

Teemu Matikainen

# Nosturin testilaitteen suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

20.2.2018

Tekijä Otsikko	Teemu Matikainen Nosturin testilaitteen suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	29 sivua 20.2.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkövoimatekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkökäytöt
Ohjaajat	Lehtori Arja Ristola Kehitysinsinööri Vesa Jokinen
<p>Insinööriyön tavoite oli suunnitella ja toteuttaa R3-siltakaappeja testauksessa simuloiva laite Konecranes Finland Oy:n sähkölaitetehtaalle. Testilaitteeseen yhdistettiin myös aikaisemmin valmistettu vaunukaappia simuloiva testilaitte. Testilaitteen tarkoitus oli pyrkiä lyhentämään jätteenpolttolaitoksissa toimivien WTE-nosturien sähköisten ohjausjärjestelmien testausaikaa. Testilaitteen tavoite oli myös säästää tilaa testialueella ja lisätä turvallisuutta.</p> <p>Ensin kartoitettiin tarvittavat osat ja niiden tilantarve. Tämän jälkeen päätettiin, millaiseen sähkökaappiin testilaitte rakennetaan. Suunnittelu aloitettiin perehtymällä ensin yrityksen käytössä olevaan Zuken E3 -suunnitteluohjelmaan. Suunnittelussa käytettiin apuna WTE-nosturien pohjakuvia. Testilaitteen sähkökuvien valmistuttua laitetta alettiin rakentaa. Asennus aloitettiin poraamalla asennuslevyyn reiät komponenttien kiinnittämistä varten, minkä jälkeen levyllä tehtiin kaikki mahdolliset kytkentätyöt. Kun levy oli asennettu sähkökaappiin, tehtiin kaikki loput kytkentätyöt. Oviin asennettiin merkkilamput ja kytkimet sekä laitteen alle asennettiin pyörät. Kun testilaitte saatiin valmiiksi, sen toiminta testattiin.</p> <p>Insinööriyön tulos on testilaitte sähkölaitetehtaan koeajoon. Testilaitteen avulla voidaan simuloida R3-siltakaappi ja E2A1Z-vaunukaappi. Näin sähkökaappien ei tarvitse olla koeajo-osastolla nosturia testattaessa. Testilaitetta käyttämällä säästetään koeajo-osastolla toimivien asentajien aikaa ja koeajon kokonaisuus vähenee.</p>	
Avainsanat	testilaitte, nosturi, siltakaappi

Author Title Number of Pages Date	Teemu Matikainen Designing and Building a Testing Device for Cranes 29 pages 20 february 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical power engineering
Professional Major	Electrical drives
Instructors	Arja Ristola, Senior Lecturer Vesa Jokinen, Development engineer
<p>The goal of this study was to design and manufacture a testing device for Konecranes Finland Oy. Testing device includes simulations of electrical installations that are in bridge cubicle and electrical installations that are in trolleys cubicle. Testing device shortens testing time of WTE-cranes which operate at waste incinerator. Using the testing device saves space from the testing area. It is also safer to use this testing device because it reduces the number of wires lying on the ground.</p> <p>Project was started by clarifying some details like which components will be needed to this testing device. Planning started by practicing how to use Zuken's E3 planning program. Planning of the device was based on WTE-cranes template drawings. When electrical drawings were ready, construction of the testing device started. First the components were assembled to the mounting plate. After that components were connected with electrical wires. Finally mounting plate was assembled inside the cubicle. Cubicle has wheels under it so it can be moved easily.</p> <p>The result is a testing device to factory's testdrive-department. By using this testing device it is possible to save time of the assemblers in testdrive-department. Now it is possible to test drive WTE-cranes without bridges or trolleys cubicle.</p>	
Keywords	testing device, crane, bridge cubicle

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	WTE-nosturit	5
3	Lean filosofia	8
4	Työturvallisuus ja standardit	10
5	Testilaitteen suunnittelu	11
5.1	Alustava suunnittelu	11
5.2	Sähkökuvien piirtäminen	12
6	Testilaitteen komponentit	15
7	Testilaitteen rakentaminen	17
8	Testilaitteen testaaminen	20
8.1	Testausalue	20
8.2	Testaaminen irrallisena	22
8.3	Testaaminen osana nosturikonaisuutta	24
9	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

## Lyhenteet

E2A1Z	WTE-nosturin vaunussa sijaitseva sähkökaappi.
Input	Sisääntulo
Layout	Pohjapiirustus, jossa näkyy komponenttien sijainti.
Lean	Johtamisfilosofia, joka pyrkii tuottamattomien toimien poistamiseen.
Output	Ulostulo
ROS	Remote Operating Station, WTE-nosturin ohjausasema.
R3	WTE-nosturin sillalla sijaitseva sähkökaappi.
WTE	Waste To Energy, jätteenpolttolaitoksissa käytettävä nosturi.

## 1 Johdanto

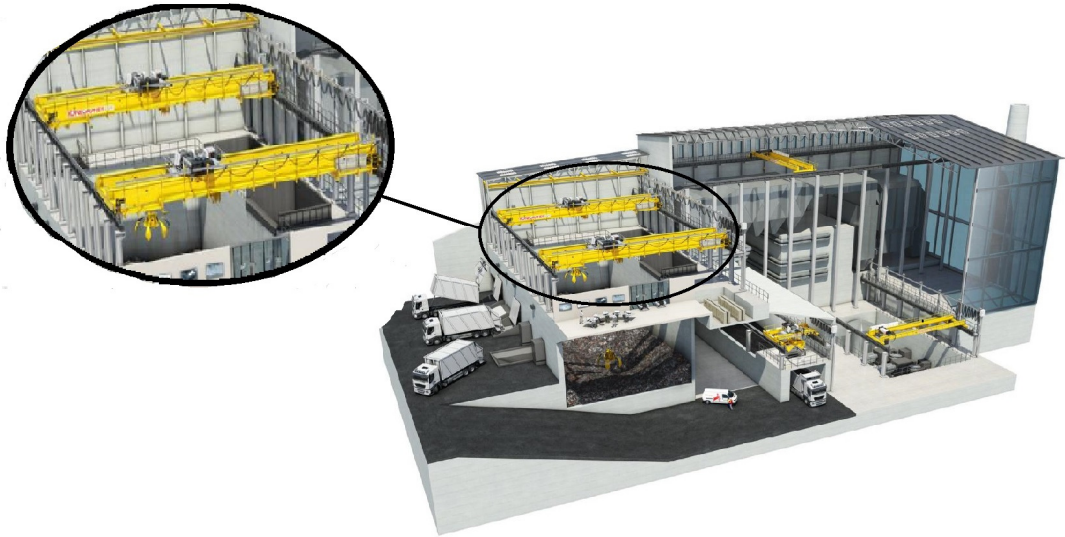
Insinööriä tehtiin Konecranes Finland Oy:n Hyvinkään sähkölaitetehtaalle. Insinööriä suunnitellaan sekä valmistetaan jätteenpolttolaitoksilla käytettävien kuvassa 1 näkyvien WTE-nostureiden sähköisten ohjausjärjestelmien testausta helpottava laite.

Konecranes Oy on suomalainen nosturivalmistaja, jonka Konecranes Service Oy tarjoaa myös kunnossapitopalveluita. Tärkeimpiä tuotteita yritykselle ovat teollisuudessa toimivat prosessinosturit ja satamakonttinosturit. Konecranesin liikevaihto vuonna 2016 oli 2,1 miljardia euroa. Työntekijöitä on maailmanlaajuisesti noin 11 000. Konecranesin pääkonttori sijaitsee Hyvinkäällä. Konecranes kuuluu satamanosturien myynnissä maailman eniten myyviin valmistajiin. Konecranes kuului aiemmin Kone Oy: hyn, jossa varsinainen nosturien valmistus alkoi vuonna 1933, jolloin ensimmäiset suuret teollisuusnosturit valmistettiin. Vuonna 1994 KCI Konecranes International Oy irtautui Kone Oy:stä omaksi pörssiyritykseksi. KCI etuliite jäi pois vuonna 2006 jolloin Konecranes julkisti maailmanlaajuisesti yhtenäisen brändistrategiansa. Myöhemmin Konecranes on ostanut useita pienempiä nosturivalmistajia. Vuonna 2015 Konecranesin piti fuusioitua amerikkalaisen valmistajan Terex kanssa, mutta fuusio peruuntui ja Konecranes päätyi ostamaan osan Terexin nosturivalmistuksesta itselleen. Konecranesin asiakkaita ovat suuret teollisuuden alat kuten metalli ja paperiteollisuus sekä jätteidenpolttolaitokset ja suuret satamat. Yrityksellä on asiakkaita maailmanlaajuisesti. Konecranesin nykyinen toimitusjohtaja on Panu Routila. Konecranes on julkinen pörssi-yhtiö. (Tietoa yhtiöstä 2017.)

Konecranes Finland Oy:n sähkölaitetehtäas valmistaa nostureiden sähköistykseen käytettäviä kokonaisuuksia, kuten sähkökeskuksia, -huoneita, -koteloita ja -kontteja. Hyvinkäällä valmistettavat laitteet ovat raskaiden nostojen laitteita ja räätälöityjä ratkaisuja. Tehtaalla valmistetaan myös nostureiden ohjaamoita ja muita nostureiden ohjainlaitteita. Valmistetut komponentit testataan ja koeajetaan sähkölaitetehtaalla ennen niiden lähettämistä asiakkaille. Testausalueita on tehtaalla kolme. Koeajo-osastolla testataan muun muassa tehtaisiin ja jätteenpolttolaitoksiin menevien nostureiden sähkökeskuksia. RTG-koeajo-osastolla testataan RTG-satamanosturien sähköhuoneet. Dyna-testausosastolla parametroidaan ja testataan nostureihin tulevat taajuusmuuttajat.

Testilaitetta käytetään jatkossa sähkölaitetehtaan koeajo-osastolla, jossa kaikki sähkölaitteet testataan ennen asiakkaille lähettämistä. WTE-nostureiden myynti on lisääntynyt,

kun luonnonsuojelu on yleistynyt ja jätteitä halutaan hyödyntää. WTE-nostureiden kasvanut kysyntä teki testilaitteen valmistamisen tarpeelliseksi.

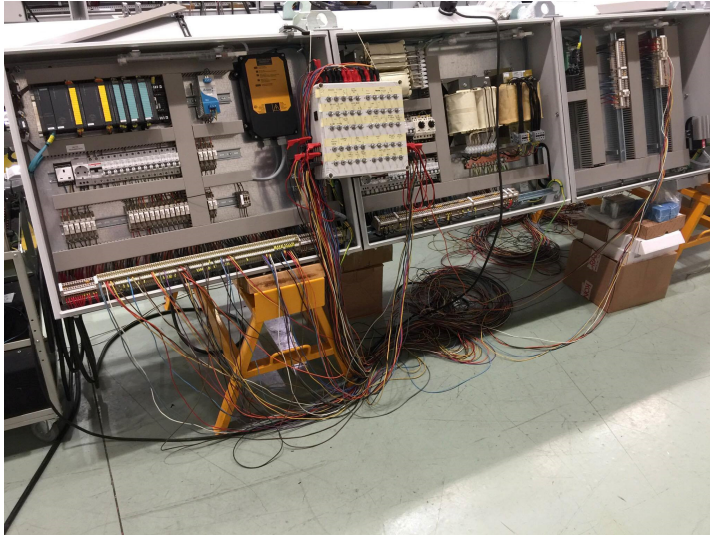


Kuva 1. Jätteenpolttolaitoksessa sijaitsevat WTE-nosturit. (Jätteenkäsittelynosturit 2017.)

Koeajo-osastolla testataan nostureiden sähköisiä ohjausjärjestelmiä, jotka päätyvät erilaisiin kohteisiin. Tästä johtuen koeajoa varten on vaikeaa rakentaa testausta helpottavaa laitteistoa. Koeajo-osaston henkilökunnan on siis täytynyt käydä jokaisen projektin sähkökuvat läpi ja suunnitella testauksessa käytettävät kytkennät ja testausasetelmat projektiin sopiviksi. Nostureiden tärkeimmät sähkökomponentit pyritään aina testaamaan samanaikaisesti. Kun kaikki sähkökomponentit ovat osallisena testauksessa, simuloidaan tilanne todenmukaiseksi.

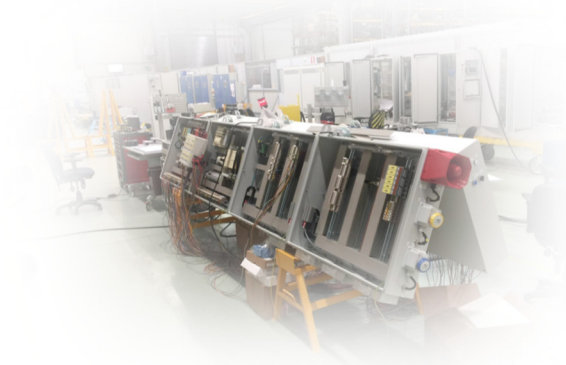
Testilaitteen valmistaminen oli osa suurempaa LEAN-kokonaisuutta, jota pyritään toteuttamaan koko yrityksen tasolla. Testilaitte oli mahdollista toteuttaa, koska kyseisissä WTE-nostureissa olevat silta- ja vaunukaapit ovat hyvin samanlaisia riippumatta projektista. Jos kyseisissä sähkökaapeissa olisi paljon vaihtelevuutta olisi testilaitte mahdoton toteuttaa. Testilaitteen tarkoituksena on, että nosturien sähköisten ohjausjärjestelmien koeajaminen pystytään toteuttamaan jatkossa ilman vaunu- ja siltakaappeja. Testilaitteen ansiosta myös säästetään aikaa kytkentätöissä, joita on aiemmin jouduttu tekemään siltakaappien testauksessa. Siltakaapit sijaitsevat nosturin sillalla, ja ne toimivat nosturissa sijoituspaikkana sähkökomponenteille, jotka tulee asentaa nosturin läheisyyteen. Testi-

laitteeseen yhdistettiin myös vaunukaappisimulaattori, jollaisia on käytetty jo usean vuoden ajan. Vaunukaappien simulaattori on rakennettu, koska vaunukaappi tulee saada Hyvinkään vaunutehtaalle asennettavaksi.



Kuva 2. R3-siltakaappi ja testijohtimet maassa kaapin alla.

R3-siltakaappeja simuloivan testilaitteen rakentamisen tarkoituksena oli lisätä turvallisuutta ja säästää aikaa. Turvallisuus koeajoalueella lisääntyy, kun maassa ei ole ylimääräisiä testijohtimia. Testijohtimet näkyvät siltakaappien alla kuvassa 2. Testijohdinten kytkentätöihin kului työntekijöiden aikaa noin viisi tuntia. Hyötynä simulaattorin käytössä on myös se, että rajalliselta testausalueelta säästyy tilaa. Kuvassa 3 näkyy, kuinka R3-siltakaapit vievät alueelta useita neliömetrejä.



Kuva 3. Kahden nosturin R3-siltakaapit asetettuna koeajoalueelle.



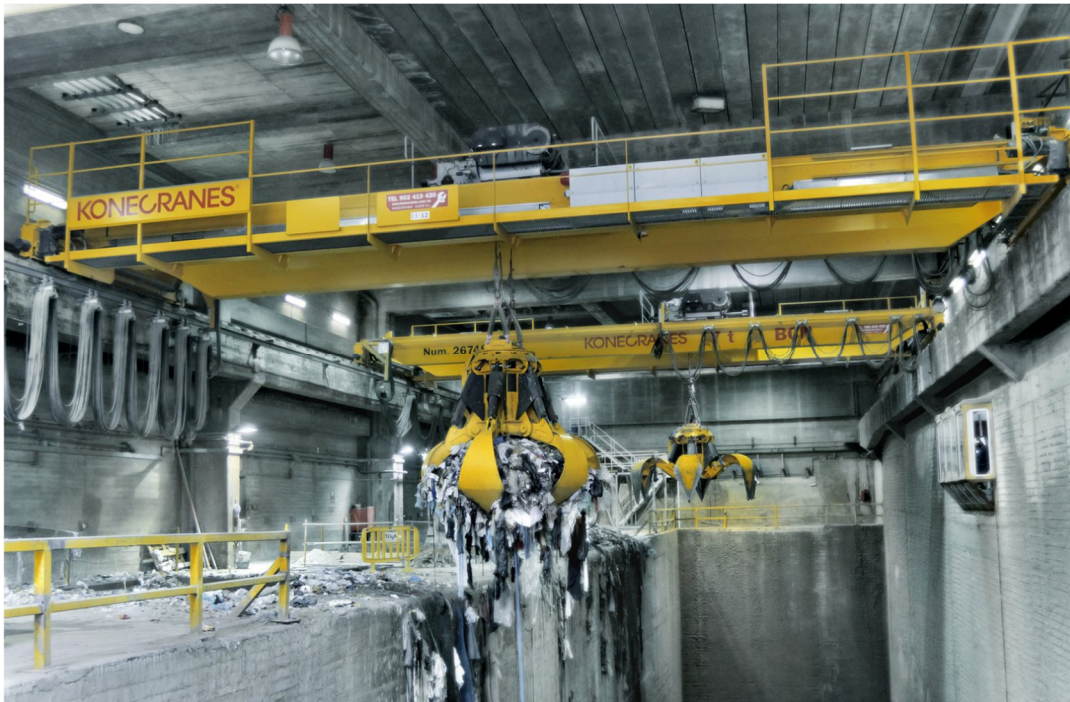
Testilaitetta käyttämällä siltakaappien ei tarvitse olla koeajoalueella, koska siltakaapit simuloidaan testilaitteella. Useissa tapauksissa kyseiset siltakaapit valmistetaan alihankkijoiden toimesta muualla kuin Hyvinkään sähkölaitetehtaalla. Alihankkijoita sijaitsee esimerkiksi Virossa, josta siltakaapit toimitetaan Hyvinkään sähkölaitetehtaalle. Siltakaapit saatetaan toimittaa testialueelle jo viikkoja etuajassa verrattuna muihin nosturin osiin, minkä seurauksena siltakaapit ovat useita viikkoja testialueella vieden tilaa.

## 2 WTE-nosturit

WTE-nosturit eli Waste To Energy -nosturit ovat jätteenpolttolaitoksilla toimivia nostureita. Nosturissa on suurikokoinen kuormauselin eli kahmari, joka siirtää jätettä jätteenpolttolaitoksessa. WTE-nosturin päätehtäviä ovat jätteen syöttö jätekuiluun, jätteen siirtäminen ja jätteen sekoittaminen. WTE-nosturit ovat useimmiten lähes automaattisesti toimivia kokonaisuuksia, joilla pidetään jätteenpolttolaitos toiminnassa ympärivuorokautisesti. WTE-nosturit valmistetaan jätteenpolttolaitoksen kokoluokkaan sopivaksi. Nosturien nostokapasiteetti vaihtelee välillä neljä ja 32 tonnia ja nostonopeus nimelliskuormalla on 30–75 metriä minuutissa. WTE-nosturit ovat nopeita nostureita niiden automaation ansiosta ja sillan liikkumisnopeus voi olla jopa 100 metriä minuutissa. (Jätteenkäsittelynosturit 2017.) Kuvassa 4 näkyy, että jätteenpolttolaitoksella on kaksi nosturia. Nostureita on useimmiten kaksi, jotta laitoksen toimintaa ei tarvitse keskeyttää, kun nostureihin tehdään huoltotoimenpiteitä.

Nosturin sähköiset komponentit ovat enimmäkseen sijoitettuina nosturin pääkeskuksiin, jotka sijaitsevat jätteenpolttolaitoksien sähköhuoneissa. Tämä tarkoittaa sitä, että nosturin sähköjärjestelmät ovat käytännössä kiinteä osa rakennusta ja nosturit asennetaan laitoksiin usein samalla kun uutta jätteenpolttolaitosta rakennetaan. Pääkeskusten sijoittelun takia rakennuksessa voi tulla pitkiäkin kaapelointimatkoja nosturilta. Itse nosturissa sijaitsevat vaunukaappi ja siltakaapit, joiden sisällä ovat logiikan etäasemat.

WTE-nostureita on saatavana monenlaisilla ominaisuuksilla. Jokainen projekti on ominaisuuksiltaan hieman erilainen, koska jätteenpolttolaitokset eroavat toisistaan. Esimerkiksi nosturin automatisoinnin taso vaihtelee projektikohtaisesti. WTE-nosturit voivat olla manuaalisesti ajettavia, puoliautomaattisia, jätteen syötön automaattisesti tekeviä ja täysautomaattisia. Automaation tarkoituksena nostureissa on lisätä turvallisuutta, nosturin toiminnan tarkkuutta ja prosessin suorituskykyä. Nostureissa on automaattinen heilunnanesto, joka rajoittaa taakan heilumista säätämällä vaunun ja nostosillan kiihtyvyyttä ja hidastuvuutta. Automaatio mahdollistaa nosturin liikkeiden rajaamisen vain tietyille alueille, jolloin vältetään riskiltä törmätä nosturilla esimerkiksi johonkin jätteenpolttolaitoksella olevaan koneeseen. WTE-nostureissa jarruttamisesta ja kuormanlaskusta vapautuva energia syötetään takaisin nosturia syöttävään verkkoon. Tämän avulla nosturin hyötysuhde saadaan korkeammaksi. (Jätteenkäsittelynosturit 2017.)



Kuva 4. WTE- nosturit jätteenpolttolaitoksessa sekä harmaa R3-siltakaappi. ( Jätteenkäsittelynosturit 2017.)

#### Ohjausasema

Remote Operation Station eli ROS on uudenlainen WTE-nostureihin suunniteltu ohjausasema. ROS tarjoaa vaihtoehdon perinteiselle tavalle ohjata nosturia ohjaamosta, joka sijaitsee jätteenpolttolaitoksen jätekuilujen yläpuolella. ROS-asema mahdollistaa nosturin ajamisen kameroiden välityksellä ilman, että kuljettajalla on suoraa näköyhteyttä nosturiin. ROS-asemassa on kaksi suurikokoista näyttöä, joista nosturia seurataan. Asemassa on myös pienempi kosketusnäyttö ja ohjainsauvat, joiden avulla nosturia ohjataan. ROS-aseman etuna on kuljettajan turvallisuus, koska hänen ei tarvitse olla lähellä jätteenkäsittelyprosessia. Asema voidaan myös sijoittaa asiakkaalle parhaiten sopivaan paikkaan laitoksessa, eikä välttämättä nosturin välittömään läheisyyteen. (Smarter where it matters 2017.) ROS-asema näkyy kuvassa 5.



Kuva 5. ROS-asema, josta hallinnoidaan WTE-nosturia. (Smarter where it matters 2017.)

### Etävalvonta

WTE-nosturien toimintaa on mahdollista valvoa etänä. WTE-nostureissa on modeemi, joka lähettää tietoja nosturista internetin kautta. Oikeuksien haltijat voivat lukea nosturin tiedot mistä tahansa. Etävalvonnan kautta pystytään seuraamaan tietoja, joita nosturissa olevat sensorit keräävät. Sensoreista saadaan tieto nosturin käyttöajasta, moottorien käynnistyksistä, työsykleistä ja hätäpysäytyksistä. Etävalvontaa hyödyntäen voidaan myös seurata taajuusmuuttajien ja jarrujen tietoja. Etävalvontajärjestelmä tiedottaa heti, jos nosturiin tulee jokin erikoistilanne kuten ylikuorma tai ylikuumeneminen. Ohjelma, jolla nosturia seurataan etänä, kertoo myös arvioituja huoltotarpeita esimerkiksi jarruista ja nosturin rakenteista. (Truconnect remote monitoring for cranes 2017.)

### 3 Lean filosofia

Terminä “lean” tuli tunnetuksi teoksesta *The Machine That Changed The World* (1990). Teoksen ovat kirjoittaneet MIT yliopiston professorit James Womack ja Daniel Roos. Teos kuvaa japanilaisten autotehtaiden tuottavuuden parantamista. Lean on lähtöisin Japanista ja kehitetty Toyota Motor Corporationin toimesta. Toyotan ongelmana oli pääoman puuttuminen sekä vanhentunut konekanta. Toyotan johto nimesi päätuotantoinseinöörin ratkaisemaan näitä ongelmia. Perusideana oli, että yrityksessä saadaan tehtyä enemmän, vaikka resurssit olivat rajalliset. Toyotan johtajat kävivät Yhdysvalloissa kiertämässä monia autotehtaita ja suuria supermarketteja, joiden toimintatavoista he saivat ideoita. Leanin toimintamallit eivät ole ainutlaatuisia vaan niissä yhdistetään monia eri toimintamalleja. (Leanin historiaa 2017.)

Yleisellä tasolla lean on johtamisfilosofiaa, joka pyrkii poistamaan tuottamattomia toimia yrityksen toiminnasta. Lean pyrkii siis esimerkiksi vähentämään tuotannossa mukana olevien komponenttien turhaa seisomista varastossa tai tuotannon eri osa-alueiden välissä. Tätä kutsutaan virtauksen maksimoinniksi ja hukka-ajan poistamiseksi. Toimiesaan lean vähentää ylimääräisiä kustannuksia sekä työtä, joka ei hyödytä asiakasta eikä yritystä itseään. Lean yhdistetään usein erilaisiin työkaluihin, joiden tarkoituksena on auttaa konkretisoimaan parannustarpeita. Lean saatetaan helposti ymmärtää väärin ja voidaan luulla, että siinä käytettävät työkalut ratkaisevat ongelmat. Työkalujen tarkoitus ei kuitenkaan ole olla ongelman ratkaisuna vaan auttaa ongelmakohtien löytämisessä. Vastuu ongelmien ratkomisesta jää yritysten henkilökunnalle. Lean ajattelumallin käyttö voikin helposti epäonnistua, jos sitä ei osata ottaa osaksi jokapäiväistä toimintaa yrityksessä. (Yleistä leanista 2017.)

Johtaminen leanin mukaan vaatii johdon ja esimiesten hyvää ymmärrystä siitä, mihin ollaan pyrkimässä ja miten tavoitteisiin päästään parhaiten omassa organisaatiossa. Leanissa pyritään siihen, että johtaminen ja parantaminen kuuluvat jatkuvaan toimintaan. Asioiden parantaminen ei siis saa olla vain jokin erillinen projekti yrityksessä, vaan pitkäaikaista jatkuvaa toimintaa. (Lean ja johtaminen 2017.)

Konecranesilla on käytössä leanin Six Sigma -periaatteet ja työntekijöitä koulutetaan sisäistämään lean-ajatusmallia. Konecranesilla on nyt muutaman vuoden ajan toteutettu ympäri maailmaa eri toimipisteillä Lean ajattelumallia tukevia projekteja. Hyvinkään sähkölaitetehtaalle on nimetty leanin ajatusmallia hyödyntävä projekti, jonka tarkoituksena

on lyhentää WTE-nostureiden sähkökomponenttien läpimenoaikaa tehtaalla. Tähän pyritään vähentämällä hukka-aikaa eli aikaa, jonka komponentit ovat valmistuttuaan varastossa ennen kuin päätyvät seuraavaan työvaiheeseen. Tarkoitus ei siis ole nopeuttaa läpimenoaikaa lisäämällä tuotannon resursseja tai työtahtia vaan tekemällä toiminnasta organisoidumpaa ja työnteosta mahdollisuuksien mukaan helpompaa. Insinööriyön aiheena oleva testilaite on osa kyseistä projektia.

## 4 Työturvallisuus ja standardit

Konecranesin yksi merkittävimmistä arvoista on turvallisuus. Yrityksessä pidetään huoli, että työturvallisuuden lakeja ja standardeja noudatetaan, jotta työntekijöillä on mahdollisimman turvalliset työolosuhteet. Tehtaalla ollessa on aina pidettävä suojalaseja sekä turvakengkiä. Tiettyjä koneita käytettäessä tulee käyttää lisäksi niihin määriteltyjä suojavausteita, kuten kuulosuojaimia tai viiltosuojahanskoja. Kaikkien koneiden käyttöön tulee olla perehdytetty ennen kuin niitä voi käyttää. Jokaiselle töihin tulevalle nimetään perehdyttäjä, joka vastaa uuden työntekijän perehdytyksestä. Jos uudella työntekijällä on kysyttävää laitteiden käytöstä, apua turvalliseen käyttöön saa kokeneemmilta työntekijöiltä. Koeajoalueella kaikilla tulee olla voimassa oleva sähkötyöturvallisuuskortti. Koeajo-osastolla työskentelevillä henkilöillä tulee olla tämän lisäksi tarvittava ammatillinen pätevyys sekä hätäensiapukortti. Sähkötöiden johtaja pitää sähköturvallisuutta koskevan erillisen perehdytyksen koeajoon tuleville uusille henkilöille.

Tehtaalla työskenneltäessä jokaisen työntekijän on kannettava vastuu omasta työskentelystään. Jos tehtaalla alueella tulee vastaan jokin turvallisuutta vaarantava tekijä, on siitä heti ilmoitettava omalle esimiehelleen, jotta asia saadaan korjattua. Konecranesilla kannustetaan työntekijöitä kiinnittämään huomiota turvallisuuteen ja tekemään jatkuvasti turvallisuushavaintoja tehdasalueella.

Suomessa käytössä on pääsääntöisesti kansallisia (SFS) ja eurooppalaisia (EN ja IEC) standardeja. Jos standardit ovat ristiriidassa, käytetään Suomessa SFS -standardeja. Sähkölaitteiden korjaamoita ja -laboratorioita käsittelee SFS-EN 50191 -standardi. Standardista löytyy testausympäristöjä koskevia määräyksiä ja suojaustoimenpiteitä. Asennuksia tehtäessä noudatetaan pienjänniteasennuksia koskevia SFS 6000 -sarjan standardeja, jotka ovat 1000 V:n jännitteeseen saakka voimassa. Varsinaisia sähkötöitä ei tehtaalla tehdä, mutta koeajossa on laitteissa jännite kytkettynä, joten SFS 6002 -sähkötyöturvallisuusstandardi on voimassa. Siirrettävää testilaitetta koskee myös standardi SFS 6000-7-717 erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset, liikkuvat ja siirrettävät laitteistot. (Ranta 2017: 12-16.) Valmistettava testilaitte, tulee olemaan käytössä sähkölaitetehtaan testialueella, joten edellä mainitusta standardista löytyy sitä koskevia määräyksiä. Testilaitteessa oleviin kytkimiin juotetaan johtimet kiinni, ja niihin jää paljas juotos, josta voi saada sähköiskun. Sähköiskuvaaran vuoksi kytkimet on peitettävä eristävällä polykarbonaattilevyllä standardin EN 60529 mukaisen kotelointiluokan IP2X mukaisesti.

## 5 Testilaitteen suunnittelu

### 5.1 Alustava suunnittelu

Konecranesilla käytetään sähkökuvien suunnitteluun Zukenin valmistamaa E3 suunnitteluohjelmistoa. Zuken on vuonna 1976 perustettu japanilainen yritys, joka on erikoistunut ohjelmistoihin ja konsultointiin. E3 on vuonna 2006 julkaistu Zukenin ohjelmasarja, joka pitää sisällään ohjelmia sähkön, hydraulikan ja pneumatiikan suunnitteluun. E3 on Windows pohjainen ohjelmisto, joka käyttää hyväkseen tietokantoja. (Zuken, *Our History*.) Konecranesilla käytetään sähkökuvien suunnittelussa E3 Schematic -ohjelmaa. Konecranes on luonut E3-ohjelmistoon laajat tietokannat, joista löytyy kaikki nostureissa käytettävät komponentit. E3-ohjelmisto on käyttöominaisuuksiltaan melko samanlainen kuin useimmat CAD-ohjelmat.

Testilaitteen suunnittelun aloittamista varten perehdyttiin WTE-nostureiden pohjakuviin. Pohjakuvat ovat Konecranesin eri nostureita varten luodut sähkökuvat, joista löytyvät perusteet, jotka pätevät suurimmassa osassa projekteja. Projektikohtaisesti pohjakuvista muokataan sähköistystä asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Pohjakuvia tutkimalla ja keskustelemalla koeajo-osaston työntekijöiden kanssa selvitettiin, mitkä silta- ja vaunukaappien komponentit ovat tärkeitä testaamisen kannalta. Tärkeimpiä testaamisen kannalta ovat kaapeissa sijaitsevat ohjelmoitavan logiikan etäasemat. Ohjelmoitavaan logiikkaan syötetään testattaessa nosturin ohjelmisto, jonka avulla nosturin toiminnallisuutta päästään simuloimaan ja koeajamaan. Ohjelmoitava logiikka on nosturin automaation perusta. Sähkökaapeissa sijaitsee todellisuudessa hyvin paljon enemmän komponentteja kuin mitä niitä simuloivaan testilaitteeseen sijoitetaan. Kaapeissa sijaitsee muuntajia ja muita komponentteja, jotka eivät vaikuta nosturin toiminnallisuuden simulointiin.

Testilaitte päätettiin rakentaa tehtaalla paljon käytössä olevaan H15-malliseen sähkökaappiin ja kaapin alle päätettiin asentaa renkaat, jotta testilaitte on helposti liikuteltavissa testialueella. Testilaitteelle asennetaan vain kaksi kaapelia yhtä nosturia kohden. Toinen kaapeli on sähkönsyöttöä varten ja toinen on valokuitukaapeli, jossa kulkee tietoa logiikalle tai logiikalta. Tässä vaiheessa luotiin myös alustava osaluettelo niistä osista, joita testilaitteen valmistamiseen tarvitaan. Konecranesilla on käytössä SAP-toiminnanoh-

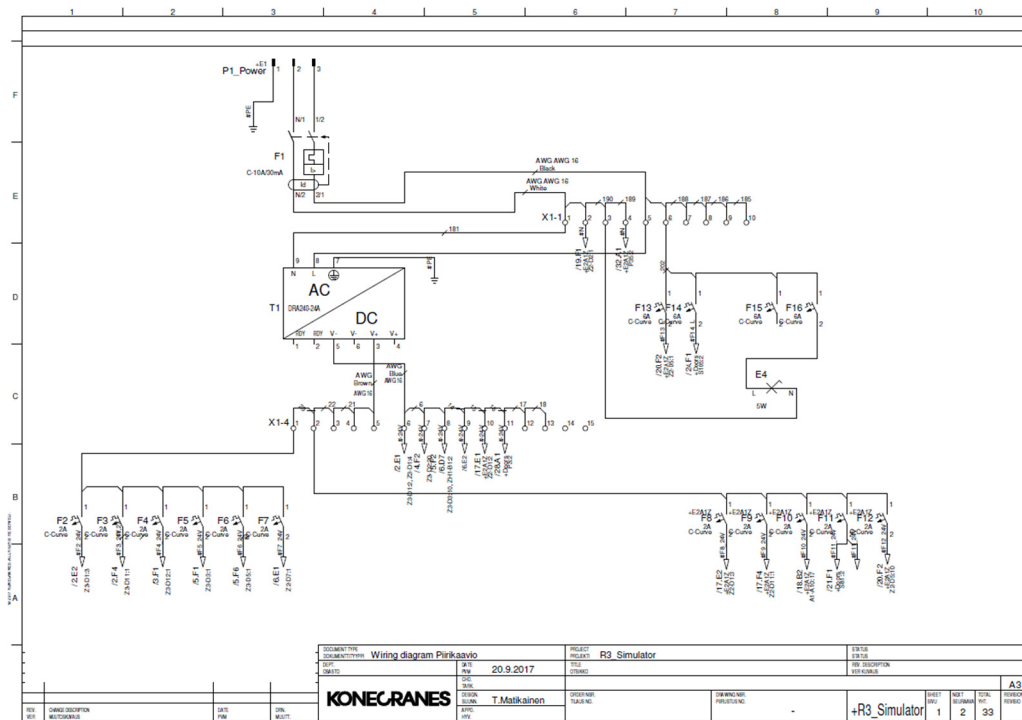


jausjärjestelmä, ja testilaitteen valmistusta varten luotiin SAP-ohjelmaan oma työnumero. Testilaitteelle täytyi tehdä oma työnumero, jotta sitä varten voitiin ostaa tarvittavia komponentteja.

## 5.2 Sähkökuvien piirtäminen

Sähkökuvien suunnittelu aloitettiin tutkimalla ensin WTE-nosturien pohjakuvia tarkemmin ja perehtymällä jokaisen testilaitteeseen tulevan komponentin kytkentöihin. Perusajatus testilaitteen toteuttamisesta oli selvillä. Laitteiden syöttöjännitteiden tiedot saatiin selville lukemalla pohjakuvia tai perehtymällä valmistajien ohjeisiin laitteista. Pohjakuvista saatiin myös apua johdinten mitoittamiseen. Niiden avulla myös selvitettiin, että laitteeseen tulevat komponentit vievät vain vähän virtaa.

Suunnittelu aloitettiin piirtämällä alustava layout-kuva. Lopullisen layout-kuvan piirtäminen jätettiin myöhemmälle, kun komponentteja päästiin sijoittamaan asennuslevylle. Alustava layout auttoi kuitenkin hahmottamaan, kuinka komponenttien johdotus tulee toteuttaa. Sähkökuvien piirtäminen aloitettiin laitteelle tulevasta sähkönsyötöstä. Sähkönsyöttö suunniteltiin riviliittimille, josta johtimet lähtevät testilaitteen komponenteille. Kuvassa 6 on sähkökuvien ensimmäinen sivu, jossa näkyy testilaitteen sähköinen perusrakenne. Muilla sähkökuvien sivuilla on yksitellen kaikki laitteen komponentit ja niille tulevat johtimet. Monet sähkökuvien sivut sisältävät vain logiikan sisääntuloja ja ulostuloja, joita tarvitaan testilaitteen ominaisuuksien vuoksi paljon. Näillä sivuilla näkyy logiikan sisääntulojen kytkimet sekä ulostulojen merkkivalot.



Kuva 6. Sähkökuvien ensimmäinen sivu.

Kun sähkökuvat oli saatu piirrettyä valmiiksi, aloitettiin layout-kuvan suunnittelu. Projektiin tarvittavat komponentit haettiin varastosta, jotta layout saatiin suunniteltua komponentteja asettelemalla asennuslevylle. Kuvassa 7 näkyy, kuinka layout suunniteltiin asennuslevyn päällä, minkä pohjalta piirrettiin sähkökuva. Layoutia suunnitellessa tuli ottaa huomioon automaatioinsinöörin toive, että tulevaisuudessa käyttöön otettavalle uudelle logiikalle tulee jättää tyhjää tilaa testilaitteeseen. Jatkossa eri projekteissa voi olla joko vanhan- tai uudenmallista logiikkaa, minkä vuoksi testilaitteessa tulee olla mahdollisuus käyttää näitä molempia. Huomioon tuli ottaa myös mahdollinen projekti-kohtaisesti R3-siltakaappeihin pyydettävä ylimääräinen turvalogiikan kortti. Kyseiselle kortille oli myös jätettävä tyhjää tilaa logiikkatelineeseen. Ylimääräinen turvalogiikkakortti lisätään projekteihin, joissa turvallisuutta halutaan parantaa ja turvarajojen määrä on kaksinkertainen. Logiikkakortteille jätettävien varausten vuoksi absoluuttipulssianturit eivät mahtuneet asennuslevylle, joten ne suunniteltiin sijoitettavaksi kaapin kylkiin.

Testilaitetta nosturin sähköisten ohjauksjärjestelmien kanssa testattaessa tuli ilmi, että joissain projekteissa voi olla myös vaunukaappiin lisättyä yksi turvalogiikan kortti. Tämä kyseinen vaunukaappiin lisätty turvalogiikkakortti ei näy optiona WTE-pohjakuvissa, jo-

ten siihen ei pystytty varautumaan etukäteen. Turvalogiikan kortti lisättiin jälkikäteen sähkökuviin. Kyseistä korttia varten myös suunniteltiin sen käyttöön tarvittavat kytkimet. Sähkökuviin lisättiin myös optio mahdollista väyläradion kytkentää varten.



Kuva 7. Layoutin suunnittelua asennuslevylle.

## 6 Testilaitteen komponentit

Testilaitte rakennettiin 1000 x 1500 x 420 mm:n kokoiseen sähkökaappiin. Tämän sisällä on asennuslevy, jolle kaikki komponentit ovat kiinnitetty.

Testilaitteessa käytettiin täysin samoja komponentteja kuin WTE-nosturien R3-siltakaapeissa ja E2A1Z-vaunukaapeissa. Tällä saadaan simuloitua nosturia testattaessa kyseiset kaapit oikeanlaisina nosturin ohjelmistoa varten. Testilaitteeseen poimittiin silta- ja vaunukaappien komponentit, jotka toimivat osana nosturin sähköisiä ohjausjärjestelmiä. Testilaitteeseen asennettiin kahden nosturin testaamiseen tarvittavat komponentit, jotta sillä voidaan testata samanaikaisesti kaksi WTE-nosturia. Nostureissa käytettävien komponenttien lisäksi testilaitteen oveen lisättiin kytkimiä ja merkkivaloja. Kytкимиä ja valoja oli käytetty tehtaalla aikaisemminkin, joten niitä löytyy varastosta.

Testilaitteessa käytetään Siemensin Simatic 7 -sarjan logiikkamoduuleita. Laitteessa on 24 V:n tasajännitteellä ja 230/115 V:n vaihtojännitteellä toimivia input- ja outputmoduuleita sekä turvalogiikkamoduuleita, jotka toimivat 24 voltin tasajännitteellä.

Turvalogiikka eroaa tavallisesta logiikasta siinä, että se toimii itsenäisesti ja jatkuvasti taustalla. Tällä saavutetaan se, että turvalogiikka pystyy katkaisemaan nosturin toiminnan heti turvarajalle saavuttaessa. Turvalogiikkakortti lähettää signaalia turvarajan läpi ja signaali kulkee takaisin turvalogiikkakortille. Nosturin saapuessa rajalle signaali katkeaa ja turvalogiikka saa tiedon, että nosturi on rajalla. Signaali on jokaisessa ryhmässä erilainen eikä turvalogiikkakortti hyväksy input tiedoksi muita signaaleja. Ainutlaatuista signaalia lähettämällä saadaan lisättyä turvallisuutta, koska väärä signaali ei kelpaa turvalogiikkakortille. Signaalin katketessa nosturin liike pysähtyy heti. (Rinne 2017: 27—28.)

Testilaitteen syöttö tulee vikavirtasuojan kautta. Laitteessa käytetään ABB:n DS201 C10 A30 -vikavirtasuojaa, jonka vikavirtaraja on 30 mA. Vikavirtasuojaa käyttämällä saadaan turvattua laitteisto ja ihmiset. Laitteessa on käytössä Siemensin johdonsuojakatkaisijoita, jotka suojaavat ohuet johtimet liian suurelta virralta.

Testilaitteessa oleville 24 voltin tasajännitteellä toimiville komponenteille syötetään sähköä Multicompin DRA 240-24A -jännitelähteellä. Laite toimii konvertterina ja tasasuuntaa sähköä 24 volttiin. Laite toimii 90—264 voltin AC-syöttöjännitteellä. Logiikkakomponentit

on yhdistetty toisiinsa Profibus-väylällä. Data siirtyy testilaitteelta valokuitua pitkin pääkeskukseen, minkä vuoksi laitteessa on Phoenixin PSI-MOS-PROFIB 850T muunnin. Muuntimeen on kytketty Profibus-kaapeli ja valokuitukaapeli.

Testilaitteen absoluuttipulssianturit havaitsevat nosturin paikkatiedot. Pulssiantureina käytetään TR Electronicin CEV65M -antureita, jotka ovat kytketty väylään Profibus-kaapelilla. WTE-nosturin sillassa ja vaunussa sijaitsevat pulssianturit lähettävät jatkuvasti paikkatietoa nosturin sijainnista. Absoluuttipulssianturin ero normaaliin pulssianturiin on se, että vaikka nosturista katkeaisi sähkönsyöttö, absoluuttianturilla on tieto vielä tämänkin jälkeen nosturin sijainnista, toisin kuin pulssianturilla. Absoluuttipulssianturit ovat tarpeellisia testilaitteessa, koska niitä tarvitaan simuloitaessa nosturin toimintaa.

## 7 Testilaitteen rakentaminen

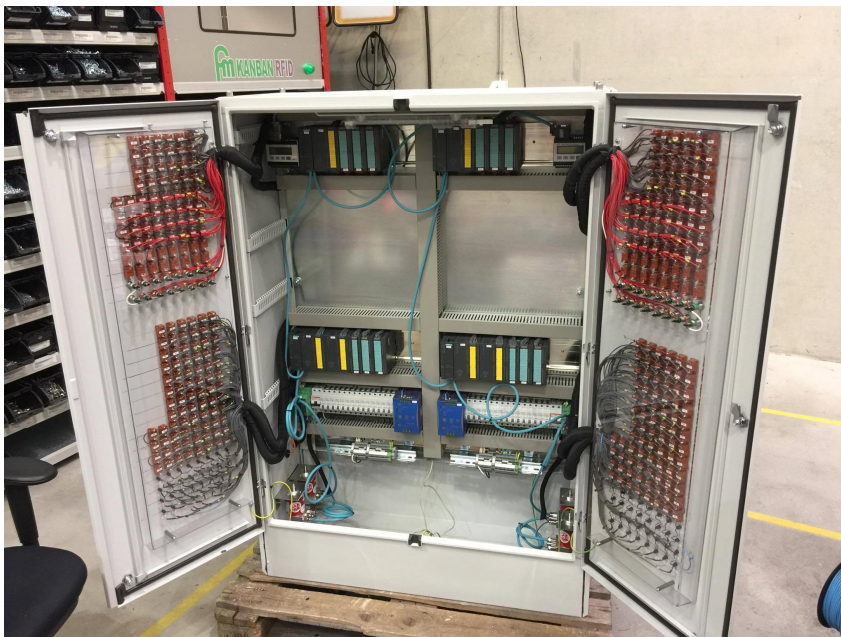
Testilaitte rakennettiin Hyvinkään sähkölaitetehtaalla. Laitteen valmistaminen vaati aikaa muutaman viikon, koska ovissa oleville kytkimille ja valoille kytkettiin monia johtimia. Laitteen valmistusaikaan vaikutti myös se, että laite oli prototyyppi. Prototyyppien valmistukseen kuluu aina enemmän aikaa, koska kyseisen tuotteen valmistuksessa voi tulla vastaan ongelmia, joita ei etukäteen tiedetä. Asennustyön kannalta oli suotuisaa, että se tehtiin yhtenäisenä osana projektia, johon kuului myös suunnittelu. Laitteeseen tehdyt muutokset saatiin piirrettyä sähkökuviin heti tarvittaessa.

Levyn asennustyöt tehtiin säädettävällä sähköpöydällä, jonka saa säädettyä sopivaan korkeuteen ja kulmaan. Asentaminen aloitettiin mittaamalla komponentit oikeille paikoilleen ja poraamalla niille kiinnitysreiät asennuslevyyn. Kun komponentit oli kiinnitetty levyille, kytkettiin sähköjohtimet. Kytkeätyöt tehtiin niin valmiiksi kuin mahdollista levyn ollessa asennuspöydällä. Kuvassa 8 näkyy asennusvaiheessa oleva levy. Testilaitteessa on 18 logiikkakorttia, ja niihin tulevien johdinten kytkeminen vaati noin viisi työpäivää. Kun levy oli valmis ja johdotettu, se kytkettiin sähkökaappiin.



Kuva 8. Levy asennuspöydällä.

Sähkökaapin oviin lävistettiin reiät kytkimiä ja merkkilamppuja varten. Kytkimet ja merkivalot ovat juottamalla kytkettäviä, joten niiden asentamisessa oli suuri työ. Kytkimet ovat riveissä testilaitteen kaapin ovissa. Kun ovet olivat valmiit, kytkettiin absoluuttipulssianturit sähkökaapin kylkien sisäpuolelle. Absoluuttipulssianturit ovat kytkettynä Profibus-väylään ja antavat sillan ja vaunun paikkatiedon. Absoluuttipulssiantureita varten suunniteltiin ja rakennettiin telineet, joiden avulla ne kiinnitettiin sähkökaappiin. Viimeiseksi kaapin kylkiin tehtiin läpiviennit sähkönsyöttöä ja valokuitukaapelia varten sekä kytkettiin Profibus-väylät kaapin sisälle. Profibus-väylät näkyvät testilaitteen sisällä kuvassa 9. Kaapin molempiin kylkiin asennettiin kaapeleita varten koukut, johon ne saa kerälle roikkumaan kuten kuvassa 10.



Kuva 9. Testilaitteen sähkökytkennät valmiina ja laite valmis testattavaksi.

Testilaitteen asennuksen aikana vastaan tuli asioita, joita päädyttiin muuttamaan sähkökuvissa. Muutokset helpottivat käytännön asennustöitä. Suunnitellessa saattaa olla vaikea hahmottaa, miten asia on käytännössä helpointa tehdä. Tämän vuoksi se saatetaan huomata vasta asennettaessa.



Kuva 10. Testilaitteen oikeassa kyljessä roikkuvat sähkökaapeli ja valokuitukaapeli. Ovessa kytkimet ja merkkivalot. Laitteen alla pyörillä liikkuva teline.



## 8 Testilaitteen testaaminen

### 8.1 Testausalue

Sähkölaitetehtaalla on rajattu testausalue, jossa toimii koeajo-osasto. Kaikki sähköisten komponenttien testaaminen tulee suorittaa rajatun testausalueen sisällä. Testausalueiden määräyksiä käsitellään standardissa SFS-EN 50191. Testausalueella voi olla paljaita jännitteellisiä osia, tämän vuoksi alueelle ei saa päästä ulkopuolisia. Maallikko voi alueelle päästessään aiheuttaa vaaraa joko itselleen tai testausalueella työskenteleville henkilöille. Direktiivissä 92/58/EEC määritellään, että testausalueiden sisäänkäynnit tulee varustaa varoituskilvillä. Testausalueen seinien tulee estää muiden kuin testausalueella työskentelevien henkilöiden pääsy alueelle. Seinät tai aidat tulee olla myös sellaiset, että niiden ylitse ei ulotu koskemaan testausalueella oleviin laitteisiin. (Ranta 2017: 14–16.) Kuvassa 11 näkyy testausalueen rajaava seinä ja sisäänkäynti, jossa on varoituskilpi.



Kuva 11. Testausalueen sisäänkäynti, jossa näkyy varoituskivet.

Testausalueella tulee olla hätäkytkentälaitteet ja niiden tulee olla standardin EN ISO 13850:2008 mukaiset. Hätäkytkentäpainikkeita tulee sijoittaa testausalueen sisä- ja ulkopuolelle. Ulkopuolella tulee olla vähintään yksi hätäkytkentäpainike. Jos testausalueella on pistorasioita, joiden sähkönsyöttö ei katkea hätäkytkentäpainikkeista on ne merkittävä selkeästi. Standardissa SFS-EN 50191 kerrotaan, että testausalueella tulee olla käyttöä todentamaan punaisia ja virheitä merkkivaloja. Konecranesin sähkölaitetehtaalla jännitteet ovat kuitenkin aina alle 1000 V:n vaihtojännitettä, jolloin vihreä merkkivalo voidaan jättää pois. (Ranta 2017: 14–16.) Kuvassa 12 näkyvä punainen merkkivalo kertoo, kun testattavaan laitteistoon on kytketty jännite. Punainen merkkivalo sijoitetaan näkyvälle paikalle testausalueella useimmiten testattavan sähkökeskuksen päälle.



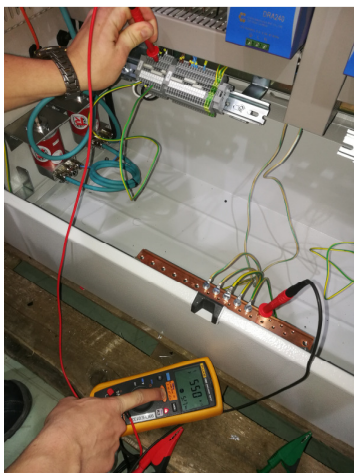
Kuva 12. Punainen merkkivalo sähkökeskuksen päällä.

## 8.2 Testaaminen irrallisena

Testilaitte testattiin noudattaen sähkölaitetehtaan testausohjeita, jotka perustuvat standardeihin.

Standardissa SFS 6000-6 on vaatimukset sähköasennusten käyttöönottotarkastuksille ja säännöllisin väliajoin tehtäville kunnossapitotarkastuksille. Standardissa kerrotaan, että jokainen sähköasennus on tarkastettava sen valmistuttua, ennen kuin laite otetaan käyttöön. Standardin kohdassa 61.3 Testaus kerrotaan mittaukset, jotka tulee suorittaa silloin kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen. (Standardi SFS 6000 [2012].) Tässä projektissa testauksessa voitiin suorittaa mittaukset, jotka ovat standardin kohdassa 61.3.2 suojajohtimien jatkuvuus ja kohdassa 61.3.3 sähköasennuksen eristysresistanssi.

Ennen varsinaista testaamista suoritettiin testilaitteelle visuaalinen tarkastus, jolla tarkastetaan, että kaikki on kytketty sähkökuvien mukaisesti. Testilaitteen mittaukset aloitettiin ilman laitteelle syötettävää sähköä. Ensin suoritettiin maadoituksen jatkuvuuden mittaus, jonka avulla varmistettiin laitteen rungon kunnollinen maadoitus. Seuraavaksi mitattiin eristysvastusmittaus päävirtapiireille, kuten kuvassa 13. Eristysvastusmittauksia varten logiikkakorteilta irrotettiin kammat, joihin johtimet kytketään. Kammat irrotettiin varotoimenpiteenä, jolloin mittauksen korkea jännite ei riko 24 voltilla toimivia komponentteja. Mittaus suoritettiin nollajohdin ja vaihejohdin yhdistettynä, jotta mittauksessa on kaikki päävirtapiirin johtimet.



Kuva 13. Eristysvastusmittaus.

Testilaitteeseen kytkettiin sähkönsyöttö. Testilaitteen sähkönsyöttö kytkettiin kytkinkote-  
loon, jota käyttäen kaikki tehtaan sähkölaitteet testataan. Testilaitteelle kytkettiin yksi  
vaihe, nolla ja PE-johdin. Mittaukset aloitettiin testaamalla vikavirtasuojat, joiden läpi  
sähkönsyöttö kulkee testilaitteelle. Vikavirtasuojien toiminta-aika ja laukaisuvirta mitattiin  
käyttäen Fluke 1653B -mittaria. Näillä mittauksilla pystyttiin varmistamaan vikavirtasuo-  
jan standardien mukainen toiminta. Vikavirtasuojan tarkastaminen on tarpeellista, jotta  
laitteen turvallisuudesta voidaan varmistua. Taulukossa 1 näkyy vikavirtasuojien mittaus-  
tulokset. Vikavirtasuojien tarkastamisen jälkeen tarkastettiin testilaitteen johdotus mittaa-  
malla jännitettä yleismittarilla. Mittaukset suoritettiin kytkemällä sulakkeet päälle yksi ker-  
rallaan ja mittaamalla, tuleeko jännite sähkökuvien mukaisille komponenteille tai liitti-  
mille. Kun kaikki sulakkeet olivat päällä, testattiin oveen asennettujen kytkinten toiminta  
tarkistamalla logiikkakorteilta, että sähkökuvien mukaisen inputin merkkivalo syttyy. Lo-  
giikkakorttien output-lähdöt tarkistettiin kytkemällä tietokone kiinni yhteen logiikkatelinee-  
seen kerrallaan. Tietokoneella Siemensin Proneta-ohjelmaa käyttäen saatiin outputit kyt-  
kettyä päälle ja pois päältä. Outputteja testattaessa varmistettiin, että oveen asennettu  
merkkivalo syttyi.

Laitetta testattaessa havaittiin valmistusvaiheessa tehtyjä virheitä. Kaksi kytkintä oli va-  
hingossa asennettu väärinpäin ja kaksi liitosta oli unohtunut juottaa. Yksi laitteen oven  
merkkivaloista ei toiminut, mutta tälle ei löytynyt kytkentävirhettä. Tämän vuoksi lamppu  
korvattiin uudella. Uudelleen merkkivalon toimintaa testattaessa lamppu toimi, joten ai-  
kaisempi lamppu oli ollut viallinen. Muutostöitä tehtäessä laitteesta kytkettiin sähköt pois  
ja jännitteettömyys varmistettiin mittaamalla. Muutostöiden jälkeen muutetut kytkennät  
testattiin uudelleen ja varmistuttiin niiden toiminnasta. Testilaitteen väylän toimintaa ei  
pystytty vielä varmistamaan näillä testeillä. Väylän toiminta selvitettiin testaamalla testi-  
laitetta osana nosturin sähköistä ohjausjärjestelmää.

Taulukko 1. Vikavirtasuojien mittaustulokset. Position perässä vaihekulma.

Positio	Aika(ms)	Virta (mA)
F1 0°	16,7	18
F1 180°	24,6	21
F1*1 0°	25	21
F1*1 180°	34,7	21

### 8.3 Testaaminen osana nosturikokonaisuutta

Kun testilaitetta testattiin osana nosturin sähkökomponenttien testausta, huomattiin että kyseisessä nosturissa on ylimääräinen turvalogiikkakortti. Testilaitteeseen asennettiin tällaisia tilanteita varten varakytkimiä ja jätettiin logiikkakortille tilaa. Aluksi kytkentä tehtiin kuitenkin väliaikaisesti, joten se täytyy tehdä kiinteäksi osaksi laitetta, kun testilaitte vapautuu koeajosta. Samalla havaittiin myös, että tässä WTE-nosturissa oli R3-siltakaappiin asiakkaan toimesta pyydetty väyläradio. Väyläradio täytyy jatkossa saada myös testaukseen mukaan. Näitä radioita ei ole aikaisemmin käytetty R3-siltakaapeissa, joten niitä ei osattu ottaa aikaisemmin huomioon. Tällä hetkellä automaatio-osaston henkilökunnan mukaan arviolta noin joka kolmannessa projektissa tullaan käyttämään väyläradiota. Jos projektissa on käytössä väyläradio, tulee R3-siltakaappi olla kytkettynä osaksi nosturin sähköisten ohjausjärjestelmien testausta. Testilaitteen vaunukaappia simuloivaa osuutta pystytään kuitenkin hyödyntämään.

Seuraavassa WTE-nosturissa, jonka sähköisten ohjausjärjestelmien simuloinnissa testilaitetta käytettiin, ei ollut väyläradiota siltakaapissa. Kun väyläradiota ei ollut, pystyttiin testilaitteen kaikkia ominaisuuksia hyödyntämään kokonaisuudessaan. Kyseisessä WTE-nosturissa väyläradion tilalla on releradio, jolta tulee suuntatiedot logiikalle inputteina. Tämä pystyttiin simuloimaan testilaitteessa olevien kytkinten avulla. Releradion käyttö testilaitteen kytkimistä oli haastavaa, koska sen simulointi vaatii useamman kytkimen kääntämistä samanaikaisesti. Koeajo-osaston työntekijät osasivat kuitenkin suorittaa näin releradion simuloinnin ja nosturin testaaminen onnistui.

Nosturin pääkeskukselle tehtiin standardin mukaiset eristysvastusmittaukset. Pääkeskukseen tehtiin nosturin simulointiin tarvittavat kytkennät käyttämällä kytkinkoteloita, joissa on kytkimiä koeajossa tarvittavia toimintoja varten. Kytkinkoteloilla simuloidaan testitilanteessa esimerkiksi nosturin rajakytkimiä. Testilaitte kytkettiin osaksi nosturin sähköisten ohjausjärjestelmien kokonaisuutta, eli sähkönsyöttö ja valokuitu kytkettiin nosturin pääkeskukseen. Tämän jälkeen suoritettiin pääkeskuksen testaaminen. Testaaminen aloitettiin tarkastamalla johdotus, jolloin varmistettiin, että kaikki kytkennät on tehty sähkökuvien mukaisesti.

Johdotuksen tarkastuksesta siirryttiin nosturin sähköisen toiminnallisuuden tarkastamiseen. Toiminnallisuuden tarkastamisella varmistetaan siitä, että nosturin sähköiset oh-

jausjärjestelmät ohjaavat nosturin liikkeitä oikein. Kaikkia toimintoja ei pystytä testaamaan ilman automaatioinsinööriä, sillä logiikka ei toimi ilman automaatioinsinöörin tekemää ohjelmistoa. Nosturiin kytkettiin kiinni testimoottorit ja taajuusmuuttajille syötettiin testiparametrit, jotka sopivat testimoottoreiden ajamiselle.

Nosturin toiminnallisuus testattiin ensin sähkökomponenttien osalta, minkä jälkeen testit tehdään automaation osalta. Automaatiota tuli testaamaan automaatioinsinööri, joka tekee aina ennen koeajoon saapumista projektikohtaisen ohjelmiston. Automaatio-ohjelmiston avulla nosturin sähköisiä ohjausjärjestelmiä käytetään. Monissa tapauksissa projektiin on tullut muutoksia ja ohjelmisto ei toimi sellaisenaan, joten sitä joudutaan vielä testin yhteydessä muuttamaan hieman.

Kun ohjelmisto oli asennettu nosturiin, aloitettiin eri liikkeiden koeajaminen. Testimoottoreista havaitaan, pyöriivätkö moottorit oikeaan suuntaan koeajossa ja oikealla nopeudella. Koeajossa jokaista moottoria ajettiin molempiin suuntiin, jotta liikkeiden oikea toiminta voitiin varmistaa. Nosturin jokaisen liikkeen päätyrajojen toiminta testattiin. Päätyrajat testattiin ajamalla moottoria ja antamalla testilaitteen kytkintä kääntämällä logiikalle tieto, että liike on ajettu rajalle. Kun nosturi ajetaan lähelle liikkeen päätyä, saavutaan ensin liikettä hidastavalle rajalle ja tämän jälkeen liikkeen pysäyttävälle rajalle. Päätyrajojen simulointi suoritettiin projektissa valmistetulla testilaitteella. Ajaminen tehtiin käyttäen kaikkia eri ohjaustapoja, jotta voidaan varmistua kaikkien toimivuudesta. WTE-nostureiden ohjauslaitteita ovat radiot, ohjaamon ohjauspulpetit ja ROS-pöydät.

Kun nosturin toiminnallisuus oli testattu ja nosturi todettiin toimivaksi, aloitettiin viimeistelytyöt. Taajuusmuuttajiin palautettiin oletusparametrit ja niiden vikahistoriat nollattiin. Testiparametrit tulee nollata, jotta taajuusmuuttajissa on asiakkaalle lähetettäessä niihin tilatut parametrit. Myös kuorma-anturien vikahistoriat tyhjennettiin, jotta koeajossa tulleet vikakoodit eivät jääneet näkyviin nosturiin. Nämä vikakoodit nollattiin, koska ne eivät olleet todellisessa käytössä tulleita vikoja. Lopuksi koeajokytkennät purettiin ja täytettiin kaikki tarvittavat lomakkeet, jotka kertovat asiakkaalle testaustoimenpiteistä. Testauksen päätteeksi nosturin sähkökeskus lähetettiin eteenpäin tehtaalta.

## 9 Yhteenveto

Testilaitteen rakentamisella pyrittiin nopeuttamaan WTE-nosturien sähkökomponenttien läpimenoaikaa sähkölaitetehtaalla ja erityisesti aikaa, jonka WTE-nosturi on koeajossa. Tavoitteena oli myös säästää tilaa koeajoalueella ja lisätä turvallisuutta vähentämällä maassa olevien johdinten määrää. Testilaitetta käyttämällä aikaa voitetaan noin 4–6 tuntia kytkentä ja purkutöissä, jotka täytyi tehdä, kun testilaitetta ei ollut. Koko nosturin sähköisten ohjausjärjestelmien testaamiseen kuluu aikaa noin 60 tuntia. Nosturien testausaika kuitenkin vaihtelee projektikohtaisesti ja tarkkaa aikaa on mahdotonta arvioida. Säästettävä aika on siis noin 5–10 % kokonaistyöajasta.

Testilaitteessa olevat kytkimet ovat selkeämmät kuin aikaisemmin kytkinkoteloissa käytössä olleet kytkimet, joiden järjestys saattoi olla epälooginen. Tilan säästöä saavutettiin, koska testilaitteet rakennettiin kompaktiin pyörillä liikuteltavaan sähkökaappiin. Projektissa saatiin toimiva testilaitteet helpottamaan koeajo-osaston työntekijöiden toimintaa sekä sähkökuvat testilaitteesta ja dokumentointi projektin suorittamisesta raportin muodossa.

Jatkossa sähkökuvia voidaan hyödyntää ja rakentaa lisää vastaavia testilaitteita, jolloin koeajo-osaston testikapasiteettia saadaan nostettua. Jatkossa voidaan myös tutkia ja selvittää mahdollisuuksia, miten osassa R3-siltakaappeja oleva väyläradio saadaan yhdistettyä testilaitteeseen ja näin mukaan testaukseen. Radion sijoittamista on jo alustavasti suunniteltu testilaitteeseen, mutta tämä tarvitsee vielä lisää selvitystyötä. Aiheeseen liittyen voidaan jatkossa tutkia, onko vielä muita vastaavanlaisia testilaitteita mahdollista rakentaa helpottamaan koeajo-osaston töitä. Tästä esimerkkinä on laitteen suunnittelu ja toteutus, jonka avulla R3-siltakaapit voidaan testata helposti ja lähettää eteenpäin. R3-siltakaapit tulee jatkossakin testata yksittäin, jotta johdotukset ovat varmasti sähkökuvien mukaiset. R3-siltakaappien testaaminen voidaan mahdollisuuksien mukaan toteuttaa jatkossa alihankkijoilla Virossa, missä siltakaapit usein valmistetaan. Jos testaaminen voidaan toteuttaa jatkossa alihankkijoilla, saavutetaan näin myös säästöä kuluissa, jotka tulee siltakaappien toimittamisesta Hyvinkään sähkölaitetehtaalle.

Tulevaisuudessa kannattaa myös selvittää, voidaanko jatkossa esimerkiksi ohjainlaitteita kuten ohjaamon ohjauspulpetteja mahdollisesti simuloida testitilanteessa. Ohjainlaitteet, kuten ohjauspulpetit ja radiot, valmistetaan aina erillisinä muiden yritysten toimesta, ja ne saattavat saapua tehtaalle myöhässä. Jos ohjainlaitteet saadaan simuloitua

testauksessa, pystytään välttämään viivästykset, joita voi aiheutua Konecranesista riippumattomista syistä. Projektilla on hyviä jatkumahdollisuuksia, joita toteuttamalla voidaan nopeuttaa koeajamiseen kuluva aikaa sähkölaitetahtaalla. Projektista tehtyä raporttia voidaan hyödyntää tulevaisuuden projekteissa.



## Lähteet

Konecranes (2015). Breakthrough for Konecranes industrial cranes in energy-from-waste in Singapore. Saatavilla: <http://www.konecranes.com/resources/media/releases/2015/breakthrough-for-konecranes-industrial-cranes-in-energy-from-waste-in-singapore>

Konecranes. *Jätteenkäsittelynosturit*. Viitattu: 1.12.2017. Saatavilla: <http://www.konecranes.fi/teollisuudenalat/energiajätteen-kasittely/jatteenkasittely-ja-biomassanosturit/jatteenkasittelynosturit>

Konecranes (2017). Remote operation station. Saatavilla: <http://www.konecranes.com/resource/remote-operating-station>

Konecranes. *Smarter where it matters*. Viitattu: 1.12.2017 Saatavilla: [http://campaign.konecranes.com/wte/Konecranes\\_wte\\_ebook\\_2017.pdf](http://campaign.konecranes.com/wte/Konecranes_wte_ebook_2017.pdf)

Konecranes. *Tietoa yhtiöstä*. Viitattu: 10.12.2017. Saatavilla: <http://www.konecranes.fi/tietoa-yhtiosta>

Konecranes. *Truconnect remote monitoring for cranes*. Viitattu: 20.12.2017. Saatavilla: <http://www.konecranes.com/service/truconnect-real-time-crane-service/remote-monitoring-for-cranes>

Konecranes (2017). We feed the WTE and biomass processes. Saatavilla: <http://www.konecranes.com/industries/waste-to-energy-and-biomass/we-feed-the-wte-and-biomass-processes>

Ranta, T. (2017). *Testauslaitteiden ja – alueiden sähköturvallisuus*. Saatavilla: <http://www.theseus.fi/handle/10024/126033>

Rinne, S. (2017). *WD200-polttimien kommunikointi- ja turvalogiikka*. Saatavilla: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125878/WD200%20-polttimien%20kommunikointi-%20ja%20turvalogiikka.pdf?sequence=1>

Six Sigma. *Yleistä Leanista*. Viitattu 22.12.2017. Saatavilla: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/>

Six Sigma. *Lean ja johtaminen*. Viitattu: 16.11.2017. Saatavilla:  
<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/lean-ja-johtaminen/>

Six Sigma. *Leanin historiaa*. Viitattu: 16.11.2017 Saatavilla: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/>

Sähköasennukset, Osa 1. SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset (2012). Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Zuken. *Our History*. Viitattu 28.11.2017. Saatavilla: <https://www.zuken.com/en/company/corporate/history>

