilamuutosta.

8.3 Jatkotoimenpiteet

Mielestäni toimeksiantajan olisi järkevää laajentaa kunnossapitosuunnitelma kattamaan alueen koko sähköjärjestelmä. Jos alueella olisi käytössä vain yksi kunnossapidon tietojärjestelmä, helpotaisi se kunnossapitotehtävien määrittämistä ja ohjaamista. Myös sopimuskumppaneiden toiminta olisi selkeämpää, jos huolto- ja kunnossapitotehtäväpyynnöt tulisivat yhden järjestelmän kautta ja raportointi tapahtuisi samaan järjestelmään. Koko tuotannon sähköjärjestelmän tutkiminen ja sisällyttäminen kunnossapidon tietojärjestelmään mahdollistaisi erilaisten mittareiden käytön kunnossapidon seurannassa ja tehokkuuden arvioinnissa. Tätä kautta olisi mahdollista saada selville kustannussäästöihin liittyviä toimenpiteitä sekä tehdä käyttövarmuutta edelleen parantavia muutostarpeita.

Toimeksiantajalla oleva aineisto olisi syytä saattaa soveltuvilta osin sähköiseen muotoon. Nykytilanteessa paperinen aineisto on arka kulumiselle ja häviämislle, eikä ole niin käyttökelpoinen kuin

sähköisessä muodossa oleva aineisto. Toimeksiantajan sähköjärjestelmä on erittäin laaja, joten kaiken sen sisältämän tiedon käsittely sähköisessä muodossa olisi paljon helpompaa ja nopeampaa. Komponenttien ikääntyessä niihin liittyvän tiedon ja varaosien hankinta vaikeutuu jatkuvasti, koska niiden tilalle tulee tekniikan kehittyessä uusia vaihtoehtoja ja vanhojen komponenttien valmistus lopetetaan.

Varaosien hallintaan olisi syytä tehdä muutoksia. Nykyisellään hajallaan olevat varaosat tulisi järjestää koottuun paikkaan, josta tieto tulisi viedä kunnossapidon tietojärjestelmään. Varaosien säilytykseen voisi tehdä parantavia muutoksia. Tällä hetkellä ulkotiloissa oleville komponenteille tulisi järjestää säilytystilat sisältä, jossa niiden rikkoutumisvaara olisi pienempi. Ulkoalueella sijaitsevat tai ulkoilman kanssa tekemisissä olevat varaosat altistuvat kosteudelle, mikä heikentää niiden laatua.

Lähteet

1135/2016. Sähköturvallisuuslaki. Viitattu 4.5.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Pidm45053757858144>.

Alhanen, J. 2017. Sähkölaitteiston lämpökuvaus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K. & Palva, V. 2015. Suurjännitetekniikka. 4.p. Helsinki: Gaudeamus Oy.

Aubry, J. & Brinzei, N. 2015. Systems dependability assessment: Modeling with graphs and finite state automata. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Dasgupta, I. 2009. Power transformers quality assurance. New Age International (P) Ltd, Publishers.

Hietanen, M. 2017. Sähkölaitteiston lämpökuvaus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Jokela, J. 2022. Sähköalan säännökset. Sähköalan lakeja, asetuksia, määräyksiä ja ohjeita. Espoo: Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6.p. Helsinki: Pro-maint Ry.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Luettelo S10-2023. 2023. Luettelo Tukesin verkkosivulla. Viitattu 15.4.2023. <https://tukes.fi/documents/5470659/8178747/Luettelo+S10-2023+S%C3%A4hk%C3%B6laitteistojen+turvallisuutta+ja+s%C3%A4hk%C3%B6ty%C3%B6turvallisuutta+koskevat+standardit.pdf/c590f409-f6b8-83ce-08a3-bcfff12ae1b8/Luettelo+S10-2023+S%C3%A4hk%C3%B6laitteistojen+turvallisuutta+ja+s%C3%A4hk%C3%B6ty%C3%B6turvallisuutta+koskevat+standardit.pdf?t=1672732633144>.

Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S., Mäkeläinen, R. & Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. Helsinki: KP-Media.

Pernaa, J. 2013. Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Helsingin yliopiston verkkojulkaisu. Viitattu 28.2.2023. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/317958/2013_Pernaa_KT_tutkimusmenetelmana_KT_kirja.pdf?sequence=1.

Rousku, H. & Mäkinen, P. 2018. SFS 6002 Käytännössä. 33 painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

SFS 6002:2015. Sähkötyöturvallisuus. 3. p. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Viitattu 4.5.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS 6002 Sähkötyöturvallisuuskoulutus. N.d. Kiwan verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://koulutusmaailma.fi/fi/courses/26/58/sahkotyoturvallisuuskortti/sahkotyoturvallisuuskortti-suorita-koulutus-netissa>.

SFS-käsikirja 600–1–1. 2017. Pienjänniteasennukset. Osa 1–1. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy.

SFS-käsikirja 601:2018. 2018. Suurjänniteasennukset ja ilmajohdot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy.

Stamatis, D. H. 2019. Risk management using failure mode and effect analysis (FMEA) 2.p. Wisconsin: ASQ Quality Press.

Sähköalan ensiapukoulutus. N.d. Alertumin verkkosivu. Viitattu 15.3.2023. <https://www.alertum.fi/koulutukset/sahkoalan-ensiapukoulutus/>.

Tukes. N.d. Kiinteistöjen sähkökunnossapito ja määräaikaistarkastukset. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston opas. Viitattu 1.4.2023. <https://tukes.fi/documents/10197/8647605/Kunnossapito-opas.pdf>.

Tukes. 2017. Tukes-ohje 16/2017: Sähkölaitteistot ja tarkastukset. Viitattu 5.5.2023. <https://tukes.fi/documents/5470659/6372867/Tukes-ohje+-+S%C3%A4hk%C3%B6laitteistot+ja+tarkastukset/a7ba0010-6bd4-4d97-a737-978db5d53dea/Tukes-ohje+-+S%C3%A4hk%C3%B6laitteistot+ja+tarkastukset.pdf>.

Työturvallisuuskortti. N.d. Työturvallisuuskeskuksen verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://tyoturvallisuuskortti.fi/>.

Valmet perehdytysmateriaali. 2023. Valmetin koulutusportaali.

Valmet yrityksenä. N.d. Valmetin verkkosivu. Viitattu 13.4.2023. <https://www.valmet.com/fi/>.

Liitteet

Liite 1. Kunnossapitotehtävät ja aikataulut

KUUKAUSITARKASTUS	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	ENSIMMÄINEN TOTEUTUS 8.6.2023	MITEN TEHDÄÄN	TARKASTUKSEN KESTO 4h	HUOMIOITA
TIILA TAI KOMPONENTTI					
RAKENNUS 125	Tilojen lukitus ja siisteys		Silmämääräinen tarkastus		Silmämääräinen tarkastus
RAKENNUS 125	Alkusuammutuskalusto (paikallaan ja tarkastuspäivämäärä)		Silmämääräinen tarkastus		Silmämääräinen tarkastus
RAKENNUS 125	20KV kojeiston yleistarkastus (puhtaus, äänet, lämpötila)		Aistinvaraisesti		Aistinvaraisesti
RAKENNUS 125	Huomio- ja varoituskilpiä on saatavilla		Silmämääräinen tarkastus		Silmämääräinen tarkastus
RAKENNUS 125	Ensiapu- ja hätänumerokilvet ovat näkyvillä		Silmämääräinen tarkastus		Silmämääräinen tarkastus
RAKENNUS 125	Käyttökäytöt ja avaimet ovat telneessä				
RAKENNUS 125	Suurjännitteen tarkastus		Siemens PC:itä ja releiden näytöiltä		Normaalisti 20.5KV. Tulee olla rajoissa 20-21KV
RAKENNUS 125	Ohjaustaulun valintakytkinten asennot		Visuaalisesti ohjaustaulusta		Normaalisti käänkitykimet automaattilla ja erottimet lukittuina
RAKENNUS 125	Lääke- ja turvalukituskaapin sisältö riittävä		Visuaalisesti lämpömittarista		
RAKENNUS 125	Viestityökytkien kokeilu portille		Soittamalla lankapuhelimella 040 561 9585		
RAKENNUS 125	Hälytysten kokeilu portille		Siemens PC:itä		RT2, RT3 ja OT1 SJK laukaistaan käsin
RAKENNUS 125	Omakäyttökeskuksen sulakkeiden kunnan tarkastus		Silmämääräinen tarkastus		
RAKENNUS 125	Releindikoitien kuittaus		Fyysisesti laitteilla		
RAKENNUS 125	Jännitteenkoettimien paristojen testaus		Fyysisesti testinapista koestamalla		
RAKENNUS 125	Työmaadoitusköysien määrän tarkastus		Silmämääräinen tarkastus		6kpl 1v 110KV ja 1kpl 3v 20KV
RAKENNUS 125	110V tasasähkökeskuksen tarkastus (lämpötila, alkkuvuodot, puhtaus)		Aistinvarainen tarkastus		
RAKENNUS 125	110V tasasähkökeskuksen varausjännite		Keskukseen ovesa olevasta näytöstä		Un = 120.4V ja arvo näytöllä normaalisti 123V
RAKENNUS 125	110V tasasähkökeskuksen kuormitusjännite		Keskukseen ovesa olevasta näytöstä		In = 12A ja arvo näytöllä normaalisti <2A
RAKENNUS 125 JA ULKOALUE	Valaistus, sisä-, ulko- ja muuntajatali sekä turvavalaistus		Sisä- ja ulkoalueella visuaalisesti		Turvavalaistus keskuksen kannen ohjeen mukaisesti
RAKENNUS 125 JA ULKOALUE	Käämityskimien asentojen vertailu muuntaja vs ohjauskeskus		Sisä- ja ulkoalueella visuaalisesti		Tulisi olla molemmissa sama
RAKENNUS 125 JA ULKOALUE	Luokseastävyyden ja kulkuyhteyksien tarkastus		Silmämääräisesti		
ULKOALUE	Ulkokuuleen siisteyden, järjestyksen ja aluskasvillisuuden tarkastus		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Ulkokuuleen siisteyden, järjestyksen ja aluskasvillisuuden tarkastus		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Virtajännitesuojien, eristimien, kaapelipäätteet ja suojakondenssaattorit		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Virtajännitesuojien, eristimien, kaapelipäätteet ja suojakondenssaattorit		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Kattaisijoiden yleistarkastus (puhtaus, äänet ja vuodot)		Visuaalisesti mittarista		
ULKOALUE	Kattaisijan 3.1.0 kaasunpaineen tarkastus		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Kattaisijan 3.1.0 ohjainkaapin lämmityksen toiminnan tarkastus		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Virtamuuntajien yleistarkastus (puhtaus, äänet ja vuodot)		Silmämääräisesti		
ULKOALUE	Virtamuuntajien öljynkorkeuksien tarkastus		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE	Erottimen 3.1.1 yleistarkastus (puhtaus, äänet ja vuodot)		Aistinvaraisesti		
ULKOALUE JA MUUNTAJATILA	Muuntaja yleistarkastus (öljyvuo-dot, puhtaus, äänet)		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Muuntajan öljynlämpötilan tarkastus		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Käämin lämpötilan tarkastus		Fyysisesti ohjauskeskuksesta käynnistämällä		Käytä päällä n.15min
MUUNTAJATILA	Muuntajan jäähdytystuulettimien testaus		Aistinvaraisesti		
MUUNTAJATILA	Jäähdytystuulettimien ohjauskeskuksen lämmityksen tarkastus		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Muuntajan ja käämityskimien öljynkorkeuksien tarkastus		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Muuntajan ja käämityskimien öljynlämpötilojen tarkastus		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Muuntajan ja käämityskimien silicegeelien tarkastus		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Käämityskimien ohjain- ja jakokaapin lämmitysten tarkastus		Aistinvaraisesti		Lukeman kirjaus ja vähennyslasku edellisestä lukemasta. Norm.n.200
MUUNTAJATILA	Käämityskimien toimintalaskijan lukema tarkastus		Visuaalisesti		
MUUNTAJATILA	Muuntajan öljynaltaan tarkastus		Aistinvaraisesti		Tarvittaessa altaan tyhjennys vedestä

VIKASITARKASTUS	KUUKAUSITARKASTUKSEN TEHTÄVIEN LISÄKSI, ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	10.10.2024	TARKASTUKSEN KESTO 8h
TILA TAI KOMPONENTTI	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	HUOMIOITA
RAKENNUS 125	Jännittekoettimien kunnan tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	Tarvittaessa uusinta tai ulkopuolisen toimijan tarkastus
RAKENNUS 125	Maadoitusköysien kunnan tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	Tarvittaessa uusinta tai ulkopuolisen toimijan tarkastus
RAKENNUS 125	20kV koloiston asennon osoitimien tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	20kV koloiston merkinnät ovat ajantasalla	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Lattian suojamaton kunnan tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Ensiaputalun ajantasaisuuden tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Hätänumeron näkyvyyden tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Katkaistajan vaihtokeikan kunnan tarkastus	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Suurjännitepääkaavio on ajantasalla	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Pienjännitepääkaavio on ajantasalla	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Maadoituskäyttö- ja huolto-ohjeet ovat saatavilla	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125	Vanhentuneiden ohjeiden ja asiakirjojen sekä roskien poisvientti	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125 JA ULKOALUE	Maaditusten kunto ja kireys	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125 JA ULKOALUE	Varoituskilpien ja tilanumeron näkyvyys sisällä ja ulkona	Silmäyksellä tarkastelulla	
RAKENNUS 125 JA ULKOALUE	Näkyvyys merkkejä ilkvälialueella	Silmäyksellä tarkastelulla	Alue kierrettävä kokonaisuudessaan
MÄÄRÄKAISTARKASTUS	ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	10.2.2028	TARKASTUKSEN KESTO 8h
TILA TAI KOMPONENTTI	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	HUOMIOITA
SÄHKÖARJESTELMÄ	MÄÄRÄKAISTARKASTUS	Aistivaraisesti tutkimalla	Järjestelmän laajuudesta johtuen tarkastus kannattaa jakaa osiin
AKKUJEN VAIHTO	ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	4.12.2023	TEHTÄVÄN KESTO 4 TUNTIA
TILA TAI KOMPONENTTI	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	HUOMIOITA
TAK TASASÄHKÖKESKUS	110VDC Tasasähkökeskuksen akkujen uusinta	Fyysisesti vaihtamalla	Kaikki akut on vaihdettava samalla kerralla
PACKUP PARISTON VAIHTO	ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	4.12.2023	TEHTÄVÄN KESTO 2 TUNTIA
TILA TAI KOMPONENTTI	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	HUOMIOITA
SIEMENS PC	Siemens PC:n packup pariston vaihto	Fyysisesti vaihtamalla	BIOS täytyy varmuuskopioida ennen vaihtoa
SIEMENS PC	Siemens PC:n tuulettimen suodattimen tarkastus/puhdistus/vaihto	Fyysisesti vaihtamalla	5 vuoden välein

CUUKAUSITARKASTUS TILA TAI KOMPONENTTI	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	9.6.2023 MITEN TEHDÄÄN	TARKASTUKSEN KESTO 4h HUOMIOITA
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Valaistuksen ja turvavalaistuksen kunnan tarkastus		Aistinvaraisesti	Turvavalaistus keskuksen kannen ohjeen mukaisesti
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Lämpötilan tarkastus		Aistinvaraisesti	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Huomio- ja varoituskilpiä on saatavilla		Silmämääräinen tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Ensiapu- ja hätänumerokilvet ovat ajantasalla		Silmämääräinen tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Käyttökäytöt ja avaimet ovat telineessä		Silmämääräinen tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Läike- ja turvalukituskaapin sisältö riittävä		Silmämääräinen tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Aikusammutuskalusto (paikallaan ja tarkastuspäivämäärä)		Silmämääräinen tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Tilojen lukitus ja silteys		Silmämääräinen tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	20kV kojeiston yleistarkastus (puhtaus, äänet, lämpötila)		Aistinvaraisesti	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Pienjännitekeskuksen yleistarkastus (puhtaus, äänet, lämpötila)		Aistinvaraisesti	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Suur- ja pienjännitevarauslaitteiden määrä		Silmämääräisesti	
1-HALLIN ULKOSEINÄ	Muuntajien yleistarkastus (puhtaus, äänet, öljynpinnan korkeus ja lämpötila)		Aistinvaraisesti	
1-HALLIN ULKOSEINÄ	Muuntajien lukituksen ja puhtauden tarkastus		Aistinvaraisesti	
1-HALLIN KELLARI JA ULKOSEINÄ	Luoksepäästävyyden ja kulkuyhteyksien tarkastus		Silmämääräisesti	
CUUKAUSITARKASTUS TILA TAI KOMPONENTTI	CUUKAUSITARKASTUKSEN TEHTÄVIEN LISÄKSI, ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	11.10.2024 MITEN TEHDÄÄN	TARKASTUKSEN KESTO 8h HUOMIOITA	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Jännitteenkoettimien kunnan tarkastus	Silmämääräisellä tarkastelulla	Tarvittaessa uusinta tai ulkopuolisen toimijan tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Maadoituskoörsien kunnan tarkastus	Silmämääräisellä tarkastelulla	Tarvittaessa uusinta tai ulkopuolisen toimijan tarkastus	
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	20kV kojeiston asennon osoittimien tarkastus	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	20kV kojeiston merkinnät ovat ajantasalla	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Lattian suojamatto on ehjä ja puhdas	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Maadoitusten kunto ja kireys	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Ensiaputaulun ajantasaisuuden tarkastus	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Hätänumeron näkyvyys	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Suurjännitepääkaavio on ajantasalla	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Pienjännitekaavio on ajantasalla	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Maadoituskaavio on ajantasalla	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet ovat saatavilla	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Vanhentuneiden ohjeiden ja asiakirjojen sekä roskien poisviinti	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARIN SÄHKÖTILA	Varoituskilpien ja tilanumeron näkyvyys sisä- ja ulkopuolella	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARI JA ULKOSEINÄ	Muuntajan ja muuntajien merkintöjen sekä varoituskilpien tarkastus	Silmämääräisellä tarkastelulla		
1-HALLIN KELLARI JA ULKOSEINÄ	Näkyvyk merkkejä ilkivailla	Silmämääräisellä tarkastelulla		

TARKASTUKSET	ENSIMMÄINEN TOTEUTUS	16.10.2023 - 18.10.2023	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	TARKASTUKSIEN KESTO 3 TYÖPÄIVÄÄ	MILLOIN TEHDÄÄN	HUOMIOITA
KOMPONENTTI	KOHDE	Kiinteiden koskettimien ja muiden liukupintojen rasvaus	Kiinteiden koskettimien ja muiden liukupintojen rasvaus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein	Longtherm 2 rasvalla	
KATKAISUJA 6.9	Katkaisijat	Vaurioiden, varusteiden ja likaantumisen tarkastus	Vaurioiden, varusteiden ja likaantumisen tarkastus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.9	Katkaisijat	Maadoituseroittimien koeohjaukset	Maadoituseroittimien koeohjaukset	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.9	Katkaisijat	Kytkinkenttien puhdistus ja suojajännitelaitteiden tarkastus	Kytkinkenttien puhdistus ja suojajännitelaitteiden tarkastus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.9	Katkaisijat	Läpivientieristimien ja virtamuuntajien kiinnitysten tarkastus	Läpivientieristimien ja virtamuuntajien kiinnitysten tarkastus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.9	Suojareleet	Koestus (laukaisujat, havahtumisrajat, suojaus- ja ohjaustoiminta)	Koestus (laukaisujat, havahtumisrajat, suojaus- ja ohjaustoiminta)	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.9	Suojareleet	Paristojen vaihto	Paristojen vaihto	Fyysisesti komponentissa	Fail battery indikaattori tai 10 vuoden välein	Lithium paristo 3V/1Ah CR 1/2 AA, tilnro 6127 101 501	
KATKAISUJA 6.9	Kojeisto	Osittaispurkauskuvaus	Osittaispurkauskuvaus	Akustisella kameralla	vuoden välein		
KATKAISUJA 6.9	Kojeisto	Lämpökamerakuvaus	Lämpökamerakuvaus	Lämpökameralla	vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Katkaisijat	Kiinteiden koskettimien ja muiden liukupintojen rasvaus	Kiinteiden koskettimien ja muiden liukupintojen rasvaus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein	Longtherm 2 rasvalla	
KATKAISUJA 6.1	Katkaisijat	Vaurioiden, varusteiden ja likaantumisen tarkastus	Vaurioiden, varusteiden ja likaantumisen tarkastus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Katkaisijat	Maadoituseroittimien koeohjaukset	Maadoituseroittimien koeohjaukset	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Katkaisijat	Kytkinkenttien puhdistus ja suojajännitelaitteiden tarkastus	Kytkinkenttien puhdistus ja suojajännitelaitteiden tarkastus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Katkaisijat	Läpivientieristimien ja virtamuuntajien kiinnitysten tarkastus	Läpivientieristimien ja virtamuuntajien kiinnitysten tarkastus	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Suojareleet	Koestus (laukaisujat, havahtumisrajat, suojaus- ja ohjaustoiminta)	Koestus (laukaisujat, havahtumisrajat, suojaus- ja ohjaustoiminta)	Fyysisesti komponentissa	3 vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Suojareleet	Paristojen vaihto	Paristojen vaihto	Fyysisesti komponentissa	Fail battery indikaattori tai 10 vuoden välein	Lithium paristo 3V/1Ah CR 1/2 AA, tilnro 6127 101 501	
KATKAISUJA 6.1	Kojeisto	Osittaispurkauskuvaus	Osittaispurkauskuvaus	Akustisella kameralla	vuoden välein		
KATKAISUJA 6.1	Kojeisto	Lämpökamerakuvaus	Lämpökamerakuvaus	Lämpökameralla	vuoden välein		
KUORMAEROTIN +01	Kuormaerotin	Erottimen ja maadoituskytkimen auki/kiinni ohjausten toiminnan toteaminen	Erottimen ja maadoituskytkimen auki/kiinni ohjausten toiminnan toteaminen	Mekaanisesti testaamalla	3 vuoden välein		
KUORMAEROTIN +01	Kuormaerotin	Osittaispurkauskuvaus	Osittaispurkauskuvaus	Akustisella kameralla	vuoden välein		
KUORMAEROTIN +01	Kuormaerotin	Lämpökamerakuvaus	Lämpökamerakuvaus	Lämpökameralla	vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +04	Varokeuormaerotin	Erottimen ja maadoituskytkimen auki/kiinni ohjausten toiminnan toteaminen	Erottimen ja maadoituskytkimen auki/kiinni ohjausten toiminnan toteaminen	Mekaanisesti testaamalla	3 vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +04	Varokeuormaerotin	Sulakelaukaisumekanismien toiminnan toteaminen	Sulakelaukaisumekanismien toiminnan toteaminen	Testusulakeella	3 vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +04	Varokeuormaerotin	"Sulake palanut" ja erottimen aseennon indikoimien toteaminen	"Sulake palanut" ja erottimen aseennon indikoimien toteaminen	Silmämääräisesti	3 vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +04	Varokeuormaerotin	Osittaispurkauskuvaus	Osittaispurkauskuvaus	Akustisella kameralla	vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +04	Varokeuormaerotin	Lämpökamerakuvaus	Lämpökamerakuvaus	Lämpökameralla	vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +05	Varokeuormaerotin	Erottimen ja maadoituskytkimen auki/kiinni ohjausten toiminnan toteaminen	Erottimen ja maadoituskytkimen auki/kiinni ohjausten toiminnan toteaminen	Mekaanisesti testaamalla	3 vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +05	Varokeuormaerotin	Sulakelaukaisumekanismien toiminnan toteaminen	Sulakelaukaisumekanismien toiminnan toteaminen	Testusulakeella	3 vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +05	Varokeuormaerotin	"Sulake palanut" ja erottimen aseennon indikoimien toteaminen	"Sulake palanut" ja erottimen aseennon indikoimien toteaminen	Silmämääräisesti	3 vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +05	Varokeuormaerotin	Osittaispurkauskuvaus	Osittaispurkauskuvaus	Akustisella kameralla	vuoden välein		
VAROKEUORMAEROTIN +05	Varokeuormaerotin	Lämpökamerakuvaus	Lämpökamerakuvaus	Lämpökameralla	vuoden välein		

TARKASTUKSET		ENSIMMÄINEN TOTEUTUS 10.8.2023		TARKASTUKSEN KESTO 8h	
KOMPONENTTI	KOHDE	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	MILLOIN TEHDÄÄN	
110/21kV ÖLJYMUUNTAJA PM1	Muuntaja	Öljyanalyysi	Näytteen analysointi laboratoriossa	3 vuoden välein	
110/21kV ÖLJYMUUNTAJA PM1	Ylijännitesuojat, eristimet, kaapelipäätteet ja suojakondensaattorit	Osittaispurkauksuuvauus	Akustisella kameralla	vuoden välein	
110/21kV ÖLJYMUUNTAJA PM1	Muuntaja	Lämpökamerakuuvauus	Lämpökameralla	vuoden välein	
20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M2	Öljy	Öljyanalyysi	Näytteen analysointi laboratoriossa	3 vuoden välein	
20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M2	Muuntaja	Osittaispurkauksuuvauus	Akustisella kameralla	vuoden välein	
20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M2	Muuntaja	Lämpökamerakuuvauus	Lämpökameralla	vuoden välein	
20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M3	Öljy	Öljyanalyysi	Näytteen analysointi laboratoriossa	3 vuoden välein	
20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M3	Muuntaja	Osittaispurkauksuuvauus	Akustisella kameralla	vuoden välein	
20/0,4kV ÖLJYMUUNTAJA M3	Muuntaja	Lämpökamerakuuvauus	Lämpökameralla	vuoden välein	

TARKASTUKSET		ENSIMMÄINEN TOTEUTUS EI TEHDÄ		TARKASTUKSEN KESTO YHTEENSÄ 16h	
KOMPONENTTI	KOHDE	MITÄ TARKASTETAAN / TEHDÄÄN	MITEN TEHDÄÄN	MILLOIN TEHDÄÄN	HUOMIOITA
ILMAKATKAISIJA 3.Q0	Ilmakatkaisija	Toiminnan testaus ja rasvaus	Fyysisesti komponenttissa	6 kuukauden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian
ILMAKATKAISIJA 4.Q0	Ilmakatkaisija	Toiminnan testaus ja rasvaus	Fyysisesti komponenttissa	6 kuukauden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian
EROTIN 3.Q1	Eroin	Toiminnan testaus ja rasvaus	Fyysisesti komponenttissa	5 vuoden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian
EROTIN 3.Q1	Venttiililautanen	Puhdistus	Fyysisesti komponenttissa	5 vuoden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian
EROTIN 4.Q1	Eroin	Toiminnan testaus ja rasvaus	Fyysisesti komponenttissa	5 vuoden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian
EROTIN 4.Q1	Venttiililautanen	Puhdistus	Fyysisesti komponenttissa	5 vuoden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian
KOKO KESKUS	Keskus	Lämpökamerakuuvauus	Lämpökameralla	2 vuoden välein	Ei suoriteta, koska keskus vaihdetaan pian