

# **Nosto -ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmien tarkastusohjelma ja käyttöiän hallinta**

Jesse Hämäläinen

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2020  
Tekniikan ala  
Insinööri (AMK), Sähkö -ja automaatiotekniikka

Tekijä(t) Hämäläinen Jesse	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Maaliskuu 2020
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Nosto -ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmien tarkastusohjelma ja käyttöiän hallinta</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK) Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn ohjaaja(t) Kuisma Ari, Flyktman Teppo		
Toimeksiantaja(t) Fortum Power and Heat Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Erilaiset nosto -ja siirtolaitteet toimivat maailmalla monissa erilaisissa käyttöympäristöissä ja tarkoituksissa. Ne ovat muuttuneet aikojen kuluessa vahvasti automatisoiduiksi ja sähköistetyiksi laitteiksi. Nosto -ja siirtolaitteet tarvitsevat tarkastusohjelman, jotta voidaan olla varmoja niiden toimintakunnosta koko käyttöiän ajan. Työ tehtiin Fortum Oyj:n ydinvoimalaitokselle. Tavoitteena oli selvittää, miten nosto- ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmät tulisi tarkastaa niin, että saadaan riittävä varmuus sähköjärjestelmien toimintakuntoisuudesta ja ylläpidetään ydinlaitos ympäristössä vaadittava turvallisuuden taso.</p> <p>Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään oikeat toimenpiteet tarkastuksissa ja tarkastustaajuudet, sillä sähköjärjestelmän täytyy olla toimintakykyinen ja turvallinen kun nosturilla on käyttöä. Lisäksi tarkastusten kohteiden, jaksotusten ja käytettävien resurssien täytyi olla järkevästi suunniteltu.</p> <p>Työ toteutettiin tutustumalla alan teoriaan, analysoimalla teoriaa ja taustatietoja kokouksissa ja haastatteluissa asiantuntijoiden ja tarkastajien kanssa, sekä tekemällä tarkastuksia ja koestuksia nostureille.</p> <p>Työn tuloksena saatiin laadittua tarkastusohjelma nosto -ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmille, samassa yhteydessä suunniteltiin myös nosto -ja siirtolaitteille mekaanisen puolen tarkastusohjelma.</p> <p>Tarkastusohjelma otetaan eri tahojen hyväksynnän jälkeen käyttöön. Opinnäytetyö toimii perustana tuleville tarkastuksille, sekä mallina tarkastusten suunnittelijoille. Tarkastusohjelman on tarkoitus kehittyä ja elää ajan myötä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Nostolaitteet, siirtolaitteet, tarkastukset, käyttöikä		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Hämäläinen Jesse	Type of publication Bachelor's thesis	Date March 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 62	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Planning and lifetime management of electrical systems for cranes and lifting equipment</b>		
Degree programme Bachelor's degree programme in Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Kuisma Ari, Flyktman Teppo		
Assigned by Fortum Power and Heat Oy		
Abstract <p>There are different types of cranes and lifting equipment all over the world in different operating environments and purposes. As times have shifted, these devices have changed to strongly automated and electrified machines. Cranes and lifting apparatuses need an inspection plan, so that we can be sure of their working condition during their operating lives. The work was done for Fortum Inc's nuclear powerplant. The aim of the thesis was to find out how cranes and lifting apparatuses should be inspected so that we could rely sufficiently on their electrical systems and keep the required level of safety in the nuclear powerplant environment.</p> <p>The aim of this thesis was also to find out the correct actions in the inspections and inspection frequencies, because the electrical systems must be functional and safe when the crane is in use. In addition, the audit targets, sequencing and resources used had to be reasonably designed.</p> <p>The work was done by becoming familiar with the theory of the field, analyzing the theory and background in the meetings, interviewing experts and inspectors, as well as doing inspections and tests on cranes.</p> <p>The result of the work was a new inspection program for the electrical systems of the lifting and transferring devices, as well as a mechanical inspection program for the same devices.</p> <p>The new inspection program will be implemented after approval by the different parties involved. The thesis will serve as a basis for future inspections as well as a template for inspection planners. The inspection program is designed to evolve and be modified as time passes.</p>		
Keywords/tags (subjects) Lifting devices, inspections, service life		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Työn tausta ja johdanto .....</b>	<b>7</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaaminen.....	7
1.2	Fortum Power and Heat Oy.....	9
1.3	Tutkimusmenetelmät ja aineisto.....	11
1.4	Analysointi .....	11
<b>2</b>	<b>Nostureiden sähkölaitteistot .....</b>	<b>12</b>
2.1	Nosturin rakenne ja sähkölaitteiston sijoittuminen.....	12
2.2	Komponentit.....	15
2.3	Nosturin sähköjärjestelmien ikääntymisen hallinta / käyttöiän hallinta ..	17
2.3.1	Ikääntymismekanismit sähkö- ja automaatiokomponenteissa.....	21
2.3.2	Teknologinen ikääntyminen .....	25
<b>3</b>	<b>Tarkastusohjeen sisällön vaatimukset eri tahoilta .....</b>	<b>26</b>
3.1	Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta.....	27
3.2	Säköturvallisuuslaki .....	28
3.3	Työturvallisuuslaki .....	29
3.4	Ydinturvaluokan omaavan nosturin tarkastaminen.....	30
3.5	Ei säännöllisessä käytössä olevat nosturit .....	32
3.6	Kotimaiset ohjaavat standardit ja katsaus vierasperäisiin nosturi standardeihin.....	33
3.6.1	Sähkötyöturvallisuus SFS 6002 .....	34
3.6.2	SFS-EN 60204.....	36
3.6.3	SFS-EN 13135.....	36
3.6.4	ASME B30.2-2005 .....	37
3.6.5	KTA 3903.....	39
3.7	Tarkastajien pätevyudet ja vaatimukset Suomessa .....	40
<b>4</b>	<b>Tarkastusohjelman tarkastukset .....</b>	<b>41</b>
4.1	Tarkastuksen kohteet .....	42
4.2	Aistinvaraiset tarkastukset .....	43

	5
4.3 Koeajo .....	44
4.4 Mittaukset .....	45
4.5 Esimerkki jaksotus, tekijät ja kohteet tarkastuksille .....	45
4.5.1 Vuosittainen määräaikaistarkastus .....	47
4.5.2 Kahden vuoden välein laajempi tarkastus.....	48
4.5.3 10- vuoden välein tehtävä perusteellinen määräaikaistarkastus ..	49
4.6 Tarkastuspöytäkirja .....	50
4.7 Lisätarkastukset.....	50
<b>5 Työn toteutus .....</b>	<b>50</b>
<b>6 Tulokset .....</b>	<b>52</b>
<b>7 Pohdinta.....</b>	<b>54</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>56</b>
<b>Liitteet.....</b>	<b>60</b>
Liite 1. VNa 403/2008 tarkastukset .....	60
Liite 2. KTA 3903 mukaiset sähkötekniset määräaikaistarkastukset.....	61
Liite 3. Tarkastustaajuus .....	62

## Kuviot

Kuvio 1 Siltanosturin kaaviokuva (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1982, 9, muokattu). .....	13
Kuvio 2 Esimerkki tyypillisestä nosturin sähkön syöttöjärjestelmästä (SFS-EN 60204-32, 64, muokattu). .....	15
Kuvio 3 Esimerkki tyypillisestä nosturin sähkölaitteistosta (SFS-EN 60204-32, 26, muokattu). .....	16
Kuvio 4 Järjestelmällinen ikääntymisen hallinta prosessina (IAEA 2009, 31, muokattu.) .....	18
Kuvio 5 Nosturin elinkaari. (Konecranes 2003, muokattu.) .....	19
Kuvio 6 Modernisoinnin oikea ajoitus vaikuttaa merkittävästi laitteen käyttökustannuksiin (Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä? 2018, muokattu). .....	20
Kuvio 7 Nostureiden tarkastuksiin ja kunnossapitoon vaikuttava lainsäädäntö..	26
Kuvio 8 Nostolaitteiden tarkastukset .....	27
Kuvio 9 Nostureihin liittyviä EN standardeja, sekä pääaiheet mitä niissä käsitellään (Teräsrakentamisen T&K- päivät, 2013, muokattu.) .....	34
Kuvio 10 Ammatti-ihmisten suorittamaan huoltoon ja tarkastuksiin vaadittava informaatio SFS-EN 82079-1 mukaisesti. (SFS-EN 82079-1:2012, 48.) .....	41
Kuvio 11 Esimerkki nosturin tarkastukset 10 vuoden syklissä .....	46

## Taulukot

**Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytynyt.**

# 1 Työn tausta ja johdanto

Nosturilla tarkoitetaan koneella toimivaa nostolaitetta, jonka käyttötarkoitus on kuorman nostaminen, laskeminen ja siirtäminen. Nostureita käytetään paljon esimerkiksi teollisuudessa ja satamissa materiaalien käsittelyyn. Nostureiden historia juontaa juurensa antiikin aikoihin, josta ne ovat kehittyneet ihmisten lihasvoimaa voimanlähteenä käyttävistä työvälineistä nykypäivän automatisoiduiksi moderneiksi nosto- ja siirtojärjestelmiksi.

Teollisuudessa nostojen yhteydessä tapahtuvat tapaturmat ovat usein normaalia vakavampia, nostoissa käsitellään usein suuria taakkoja, jotka pudotessaan aiheuttavat vakavia vammoja, jos niiden alle sattuu jäämään. Nostojen huolellisen suunnittelun, osaavien ja koulutettujen ja pätevyudet omaavien työntekijöiden, riittävän näkyvyyden, varovaisuuden ja huolellisuuden ja oikeiden työtapojen lisäksi tulee nosturit tarkastaa määräajoin, jotta ne olisivat työkunnossa ja turvallisesti käytettävissä. Tarkastusten lisäksi tehdään käytön seuranta ja kerätään dataa nosturin käytöstä koko sen elinkaaren ajan, sillä nosturit on suunniteltu toimimaan vain suunnittelun ajan, joka määräytyy syklien ja kuormaspektrien perusteella. Tarkastuksilla ja käytön seurannalla voidaan todeta laitteiston kunto.

## 1.1 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaaminen

Opinnäytetyön taustalla on Fortum Power and Heat Oy:n tarve uudelle tarkastusohjelle Loviisan voimalaitoksen reaktorihallin modernisoiduille Polar -nostureille. Polar -nosturit ovat ympyrän muotoisella radalla toimivia polaari -nostureita, joita käytetään reaktorihallin nostoihin. Nostureiden rakenteista ja tyypeistä enemmän kappaleessa 2.1. Polar -nostureiden modernisaatio on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa laitoksen turvallisuutta ja käytettävyyttä parannettiin vuonna 2018 esimerkiksi automaatiojärjestelmä uudistuksilla sekä turvallisuusparannuksilla sekundääripiirissä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten nosto- ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmät tulisi tarkastaa niin, että saadaan riittävä varmuus sähköjärjestelmien toimintakuntoisuudesta ja ylläpidetään vaadittava turvallisuuden taso. Ydinlaitos ympäristössä laitteet luokitellaan järjestelmien ja rakenteiden lisäksi turvallisuusluokkiin 1,2 ja 3 sekä EYT- luokkaan (ei ydinteknisesti turvallisuusluokiteltu) niiden merkityksen kannalta turvallisuustoimintojen toteuttamiselle. Nämä turvallisuusluokat asettavat ydinlaitos ympäristössä tiettyjä vaatimuksia laitteille ja niiden kunnossapidolle. (Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu, 2019.)

Opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään oikeat toimenpiteet tarkastuksissa ja tarkastustaajuus, sillä sähköjärjestelmän täytyy olla toimintakykyinen ja turvallinen kunnosturilla on käyttöä. Lisäksi tarkastusten kohteiden, jaksotusten ja käytettävien resurssien täytyi olla järjestelmällisesti suunniteltuja. Tarkastusten organisointi haluttiin suorittaa mahdollisimman tehokkaasti niin, että vältetään päällekkäisiä tarkastuksia eri tarkastajaryhmien välillä, varmistuen kuitenkin, että kaikki tarvittavat tarkastukset ja koestukset tulee tehtyä. Lisäksi tarkastusten suunnittelussa täytyi kohdistaa tarkastukset oikeille ryhmille ja osa-alueille.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan nostureiden sähköjärjestelmien tarkastamista ja ikääntymisen hallintaa yleisellä tasolla laitosturvallisuuden ja aiheen laajuuden vuoksi, sekä helpomman jatkokäytön takia. Nostureiden tarkastamiseen liittyy sähkötekniikan lisäksi paljon mekaanisia toimenpiteitä ja tarkastuksia, joihin ei perehdytä tässä opinnäytetyössä sen yksityiskohtaisemmin.

Tutkimuskysymykseksi oli muotoiltu: ”Millä tavalla tarkastaen saadaan riittävä varmuus nosto- ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmien toimintakuntoisuudesta”? lisäkysymyksinä, joihin etsittiin vastausta:

- Mitä täytyy tarkastaa ja miksi?
- Miten turvaluokan omaava nosturi tulisi tarkastaa?
- Kuinka usein tarkastetaan? Mikä on tarkastustaajuus?
- Miten ennustetaan järjestelmän jäljellä oleva käyttöikä?



Tarkastusohjeen täytyi olla perusteellisesti suunniteltu ja sen tuli myös perustua asianomaisiin lakeihin, asetuksiin, säädöksiin, sääntöihin sekä kokemuksiin.

Toimeksiantajalle tehtiin tarkastusohjelma nosturien sähköjärjestelmille opinnäytetyöprosessin aikana analysoidulla tiedolla. Ohje tehtiin siten, että sitä voidaan soveltaa jatkossa myös muilla nosturityypeillä rajaten tai lisäten laitekohtaisesti toimenpiteitä, ottaen huomioon tarkastuksen kohteena olevan nosturin todellisen käytön volyymin, käyttötarkoituksen, ympäristön ja rakenteen. Tarkastusohjelman mitoittaminen nosturin todellisen käytön mukaisesti oli keskeinen asia työssä, monesti valmistajat suunnittelevat huolto- ja tarkastusohjelman tietyn mallin mukaisesti, eikä todellisen käytön mukaisesti resurssien käytön ja taloudellisen näkökulman takia.

## 1.2 Fortum Power and Heat Oy

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Fortum Power and Heat Oy. Työ toteutettiin yhtiön Loviisan voimalaitoksella. Fortum on suomalainen energiayhtiö, jonka toiminnan osa-alueita ovat sähkön, lämmön, jäähdytyksen ja resurssitehokkuuden kehitys ja tarjoaminen kuluttajille. Fortum tarjoaa myös jätehuoltopalveluja, sekä esimerkiksi energia-alan asiantuntijapalveluita. Fortum on keskittynyt pääasiassa kestävään energiantuotantoon. Fortumin arvoja ovat uteliaisuus, vastuullisuus, rehellisyys ja kunnioitus. (Toimimme puhtaamman maailman puolesta 2019.)

Fortumilla on yli 150 voimalaitosta, jotka tuottavat energiaa vesivoimalla, CHP:llä (sähkön ja lämmön yhteistuotanto), lauhdutinteknologialla, ydinvoimalla, aurinkoenergialla ja tuulivoimalla. Yli puolet Fortumin sähköntuotannosta Suomessa ja pohjoismaissa on hiilidioksidipäästötöntä, hiilidioksidipäästöjen pienentämiseen keskittyminen kuuluu yrityksen ajatusmaailmaan. Fortum on yksi suurimmista lämmöntuottajista maailmassa, ja sähköntuottajana kolmanneksi suurin pohjoismaissa. Fortum on suomalainen yhtiö, jonka perustamisen juuret ovat Neste Oy:n ja Imatran

Voima Oy:n yhdistymisessä vuonna 1998. Pääkonttori sijaitsee Suomessa, Espoon kaupungissa. (Toimimme puhtaamman maailman puolesta 2019.)

Fortumilla on noin 8000 työntekijää, ja toimintaa kymmenessä eri maassa erilaisissa tehtävissä. Sähkönkuluttaja- asiakkaita on noin 2,5 miljoonaa. Päämarkkina alueita ovat Ruotsi, Norja, Suomi, Venäjä, Liettua, Puola, Latvia, Viro, Tanska ja Intia. (Fortum maailmalla 2019.)

Fortumin liikevaihto II/19 oli 1144 miljoonaa euroa, ja liikevoitto samana vuonna 184 miljoonaa euroa. Vuonna 2018 liikevaihto oli 5242 miljoonaa euroa. Sijoitettu pääoma vuonna 2018 oli 18170 miljoonaa euroa. (Taloudelliset tunnusluvut ja analyysityökalu 2019.)

2019 lokakuussa Fortum sopi ostavansa Elliott Management Corporationin ja Knight Vinke Energy Advisors Limitedin ja kyseisten yhtiöiden tytäryhtiöiden hallinnoimat Uniperin osakkeet. Uniper on suuri saksalainen julkisesti noteerattu energiayhtiö. Fortum maksaa näistä osakkeista noin 2,3 miljardia euroa ja Fortumin osuus Uniperissa nousee yli 70,5 %:iin. Fortumin tavoitteena on vakauttaa tilanne ja nopeuttaa strategiansa toteuttamista energia- alalla energiamurroksen aikana. (Fortumin Uniper -investointi 2019.)

Työn toteutuspaikassani Loviisassa on kaksi voimalaitosyksikköä, Loviisa 1 ja Loviisa 2. Loviisa 1 liitettiin Suomen ensimmäisenä ydinvoimalana sähköverkkoon vuonna 1977 ja Loviisa 2 kolme vuotta myöhemmin, vuonna 1980. Molempien yksiköiden tehon lähteenä ovat painevesireaktorit. Kummankin laitoksen kapasiteetti on 507 MW ja käyttö lupaa on jäljellä Loviisa 1 laitoksella vuoteen 2027 ja Loviisa 2 -laitoksella vuoteen 2030. (Loviisan voimalaitoksen toiminta 2019.)

### 1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tämän opinnäytetyön tietoperustan tehtävänä on toimia uudistetun nosturin sähköjärjestelmien tarkastusohjelman tietopohjana. Teoria kerättiin tähän opinnäytetyöhön pääosin laeista, asetuksista ja eri maanosien sähkö- ja mekaniikan alan standardeista. Teoria koostuu myös aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta ja laitoksen sisäisestä materiaalista.

Opinnäytetyön perustaksi valittiin laadullinen, eli kvalitatiivinen tutkimusote. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tavoite on selvittää mistä tutkittavassa ilmiössä on kyse, ymmärtämällä, tulkitsemalla ja kuvaamalla ilmiötä. Kvalitatiivisen tutkimuksen lopussa pystytään antamaan kattava kuvaus ilmiöstä verbaalisessa muodossa. (Kananen 2014, 16–18.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään ymmärtämään nosturien sähköjärjestelmien tarkastamista siihen liittyvine säädöksineen ja toimenpiteineen. Kerätyn tiedon ja sen analysoinnin tuloksena saatiin ohjelma nosturien sähköjärjestelmien tarkastamiselle, jonka yhteydessä tehtiin laitokselle mekaanisen kunnossapidon ja kunnonvalvonnan ohje.

### 1.4 Analysointi

Laadullisessa tutkimuksessa tiedonkeruu ja analyysi vuorottelevat. Aineiston analysoimisen jälkeen kerätään uutta aineistoa, joka analysoidaan taas. Tätä kiertoa voi jatkaa useita kertoja, laadullisessa tutkimuksessa ei määritellä alkuun mitä tietoa ja paljonko tietoa tarvitaan tutkimukseen. (Kananen 2014, 99–100.) Aineisto kerättiin tarkastuksen osa-alue kerrallaan, kunnes saatiin vastaus tutkimuskysymyksiin ja saatiin riittävä ymmärrys kokonaisuudesta ohjeen kirjoittamista varten. Kerättyä tietoa tarkasteltiin kokouksissa. Kokouksissa saatujen ideoiden jälkeen kerättiin lisää aineistoa, joka analysoitiin taas, kunnes päästiin vaadittavaan lopputulokseen.

## 2 Nostureiden sähkölaitteistot

Nosturilla tarkoitetaan valtioneuvoston päätöksen työvälineiden turvallisesta käytöstä mukaisesti koneella toimivaa nostolaitetta, jonka käyttötarkoitus on kuorman nostaminen, siirtäminen ja laskeminen. Kuorma liikkuu nostoköyden (tai muun vastaavaan, esim. ketjun) ohjaamana. Määritelmä koskee sellaisia nostureita, joiden enimmäiskuorma on yli 500 kg. Alle 500kg nostokyvyn nosturit tarkastetaan kerran vuodessa riittävän kokemuksen tai koulutuksen omaavan tarkastajan toimesta. (VNP 1403/1993.)

Nostolaitteyksikkö on termi, jolla tarkoitetaan nosto- ja siirtolaitteita sisältäen niiden mekaaniseen rakenteeseen ja kulkurataan kuuluvat osat sekä niiden toimintaan vaikuttavat automaatio- ja sähköjärjestelmät sekä muut kiinteät apujärjestelmät, kuten hydrauliset ja pneumaattiset järjestelmät. (Määritelmät N.d.)

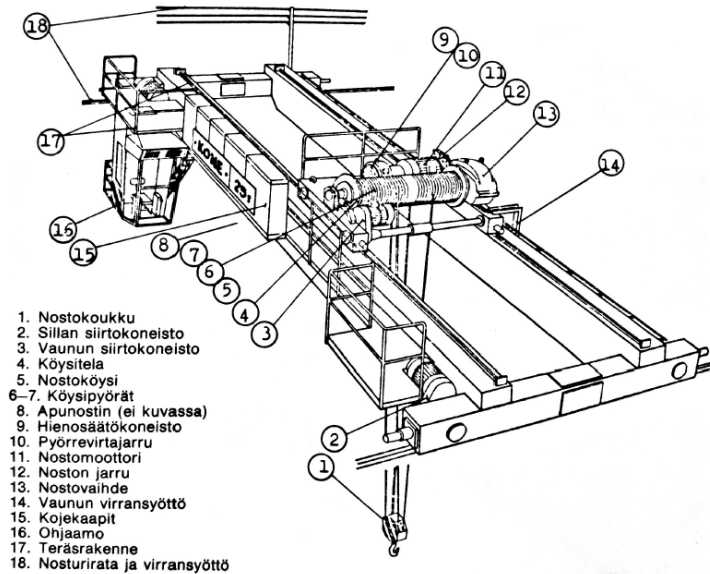
Nostureita käytetään monissa eri tehtävissä erilaisissa ympäristöissä, olosuhteet voivat olla erittäin vaativia ja käyttöaste suuri. Nosturit voidaan myös kategorisoida monella eri tavalla. Tässä työssä käsitellään esimerkeissä pääosin köysinostin- tyyppisiä teollisuus- ja prosessinostureita.

Teollisuus- ja prosessiympäristössä käytetään raskaissa nostoissa pääasiallisesti siltanostureita, pukkinostureita ja polaarinnostureita. Kevyemmän luokan nosturit ovat usein pylväs- tai seinäkääntönostureita, jotka ovat yksinkertaisempia toiminnaltaan. Tavallisin käyttölaite nostureissa on sähkömoottori, mobilisoidut, esimerkiksi ajoneuvonosturit toimivat usein polttomoottorilla.

### 2.1 Nosturin rakenne ja sähkölaitteiston sijoittuminen

Nostureissa sähkölaitteet sijaitsevat usein ympärisijoitettuna erillään toisistaan. Kuviossa 1 on esitetty siltanosturin ja nostovaunun kaaviokuva. Kuvassa näkyy siltanosturin perusrakenne, kahden kiskon välissä kulkeva silta, sekä sillan päällä liikkuva vaunu, johon on asennettu nostin. Kuvassa oleva ohjaamo voi sijaita muuallakin, kuin

nosturin palkin kyljessä, esimerkiksi täysin erillään vaikkapa kiinteässä rakennuksessa. Nosturia ohjataan kuvassa esiintyvän ohjaamon lisäksi usein erillisestä kiinteästä ohjaamosta tai langattomasti radio-ohjaimella. Myös riippuvat painonappiohjaimet ovat yleisiä, sekä useamman kuin yhden ohjaustavan soveltaminen samassa nosturissa. (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1982, 8.) Nykyään käytetään myös kauko-ohjattuja nostureita, joita ohjataan fyysisesti eri sijainnista, kuten valvomosta.



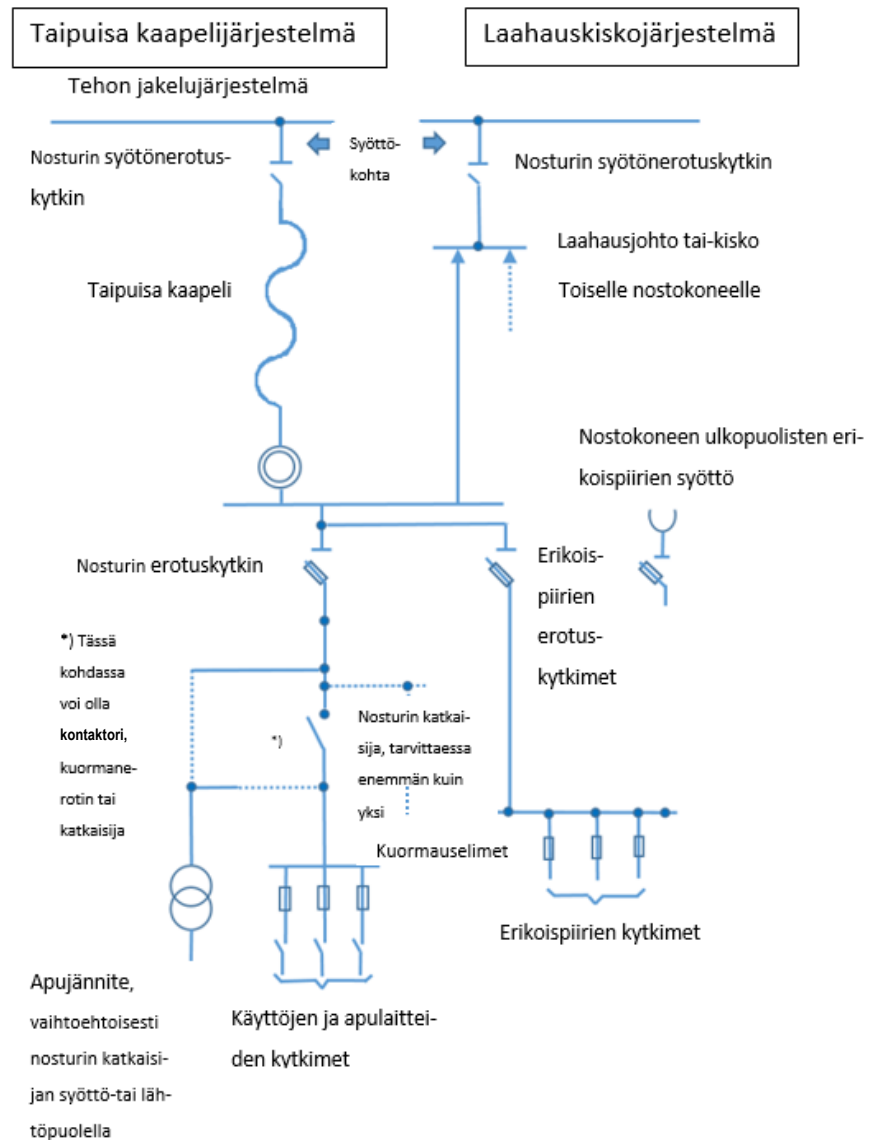
Kuvio 1 Siltanosturin kaaviokuva (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1982, 9, muokattu).

Kuvan tyyppisessä siltanosturissa sähkökeskukset ja komponentit sijoittuvat usein ulkopuolelle tai joissain tapauksissa palkin sisälle, jos siellä on riittävä kävelykorkeus. Ohjauskeskukset ja pääkeskus voivat sijaita myös esimerkiksi erillisessä ohjaushuoneessa, ohjaamossa. Häätäpysäytyslaitteiden, eli hätäpysäytyksen käsin käynnistettävä ohjauslaite, täytyy löytyä jokaisesta nosturin ohjauspaikasta. (SFS-EN 60204-32, 132.) Häätäpysäytyslaitteita voi olla täten sijoitettuina esimerkiksi lattiatasossa, ohjaamossa, keskuksessa, palkin sisällä/päällä tai radio-ohjaimissa.

Sähkömoottorit ja kaapelit sijaitsevat ympäri nosturia, moottoreita on vähintään yksi, yleensä kuitenkin useita, ja niiden tehtävinä on nosturityypistä riippuen esimerkiksi

vaunun siirto, sillan siirto ja nostojen voimanlähteenä toimiminen. Moottorit, köysitelat ja vaihdelaatikot muodostavat yhdessä nostokoneiston, joka sijaistee vaunussa. Kaapelien tehtävänä on tehonjakelu ja tiedon siirto. Myös erilaisia antureita ja rajakytkimiä on ympäri runkoa antamassa tietoa asennoista, kulumista ja lämpötiloista. Rajakatkaisijoita käytetään myös turvajärjestelmissä, esimerkiksi rajakatkaisijat, jotka asennetaan ajoradan päätyihin, pysäyttävät nosturin, kun nosturi liikkuu ajoratansa päädyn kohdalle. Rajakatkaisijoiden lisäksi myös puskureita käytetään yleisesti pysäyttämään nostureita. (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1982, 9.)

Tehon syöttö tapahtuu nostureissa syötön erotuskytkimen kautta taipuisilla syöttökaapeleilla, laahausjohdoilla- tai kiskoilla. Isommissa nostureissa itsessään käytetään yleensä pääkontactoria, joka vedätetään ohjausvirtapiirillä (SFS-EN 60204-32, 26.) Kuviossa 2 on kuvattuna esimerkki tyypillisestä nosturin sähkönsyöttöjärjestelmän rakenteesta.



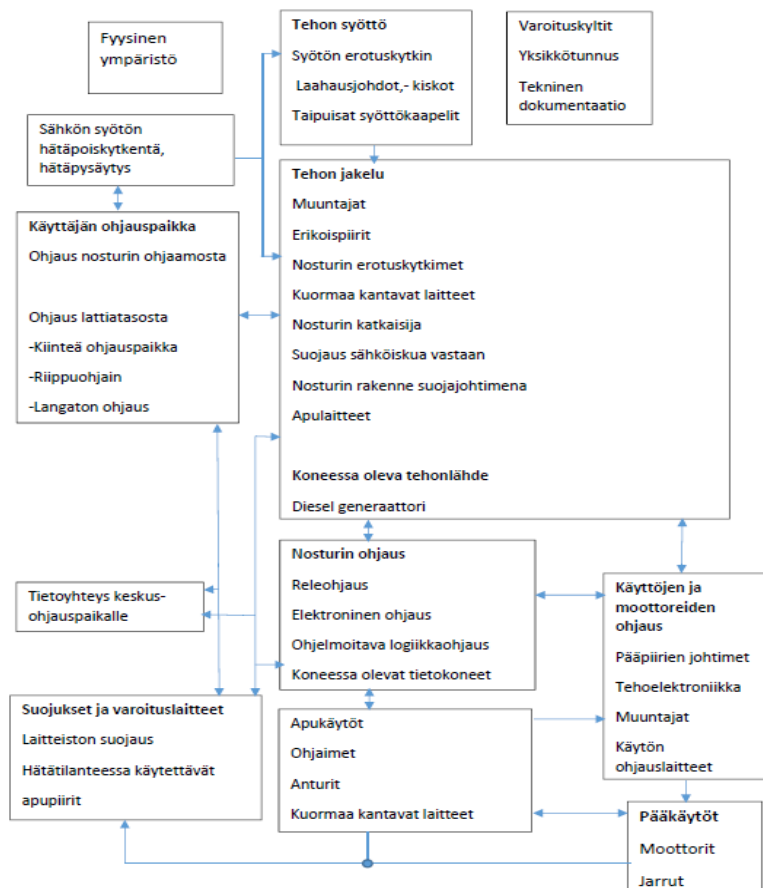
Kuvio 2 Esimerkki tyypillisestä nosturin sähkön syöttöjärjestelmästä (SFS-EN 60204-32, 64, muokattu).

## 2.2 Komponentit

Nostureiden sähköjärjestelmät koostuvat useista sähkölaitteista, voidaan puhua sähkölaitteistoista. Sähköturvallisuus lain 4 §:ssä määritellään, että sähkölaitteet ovat

laitteita, joiden tehtävänä on tuottaa, välittää ja muuttaa sähköenergiaa, sekä suojata sähköverkkoa, kun taas sähkölaitteisto tarkoittaa: ”kiinteää asennusta tai muuta vastaavaa sähkölaitteista ja mahdollisesti muista laitteista, tarvikkeista ja rakenteista koostuvaa toiminnallista kokonaisuutta.” (L 16.12.2016/1135.)

Nosturien sähkölaitteita ovat esimerkiksi erilaiset kaapelit, kiskot, kytkimet, muuntajat, katkaisijat, generaattorit, moottorit, anturit jne. Kuviossa 3 on esitelty tyypillinen nosturin sähkölaitteisto. Nostureissa sähkölaitteet sijaitsevat usein suhteellisen kaukana toisistaan. (L 16.12.2016/1135.)



Kuvio 3 Esimerkki tyypillisestä nosturin sähkölaitteistosta (SFS-EN 60204-32, 26, muokattu).



## 2.3 Nosturin sähköjärjestelmien ikääntymisen hallinta / käyttöiän hallinta

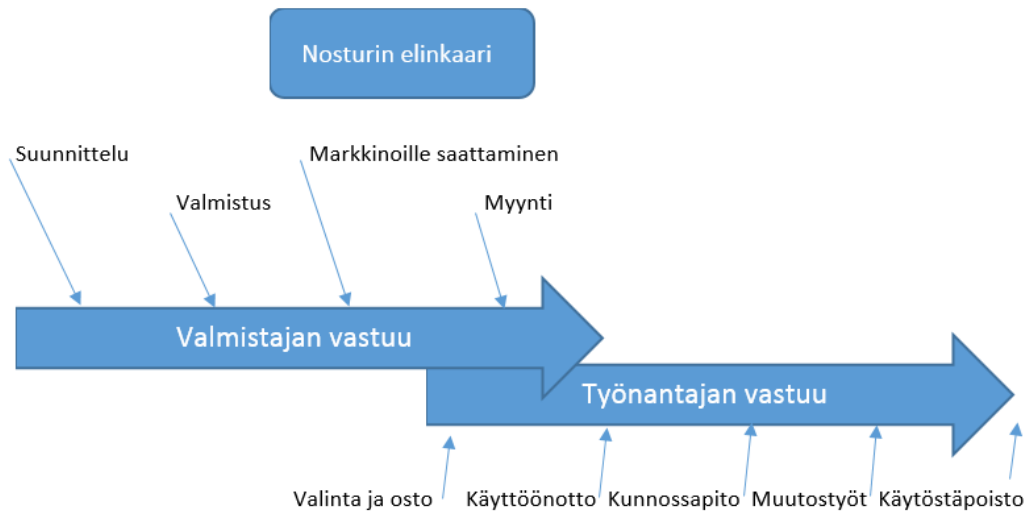
Nosturit ja niiden sisältämät sähkötekniset- ja mekaaniset komponentit eivät kestä käyttöä ikuisesti. Jokaisen työjakson aikana useat eri komponentit rasittuvat. Teräsrakenteet ja koneistot kuluvat kuormituksen mukaan, eikä suoraan ajan kulumisen myötä. Työjaksojen lukumäärä vaikuttaa verrannollisesti rakenteiden elinikään, ja työjaksojen kesto vaikuttaa koneistojen elinikään. Käytettävä kuorma vaikuttaa epälineaarisesti elinikään. Jäljellä olevaa elinikää voidaan arvioida vertaamalla nosturin käyttömäärää standardeissa määriteltyihin suunnittelurajoihin. (Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä? 2018.)

Ikääntymistä seurataan ja havainnoidaan järjestelmällisesti. Kuviossa 4 on esitetty järjestelmällinen ikääntymisen hallinta prosessina. Ikääntymisen vaikutusten havaitsemista ja arviointia voidaan tehdä testaamalla ja kalibroimalla, ennakkohuolloilla, ”In Service Inspection (ISI) ”- testeillä, valvonnalla, vuotojen havaitsemisella, tärinänvalvonnalla, toimintakyvyn arvioinnilla ja kirjanpidolla. (IAEA 2009, 31.)



Kuvio 4 Järjestelmällinen ikääntymisen hallinta prosessina (IAEA 2009, 31, muokattu.)

Nosturit on suunniteltu toimimaan vain rajallisen ajan, joka on määritelty kuormitus-sykleillä ja kuormaspektrillä. Teollisuusnosturien tyyppillinen suunniteltu käyttöikä on modernisoimattomana noin 10- 20 vuotta. Tarkastukset ja käytön seuranta ovat menetelmiä, jotka kertovat yhdessä laitteiston kunnosta. Käytön seuranta ei sulje pois määräaikaistarkastuksia. (SFS-ISO 12482, 5.) Kuviossa 5 esitetty nosturin elinkaari.

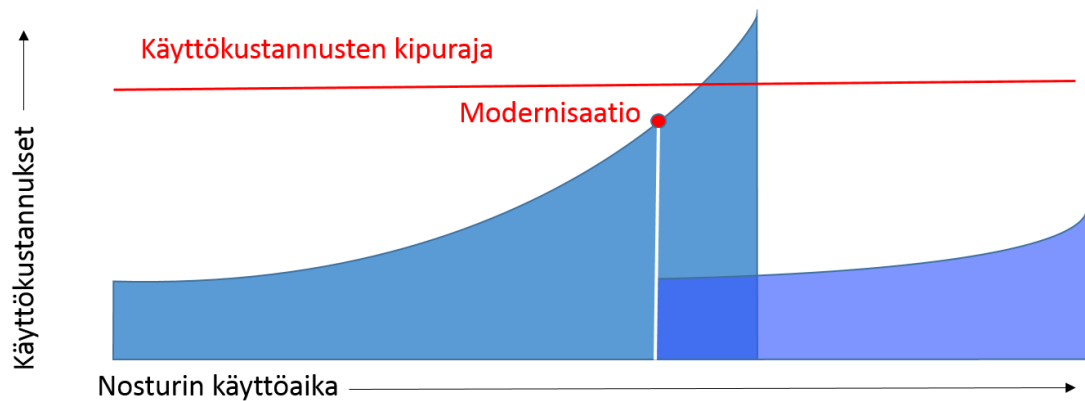


Kuvio 5 Nosturin elinkaari. (Konecranes 2003, muokattu.)

Määräaikaistarkastuksilla pystytään huomaamaan yleiset riskit ja poikkeamat, mutta niillä ei välttämättä huomata niiden taajuuden vuoksi esimerkiksi rakenteiden väsymisestä johtuvia ongelmia, jos tarkastusten väliä ei ole mitoitettu todellisen käytön mukaisesti. Komponenttien vanhetessa, ikääntymisilmiöitä alkaa ilmetä, ja näillä ilmiöillä on vaikutusta turvallisuuteen, tehokkuuteen ja talouteen. (Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä? 2018.)

Nosturien vikataajuus kasvaa ajan myötä ja sen mukana myös huoltotarve. Käyttökustannukset suurenevat tämän vuoksi ajan kuluessa. Nosturin elinkaaren vaiheen tunteminen helpottaa tarkastusten suorittamista, komponenttien vaihtoa sekä modernisointeja oikealla hetkellä. Oikeana ajan hetkenä tehdyt tarkastukset, komponenttien vaihdot ja modernisoinnit vähentävät kustannuksia, joten elinkaaren analysoiminen on taloudellisesti kannattavaa (ks. kuvio 5). (Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä? 2018.)

Esimerkiksi hallintalaitteiden modernisointi saattaa johtaa laajaan sähkölaitteiden modernisointiin, tähän voi kuulua ohjaamon, kaapeloinnin, hallintalaitteiden, ylivirtasuojauksen ja rajakytkimien uusinta täysin. Modernisointikustannukset voivat kasvaa tällaisissa tilanteissa suuriksi, ja kustannukset saattavat olla merkittäviä nosturin käyttöarvoon nähden. (Pahkala 1991, 4.)



Kuvio 6 Modernisoinnin oikea ajoitus vaikuttaa merkittävästi laitteen käyttökustannuksiin (Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä? 2018, muokattu).

Elinkaarianalyysillä voidaan toteuttaa SFS-ISO 1248:2017 vaatimus määräaikaistarkastuksessa tehtävästä elinkaarilaskelmasta. Nosturin omistajan on pidettävä kirjaa nosturin käytöstä. Kirjaa on pidettävä myös huolloista, tarkastuksista, korjauksista, muutoksista ja poikkeuksellista tapahtumista, kuten ylikuormituksesta, äärimmäisistä sää- oloista ja törmäyksistä. Dokumenttien ajan tasalla olo suositellaan tarkistettavaksi vähintään kerran vuodessa määräaikaistarkastuksen yhteydessä, jos dokumentit eivät ole ajantasalla ne päivitetään. (SFS-ISO 12482, 7.)

Nosturin elinkaarta voidaan seurata vertaamalla suunniteltua työjaksojen määrää ja tämänhetkistä työjaksojen määrää. Yksi työjakso on SFS-ISO 12482 standardin mukaan seuraavanlainen sykli: kuorman nosto, kuorman siirto, kuorman lasku, kuorman irrotus ja kuormattoman nostolaitteen siirto takaisin lähtöasentoon. Nosturin käytöstä ja työhistoriasta voidaan kerätä tietoa joissakin laitteissa erikseen tarkoitukseen tehdyllä järjestelmällä, joka tallentaa tietoa automaattisesti. Myös laskuri voi olla käytössä, josta käyttäjä kerää tiedot manuaalisesti. Käyttöhistoria voidaan myös

laskea sen toimintapaikan tuotantotiedoilla. Automaattinen datan tallennusjärjestelmä on vaihtoehtoista luotettavin. (SFS-ISO 12482, 7.)

Sähkölaitteita ajatellen, laitteiden kunnosta voidaan saada tietoa tutkimalla esimerkiksi moottoreiden ja muiden laitteiden momentti ja virta- käyriä, jos järjestelmässä on tähän soveltuva dataa tallentava logiikka. Vertaamalla virtakäyriä edellisten vuosien arvoihin, voidaan saada selville, onko moottorin/kaapelin virta- arvot pysyneet samana, vai onko tapahtunut esimerkiksi muutoksia, jotka kertovat laitteen kunnan laskusta. Myös värähtely mittaukset ja lämpökuvaukset kertovat paljon laitteiston kunnosta, nämä mittaukset ovat myös osa ainetta rikkomattomia tarkastuksia ja kunnanvalvontaa. (Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä? 2018.)

### 2.3.1 Ikääntymismekanismit sähkö- ja automaatiokomponenteissa

Sähköisten komponenttien tyypillisiin ikääntymismekanismeihin kannattaa perehtyä ennen tarkastusohjelman suunnittelua. Ikääntyminen aiheuttaa komponenteissa erilaisia muodon muutoksia ja ilmiöitä, joihin on kiinnitettävä huomiota laitteen elinkaaren aikana.

Ikääntymismekanismeja nostureissa ja niiden sähkö- ja automaatiokomponenteissa ovat:

#### **Sähköinen vanheneminen**

Eristeen läpilyöntilujuus pienenee jännitteen vaikutuksesta. Tämä sähköinen vanheneminen yhdessä lämpövanhenemisen ja osittaispurkausten kanssa voi johtaa sähkölujuuden menettämiseen ja tämän johdosta voi tapahtua läpilyönti, heikentyneen eristemateriaalin takia. Eristemateriaaleihin vaikuttaa myös kosteus. Suuri ilmankosteus saattaa aiheuttaa läpilyönnin eristemateriaaliin sekä korroosiota. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

## **Lämpövanheneminen**

Lämpötila aiheuttaa lämpövanhenemistä. Lämpövanheneminen heikentää ja haurastuttaa eristemateriaalien ja liittimien sähköisiä, kemiallisia ja mekaanisia ominaisuuksia. Myös orgaanisissa materiaaleissa tapahtuu lämpövanhenemistä. Ajan kuluminen vaikuttaa polymeerien materiaaliominaisuuksiin. Vetolujuus kasvaa, materiaali kovettuu, joustavuus vähenee jne. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

## **Kuluminen**

Eri mekanismeista johtuen materiaalia irtoaa kuluvilta pinnoilta. Kulumisesta seuraa painohäviöitä, mitta- ja muodonmuutoksia sekä pintojen laadun heikkenemistä. Mekaaniset ominaisuudet heikkenevät rakenteisiin kohdistuvista voimista (veto, vääntö, lämpötilan vaihtelun aiheuttama laajeneminen ja kutistuminen yms.) Myös kytkentä- ja katkaisutapahtumien ylijännitteet heikentävät materiaaleja. Alttiita ovat erityisesti eristeet, johdinliitokset sekä puhaltimet. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

## **Voiteluaineiden ja rasvojen ikääntyminen**

Voiteluaineiden ja rasvojen ikääntymiseen vaikuttavat esimerkiksi sähkövirta, säteily, separoituminen, polymeroituminen, hapettuminen ja epäpuhtaudet. Voiteluaineet ja rasvat menettävät virtaus- ja voiteluominaisuuksiaan näiden tekijöiden vuoksi. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

## **Mekaanisten ominaisuuksien heikkeneminen**

Sähköjärjestelmissä ajan myötä ongelmia aiheuttavat myös värähtelyt, jotka aiheuttavat erityisesti liittimien väsymistä. Esimerkiksi sulakepitimet väsyvät johtuen resistiivisestä lämpenemisestä (resistiivinen lämpeneminen ilmenee, kun virta kulkee johteen läpi, esimerkiksi johtimen läpi), se on laskettavissa sähkö- ja lämmönsiirtotekniikan periaatteilla. Resisttiivinen lämpeneminen on lämpökuormaa, ja on merkittävää erityisesti tehonsiirtopiirien läpivienneissä), lämpösykleistä, toistuvasta käytöstä,

sähkötransienteista ja värähtelystä. Sähköjärjestelmissä esiintyy ajan myötä myös löystymistä. Löystyminen johtuu esimerkiksi tiivisteiden kulumisesta, termisistä vaikutuksista (lämpölaajeneminen/supistuminen) tai itsestään löystymisestä (tärinä, nivelten taipuminen, syklinen tai terminen kuormitus). (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Kuitukideilmiö (Whisker)**

”Whiskerit” eli kuitukideilmiö, aiheuttaa huomaamattomia oikosulkuja esim. sähkökaapeissa. Tässä ilmiössä sinkki-, tina- ja hopeapinnoitteissa alkaa kasvamaan todella ohuita karvamaisia metallikiteitä. Alttiita kohteita ovat kaappien lisäksi kaapelikourut ja releiden koskettimet. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Metallien diffuusio**

Sähkö- ja automaatiolaitteiden juotoksissa esiintyy ajan myötä metallien diffuusiota, eli materiaalien rakenteen muutosta virran aikaansaamasta kuumentumisesta johtuen. Voi johtaa johtavuuden ja mekaanisten ominaisuuksien huonontumiseen. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Sähköeroosio**

Kontaktorien koskettimet, ja sähkömoottorien sekä generaattorien laakerit kärsivät sähköeroosiosta, joka syntyy laakerien kautta kulkevista virtapulsseista, jotka ajan myötä kuluttavat laakerien pinnat ja vaurioittavat niitä. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Korroosio**

Erosion lisäksi metallipinnoissa impedanssi kasvaa, tai virtapiiri katkeaa pintojen kemiallisten reaktioiden vuoksi. Alttiita kohteita ovat kontaktorit, johtimien liitokset sekä liittimien liitos pinnat. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Kosteuden aiheuttamana vanheneminen**

Vesi sekä ympäristön korkea suhteellinen kosteus voivat johtaa läpilyöntiin eristeessä sekä korroosiota. Alttiita kohteita ovat erilaiset eristeet, liittimet sekä läpiviennit. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Elektrolyyttikondensaattorien kuivuminen**

Elektrolyyttikondensaattoreita taas uhkaa kuivuminen niiden vanhetessa. Kun elektrolyytin määrä vähenee, kapasitanssi laskee. Tästä johtuen kondensaattorin alumiinioksidikalvo voi ohentua, josta voi seurata läpilyönti ja kondensaattori saattaa räjähtää. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

### **Ionisoivan säteilyn aiheuttama vanheneminen**

Ydinvoimala ympäristössä myös ionisoiva säteily, etenkin reaktoripaineastian viereisissä säteilysuoja- rakenteissa ja biologisissa suojissa aiheuttaa tilavuuden kasvua ja aineiden lujuuden heikkenemistä. Säteily aiheuttaa rakennemuutoksia, sekä lämpöä. Vaikuttaa eritoten eristemateriaaleihin, liittimiin sekä läpivienteihin. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 26.)

Ionisoivan säteilyn lisäksi ionisoimaton ultraviolettisäteily aiheuttaa ongelmia esimerkiksi kaapeleissa kellastuttamalla ne, sekä aiheuttamalla pinnoitteen halkeilua. UV-säteilyä tulee tunnetusti auringosta, mutta myös esimerkiksi loisteputkista. UV-säteilyn aallonpituus 280 – 400 nm on todella haitallista suurelle osalle polymeereistä. (Suojoki 2006, 6.)

### **Ikääntymisen seurantaraportti**



Ydinlaitoksilla ikääntymistä täytyy seurata ja kirjata tiedot ikääntymisen seurantaraporttiin. Seurantaraportista täytyy löytyä vikojen määrän kehityssuunta järjestettynä vikatyyppeihin pitkällä aikavälillä, yhteenveto seurantajakson aikana tehdyistä töistä, arvio käyttökuntoisuudesta sekä käyttökuntoisuuden kehittymisen suunnasta, kunnonvalvonnan ja kunnossapidon kehitys- sekä tutkimistarpeet, aikarajoitettujen analyysien ja kelpoistuksien voimassaolo ajat sekä yhteenveto varaosien lukumääristä ja kunnosta. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 19.)

### 2.3.2 Teknologinen ikääntyminen

Komponenttien ikääntymisen lisäksi ajan hammas vaikuttaa myös nosturiin liittyviin sääntöihin ja eri organisaatioihin. Teknologista ikääntymistä on esimerkiksi kansallisten ja kansainvälisten säädösten muuttuminen, nosturi ei uudistuksen jälkeen välttämättä enää vastaa uusimpia säädöksiä, joten se on syytä modernisoida. Sama koskee myös standardeja. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 31.)

Laitetekniikan ikääntyessä laitteet eivät enää ole ajankohtaista teknologiaa. On mahdollista modernisaatioiden avulla päivittää näitä teknologiaaltaan vanhentuneita laitteita. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 31.)

Kunnonvalvonta- ja kunnossapitotekniikka ikääntyy myös. Ne voivat pudota kehityksen kyydistä, uusia menetelmiä keksitään ja vanhoja poistetaan käytöstä ajan myötä. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 31.)

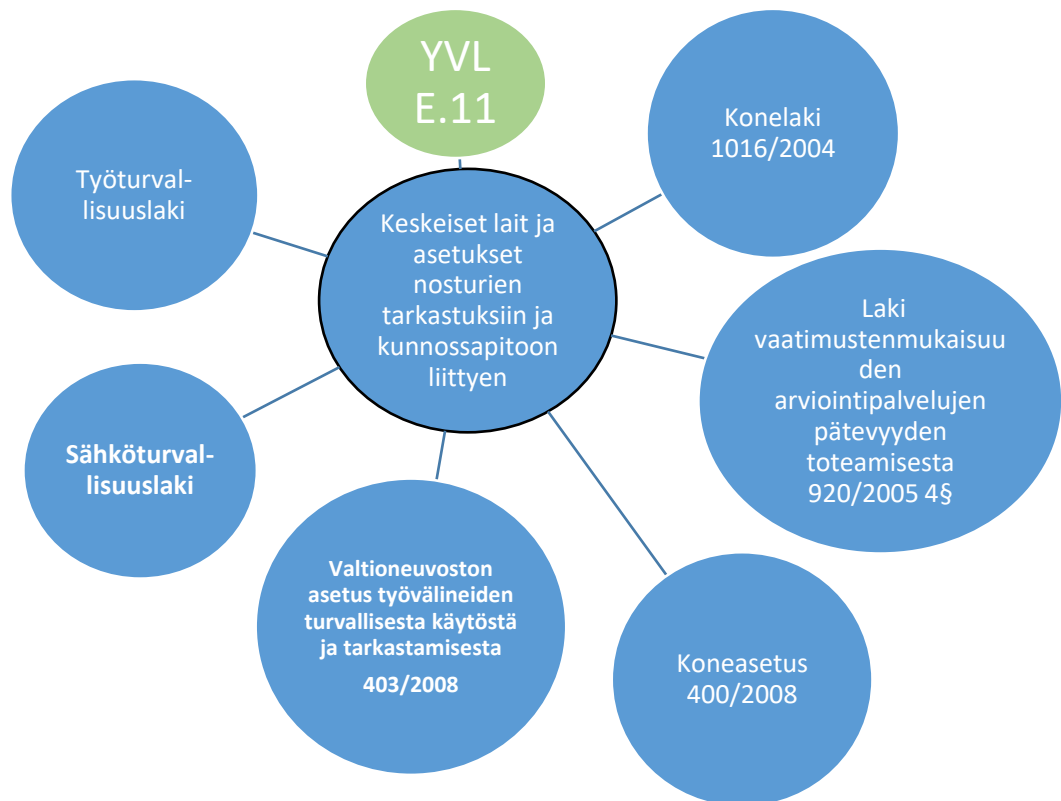
Tekninen tuki ikääntyy myös, kun laitteen valmistaja/toimittaja lopettaa jostakin syystä toimintansa, tekninen tuki päättyy. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 31.)

Varaosien saatavuus on myös osa ikääntymistä. Kun laitteen valmistaja ja muut varaosien valmistajat lopettavat varaosien tekemisen, varaosia voi olla erittäin hankala

saada. (Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta 2019, 31.) Etenkin turvaluokan laitteissa vaikeaa löytää vanhempaa analogista tekniikkaa enää nykypäivänä.

### 3 Tarkastusohjeen sisällön vaatimukset eri tahoilta

Tarkastusten tarkoituksena on työvälineen, koneen tai muun laitteen oikean asennuksen varmistaminen ja turvallisen sekä tehokkaan toimintakunnon toteaminen. Ydinturvallisuuden, koneturvallisuuden ja henkilöturvallisuuden lisäksi halutaan varmistaa nostureiden toiminnallinen puoli, jotta taloudellinen turvallisuus säilyy. Tämä toteutetaan esimerkiksi kahdentamalla järjestelmät ja käyttämällä diversiteettiä. Kuviossa 7 esitetään nosturien tarkastuksien suorittamista ohjaavat ja säätelevät asetukset ja lait. Säteilyturvakeskuksen ohje ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteista (YVL E.11) määrittää ydinlaitoksille omat vaatimuksensa muiden lisäksi.

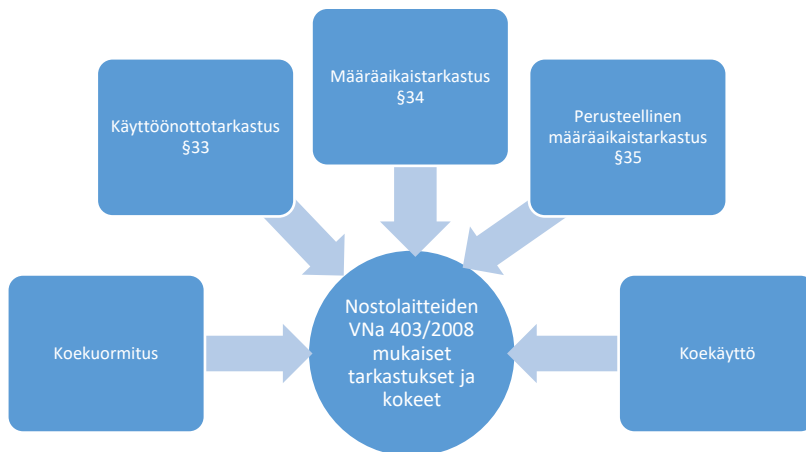


Kuvio 7 Nostureiden tarkastuksiin ja kunnossapitoon vaikuttava lainsäädäntö

### 3.1 Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta

Valtioneuvoston asetuksella työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (VNa 403/2008) annetaan säännökset käyttöönotto- ja määräaikaistarkastettavista koneista, työvälineistä sekä muista laitteista. Myös tarkastuksien käyttöolosuhteista, tarkastajilta vaadittavista pätevyyksistä, tarkastusten toimenpiteistä, taajuudesta ja dokumentoinnista sekä muista tarkastuksiin vaikuttavista menettelytavoista. (A 403/2008.)

Kuviossa 8 on esitetty nostolaitteiden valtioneuvoston asetuksen työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (VNa 403/2008) mukaiset tarkastukset. Liitteessä 1 on esitetty näiden tarkastusten vaatimukset VNa 403/2008 mukaan.



Kuvio 8 Nostolaitteiden tarkastukset

Valtioneuvoston asetuksessa työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 3 § mainitaan, että työvälineen tarkastustoiminnassa täytyy huomioida valmistajan ohjeet. Ohjeet on pidettävä päivitettynä. Jos ohjeita ei ole mahdollisuus saada ne pitää laatia uudestaan, tai jos ne eivät ole tarpeeksi kattavat niitä pitää päivittää. Jos tarve

vaatii, ohjeiden teossa voidaan käyttää myös ulkopuolista asiantuntijaa. (A 403/2008.)

Asetuksen 5 §:ssä säädetään, että työvälineen toimintakuntoa on jatkuvasti tarkkailtava mittaamalla, testaamalla ja tarkastamalla sekä muin sopivin keinoin. Turvalaitteiden ja ohjauksjärjestelmien on toimittava virheettömästi, ja työvälineen on oltava turvallinen. Asetuksen 32 §:ssä mainitaan, että asiantuntija/asiantuntijayhteisö tekee työvälineille turvallisen toimintakunnon ja oikean asennuksen varmistamiseksi määräaikais- tai käyttöönottotarkastuksen. Tarkastusmenetelmät ja tarkastuksen laajuus riippuvat työvälineestä, sen käytöstä sekä kunnonvalvontajärjestelmästä. Jos työvälineen tarkastusta ei ole suoritettu, se tulee asettaa käyttökieltoon. (A 403/2008.)

### 3.2 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslain 43 § mukaan sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön kun käyttöönottotarkastus on tehty ja siinä on selvitetty, että sähkölaitteisto on 6 § mukaisesti turvallinen käyttää. Myös muutos- ja laajennustöissä on tehtävä käyttöönottotarkastus. Laitteiston käyttöönottotarkastuksesta huolehtii kyseisen laitteiston rakentaja, erikoistapauksissa kuten estymisen takia sähkölaitteiston haltija huolehtii tästä tarkastuksesta. (L 16.12.2016/1135.)

Lain mukaan sähkölaitteiston haltija huolehtii määräaikaistarkastuksesta luokan 3 sähkölaitteistolle joka viides vuosi ja luokan 1 ja 2 (lukuun ottamatta asuinrakennuksia) 10 vuoden välein. Tässä tarkastuksessa tulee pistokokein tai vastaavalla tavalla saada varmuus siitä, että laitteistoa on turvallista käyttää, kunnossapito ylläpitää turvallisuutta ja kunnossapito- ohjelman toimenpiteet on suoritettu. Tarkastuksessa tulee myös selvittää, onko laitteiston hoitoon ja käyttöön liittyvät välineet ja dokumentit käytettävissä ja löytyykö laitteistosta viralliset ja oikein täytetyt tarkastuspöytäkirjat. (L 16.12.2016/1135.)

Kun tarkastus on tehty, sen tekijän täytyy laatia laitteiston haltijalle tarkastuspöytäkirja ja kiinnitettävä tarkastus tarra näkyvälle paikalle, esimerkiksi pääkeskukseen.

Haltijan on säilytettävä pöytäkirja ja puutelistat ainakin seuraavaan määräaikaistarkastukseen asti. (L 16.12.2016/1135.)

### 3.3 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslain 43 §:n mukaan työvälaineelle, koneelle tai muulle laitteelle, jonka asennus- tai käyttöolosuhteilla on vaikutusta turvallisuuteen, on ennen uuteen paikkaan asentamista, ennen ensimmäistä käyttöönottoa tai turvallisuuteen vaikuttavien muutostöiden jälkeen tehtävä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksen jälkeen säännöllisin väliajoin ja poikkeuksellisten tilanteiden jälkeen on suoritettava määräaikaistarkastus. (L 23.8.2002/738.)

Työturvallisuuslaissa määritetään myös 43 §, että tarkastuksen suorittajan täytyy olla työnantajan palveluksessa tai muu henkilö, mutta pätevä tehtävään. Vaarallisen työvälaineen, koneen tai muun laitteen saa tarkastaa vain riippumaton tutkija tai asiantuntijayhteisö. Koneiden, työvälaineiden ja laitteiden tarkastajan pätevyysvaatimuksista säädetään erikseen asetuksilla, esimerkiksi nostureiden tapauksessa VNa 403/2008. Laki määrää myös, että täytyy arvioida kyseisen työvälaineen turvallisuuden käytön kannalta, sekä noudattaa säännöksiä, jotka on annettu tarkastamisesta. Täytyy myös ottaa huomioon valmistajan ohjeet. (L 23.8.2002/738.)

Työturvallisuuslain pykälän 59 §:n mukaan käyttöönotto- tai määräaikaistarkastuksen suorittajan on pidettävä huolta siitä, että tarkastuksen suoritus menee asianmukaisesti ja havaituista turvallisuuteen vaikuttavista vioista ja puutteista, sekä tarpeen vaatiessa niiden poistamisesta ja korjaamisesta annetaan ohjeet. (L 23.8.2002/738.)

### 3.4 Ydinturvaluokan omaavan nosturin tarkastaminen

Ydinvoimalaitoksilla on käytössä nosto- ja siirtolaitteita useassa eri tehtävässä. Suurin osa luokitellaan ei ydinturvallisuuden kannalta merkittäviksi (EYT) ja niihin täytyy soveltaa VNa 400/2008- koneasetusta sekä VNa 403/2008, kuten kaikissa nosto- ja siirtolaitteissa riippumatta ympäristöstä. Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteita tarkastessa huomioidaan turvaluokan 3 laitteissa myös ydinturvallisuus YVL E.11 ohjeen mukaisesti. Osa laitteista luokitellaan ”Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu” ohjeen YVL B.2 mukaan turvallisuusluokan 3 laitteiksi jos niillä käsitellään ydinpolttoainetta tai niiden käyttäminen aiheuttaa ydin- tai säteilyturvallisuusriskin, taakka tippuu, törmää tai takertuu. (Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet, 2019.)

Turvallisuusluokkaa 3 olevat laitteiden henkilöturvallisuus saavutetaan koneasetuksen ja VNa 403/2008 noudattamisen tuloksena. Ydinturvallisuus saavutetaan ohjeen YVL E.11 mukaisesti toimimalla. (Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet, 2019.)

Saksalaiset standardit KTA 3902 ja yhdysvaltalainen ASME NOG-1 sopivat tarkentamaan YVL E.11 ohjetta. (Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet, 2019.)

Säteilyturvakeskuksen YVL E.11- ohjeessa kohdissa 1105 ja 1106 vaaditaan että nostureilla on huoltoa, määräaikaistarkastuksia ja korjaustöitä koskevat ohjeet ja suunnitelmat. Ohjeiden tulee perustua valmistajien vaatimuksiin, suosituksiin ja viranomaisien antamiin määräyksiin. Kohdassa 1107 määrätään että nosturin jäljellä olevaa käyttöikää seurataan, ja säteilyturvakeskukselle on toimitettava määräaikaistarkastuksen jälkeen tieto jäljellä olevasta käyttöiästä. (Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet E.11, 2019.)

Määräaikaistarkastuksessa on esitettävä YVL E.11- ohjeen kohdan 1112 mukaan:

- tarkastuskohteet ja –laajuudet
- tarkastusvälit
- sovellettavat määräykset ja standardi

- tarkastushenkilökunnan pätevyysvaatimukset
- tarkastuskohteen valmistelu tarkastusta varten
- käytettävät tarkastusmenetelmät- ja laitteet
- tarkastuslaitteiden kalibrointivaatimukset
- tarkastustulosten hyväksymiskriteerit
- tarkastusten raportointi ja tallenteiden arkistointi

(Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet E.11, 2019.)

Ydintekniset standardit viittaavat monesti yleisiin standardeihin. Ydinteknisissä standardeissa kerrotaan tarkemmin, miten laitteita pitää suunnitella sekä miten laitteiden kanssa tulisi toimia, myös tarkastuksien saralla, jotta saavutettaisiin ja säilytetäisiin mahdollisimman hyvä turvallisuuden taso. Ydintekninen ympäristö on haastava, ja ikääntymisen hallinnalla on suuri merkitys tässä toimintaympäristössä. Ydintekniset standardit ohjaavat myös oikeanlaiseen dokumentointiin.

Sähkö- ja automaatiotekniikan ydinteknisissä standardeissa painotetaan työtapoja ja käytäntöjä, perinteisissä sähkö- ja automaatiotekniikan standardeissa taas menetelmiä, joilla vastataan näihin käytäntöihin ja täytetään ne. Ydinteknisissä ympäristöissä laitteille on annettu suoritus- ja eheystasot, jotka on johdettu laitteiden vikaantumistaajuudesta. Riskialtiilla sovellutuksissa laitteiden vaatima luotettavuustaso on korkeampi kuin matalan riskin sovellutuksissa. Esimerkiksi nostureiden hätäpysäytyslaitteissa luotettavuus varmistetaan käyttämällä vikavarmempaa ”hard-wired”- tekniikkaa, eli ohjelmoitavien logiikkapiirien, PLC:n sijasta piirit on toteutettu releillä ja ajastimilla. ”Hard-wired”- tekniikan lisäksi komponenttien täytyy olla todistetusti soveltuvia käyttöympäristöönsä, ydinteknisissä ympäristöissä täytyy huomioida esimerkiksi säteilyn vaikutus. Jos PLC- tekniikkaa käytetään, se tulee kelpoistuttaa todentamalla sen toimivuus ja turvallisuus arvioimalla ja testaamalla. (Ydinteknisien nostolaitteiden turvallisuuden varmentaminen, 13. 2017.) On mahdollista varmistaa järjestelmien käytettävyys myös kahdentamalla järjestelmiä sekä käyttämällä diversiteettiä hyväksi, eli kahdennuksen toteuttamista eri tavoilla. Kun kahdennetussa tai yksittäisvikavarmassa järjestelmässä komponentti vikaantuu ja se vaihdetaan, val-

mistajan toimesta pitäisi olla ohjeistus, jossa ohjeistetaan vaihtamaan myös rinnakkaisen järjestelmän vikaantunutta komponenttia vastaava komponentti. (SFS 6002:2015, 11-13.)

SFS-EN 13135 standardissa on annettu ohjeita kunnossapito- ohjeista korkean riskin sovellusten tapauksessa. Ydinturvallisuuteen liittyvät nosturit kuuluvat korkean riskin sovelluksiin. Korkean riskin sovelluksissa pyritään pienentämään riskiä varmistamalla nosturin käyttökunto nosturia käytettäessä. Laitteen luotettavuutta voidaan lisätä standardin mukaan esimerkiksi lyhentämällä tarkastusväliä, suunnittelemalla tarkastusten sisältö perusteellisemmaksi kuin normaalisti, käyttämällä tarkempia tarkastusmenetelmiä kuin normaalisti ja laatimalla tiukemmat hylkäysperusteet. Kunnossapito- ohjeissa tulee esittää perusteet, menetelmät sekä toimenpiteet asianmukaisesti. (SFS 6002:2015, 55.)

### 3.5 Ei säännöllisessä käytössä olevat nosturit

Nostureiden säännöllisillä tarkastuskierroksilla ylläpidetään toiminnallisuus. Lakisääteisten määräaikaistarkastusten lisäksi toiminnallisuuden ylläpitämiseksi tehdään tarkastuskierroksia, joiden laajuus ja tiheys suunnitellaan nosturin käyttöasteen ja ympäristön pohjalta. Nostureiden käyttöaste vaihtelee teollisuudessa tehtävän mukaan. Osa nostureista ajetaan ääriolosuhteissa, jatkuvalla syötöllä pysäytyksittä ympäri vuorokauden. Joitakin nostureita käytetään muutamaaan käyttötarkoituksen mukaisesti spesifisti suunniteltuun nostoon vuodessa, optimaalisessa ympäristössä. Nosturin käyttöaste täytyy ottaa huomioon tarkastusohjelmaa suunniteltaessa.

Ei säännöllisessä käytössä olevat nosturit voi olla tarpeellista käydä läpi tarkastusohjelmalla ennen nosturin käyttöä pidemmän seisonta- ajanjakson jälkeen. Tarkastusohjelman toimenpiteet ja laajuus riippuvat ajanjaksosta, jonka nosturi on ollut käytämättä ja nosturin ympäristöstä. Sisätiloissa edullisessa ilmanalassa ja suojattuna oleva nosturi saattaa vaatia vain vähän lisätarkastuksia normaalien päivittäin ja viikoittain käytön aikana suoritettavien, esimerkiksi nosturikuljettajan tekemien tarkastusten lisäksi. Tällaisissa tapauksissa lakisäätteiset määräaikaistarkastukset voivat olla



riittävät. Nosturi, jonka ympäristö on kuormittava ja korroosiota aiheuttava, voi vaatia suuren arvioinnin ja laajat tarkastukset tiheillä aikaväleillä varmistukseksi sen toimintakuntoisuudesta. (SFS-ISO 12480-1, 30.)

Arvioinnin tulisi standardin mukaan sisältää seuraavat asiat:

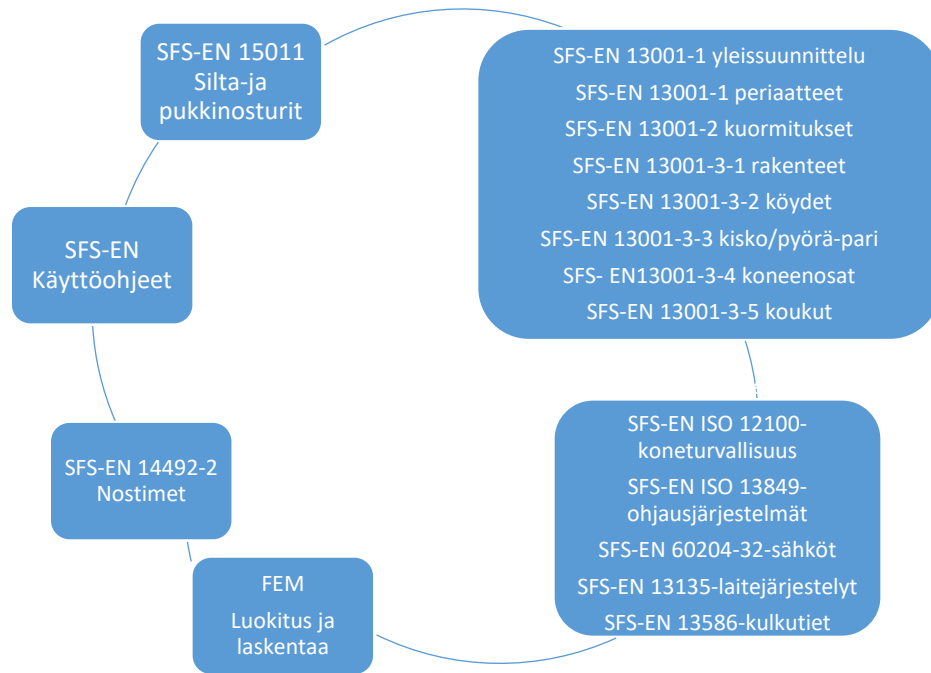
- Kaikki valmistajan suosittelemat tarkastukset
- Kaikkien nosturin köysien tutkiminen korroosion ja kulumisen merkkien varalta ja varmistuminen niiden riittävästä voitelusta
- Kaikkien vipulaitteiden tutkiminen kiinnileikkautumisen tai osittaisen kiinnileikkautumisen varalta sekä niiden oikea voitelu
- Nosturin jokaisen liikkeen testaaminen ilman kuormaa useiden minuuttien ajan, kutakin liikettä ensin yksi kerrallaan, sitten asiaankuuluvine kahden tai useamman liikkeen yhdistelminä. Sen jälkeen sama kuorman kanssa
- Nosturin kaikkien turvalaitteiden oikean toiminnan tarkastaminen
- Letkujen, tiivisteiden ja muiden komponenttien tarkastaminen kulumisen suhteen

Testien jälkeen tulisi kirjata tulokset ja tehdyt toimenpiteet ennen kuin nosturi otetaan uudestaan käyttöön. (SFS-ISO 12480-1, 30-31.)

### 3.6 Kotimaiset ohjaavat standardit ja katsaus vierasperäisiin nosturi standardeihin

Käytettäessä standardeja nosturien kanssa toimiessa, on huomioitava oikeat standardiperheet. Jos käsitellään Euroopassa valmistettua ydinlaitoksen nosturia, useasti käytetään ydinteknillistä KTA:ta ja siihen liittyviä DIN-EN standardeja, eli perinteisten standardien ollessa kyseessä EN:n vahvistamia. Suomessa yleisesti käytettäviä SFS-EN standardeja esitellään sisältöineen tarkemmin kuviossa 9.

Amerikkalaisvalmisteisissa ydinteknisissä nostureissa käytössä on ydinteknillinen ASME:n NOG-1 ja NUM-1, jotka ovat yhteydessä ANSI:n standardeihin ja CMAA:n ohjeisiin. (Ydinteknisten nostolaitteiden turvallisuuden varmentaminen, 134. 2017.)



Kuvio 9 Nostureihin liittyviä EN standardeja, sekä pääaiheet mitä niissä käsitellään (Teräsrakentamisen T&K- päivät, 2013, muokattu.)

### 3.6.1 Sähkötyöturvallisuus SFS 6002

Sähkötyöturvallisuus standardissa SFS 6002 määritellään, että tarkastuksen periaatteena on saada varmuus siitä, että sähkölaitteisto on soveltuvien standardien mukaisesti tekniset vaatimukset ja turvallisuussäännöt täyttävä. Tarkastuksissa todetaan lisäksi laitteiston normaali toiminta. Uusien/muutettujen laitteiden asennukset ja laajennukset on tarkastettava ennen käyttöönottoa. Sähkölaitteistot täytyy tarkastaa määräajoin. Määrävälein suoritettavien tarkastusten tavoitteena on ilmaista laitteiston käyttöönoton jälkeiset ilmenneet viat, jotka aiheuttavat vaaraa ja häiritsevät käyttöä. (SFS 6002:2015, 23.)

Tarkastus voi sisältää toiminnan tarkistuksen visuaalisena tarkastuksena tai mittauksen ja/tai testauksen. Mittauksessa mitataan sähkölaitteistosta erilaisia suureita, esimerkiksi virtaa tai eristysresistanssia. Mittalaitteiden täytyy olla tarkoituksen mukaisia ja turvallisia. Ne pitää tarkistaa ennen ja jälkeen käytön. Jos sähkölaitteistossa on

riski osua jännitteisiin osiin, mittajien on suojauduttava sähköiskulta oikeilla suoja-  
välineillä ja tehtävät toimenpiteet välttääkseen valokaaren, oikosulkuvirran ja valo-  
kaaren ja niihin liittyvät ilmiöt. Tarpeen mukaan on noudatettava jännitteettömänä  
työskentelyn, jännitetyön tai jännitteisten osien läheisyydessä työskentelyn sääntöjä  
ja ohjeita. (SFS 6002:2015, 23-24.)

Testauksessa tarkistetaan sähkölaitteiston toiminta tai sen sähköinen, terminen tai  
mekaaninen kunto. Testaukseen kuuluu kaikki toiminnot, joilla testataan esimerkiksi  
sähkötekniikan suoja- ja turvapiirien toiminta. Jännitteettömäksi erinäisillä toimenpi-  
teillä saatetun sähkölaitteiston testauksessa täytyy noudattaa jännitteettömän lait-  
teiston sääntöjä. Jos työn takia on välttämätöntä poistaa/avata työmaadoituslait-  
teita, on ehkäistävä laitteiston tuleminen jännitteiseksi ja täten sähköiskun vaara jol-  
lakin muulla tavalla. (SFS 6002:2015, 22.)

Konedirektiivi on esitetty koneiden ohjausjärjestelmiin liittyviä vaatimuksia. Nämä  
vaatimukset liittyvät vikatilanteisiin ja logiikkavirheisiin. Ihmisen ja ohjausjärjestel-  
mien välinen rajapinta aiheuttaa suuren osan vaaratilanteista. Näiden järjestelmien  
tulisi olla myös ergonomisia ja sähköiskun vaaraa ei saisi olla. Myös hätäkytkimiä tu-  
lisi olla järjestelmässä yksi tai enemmän. (Ydintekniikan nostolaitteiden turvallisuus-  
den varmentaminen, 2017, 59.)

Verrattuna perinteisiin sähkömekaanisiin ja ohjelmoimattomiin järjestelmiin, ohjel-  
moitavat järjestelmät ovat tuore keksintö. Ne vanhenevat ja vikaantuvat eri tavalla  
kuin vanhat järjestelmät. Näissä uusissa ohjelmoitavissa järjestelmissä ohjelmistoviat,  
kuten virheet koodissa ja virheelliset operaattorit sekä vakioiden käyttäminen muut-  
tajan tilalla aiheuttavat turvallisuus riskejä, sillä ne aiheuttavat vääränlaista odotta-  
matonta toimintaa. (Ydintekniikan nostolaitteiden turvallisuuden varmentaminen,  
2017, 60.)

Sähkö- ja automaatiolaitteille sovelletaan usein B- tyyppin standardeja. Koneturvallisuuden puolella käytössä on SFS- standardit, sähkö- ja automaatiopuolella kansainväliset IEC:n laatimat standardit. Moni standardi kuuluu kuitenkin sekä IEC- että SFS- standardointijärjestön alaisuuteen. (Ydinteknisten nostolaitteiden turvallisuuden varmentaminen, 2017, 60.)

### 3.6.2 SFS-EN 60204

SFS-EN 60204 standardia sovelletaan koneiden sähkölaitteistoon, esimerkiksi sähköelektroniikkaan ja logiikkaohjattujen laitteiden järjestelmien sovelluksiin. Standardin osassa 32 käsitellään nostokoneiden sähkölaitteistolta vaadittuja asioita. Standardi edistää turvallisuutta, huollon helppoutta ja ohjauksen yhdenmukaisuutta laitteissa. (Ydinteknisten nostolaitteiden turvallisuuden varmentaminen, 2017, 61.)

### 3.6.3 SFS-EN 13135

Standardi nosturien suunnittelusta, turvallisuudesta ja laitteita koskevista vaatimuksista. Standardissa on luettelo merkittävistä vaaroista taulukossa 1.

Sähköstä johtuvia vaaroja aiheuttavat standardin mukaan puutteellinen kosketussuojaus, vikatilanteiden myötä jännitteellisiksi muuttuneet osat, valokaaret, salamaniskut sekä oikosulkujen, ylikuormitusten yms. aiheuttamat kemialliset vaikutukset ja lämpösäteily. (SFS 6002:2015, 11-13.)

Sähköjärjestelmiin liittyvät myös hallitsemattomat liikkeet sekä odottamattomat käynnistykset. Edellä mainitut voivat saada alkunsa esimerkiksi ohjausjärjestelmän vikaantumisesta, ohjelmiston virheistä, virheellisistä asetuksista tai fluidijärjestelmien tehonsyötön poiskytkennästä. (SFS 6002:2015, 11-13.)

Jarrujen tai esimerkiksi rajakytkinten vikaantuessa vaaratilanteen voi aiheuttaa mahdollisuus pysäyttää kone parhaaseen mahdolliseen tilaan. Voi johtua käyttötoiminnan lisäksi myös esimerkiksi riittämättömästä kitkasta. (SFS 6002:2015, 11-13.)

Energiasyötön vikaantuessa tulee suunnitteluvaiheessa tehdä järjestelmä sellaiseksi, ettei kuorma tai mikään muu kappale putoa. Tehonsyötön kokonaisvikaantuminen saattaa aiheuttaa nosturin kokonaisliikkumattomuuden. Tältäkin voi suojautua varajärjestelmillä. Ohjauspiirin kokonaisvikaantuminen, hätäpysäytyspiirin vikaantuminen ja ylikuorma- sekä ylinopeustoimintojen vikaantuminen täytyy myös huomioida, sillä ne voivat aiheuttaa vaaratilanteita tai nosturin liikkumattomuuden ja tuotannon menetyksiä. (SFS 6002:2015, 11-13.)

#### 3.6.4 ASME B30.2-2005

ASME NOG-1 sopii tarkentamaan YVL E.11 ohjeen vaatimuksia. (Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet E.11, 2019.) Amerikan koneinsinöörien järjestö, ASME (The American Society of Mechanical Engineers), standardi B30.2-2005 ohjaa nosturien turvalliseen käyttöön. Standardissa tarkastukset luokitellaan alkutarkastukseen, toistuvaan tarkastukseen ja määräaikaistarkastukseen. Toistuvassa tarkastuksessa operaattori tai muu nimetty henkilö tekee visuaaliset tarkastukset normaalissa käytössä olevalla nosturilla kuukausittain, raskaassa käytössä olevalla viikoittain/kuukausittain ja ankarassa käytössä olevalle päivittäin/viikoittain. Toistuvassa tarkastuksessa ei tarvitse täyttää pöytäkirjoja. Määräaikaistarkastus tehdään silmämääräisenä tehtävään nime- tyn henkilön toimesta samalla kirjaten tarkastusdokumenttiin ylös merkintöjä. Normaalis- sa ja raskaassa käytössä toimivalla nosturilla määräaikaistarkastus tehdään vuoden välein, ja ankarassa käytössä neljännesvuosittain. (ASME B30.2-2005, 18.)

Toistuvassa tarkastuksessa sähköjärjestelmiin liittyviä tarkastuksia ovat toimintame- kanismien tarkastaminen moitteettoman toiminnan varmistamiseksi, oikeiden säätö- jen ja epätavallisten äänten, sekä ylärajan laitteiden tarkastukset. (ASME B30.2-2005, 18.)

Määräaikaistarkastuksessa tarkastetaan, löytyykö laitteesta mitään turvallisuutta vaarantavia poikkeamia, ja vaaditaanko erikseen ylimääräinen tarkastus, jossa pure-

taan laitteistoa visuaalisen tarkastuksen sijaan. Sähköjärjestelmiin kohdistuvia tarkastuksia ovat toistuvien tarkastusten lisäksi löysät liitokset, vaurioituneet osat kuten pysäyttimet, puskurit ja rajat, ohjainten ja pääkytkinten kunto, bensiini-, diesel-, -sähkö- tai muut voimanlähteet oikean toiminnan kannalta, liikettä rajoittavat laitteet, jotka katkaisevat virran tai aiheuttavat varoituksen. Kaikki liikkeet tulee kokeilla alhaisella nopeudella ilman kuormaa. Myös toiminnot, ohjeet, varoitukset, etiketit ja kilvet tulee tarkastaa luettavuuden ja paikkaansa pitävyyden kannalta. (ASME B30.2-2005, 18.)

Nostureita, jotka eivät ole säännöllisen käytön piirissä, eli käyttämättömänä vähintään kuukauden ajan, mutta vähemmän kuin vuoden, tarkastetaan ennen käyttöä toistuvan tarkastuksen periaatteiden mukaan. Nosturi, joka on ollut käyttämättömänä vuoden ajan tai kauemmin, tarkastetaan ennen käyttöönottoa määräaikaistarkastuksen mukaan. (ASME B30.2-2005, 18.)

ASME B30.2-2005 mukaan määräaikaistarkastuksista on pidettävä kirjaa. Dokumenttien on oltava vertailukelpoisia ja päivättyjä, tarkastus data on oltava saatavilla nostokoneista, akseleista, koukuista, ketjuista, köysistä ja muista nostolaitteista. Tietueet on tallennettava tiedostoon. (ASME B30.2-2005, 18.)

Toimintakokeita tehdään standardin mukaan uusille, uudelleen asennetuille, muutetuille ja korjatuille sekä muokatuille nostureille. Testin tulee sisältää soveltuvin osin toiminnot: nostaminen ja laskeminen, vaunun siirto, sillan siirto ja nostimen rajat. Rajat testataan tyhjällä koukulla, koko ajan nopeutta kasvattaen, ellei testattavana ole nosturi, jossa on vain yksi nopeusalue. Myös ylärajan mekanismi testataan, säädöt on oltava niin, että kuormalla ei ole mahdollisuutta osua mihinkään osaan siltaa tai vaunua. Myös matkaa rajoittavat laitteet testataan, sekä lukitus- ja osoituslaitteet. Ennen käyttöönottoa nostureille tehdään myös kuormituskoe. (ASME B30.2-2005, 19.)

### 3.6.5 KTA 3903

KTA 3903 sopii tarkentamaan YVL E.11 ohjeen vaatimuksia yhdessä KTA 3902 kanssa. (Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet E.11, 2019.) Saksalainen ydinturvallisuusstandardien ydinturvallisuusstandardikomissio KTA:n standardi KTA 3903 ohjaa ydinvoimaloiden nostokaluston tarkastuksia, testausta ja käyttöä.

Standardissa kerrotaan ” (in- service inspection, ISI)”- testistä, joka vastaa määräaikaistarkastusta. ISI- testit tulee myös suorittaa vuosittain jollei toisin ilmoiteta. Tarkastuspäivät on sovittava ajoissa luvanhaltijan ja valtuutetun tarkastajan välillä. Jos vikoja havaitaan tarkastuksissa, vaaditaan uusinta tarkastus ja vikojen poistaminen. (KTA 3903, 18.)

ISI- testi sisältää visuaaliset tarkastukset ja toiminnalliset testit. Ne suoritetaan käytönaikaisena tarkastuksena. Kunnonvalvonnan visuaalisiin tarkastuksiin sovelletaan mieluiten DIN EN 13018 standardia. Kuorman ripustuslaitteiden tarkastukset on suoritettava paikallisina visuaalisina tarkastuksina. Poikkeamat määritellyistä olosuhteista täytyy dokumentoida ja arvioida. (KTA 3903, 18.)

Myös testaushenkilöstön on täytettävä standardin DIN EN 13018 vaatimukset. Lisäksi hänen on oltava kelpuutettu ja sertifioitu DIN EN 473 mukaisesti. Silmämääräiset tarkastukset tilan selvittämiseksi, pintakokeet ja toiminnalliset testit täytyy tehdä valtuutetun tarkastajan ollessa läsnä. Kun ISI- testi on suoritettu, valtuutetun tarkastajan täytyy varmentaa ja hyväksyä testi. (KTA 3903, 19.)

KTA 3903 standardissa on taulukoituna määräaikaistarkastusten testaukset ja tarkastukset. Liitteessä 2 on esitettyä edellä mainitut asiat taulukko muotoisena.

### 3.7 Tarkastajien pätevydet ja vaatimukset Suomessa

Työvälineen määräaikais- ja käyttöönottotarkastuksen suorittajan täytyy olla vaatimustenmukaisuuden arviointipalvelujen pätevyyden toteamisen lain 920/2005 32 §:ssä mainitun arviointielimen päteväksi hyväksymä asiantuntijayhteisö tai sertifiointielimen hyväksymä riippumaton asiantuntija. Todistus pätevydestä sekä tarkastusmenetelmät kirjallisesti on kyettävä esittämään tarvittaessa. (A 403/2008.)

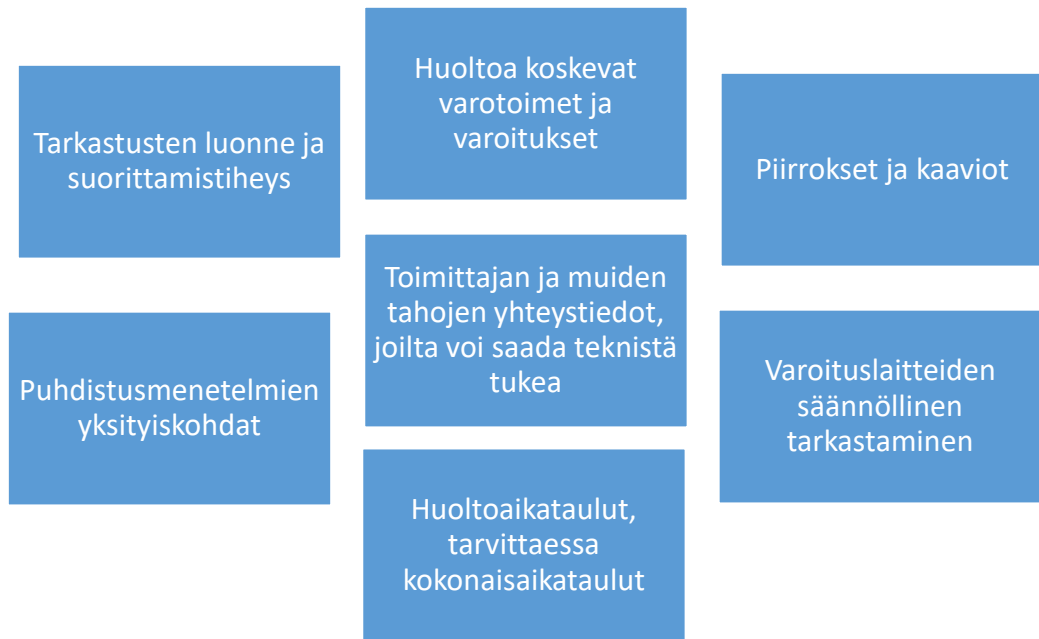
Tarkastusten suorittajan täytyy kyetä havaitsemaan mahdolliset puutteet ja viat. Tarkastajan täytyy olla perehtynyt kyseisen työvälineen käyttöön, rakenteeseen, vaatimuksiin ja valmistajan antamiin ohjeisiin. Tarkastajan täytyy myös olla kykeneväinen arvioimaan työvälineen vikojen ja puutteiden vaikutusta työturvallisuuteen ja ulkopuolista asiantuntija- apua on käytettävä esimerkiksi sähköstä aiheutuvien vaarojen arvioinnissa. (A 403/2008.)

SFS-EN 82079 käyttöohjeiden laatimisesta, jäsentämisestä sisällöstä ja esittämisestä erottelee maallikoiden suorittaman vianetsinnän ja korjauksen ammattihenkilön suorittamasta vianetsinnästä ja korjauksista. Maallikoiden osalta vikojen korjaamiseen liittyvät ohjeet tulisi rajoittaa sellaisiin tehtäviin, että maallikon voi kohtuudella odottaa yrittävän suorittaa, turvallisuus huomioiden. Ammattihenkilölle on oltava olemassa vianetsinnässä ja korjauksessa standardissa mainittu informaatio. (SFS-EN 82079-1:2012, 46.)

Myös maallikoiden ja ammatti- ihmisten suorittama huolto tunnistetaan standardissa SFS-EN 82079 erikseen. Jos käyttäjä voi suorittaa huoltotehtävät turvallisesti, tarkastusohjeen tulee kuvata nämä toimet, niiden luonteet ja suorittamistiheys. (SFS-EN 82079-1:2012, 48.)

Ammatti-ihmisten osalta on oltava olemassa kuviossa 10 esitelty informaatio huoltoa ja tarkastuksia varten. Kun kuviossa esitellyt informaatiot ovat tarjolla, tarkastukset ja huollot ovat tehokkaita ja estetään mahdolliset väärät toimenpiteet.





Kuvio 10 Ammatti-ihmisten suorittamaan huoltoon ja tarkastuksiin vaadittava informaatio SFS-EN 82079-1 mukaisesti. (SFS-EN 82079-1:2012, 48.)

## 4 Tarkastusohjelman tarkastukset

Käyttö- ja tarkastusohjeita suunniteltaessa tulisi huomioida seuraavat kolme vaihetta: suunnittelu, kehitys ja optimointi. Ohjeet kannattaa luoda hyvin mietityn konseptin pohjalta. Konsepti auttaa tiedon saavutettavuudessa ja johdonmukaisuudessa. (SFS-EN 82079-1:2012, 92.)

Tutkimus on tärkeä osa ohjeen kehittämistä. Tutkimukseen kuuluvat haastattelut kannattaa suunnitella hyvin, ja haastatella työtä suorittavia henkilöitä sekä muita asiantuntijoita. Täytyy varmistua myös, että ohjeeseen vaikuttavat tulokset kuten valitukset, huollot ja julkaisut, huomioidaan. (SFS-EN 82079-1:2012, 94.)

Sisältö luodaan konseptin sekä tutkimuksen perusteella. Tarkistusluettelot ja kirjoittamistyökalut helpottavat kirjoittamisessa. Varhaisella laadunvalvonnalla voidaan

kiinnittää ajoissa huomiota ohjeiden puutteisiin jo alkuvaiheessa, ajoissa tehdyllä valvonnalla voidaan välttää virheitä. (SFS-EN 82079-1:2012, 94.)

Empiirisen arvioinnin eli käyttäjätestauksen avulla voidaan osoittaa täyttääkö ohje sille asetetut tavoitteet. Näin voidaan suorittaa laadun varmistaminen. Empiiristä arviointia tulisi suorittaa koko tuotteen kehittämisen aikana, myös ohjeissa. Empiirisiä menetelmiä ovat esimerkiksi mielipidetutkimukset (kirjalliset- ja suulliset haastattelut), käytettävyydestaukset, asiantuntijalausunnot ja valitusten käsittely. (SFS-EN 82079-1:2012, 96.)

#### 4.1 Tarkastuksen kohteet

Teknologian tutkimus keskuksen (VTT oy) tekemän tutkimuksen mukaan vikojen esiintymistodennäköisyys kasvaa selvästi nosturien iän myötä. Tuolloin alle 5- vuotiailla nostureilla oli vikoja noin puolet keskiarvosta, 5-15 vuotiailla alle keskiarvon ja 25- vuotiailla yli keskiarvon lukumäärän. (Pahkala 1991, 1.)

Nostureissa esiintyvät tavallisimmat sähkötekniset puutteet olivat nostureiden ratojen osalta puutteellinen maadoitus ja siirtoliikkeen rajakatkaisun puuttuminen. Siirtokoneistossa rajakytkimien toimimattomuus sekä puuttuminen ja jarrujen säätöjen puutteellisuus. Nostokoneistoissa tutkitusti myös jarrujen säätöjen puutteellisuus, sekä nosturin käyttötarkoituksen äkillinen muuttuminen, josta saattaa seurata jatkuvia ylikuormitustilanteita. Myös ylikuormasuojien jälkikäteen asennus on aiheuttanut virhe toimintoja. Kulkuteiden ja hoitotasojen saralla huomattiin myös puutteita, puutteet estävät turvallisen huoltotyön ja tarkastuksen, sekä sähkökojeiden käsittelyn. Esimerkiksi kojekaappien huoltotasot puuttuivat ja turvaetäisyydet olivat liian pienet, tällainen puute voi aiheuttaa esimerkiksi pääsyn liian lähelle jännitteisiä laajausjohtoja. (Pahkala 1991, 2-3.)

Hallintalaitteet ovat merkittävä osa nostureiden turvallisuustekniikkaa, myös näissä havaittiin puutteita, kuten: puutteelliset merkinnät, epäselvät merkinnät kulumien

vuoksi, asentotunnot huonot ohjaimissa, hätäpysäyttimen puuttuminen, hallintalaitteet sijoiteltu puutteellisesti näkyvyyden ja työasennon kannalta, riippuohjainten vauriot (rikkoontuneet merkkilamput, kolhut kotelossa, puutteellisia vedonpoistoja). (Pahkala 1991, 4.)

Sähkölaitteissa usein esiintyviä virheellisyyksiä olivat puutteellinen kosketussuojaus, kaapelien vedonpoiston puuttuminen, kojeiden riittämätön tiiveys, turvakytkimien puuttuminen ja 1-lankaiset johtimet monisäikeisten sijaan. Huolto- ja käyttöohjeet olivat usein epäjärjestyksessä ja kytkentämuutoksia ei ollut aina merkitty virtapiirikaavioihin, eikä muutoksia käyttöohjeisiin. Virtapiirikaaviot saattoivat myös puuttua kokonaan. (Pahkala 1991, 5.)

SFS-ISO 12480-1:2019 on esitelty opastavia määräaikaistarkastusten toimenpiteitä. Standardissa suositellaan päivittäin suoritettaviksi sähkölaitteiston tarkastuksiksi valmistajan ohjeissa vaaditut tarkastukset, sähkökomponenttien silmämääräinen tarkastus likaantumisen varalta, rajoittavien ja katkaisevien laitteiden toiminnan tarkastukset, kuormanvalvontalaitteen toiminta ja sen testauksien ajankohdat, valojen toiminta, ohjaimien toiminta ilman kuormaa, äänivaroituslaitteiden toiminta ja laitteeseen ja ohjaimiin kiinnitetyt laput ennen toiminnan aloittamista. (SFS-ISO 12480-1, 29.)

Viikoittaisiksi sähköteknisiksi tarkastuksiksi suositellaan valmistajan ohjekirjan vaatimia tarkastuksia, ohjaimien toiminnan ja asetusten tarkastukset ja tarkastuspöytäkirjan täyttö. (SFS-ISO 12480-1, 30.)

## 4.2 Aistinvaraiset tarkastukset

Nostureiden sähköjärjestelmien aistinvaraiset tarkastukset ovat usein yhteydessä erilaisiin mittauksiin ja toimintakokeisiin. Aistinvaraisena tarkastukset kannattaa suorittaa esimerkiksi tarkastuskierroksella, jonka tarkoituksena on todeta pintapuolisesti

kaiken olevan kunnossa. Aistinvaraisesti tarkastetaan ohjauslaitteet, sähkölaitteiden puhtaus, johtimien kunto kojekaapeissa, kaapelitiivisteet, pääkytkimet, aikareleet, kontaktorit, ylivirtasuojien säätö ja varokkeiden kunto. (Nosturin käyttö- ja huolto-ohjekirja, 24-29.)

Lisäksi kaikki moottorit kuten sillan siirtomoottorit, vaunun siirtomoottorit ja nostokoneiston moottori on tarkastettava aistinvaraisesti, näin voidaan huomata ajoissa esimerkiksi öljyvudot, kosketussuojauksen vauriot tai muut vastaavat turvallisuutta vaarantavat tekijät. (Nosturin käyttö- ja huolto-ohjekirja, 24-29.)

Myös tehonsyöttöön liittyvät järjestelmät tarkastetaan samalla kierroksella. Tarkastetaan kaapeleiden kunto, maadoituksen kunto ja nosturin virranottolaitteiden kunto. Huomioidaan myös kaapeleiden kiinnitykset, läpiviennit, kiskot ja muut vastaavat järjestelmät. (Nosturin käyttö- ja huolto-ohjekirja, 24-29.)

Eryistä huomiota täytyy kiinnittää myös erilaisten antureiden ja rajojen aistinvaraisessa tarkastuksessa. Niiden toiminta on testattava erikseen, mutta niiden aiheuttamia häiriöitä voidaan ennakoida tarkastamalla ne säännöllisesti aistinvaraisesti mahdollisten vaurioiden ja epäpuhtauksien varalta. (Nosturin käyttö- ja huolto-ohjekirja, 24-29.)

### 4.3 Koeajo

Aistinvaraisten tarkastuksien lisäksi esimerkiksi värähtelymittauksissa nosturia ajetaan, jotta saadaan mittaustuloksia moottoreista ja voidaan analysoida moottorin kunto. Vuosittaisessa määräaikaistarkastuksessa todetaan myös nosturin toiminta koeajamalla laitetta ja 4-vuoden välein tehtävässä koekäytössä suurimmalla sallitulla kuormalla nosturia tehdään koeajo. (A 403/2008.) Lisäksi useat nosturin rajoista testataan ajamalla nosturia.

Koeajolla yhdessä muiden tarkastuksien yhteydessä saadaan siis hyvä kuva nosturin sen hetkisestä kunnosta, ja viat huomataan paremmin kuin nosturin seisoessa, sillä

kaikkia vikoja ei voi huomata nosturin ollessa paikallaan. Lisäksi vähässä käytössä oleva nosturi saa laitteiston, esimerkiksi sähkömoottoreiden laakereiden jumiutumista estävää liikettä.

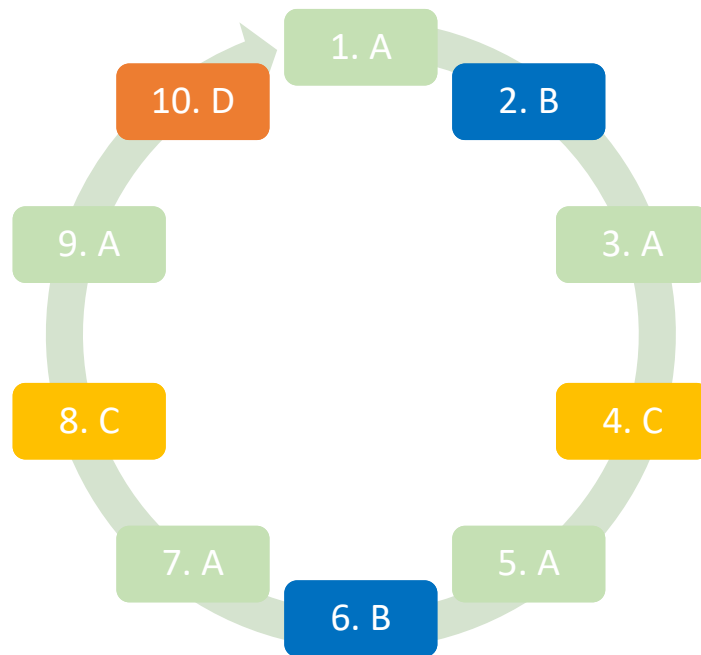
#### 4.4 Mittaukset

Nostureiden sähköjärjestelmiin liittyviä mittauksia ovat esimerkiksi sähkömoottoreiden eristysresistanssin mittaukset, sekä vaiheimpedanssien mittaukset. Maadoituksen jatkuvuusmittauksilla voidaan todeta maadoitusjärjestelmän kunto. Sähkömoottoreiden kuntoa seurataan myös värähtelymittauksilla ja virta-analyysillä, joiden avulla saadaan selville esimerkiksi alkavat laakeriviat ja muut mahdolliset vauriot. Nämä mittaukset suoritetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti riittävän pätevyyden omaavien henkilöiden voimin.

Jos järjestelmään kuuluu dataa tallentava logiikka, esimerkiksi epätahtimoottoreiden virta-analyysillä voidaan havaita moottoriviat ajoissa sekä tutkia tallennettuja käyriä eri ajanjaksoilta. Virta-analyysillä voidaan havaita sähköisten vikojen lisäksi myös mekaanisia vikoja.

#### 4.5 Esimerkki jaksotus, tekijät ja kohteet tarkastuksille

Liitteessä numero 3 esitellään esimerkkinä malliversio nosturin tarkastusajankohdista. Esimerkki nosturina käytetty siltanosturi on ei-säännöllisessä käytössä oleva teollisuusnosturi, jonka aktiivinen käyttö keskittyy kahden kuukauden ajanjaksoon vuosittain. Käyttöjakso sijoittuu esimerkki mallissa kesäkuukausille, huoltoseisokkiin, jonka aikana nosturi on jatkuvassa käytössä. Kuviossa 11 on esitetty liitteen 3 tarkastuksien jaksotus 10 vuoden syklissä.



Kuvio 11 Esimerkki nosturin tarkastukset 10 vuoden syklissä

### **Vuosityyppi A**

Tammikuussa vuosittainen VNa 403 34 §:n mukainen määräaikaistarkastus. Tarkastuksen suorittajana pätevä nosturitarkastaja. Varmistetaan laitteen toimintakunto ja tehdään lakisääteinen vuosittainen koeajo. Toukokuussa värähtelymittaukset ja esimerkiksi valmistajan ohjeiden mukainen toimintakunnon koestus koeajolla kokonaisuudessaan sähkökunnossapito-ryhmän toimesta. Ennen koeajoa tarkastetaan kaikki nosturin keskuskeskukset aistinvaraisesti, kiinnitetään huomiota ilmanvaihtoon, lämpenemisen ja korroosion aiheuttamiin vaurioihin, sekä mahdollisiin löysiin liitoksiin ja muihin poikkeavuuksiin komponenteissa. Itse toimintakunnon koestuksessa koeajetaan nosturin rajakytkimet, jarrut ja moottorit. Niiden lisäksi koeajetaan ja tarkastetaan kaikki nosturin järjestelmät ja rajat, sekä testataan vikavirtasuojat ja hätäseis-painikkeet. Elokuussa käyttöjakson jälkeen värähtelymittaukset ja mekaaninen tarkastus mekaanisen kunnossapidon asiantuntijoiden toimesta. Verrataan nosturin kunnonvalvontamittauksia erityisesti sähkömoottorien ja vaihdelaatikoiden osalta ajanjaksoon ennen käyttöjaksoa, ja reagoidaan muutoksiin.

### **Vuosityyppi B**

Eroaa Vuosityyppi A:sta vain toiminnallisen koestuksen laajuudessa. Vuosityyppi B:ssä suoritetaan toiminnallisesta koestuksesta vain jarrukoestus ja rajojen koestukset, sekä hätäseis- painikkeet ja mahdolliset vikavirtasuojat.

### **Vuosityyppi C**

Vuosityyppi C:ssä tehdään täsmälleen samat tarkastukset ja koestukset kuin A-tyypissä, mutta sen lisäksi suoritetaan VNa 403 34 §:n mukainen koekäyttö suurimmalla mahdollisella kuormalla.

### **Vuosityyppi D**

Eroaa vuosityyppi A:sta vain VNa 403 35 § säädetyn 10- vuoden välein tehtävän perusteellisen määräaikaistarkastuksen osalta. 10- vuotistarkastus voidaan myös korvata kunnonvalvontajärjestelmällä, jos se vaikutuksiltaan vastaa määräaikaistarkastuksia. Kunnonvalvontajärjestelmä tulee hyväksyttäväksi asiantuntijayhteisöllä, ja sen toimivuutta arvioidaan kolmen vuoden välein. Tämä tarkoittaa sitä, että testien tulokset esimerkiksi tallennettaisiin ja lisäksi dokumentit öljynäytteistä, jarrutesteistä, koekäytöistä ja värähtelymittauksista tallennettaisiin ja esitettäisiin asiantuntijayhteisölle.

#### **4.5.1 Vuosittainen määräaikaistarkastus**

Määräaikaistarkastus tulee suorittaa vuosittain, mutta väliä lyhennetään jos työvälilinen käyttöolosuhteet tai käyttö rasittavat työvälilinen toimintakuntoa, tai jos turvallisen toimintakunnon varmistamiselle on jokin muu erittäin tärkeä syy. Vastaavasti väliä pidennetään, jos työvälilinen on vähän käyttöä ja olosuhteet ovat erityisen vähän rasittavia. (A 403/2008.)

Määräaikaistarkastuksessa tarkistetaan, että laite on turvallinen käyttää. Täten tässä tarkastuksessa tulisi käydä turvallisuuteen liittyvät järjestelmät läpi, varmistaen ettei

ikäntyminen, väsyminen, kuluminen, korroosio tai vaurioituminen ole vaikuttanut turvalaitteisiin. Tämän tarkastuksen yhteydessä tehdään nosturille koeajo vuoden välein ja koekäyttö suurimmalla sallitulla kuormalla joka neljäs vuosi. Painon ja korkeuden mittauksen paikkansa pitävyyttä tarkastetaan vuosittainen tunnetulla painolla tehdyllä koenostolla. Sellaisille nostolaitteille, joilla on kaatumisvaara, suoritetaan koekäyttö aina määräaikaistarkastuksen yhteydessä. (A 403/2008.)

Edellä mainitut tarkastukset suorittaa lainmukainen pätevä nosturitarkastaja. (A 403/2008.) Määräaikaistarkastus voitaisiin suorittaa esimerkiksi niin, että nosturitarkastaja tarkastaa ensin visuaalisesti turva- ja ohjauslaitteet ja mahdollisen vikalogin sekä testaa vikavirtasuojat. Tarkastaja kirjaa ylös nosturin käyttötunnit ja tarkastaa edelliset pöytäkirjat. Tämän jälkeen suoritetaan normaali koeajo, jossa testataan vuosittain nosturin toiminta ajamalla rajat, hätä- seis- piirit hätäpysäytys laitteilla, äänimerkit, turvalot, sähköinen- ja mekaaninen jarrutus (ei hätäjarruja) sekä eri nosto ja liikkumisnopeudet. Näin saadaan yleiskuva nosturin ohjauslaitteiston ja perus turvallisuustoimintojen kunnosta.

#### 4.5.2 Kahden vuoden välein laajempi tarkastus

Koeajo suoritetaan laajemmin kuin määräaikaistarkastuksessa vuositasona. Tarkastetaan nosturin toiminnot kokonaisuudessaan, vuoden välein suoritettavan normaalin koeajon lisäksi testataan hätäjarrut. Hätäjarrujen ajaminen vuosittain kuluttaa vaihdelaatikkoa, eli samalla nosturin käyttöikä vähenee, tämän takia hätäjarruja ei koesteta vuosittain, vaan harvemmin eli kahden vuoden välein.

Kahden vuoden välein tapahtuvassa tarkastuksessa tarkastetaan järjestelmän kunto. Verrataan tehtyjä mittauksia (esimerkiksi virrat, jännitteet ja momentit) historiaan ja arvioidaan, onko järjestelmän kunto muuttunut. Kahden vuoden välein tehdään myös maadoitusmittaukset, joilla tarkkaillaan maadoitusjärjestelmän toimivuutta.



#### 4.5.3 10- vuoden välein tehtävä perusteellinen määräaikaistarkastus

Jos valmistaja ei ole ilmoittanut nostolaitteen suunnittelurajoja, tai nämä rajat ei ole tiedossa, 10- vuotis- tarkastus tehdään viimeistään 10 vuoden kuluttua ensimmäisestä käyttöönotosta. Tämän tarkastuksen ajankohtaa arvioitaessa täytyy huomioida nostolaitteen käytön kuormittavuus, aiemmissa tarkastuksissa havaitut vauriot, mahdolliset korjaukset ja esiintyvät tyyppiviat. Tämä tarkastus olisi hyvä kohdistaa enemmän mekaaniseen kuin sähkötekniseen puoleen, esimerkiksi koukun kauloihin ja ki-toihin sekä esimerkiksi vaihdelaatikoiden tarkastuksiin.

Määräaikaistarkastukset voi korvata kunnonvalvontajärjestelmällä, joka täytyy hyväksyttää asiantuntijayhteisöllä. Kunnonvalvontajärjestelmän on vastattava määräaikaistarkastuksia vaikutuksiltaan. Asiantuntijayhteisön on seurattava kunnonvalvontajärjestelmää ja arvioitava sen ajankohtaisuutta kolmen vuoden välein. (A 403/2008.)

Kunnonvalvontajärjestelmä on kuvattava kirjallisesti, ja sen tulee sisältää toimenpiteet, niiden tekotavat, vaadittavat pätevyudet ja tekijät, sekä tarkastuksista saadut tiedot. Työvälineen kuntoa täytyy seurata erilaisilla mittaus- tarkastus- ja testaustoimenpiteillä. (A 403/2008.)

Esimerkkinosturissa kunnonvalvontajärjestelmän voisi toteuttaa niin, että vuosittaiset määräaikaistarkastukset tehtäisiin pätevän nosturitarkastajan toimesta, mutta kymmenen vuoden välein tehtävä perusteellinen määräaikaistarkastus suoritettaisiin kunnonvalvontajärjestelmällä, johon kirjattaisiin tietoa nosturin tarkastuksista, koeajoista, ilmenneistä vioista, käyttökuntoisuudesta, öljynäytteistä, mittaustuloksista ja käytön historiasta. Kerättyä dataa analysoitaisiin ja verrattaisiin edellisten vuosien tuloksiin, täten voidaan huomata nosturin kunnon kehityssuunta.

## 4.6 Tarkastuspöytäkirja

Valtioneuvoston asetuksen työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 38 §:n mukaan tarkastuksista täytyy pitää pöytäkirjaa. Kyseiseen pöytäkirjaan tulee kirjata työvälineestä tarkastuksessa huomattavat turvallisuuteen vaikuttavat havainnot, ja ohjeet turvallisuuteen vaikuttavien vikojen ja puutteellisuuden korjaamiseksi ja poistamiseksi. Pöytäkirjassa on myös oltava tarkastajan arvio siitä, milloin seuraava tarkastus on tehtävä ja mihin siinä täytyy kiinnittää huomiota. Pöytäkirjaan merkitään tarkastusten päivämäärät, ja ne on säilytettävä koko työvälineen käyttöajan. Viimeisin pöytäkirja on oltava työpaikalla saatavissa. Tarkastuksesta/kunnonvalvontajärjestelmästä tulisi tehdä merkintä työvälineeseen. Käyttäjän on pystyttävä havaitsemaan, milloin laite on tarkastettu. (A 403/2008.)

## 4.7 Lisätarkastukset

Lakisääteisten tarkastusten lisäksi on tärkeää tehdä lisätarkastuksia nostureille ja niiden sähkölaitteistoille. Aistinvaraiset tarkastukset ja niiden yhteydessä suoritettava lyhyt koeajo ei sido paljoa työntekijöitä ja resursseja, mutta tarkastuksilla ja koeajolla saadaan lisättyä varmuutta nosturin toimintakunnosta. Lisäksi mahdolliset viat huomataan todennäköisesti aiemmin, eikä tästä aiheudu mitään ongelmia tuotannolle tai ihmisille. Ennakoivalla kunnossapidolla vältetään yllättäviä tilanteita ja sitä kautta käyttökunnottomuudelta.

# 5 Työn toteutus

Tarkastusohjelman suunnittelu aloitettiin tutustumalla erilaisiin Loviisan voimalaitoksen nostureihin, sekä suunnittelemalla niihin laitekortteja. Samalla tutustuttiin eri nosturivalmistajien ja eri nosturityyppien tarkastusohjelmiin ja ohjeisiin.

Valmistajien, sekä jo olemassa olevien tarkastusohjelmien lisäksi tutustuttiin Suomen lakeihin, asetuksiin, standardeihin, YVL:n ohjeisiin sekä voimalaitoksen omiin ohjeisiin. Näiden lisäksi tutkittiin saksalaista KTA- standardia sekä amerikkalaista ASME- standardia, etsien tietoperustaa nosturien tarkastusohjelmalle.

Taustatietojen keräämisen jälkeen modernisoidulla nosturilla suoritettiin KTA standardeihin pohjautuva valmistajan laatima määräaikaistarkastus käyden läpi valmistajan laatima laajamittainen koestusohjelma. Koeajon tulokset tallennettiin tulevaisuutta varten, jotta niitä voidaan verrata tuleviin vuosiin ja näin seurata nosturin käyttöikä. Valmistaja piti myös kyseisestä nosturista automaatio- ja sähkökunnossapidon tarkastus, huolto ja vianetsintä koulutuksen. Tällä tavalla hankittiin käytännön kokemusta aiheesta.

Toimeksiantaja halusi tehokkaan tarkastusohjelman nostureille. Nosturien tarkastamisesta haluttiin mahdollisimman turvallista, tehokasta ja taloudellista. Tarkastusohjelmassa tuli jäsentää nosturin tarkastukset siten, että saadaan varmuus sen käyttökunnosta ennen käyttöjaksoa.

Tietoperustan omaksumisen ja keräämisen jälkeen alettiin pitää kokouksia sähkö- ja mekaanisen kunnossapidon, mekaanisen kunnonvalvonnan sekä nosturivalmistajan kanssa. Kokouksia pidettiin useita, ohjetta hiottiin aina pala palalta eteenpäin. Kokousten lisäksi opinnäytetyöhön kerättiin näkökulmia haastatteleamalla tarkastusohjelman tulevia toteuttajia. Lopulliseen tulokseen aikataulujen, resurssien ja kohteiden suhteen päästiin tutkimuksen avulla, jonka jälkeen ohjeesta kirjoitettiin luonnosversio toimeksiantajan tarkastus- ja hyväksymisprosessiin sähköjärjestelmien osalta.

Luonnosversio esiteltiin myös tarkastuksia suorittaville sähköasentajille, ja he esittivät omat ehdotuksensa tarkastusten suorittamisen tehostamiseksi. Tarkastusohjelma käytiin perusteellisesti läpi, ja sen suunnittelun vaiheita seurattiin koko ajan kokouksilla sekä suunnittelevan että toteuttavan portaan kanssa.

## 6 Tulokset

Työn aikana selvitettiin tavoitteiden mukaisesti, mitä nostureista täytyy tarkastaa ja minkä takia, täten työn reliabiliteetti eli oikean asian tutkiminen, täyttyi.

Tutkimuskysymykseksi oli muotoiltu: ”Millä tavalla tarkastaen saadaan riittävä varmuus nosto- ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmien toiminnasta”? Lisäkysymyksinä, joihin etsittiin vastausta:

- Mitä täytyy tarkastaa ja miksi?
- Miten turvaluokan 3 omaava nosturi tulisi tarkastaa?
- Kuinka usein tarkastetaan?
- Missä tilanteissa tarvitaan lisätarkastuksia?
- Miten ennustetaan järjestelmän jäljellä oleva käyttöikä?

Nostureiden sähköjärjestelmät ikääntyvät sekä kuluvat käytössä. Ikääntyminen ja käyttö aiheuttavat vikoja ajan myötä. Myös vähäinen käyttö aiheuttaa omat ongelmansa laitteisiin. Näihin voidaan reagoida ajoissa ajoittamalla tarkastukset oikein ja oikeisiin kohteisiin. Nostureille on tehtävä lakisäätteiset määräaikaistarkastukset, koe-käytöt ja koenostot. Tarkastusohjeiden tulee näiden lisäksi perustua aina valmistajan vaatimuksiin ja suosituksiin, joita voidaan useissa tapauksissa räätälöidä käytön mukaan. Kriittisimpiä ovat kuormaa kantavat laitteet, jarrut sekä rajat ja turvalaitteet.

Nosturin kone- ja henkilöturvallisuus saavutetaan noudattamalla koneasetusta ja VNa 403/2008. Ydinturvallisuudessa riittävä taso saadaan toimimalla säteilyturvakeskuksen YVL E.11 ja muiden liittyvien ohjeiden mukaisesti. YVL E.11 sopivat tarkentamaan saksalainen KTA 3902 ja yhdysvaltalainen ASME NOG-1. YVL E.11 mukaisesti tarkastusohjelmaan sisältyy:

- tarkastuskohteet ja- laajuudet
- tarkastusvälit
- sovellettavat määräykset ja standardi
- tarkastushenkilökunnan pätevyysvaatimukset
- tarkastuskohteen valmistelu tarkastusta varten
- käytettävät tarkastusmenetelmät- ja laitteet
- tarkastuslaitteiden kalibrointivaatimukset

- tarkastustulosten hyväksymiskriteerit
- tarkastusten raportointi ja tallenteiden arkistointi

Lisäksi tarkastusohjelmassa seurataan nosturin jäljellä olevaa käyttöikää, viranomaisille täytyy ilmoittaa turvaluokan 3 laitteiden jäljellä oleva käyttöikä raportissa vuosittain.

Jäljellä olevan käyttöiän voi ennustaa tallentamalla tarkastuksista saatua dataa. Käyttöikään vaikuttaa vikatiheyden lisäksi vuosien aikana kerätyt mittaustulokset, esimerkiksi virtamittaukset, momenttimittaukset, eristysresistanssi- jatkuvuusmittaukset. Näiden lisäksi värähtelymittaukset ja virta- analyysit kertovat paljon laitteiden tilasta ennakoivasti. Nostureiden nostojen, laskujen ja käyttötuntien määrää ja kapasiteettia on seurattava jatkuvasti, jotta saadaan verrattua dataa nosturin suunniteltuun käyttöikään. Tilastoinnin avulla voidaan seurata laitteen vikatrendiä, jos se on nouseva, voidaan havainnoida ajoissa, että jotakin on tehtävä.

Riittävä varmuus nosto- ja siirtolaitteiden sähköjärjestelmien toiminnasta saadaan lakisääteisten tarkastuksien lisäksi seuraamalla nosturin kuntoa riittävän tiheällä syklillä, erilaisten asiantuntijaryhmien suorittamilla tarkastuksilla. Tarkastukset täytyy ajoittaa ja mitoittaa oikein laitteen käytön mukaisesti, jotta ne ovat tehokkaita ja tarkoituksenmukaisia. Tarkastuksien avulla suoritettava ennakointi säästää ylimääräiseltä työltä ja tuotannon menetyksiltä, jos vikakohteet huomataan riittävän ajoissa. Lisätarkastusten ajankohdat ja sisältö suunnitellaan myös laitteen käytön mukaisesti.

Nykyaikana modernit nosturit eivät tarvitse varsinaista huoltoa samalla tavalla kuin ennen. Modernit nosturit tarkastetaan säännöllisin väliajoin eri asiantuntijaryhmien toimesta ja säädöt sekä rasvaukset tehdään tarkastusten yhteydessä. Jos tarkastuksissa havaitaan jotakin poikkeavaa, sitten tehdään huoltotoimenpiteet. Määräaikaan sidotut laitteiden vaihdot tehdään kuten ennenkin, ne voidaan kuitenkin huomioida

osana tarkastusohjelmaa. Tarkastuksista saadut tulokset ohjaavat siis huoltotoimenpiteitä, paitsi jos huoltotoimenpide on aikasidonnainen.

Raportin lisäksi tavoitteena oli saada aikaan tarkastusohjelma nostureille. Raportti toimi suunnitellusti tietoperustana ja oppimisen välineenä tarkastusohjelman teossa. Laadullista onnistumista seurasin vertailemallani työtä koko ajan muihin tarkastusohjelmiin ja aiheen teorioihin. Tarkastusohjelmaa arvioitiin koko prosessin ajan asiantuntijoiden kanssa vapaamuotoisissa haastatteluissa sekä useissa kokouksissa. Raportin lisäksi sain valmiiksi tarkastusohjelman sisältäen sähkötekniikan ja mekaanisen puolen ohjeet ja pöytäkirjat, joita voidaan käyttää soveltaen kaikissa nostureissa. Työn tuloksia esitellään vielä tulevaisuudessa muille luvanhaltijoille yhteisessä seminaarissa.

## 7 Pohdinta

Mielestäni opinnäytetyössä päästiin ennalta asetettuun tavoitteeseen. Saatiin luotua uusi tarkastusohjelma laitokselle, sekä opinnäytetyö raportti. Työn aikana luotu tarkastusohjelma helpottaa merkittävästi nosturien tarkastusten jaksottamista, sitä voidaan käyttää mallina suunniteltaessa eri nostureiden tarkastuksia. Myös pöytäkirja pohjat soveltuvat yleisesti kaikille nostureille.

Tuloksia arvioitiin vapailla haastatteluilla sekä asiantuntijakokouksilla. Tämä oli toimiva tapa seurata työn etenemistä ja lisäksi tarkastusohjelman sisältöä muokattiin kokousten myötä. Tässä toteutui laadullisen tutkimuksen peruste: tiedonkeruun ja analyysin vuorottelu. Kokousten ansiosta ohjeista ja pöytäkirjoista tehtiin selkeitä ja käyttäjä ystävällisiä.

Lähteinä käytettiin paljon eri lakeja, säädöksiä ja standardeja. Opettelin niitä samalla, kun selvitin alussa, mitä pitää huomioida tarkastusohjelmissa laki- ja standarditasolla. Tiivistin ja selkeytin vaadittavat asiat opinnäytetyöhön, jotta ne ovat nopeasti sisäis-

tettävissä. Lakien ja standardien lisäksi kävin läpi useita tarkastusdokumentteja, sähkötekniikan oppaita sekä mekaanisen puolen dokumentteja. Lähteitä kertyi enemmän kuin alkuun ajattelin. Kävin myös sähkö- ja automaatio sekä mekaanisen kunnossapidon koulutuksessa aiheesta, sekä olin mukana tarkastuksissa.

Opinnäytetyön aikana kehityin henkilökohtaisesti monella osa- alueella. Työn aikana opin uusia asioita sähkötekniikasta, automaatiosta ja mekaniikasta, sekä niihin liittyvästä suunnittelutyöstä. Pääsin olemaan myös mukana projektitöissä sekä määräaikaistarkastuksissa ja erilaisissa koulutuksissa. Tutustuin myös useisiin eri alojen asiantuntijoihin.

Työtäni voidaan kehittää tulevaisuudessa. Tarkastusohjelman ohjeiden yksityiskohdat ja pöytäkirjat muokkautuvat tulevaisuudessa varmasti eteenpäin vuosien saatossa. Runko ja pohjat ovat valmiina ja toivon että tekemäni työ auttaa tulevaisuudessa henkilöitä, jotka työskentelevät nostureiden kunnossapidon ja tarkastusten parissa.

## Lähteet

A 403/2008. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 17.10.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>, lainsäädäntö, säädökset alkuperäisinä, vuosi 2008.

ASME B30.2-2005. Overhead and Gantry Cranes. Washington, D.C: The American Society of Mechanical Engineers. Viitattu 14.11.2019.

Fortum maailmalla. 2019. Julkaisu Fortum Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 7.10.2019. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/fortum-maailmalla>.

Fortumin Uniper-investointi. 2019. Julkaistu Fortum Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 30.10.2019. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/medialle/tietopaketti-medialle/fortumin-uniper-investointi>.

Kananen, J. 2014. Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä. Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kuinka paljon nosturillasi on elinkaarta jäljellä?.2018. PDF-dokumentti Konecranes Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 6.11.2019. <https://www.konecranes.com/fi/huolto/konsultointipalvelut/nosturin-elinkaarianalyysi%20>

Konecranes. 2003. Nosturilainsäädäntö. Koulutusmateriaali.

Kone osakeyhtiö. N.d. Nosturin käyttö- ja huolto-ohjekirja.

KTA 3903:2017. Inspection, Testing and Operation of Lifting Equipment in Nuclear Power Plants. Salzgitter: KTA-Geschäftsstelle c/o Bundesamt fuer Strahlenschutz. Viitattu 29.11.2019.



L 16.12.2016/1135. Sähköturvallisuuslaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 11.11.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö, vuosi 2016.

L 23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 17.10.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020738?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Ty%C3%B6turvallisuuslaki>, lainsäädäntö, ajantasainen lainsäädäntö, vuosi 2002.

Lehto, T. 2017. Ydinteknisten nostolaitteiden turvallisuuden varmentaminen. Diplomityö. Oulun yliopisto, konetekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 19.11.2019. <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201704131487.pdf>.

Loviisan voimalaitoksen toiminta. 2019. Julkaisu Fortum Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 7.10.2019. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/loviisan-voimalaitos/voimalaitoksen-toiminta>.

Metsäteollisuuden työnantajaliitto. 1982. Nostokoneet ja pumput. Lappeenranta: Etelä-Saimaan Kustannus Oy.

Pahkala, J. 1991. Työpaikan nosturit, rakenteellinen turvallisuus ja tarkastukset. Luento materiaali. Sähkötarkastuskeskus.

SFS-EN 13135:2013. Nosturit. Turvallisuus. Suunnittelu. Laitteita koskevat vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 20.4.2018. Viitattu 3.3.2020.

SFS-EN 60204-32:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 24.11.2008. Viitattu 5.11.2019.

SFS-EN 82079-1. Käyttöohjeiden laatiminen. Jäsentäminen, sisältö ja esittäminen. Osa 1: Yleiset periaatteet ja yksityiskohtaiset vaatimukset. Vahvistettu 29.10.2012. Viitattu 3.3.2020.

SFS 6002:2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 16.03.2015. Viitattu 19.11.2019.

SFS-ISO 12480-1:2019. Nosturit. Turvallinen käyttö. Osa 1: Yleistä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 11.10.2019. Viitattu 7.1.2020.

SFS-ISO 12482:2017. Cranes. Monitoring for crane design working period. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 30.6.2017. Viitattu 13.11.2019.

Suojoki, M. 2006. UV- valon ja lämmön vaikutukset polyolefiineihin. Opinnäytetyö, AMK. Lahden ammattikorkeakoulu, muovitekniikan koulutusohjelma. Viitattu 4.3.2020. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11680/2007-04-27-13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Säteilyturvakeskus. Määritelmät. N.d. Stuklexin verkkosivut. Viitattu 6.11.2019. <https://www.stuklex.fi/fi/maaritelmat>.

Säteilyturvakeskus. Ohje YVL A.8, Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta. 2019. Ohje. Viitattu 8.1.2019. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-8>.

Säteilyturvakeskus. Ohje YVL B.2, Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu. 2019. Ohje. Viitattu 25.2.2020. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLB-2>.

Säteilyturvakeskus. Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet YVL E.11. 2019. Ohje. Viitattu 22.11.2019. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-11>.

Säteilyturvakeskus. Ydinlaitoksen nosto- ja siirtolaitteet. 2019. Perustelumuuisto. Viitattu 21.11.2019. <https://www.stuklex.fi/fi/YVLE.11-perust.pdf>.

Säteilyturvakeskus. Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta. 2019. Stuklexin verkkosivut. Viitattu 11.11.2019. <https://www.stuklex.fi/>.

Taloudelliset tunnusluvut ja analyysityökalu. 2019. Julkaisu Fortum Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 7.10.2019. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/sijoittajille/avaintiedot/taloudelliset-tunnusluvut-ja-analyysityokalu>.

Teräsrakentamisen T&K-päivät. 2013. Julkaisu teräsrakenneyhdistyksen www-sivuilla. Viitattu 2.3.2020. [http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/106/cdebcec/rantala\\_nosturiradat\\_try\\_2013.pdf](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/106/cdebcec/rantala_nosturiradat_try_2013.pdf)

Toimimme puhtaan maailman puolesta. 2019. Julkaisu Fortum Oyj:n www-sivuilla. Viitattu 7.10.2019. [https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme-toimimme-puhtaamman-maailman-puolesta](https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/toimimme-puhtaamman-maailman-puolesta).

VNp 1403/1993. Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 6.11.2019. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto,saadokset/alkuperaisin,vuosi/1993>.

IAEA (International Atomic Energy Agency). 2009. Proactive management of ageing for nuclear power plants. Safety reports series No.62. Raportti IAEAn sivuilla. Viitattu 21.11.2019. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/pub1390\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/pub1390_web.pdf).

## Liitteet

### Liite 1. VNa 403/2008 tarkastukset

	33§ Käyttöönottotarkastus	34§ Määräaikaistarkastus	35§ Perusteellinen määräaikaistarkastus
<b>Ajankohta</b>	Ennen ensimmäistä tai turvallisuuden kannalta merkittävän muutoksen tai uuteen paikkaan asentamisen jälkeistä käyttöönottoa, tai jos laite otetaan uudelleen käyttöön sen oltua pitkään käyttämättömänä	Vuoden välein ensimmäisen käyttöönottotarkastuksen jälkeen tai, jollei työvälineelle ole tehtävä käyttöönottotarkastusta, vuoden välein siitä ajankohdasta, kun työnantaja otti työvälineen käyttöön. Torninostureille tarkastusväli kaksi vuotta. Tarkastusväliä voidaan pidentää/lyhentää kohdassa 34§ määritetyin perustein: <i>”Tarkastusväliä voidaan pidentää, jos työvälineen käyttö on vähäistä ja olosuhteet erityisen vähän työvälinettä rasittavat. Tarkastusväliä on vastaavasti lyhennettävä, jos työvälineen käyttö tai käyttöolosuhteet ovat työvälineen toimintakuntoa erityisesti rasittavat tai jos turvallisen toimintakunnon varmistamiselle on muu erityisen tärkeä syy.”</i> Työväline on tarpeellisessa laajuudessa tarkastettava myös silloin, kun sen käytössä on tapahtunut sen rakenteen turvallisuuden vaikuttanut onnettomuus tai vakava vaaratilanne tai kun se on ollut alttiina turvallisuutta heikentäville poikkeuksellisille olosuhteille.	Edellä 34 §:ssä tarkoitetun määräaikaistarkastuksen lisäksi nostolaitteelle on tehtävä perusteellinen määräaikaistarkastus lähestyttäessä valmistajan määrittämiä nostolaitteen suunnittelurajoja, tai elleivät nämä ole tiedossa, viimeistään 10 vuoden kuluessa ensimmäisestä käyttöönotosta. Perusteellisten määräaikaistarkastusten ajankohdasta arvioitaessa on otettava huomioon nostolaitteen käytön rasittavuus, määräaikaistarkastuksissa havaitut vauriot ja tehdyt korjaukset sekä nostolaitteessa mahdollisesti esiintyvät tyyppi- viat.
<b>Toimenpiteet</b>	Varmistetaan, että työväline on asennettu ottaen huomioon valmistajan antamat ohjeet, työvälineen käyttötarkoitus, sen kulkuteiden ja hoitotasojen asianmukaisuus sekä hallinta- ja turvalaitteiden oikea toiminta. Nostolaitteelle lisäksi tehtävä tarvittaessa rakenteiden lujuuden ja vakavuuden varmistamiseksi koekuormitus	Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan työvälineen toimintakunto tarkastamalla erityisesti, ettei työvälineen tai materiaalien ikääntymisestä, väsymisestä, kulumisesta, korroosiosta tai vaurioitumisesta aiheudu vaaraa. Tarvittaessa on käytettävä ainetta rikkomattomia tarkastusmenetelmiä. Nostolaitteelle on tarkastuksen yhteydessä tehtävä tarpeellinen koeajo yhden vuoden välein ja siihen liittyvä koekäyttö suurimmalla sallitulla kuormalla neljän vuoden välein. Koekäyttö tulee kuitenkin suorittaa määräaikaistarkastuksessa aina nostolaitteille, joiden ylikuormittuminen aiheuttaa kaatumisvaaran.	Perusteellisessa tarkastuksessa on purettava sellaisia turvallisuuden kannalta tärkeitä kokoonpano-osia, joiden toimintakunnon tarkastaminen ei ole muutoin luotettavasti mahdollista. Tarkastuksessa on käytettävä ainetta rikkomattomia tarkastusmenetelmiä.
<b>Tarkastuksen suorittaja</b>	Vaatimustenmukaisuuden arviointipalvelujen pätevyuden toteamisesta annetun lain (920/2005) 4§ tarkoitetun arviointielimen päteväksi toteama asiantuntijayhteisö tai arviointielimen päteväksi toteaman sertifiointielimen hyväksymä riippumaton asiantuntija.	Vaatimustenmukaisuuden arviointipalvelujen pätevyuden toteamisesta annetun lain (920/2005) 4§ tarkoitetun arviointielimen päteväksi toteama asiantuntijayhteisö tai arviointielimen päteväksi toteaman sertifiointielimen hyväksymä riippumaton asiantuntija.	Vaatimustenmukaisuuden arviointipalvelujen pätevyuden toteamisesta annetun lain (920/2005) 4§ tarkoitetun arviointielimen päteväksi toteama asiantuntijayhteisö tai arviointielimen päteväksi toteaman sertifiointielimen hyväksymä riippumaton asiantuntija.

## Liite 2. KTA 3903 mukaiset sähkötekniset määräaikaistarkastukset

Tarkastusten ja testausten kohteet		Tarkastusten ja testausten toimenpiteet
<b>Sähkölaitteisto</b>  Ohjausyksiköt	Pääkytkin, erottimet, nosturikytkimet, ohjauskytkimet, kontaktorit, ylivirtasuojaus, matkanrajoittimet, ristiinlukitus- kytkimet, langattomat ohjausyksiköt	Kunto, toiminta, merkinnät, asetukset, suojaus suoraa tai epäsuoraa kosketusta vastaan
Tehon siirto	Joustavat yhdysjohdot ja muut kaapelit	Kiinnitys, kunto, suojaus suoraa tai epäsuoraa kosketusta vastaan
Tehon kuluttajat	Moottorit, jarrujen vapauttajat, vastukset, lämmitys, valaistus, hälytys ja merkinantolaitteet	Kunto, toiminta, merkinnät
Suojaavat mittaukset ja laitteet		Suojaus suoralta kosketukselta, suojaus epäsuoralta kosketukselta, maadoitukset, eristimet ohjauspiireissä
Mittaus, ohjaus, monitorointi ja turvallisuus laitteisto	<ul style="list-style-type: none"> <li>A) Toiminnot, jotka määriteltä KTA 3902 Liite E</li> <li>B) Hälytysjärjestelmä, hätävalaistus</li> <li>C) Käyttäjän ohjelmoitavissa tai parametrisoitavissa olevat järjestelmät, jotka suorittavat KTA 3902 Liite E:ssä mainitut toiminnot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A) KTA 3902 vaatimusten noudattaminen, kunto, toiminta, merkinnät</li> <li>B) Kunto, toiminta</li> <li>C) Ohjelmiston ja parametrien vertailu viimeispäivän versioon</li> </ul>

## Liite 3. Tarkastustaajuus

Ajankohta	Tarkastaja	Vuosityyppi A	Vuosityyppi B	Vuosityyppi C	Vuosityyppi D
Tammikuu	Hyväksytty asiantun- tija tai asi- antunti- jayhteisö	Määräai- kaistarkas- tus VNa 403 34 §	Määräai- kaistarkas- tus VNa 403 34 §	Määräai- kaistarkas- tus VNa 403 34 § + 4 vuo- den välein tehtävä koenosto	Perusteelli- nen määrä- aikaistar- kastus VNa 403 35 §
Helmikuu	-	-	-	-	-
Maaliskuu	-	-	-	-	-
Huhtikuu	-	-	-	-	-
Toukokuu	Kunnon- valvonnan asiantunti- jat + Sähkö- kunnossa- pito+ Me- kaaninen kunnossa- pito	Värähtely- mittaukset + Toimin- nallinen koestus ja aistinvarai- set tarkas- tukset+ Koenosto	Värähtely- mittaukset + Toimin- nallinen koestus ja aistinvarai- set tarkas- tukset+ Koenosto	Värähtely- mittaukset + Toimin- nallinen koestus ja aistinvarai- set tarkas- tukset+ Koenosto	Värähtely- mittaukset + Toimin- nallinen koestus ja aistinvarai- set tarkas- tukset+ Koenosto
Kesäkuu	-	Huoltosei- sokki	Huoltosei- sokki	Huoltosei- sokki	Huoltosei- sokki
Heinäkuu	-	Huoltosei- sokki	Huoltosei- sokki	Huoltosei- sokki	Huoltosei- sokki
Elokuu	Kunnon- valvonnan asiantunti- jat + Me- kaaninen kunnossa- pito	Värähtely- mittaukset + Mekaani- set tarkas- tukset	Värähtely- mittaukset + Mekaani- set tarkas- tukset	Värähtely- mittaukset + Mekaani- set tarkas- tukset	Värähtely- mittaukset + Mekaani- set tarkas- tukset
Syyskuu	-	-	-	-	-
Lokakuu	-	-	-	-	-
Marraskuu	-	-	-	-	-
Joulukuu	-	-	-	-	-