

Työstökonehuollon koulutus

Konecranes Finland Oy:n työstökonehuollon koulutusten toteutus



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Konetekniikka, insinööri (AMK)

kevät 2023

Simo Lahtinen

Konetekniikka, insinööri (AMK)

Tekijä Simo Lahtinen

Työn nimi Työstökonehuollon koulutus

Ohjaajat Tapio Väisänen (Hämeen ammattikorkeakoulu), Oili Hallamaa (Konecranes Finland Oy)

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda työkaluja ja koulutuspolku sekä auttaa systemaattisesti luomaan Konecranes Finland Oy:n työstökonehuollon koulutusjärjestelmä. Suunnitelmallinen koulutus niin uusien kuin vanhojen asentajien taitojen kehittämiseksi on tärkeää.

Konecranesilla ei ole ollut suunniteltua koulutusjärjestelmää työstökonehuollossa (MTS), vain satunnaisia ulkopuolelta ostettuja koulutuksia. Uudet työntekijät ovat aloittaneet vanhojen asentajien mukana, jotka ovat omalla tavallaan opettaneet heitä. Työvoimapulan ja valmiiden osaajien puutteen edessä on huomattu, että tällä tavalla ei välttämättä oikea tieto välity uusille asentajille tehokkaasti. Myös toisilta aloilta tulevien työntekijöiden kouluttaminen oppisopimuksella tälle alalle on nähty tarkoituksen mukaiseksi.

Asentajille järjestetään työstökonehuollon peruskoulutus heidän aloittaessaan. Tässä uusien asentajien koulutuksessa on pyrkimys antaa heille riittävästi tietoa ja opastusta, että he pärjäävät kentällä itsenäisesti mahdollisimman hyvin. Myös kokeneiden asentajien kouluttaminen on tärkeää, tämä auttaa heitä tekemään työnsä paremmin ja oppimaan uusia asioita. Konecranes MTS on Suomen suurin työstökonehuolto ja organisaation henkilöstöltä löytyy paljon osaamista. Näitä vahvuuksia on mahdollisuus hyödyntää koulutuksissa.

Työtä tehdessä on luotu opetusmateriaali työstökoneiden huollosta, ohjauksista, sähkötekniikasta, mekaniikasta, geometria- ja lasermittauksista. Myös muilla osa-alueilla on kehitetty koulutusjärjestelmää. Osaamisen tason kehittäminen ei auta pelkästään Konecranesia, vaan samalla luodaan teollisuuden osaavia asentajia parantamaan koko Suomen kannattavuutta.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin ja koulutusjärjestelmä saatiin käyntiin. Ensimmäisten ryhmien kohdalla materiaalia on vielä jouduttu täydentämään. Samalla on tehty huomio, että jokainen ryhmä on hyvin erilainen ja opetuksen täytyy elää ryhmän vaatimusten mukana.

Avainsanat Työstökonehuolto, koulutus, CNC, työstökonetekniikka,

Sivut 38 sivua

The goal of this thesis was to create tools and a training path and systematically help to create a machine tool maintenance training program for Konecranes Finland Oy. Systematic training program to develop the skills of both new and old technicians is important.

Konecranes has not had any planned training system in machine tool maintenance (MTS), only some trainings bought from outside. The new employees have started with the old service technicians, who have taught them how to do the work in their own way. In the face of a labour shortage and a lack of well-trained experts, it has become apparent that this is not an efficient way to pass correct information to new workers. The company also needs to train themselves the people who come from other fields to do an apprenticeship.

For new technicians, we organize basic machine tool maintenance training when they start. In training of new technicians, aim is to give them as much information and guidance as possible so that they can work independently in the field. Training of our seasoned technicians is also very important. This allows them to do their jobs better and learn new skills. We also order training from equipment manufacturers to supplement our skills. Konecranes MTS is Finland's largest machine tool maintenance company, and we have a lot of diverse expertise. It is possible to use these strengths to train experts.

The purpose of this thesis is to create educational material about machine tool maintenance, controls, electrical engineering, mechanics, geometry measurements, and laser measurements. This alone does not apply only to Konecranes, but at the same time we create skilled technicians in this field to improve the profitability of the Finland as a whole.

The goals of this thesis were achieved, and the training program was successfully started. For the first few groups the learning material was not ready from all aspects, but in the time, this will be corrected. An observation was made that every group is different and needs a different approach to successfully teach all the requirements of the training program.

Keywords Machine tool, CNC, Training

Pages 38 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Kehitystyön viitekehys ja rajaukset	3
1.2	Aineistonkeruu ja opetusmateriaalin valmistelu	4
2	Työstökonehuollon koulutuksen tarve	4
2.1	Työstökoneiden perusasiat	5
2.2	Kunnossapidon eri muodot	7
2.3	Tuottava kunnossapito	9
2.4	Kunnossapitopalvelun laatu	11
2.5	Koulutuksen tavoitteet	13
3	Uusien asentajien koulutus	14
3.1	Turvallisuus	15
3.2	Nosturin käyttäjäkoulutus ja korkealla työskentely	15
3.3	Teollisuuden työstökoneet	16
3.4	Työstökoneiden ennakkohoolto	17
3.5	Geometrian perusteet	18
3.6	Piirustusten lukeminen	19
4	MTS oppisopimus	20
4.1	Koulutuksen kulku	21
4.2	Tekninen koulutus	21
5	Täydennyskoulutukset	22
5.1	FANUC ohjauskoulutus	22
5.2	Geometriamittauskoulutus	24
5.3	Laserinterferometriakoulutus	31
5.4	Karalaakerointikoulutus	34
5.5	Ulkopuoliset koulutukset	34
6	Työn tulokset ja pohdinta	35
	Lähteet	37

Kuva 1 Kunnossapitolajit	8
Kuva 2, Odotetun palvelun merkitys ja ongelma-alueet.....	12
Kuva 3. Suorakulmainen koordinaatisto	18
Kuva 4. FANUC laiterakenne.....	24
Kuva 5. Työstökoneen tarkkuuden virhelähteet	25
Kuva 6. Kolmiakselisen työstökeskuksen vapausasteet	26
Kuva 7. Kohtisuoruuksien mittaaminen neliö- tai kolmiokivellä ja lineaarilla	27
Kuva 8. Kumulatiivisen suoruuden ja todellisen suoruuspoikkeaman ero	29
Kuva 9. Mittauspöytäkirja.....	30
Kuva 10. Laserinterferometrin toimintaperiaate	32
Kuva 11. Laserinterferometrin interferenssikuvio	33
Taulukko 1. Suoruuspoikkeaman laskentataulukko	28
Kaava 1. Suoruuspoikkeaman laskenta	28

1 Johdanto

Konecranes Finland Oy on suomalainen maailman johtava nostolaittevalmistaja. Asiakkaita ovat konepaja- ja prosessiteollisuus, telakat, satamat ja terminaalit (Konecranes, 2023). Nostolaitteiden valmistuksen ja -kunnossapidon lisäksi Konecranesin yksi toiminta alue on työstökonehuolto eli Machine Tool Service (MTS). MTS on syntynyt omasta tarpeesta pitää koneet kunnossa ja palvelua on alettu myymään ulos. Tänä päivänä satelliittitoimipisteitä on ympäri Suomen ja asentajia reilusti yli 100. Uusille asentajille on suuri tarve, kun teollisuuden veto kasvaa ja vanhemmat asentajat jäävät eläkkeelle. Taitojen opettaminen työstökonekunnossapidossa on aina ollut hyvin paljon työssäoppimista, mutta on paljon asioita mitä ei ole järkevää opetella asiakastöitä tehdessä. Työstökonehuolto on erikoisosaamisalue ja erityisesti sen koulutustarpeet pitää tunnistaa. Tavoitteena on luoda työkaluja ja koulutuspolku sekä auttaa systemaattisesti luomaan Konecranes Finland Oy:n työstökonehuollon koulutusjärjestelmä. Suunnitelmallinen koulutus niin uusien kuin vanhojen asentajien taitojen kehittämiseksi on tärkeää.

Uusille asentajille järjestetään työstökonehuollon peruskoulutus heidän aloittaessaan. Tässä koulutuksessa pyritään antamaan heille riittävästi tietoa ja opastusta, että he pärjäävät kentällä itsenäisesti mahdollisimman hyvin. Koulutusten tavoitteena on myös auttaa ymmärtämään työstökonehuollon tarpeita ja millaista tukea voi Konecranesilta saada sekä yhtenäistää henkilöstöä.

Vanhoille asentajille täydennyskoulutusten järjestäminen on mahdollista oman osaavan organisaation kautta. Tällaisia koulutuksia voidaan räätälöidä tarpeiden mukaan tai toteuttaa aikataulutetusti tiettyjen osaamisalueiden koulutuksia. Myös kenttäkoulutukset ovat mahdollisia, vaikka asiakkaan koneilla ei näitä aina pystytäkään toteuttamaan turvallisesti. Konecranes instituutti ja MTS tekninen tuki muodostavat koulutusrakenteet. Teknisen tuen apuna on myös asiantuntijaverkosto. Näiden osaajien tietotaitoa voidaan käyttää erikoisosaamiskoulutuksissa.

Ulkopuolelta hankitaan koulutusta, jolla täydennetään koulutusohjelmaa. Näitä koulutuksia ostetaan koulutuslaitoksilta, konevalmistajilta, ohjausvalmistajilta ja muilta toimijoilta, joilla on pääsy syvempään tiedon tasoon. Tällaisella yhteistyöllä voidaan varmistaa myös osaamisen tason säilymisen ja kehittymisen. Tavoitteena on saada osaaminen jaettua useampiin käsiin, jolloin yhden poissaolo ei aiheuta suuria ongelmia kunnossapidolle tai asiakkaan tuotannolle. Kokonaisuutena koulutuksen voi nähdä koko Suomen teollisuuden tukemisena ja kannattavuuden parantamisena.

”Matka vaatii laaja-alaista osaamista monella tasolla: menestyksestä tai tyydyttävää suhdetta omaan henkilökohtaiseen osaamiseen, opiskelijoihin, kouluyhteisöön sekä laajemmin yhteiskunnan ja työelämän odotuksiin.” (Koski-Heikkinen, 2014, s.4)

Lähtökohtaisesti perustarpeet koulutuksille ovat:

- Turvallisuuskoulutukset
- Metallitöiden perusosaamisen opettelu ja varmistaminen
- Sähkö-, mekaniikka- ja hydraulikkapiirustusten lukeminen
- Työstökoneyyppien ja niiden erityispiirteiden oppiminen
- Työstökoneiden ennakkohuoltokohteet ja niiden huoltaminen
- Sorvien ja työstökeskusten huolloissa huomioon otettavat erityispiirteet
- Erikoiskoneiden erityispiirteet
- Geometria, mittaus ja säätäminen
- Laserinterferometriamittaus
- Vianhaku, kunnonvalvonta ja logiikka
- Ohjauskohtaiset koulutukset

Näiden oppiminen vaatii paljon kiinnostusta asentajalta. On tärkeää ymmärtää, mistä työstökoneen toiminta jokaisella alueella koostuu ja kuinka voi helpottaa vianhakua omassa työssään. Nykypäivän työstökoneasentajan vaatimukset ovat aika kovat, kun pitäisi olla laaja-alaisesti osaamista mekaniikasta, sähköstä, hydraulikasta ja ohjauksista. Tämän takia kokonaisvaltainen ymmärtäminen on tärkeää, jolloin osaa myös hankkia apua oikealta taholta. Koulutuksen tehtävänä on ensisijaisesti antaa asentajalle teoreettiset ja taidolliset

perusvalmiudet ammatissa toimimiseen, mutta myös kasvattaa asentajaa elinikäiseksi oppijaksi. Ammatillista tietoutta on osattava päivittää jatkuvasti. (Aalto, Ahokas & Kuosa 2008; Helakorpi 2008.)

1.1 Kehitystyön viitekehys ja rajaukset

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kehityskohteina näiden koulutusten materiaalin valmistusta sekä työstökonekoulutusten pitämistä ja suunnittelua. Teoriaopetus suunnitellaan teknisen tuen asiantuntijoiden avustuksella ja toteutetaan Konecranes instituutin tiloissa.

Opintosuunnitelman luomisessa apuna on nosturihuollon jo vuosia käynnissä ollut koulutusjärjestelmä sekä Konecranesin turvallisuus- ja koulutuspolitiikka.

Työstökonehuollossa ja nosturihuollossa on paljon yhtäläisyyksiä turvallisuuden sekä toimintaympäristön suhteen, mutta itse laitteet ovat hyvinkin erilaisia. Työstökoneissa mekaniikka on hyvin tarkkaa ja monimutkaista. Ohjausjärjestelmät ovat servo-ohjattuja NC:n (Numerical Control) kautta, mikä tekee näistä laitteista hyvin laajoja ja tarkkoja kokonaisuuksia. Tarkkuusvaatimukset työstökoneiden mekaniikassa ovat todella korkeat. ISO 9001:2015 standardin mukaiset vaatimukset työstökoneen tarkkuuksiin ja niiden mittaukseen tekevät koulutuksessakin tärkeäksi oppilaille laatukäsitteiden- ja tarkkuusvaatimusten ymmärtämisen. Tämä korostuu mitä pidemmälle mennään geometrisissa mittauksissa, laserinterferometriassa sekä säätötekniikassa.

Työn ulkopuolelle rajataan ulkopuoliset koulutukset, muussa paitsi tarve- ja koulutuskalenterin suunnittelussa. Myös työturvallisuus-, tulityö-, sähkötyöturvallisuus- ja ensiapukorttikoulutukset rajataan työn ulkopuolelle, vaikka niistä suurin osa itse koulutetaan. Näiden lisäksi suurempi pedagoginen kokonaisuus jätetään tutkimatta ja siitä tehdään myöhemmin tutkimus.

Tähän työhön viitekehyyksiksi valikoitui kunnossapito yleisesti, koulutusjärjestelmän tarpeen arviointi sekä koulutukset itsessään. Uusien asentajien koulutuksiin kuuluvat turvallisuus-, palvelu-, ennakkohoolto-, nosturin käyttö-, piirustustenlukukoulutus, teollisuuden

työstökoneet sekä geometrian ja ohjauksien perusteet. Näiden teoriaosuuksien lisäksi on käytännön harjoittelua. Oppisopimusryhmien koulutuksissa käytetään paljon samoja materiaaleja, mutta lisäksi heidän opiskeluunsa kuuluvat metallialan perustaidot. Kokeneemmille järjestämme täydentäviä koulutuskokonaisuuksia useista aiheista. Tavoitteena on hankkia Konecranes instituutille oma CNC-sorvi koulutuskäyttöön, jolla kaikki monimutkaisemmatkin korjaustoimenpiteet voidaan harjoitella hyvässä ympäristössä ilman asiakkaan tuomaa tuotantopainetta tai pelkoa epäonnistumisen aiheuttamista ongelmista. Kouluttajalle koulutuslaite on myös turvallinen sekä hallittu työkalu.

1.2 Aineistonkeruu ja opetusmateriaalin valmistelu

Opetusmateriaalin valmistaminen vaatii suuren työn. Tätä varten on ollut tarve haastatella Konecranesin huoltopäälliköitä ja asentajia. Heidän haastatteluidensa perusteella ja oman yli 20 vuoden konepajakokemuksen myötä on ollut mahdollista suunnitella runko uusien asentajien koulutukselle. Jatkokoulutukset tarvitsevat yhteistä suunnittelua ja omien asiantuntijoiden käyttämistä kouluttajina. Itse on mahdollista kouluttaa kattavasti mekaanisia kokonaisuuksia sekä geometria- ja lasermittauksia. Myös ohjauskoulutukset on mahdollista itse valmistella ja opettaa.

Koulutuskonehankinnan myötä on mahdollista luoda oppimateriaalia sekä koulutuksia, joissa puretaan koneen osia ja kunnostetaan niitä. Samalla syntyy ohjemateriaali koneiden korjaukseen. Materiaalin luomisessa käytetään myös omia muistiinpanoja, käytyjä koulutuksia sekä työstökonehuoltoon, mittaamiseen ja yleisesti kunnossapitoon liittyvää kirjallisuutta. Suurin osa kuvista on omista kuva-arkistoista viimeiseltä kymmeneltä vuodelta.

2 Työstökonehuollon koulutuksen tarve

Koulutuksen tarve työstökonehuoltoon on syntynyt nopeasti kehittyvän teollisuuden ja osaavan työvoiman puutteen sekä vaatimustason nousun vuoksi. Teollisuuden kunnossapitoon erikoistuneen yrityksen asentajat joutuvat jatkuvasti kehittämään osaamistaan ja kehittymään monialaisiksi osaajiksi. Perinteinen mekaniikka-, sähkö- ja automaatioasentaja jaottelu on osittain häviämässä. Asiakkaalla konetta korjaavan tai

huoltavan asentajan täytyy osata vähän kaikkea tai ainakin selvittää, kuinka jokin asia tehdään. Jokaisella asentajalla on omat vahvuutensa ja sitten on eri osa-alueiden asiantuntijat, mutta tilanteen vaatiessa pitäisi pystyä tekemään erinäisiä oman ydinosaamisalueen ulkopuolelle kohdistuvia korjaustoimenpiteitä tai vianhakutoimia. Perinteisesti kunnossapitovastuu on ollut koko kunnossapito-organisaatiolla ja kunnossapidon sisällä vastuuta on siirrelty ryhmältä toiselle ongelmien ilmetessä. Esimerkiksi mekaaninen asentaja on jättänyt työn kesken, koska on kokenut sen sähkö- tai automaatio-ongelmaksi. Modernissa kunnossapitoajattelussa tehokkaassa ja häiriöttömässä toiminnassa vastuu on koneiden käyttäjillä (Laine, H., 2010, s.219). Laitevastuut jaetaan ja jokaiselle laitteelle merkitään vastuuhenkilö, joka harkintansa mukaan käyttää omia tai ulkopuolisia resursseja. Konecranes kunnossapito on tällainen ulkoinen resurssi, jonka tehtävänä on olla asiakasrajapinnassa tukemassa koneiden kokonaiskäytettävyyttä.

Uusien työntekijöiden saaminen mahdollisimman nopeasti tuottaviksi asentajiksi ja ennen kaikkea hyviksi asiakaspalvelijoiksi on erittäin tärkeää. Tähän tavoitteeseen voidaan päästä parhaiten kouluttamalla uudet asentajat perusteellisesti suunnitellun ja kehittyvän koulutusohjelman mukaisesti.

Asiakkaiden konekanta on todella laaja ja pelkästään CNC-työstökoneita on satoja erilaisia kymmenien eri ohjausvalmistajien ohjauksilla. Näiden lisäksi kaikki teollisuuden laitteet sahoista kuljettimiin pitäisi jossain määrin ymmärtää. Vaikka laitteistoja on paljon, niin tietynlaisen logiikan ymmärtäminen ja sen löytäminen on tärkeä osa huoltotoimenpiteitä ja korjauksia suorittaessa.

2.1 Työstökoneiden perusasiat

Työstökoneet muodostavat suuren kokonaisuuden ja niitä on paljon erilaisia. Ylemmällä tasolla koneet voidaan jakaa lastuaviin, hioviin ja materiaalia lisääviin koneisiin. Koneet jaetaan käyttötavan mukaan manuaalisiin ja automaattisiin. Automaattisia koneita yhdistää CNC-ohjaus, jonka pääkomponentit ovat numeerinen ohjausyksikkö (NC), ohjelmoitava logiikka (PLC), servokäytöt, -moottorit sekä mittajärjestelmät. Rakenteellisia osia ovat runko, johteet, johdekelkat ja liike-elimet.

Lastuavat työstökoneet voidaan jakaa sorveihin, työstökeskuksiin, aarporiin, poriin, sahoihin, hammastuskoneisiin, aventimiin ja erikoistyyöstökoneisiin. Sorveissa sorvatessa kappale pyörii pakassa ja terä pysyy paikallaan. Nykyään suurin osa on monitoimisorveja, joissa on pyörivät työkalut. Niillä voidaan jyrsiä ja tehdä monimutkaisia reikäpiirejä ja muotoja. Vielä kehittyneempiä sorveja ovat 5-akseliset sorvaustyöstökeskukset, joilla voidaan tehdä monimutkaisia geometrioita pyörähdyskappaleeseen. Sorveja voi olla vaaka- tai pystymalleja. Tämä määräytyy pakan sijoituksesta, eli pyöriikö kappale maapallon vetovoimaan nähden yhdensuuntaisesti vai kohtisuoraan. Suuria pystymallisia sorveja kutsutaan karusellisorveiksi.

Työstökeskukset ovat koteloituja koneita, joissa työstettävä kappale on kiinnitetty paletille tai pöytään. Tämä riippuu laitteen rakenteesta ja lisälaitteista. Usein kappaletta voi kääntää eli indeksoida eri kulmiin. Joissain koneissa voidaan pöytää käyttää työstämiseen, jolloin ne toimivat hieman sorvin tapaan. Työstökara voi olla vaakasuorassa tai pystyssä.

Työstökeskuksissa kappale pysyy paikallaan ja terä pyörii. Myös työstökeskuksissa on moniakselisia koneita, joilla voidaan tehdä monimutkaisia koneistusratioja. Niin sorveissa kuin työstökeskuksissa ja aarporissakin voi olla työkalunvaihtajia ja muita lisälaitteita. Aarporat ovat hyvin samanlaisia koneita kuin työstökeskukset, mutta ne ovat avoimia suuren työkappalekokonsa vuoksi. Yleensä myös koneen koko on huomattavasti suurempi.

Hammastuskoneet ovat oma erikoiskonelajinsa. Niistä yleisimmät konemallit ovat vierintäjyrsimiä ja vierintäpistokoneita, joita käytetään hammaspyörän valmistukseen hiontavaralle ennen lämpökäsittelyä, joskus myös suoraan valmiiksi hammastukseksi tai uritukseksi.

Hiovista laitteista yleisimpiä ovat pyöröhiomakoneet, joilla hiotaan akseleita, reikähiomakoneet, joilla hiotaan reikiä sekä näiden yhdistelmäkoneet. Profiilihiomakoneet ovat erikoiskoneita esimerkiksi hammaspyörrien viimeistelyhiontaan. Hiomalla saavutetaan paras mahdollinen pinnanlaatu ja tarkkuus.

Materiaalia lisäävät koneet ovat uutta tekniikkaa ja niissä on paljon uusia innovaatioita. ISO/ASTM 52900 standardi määrittelee erilaiset materiaalia lisäävän työstön menetelmät

omiksi alueikseen. Kaikilla valmistajilla on kuitenkin vielä todella erilaiset lähestymistavat ja omat innovaationsa. Käytännöt eivät ole vielä vakiintuneet niin kuin lastuavien työstökoneiden maailmassa.

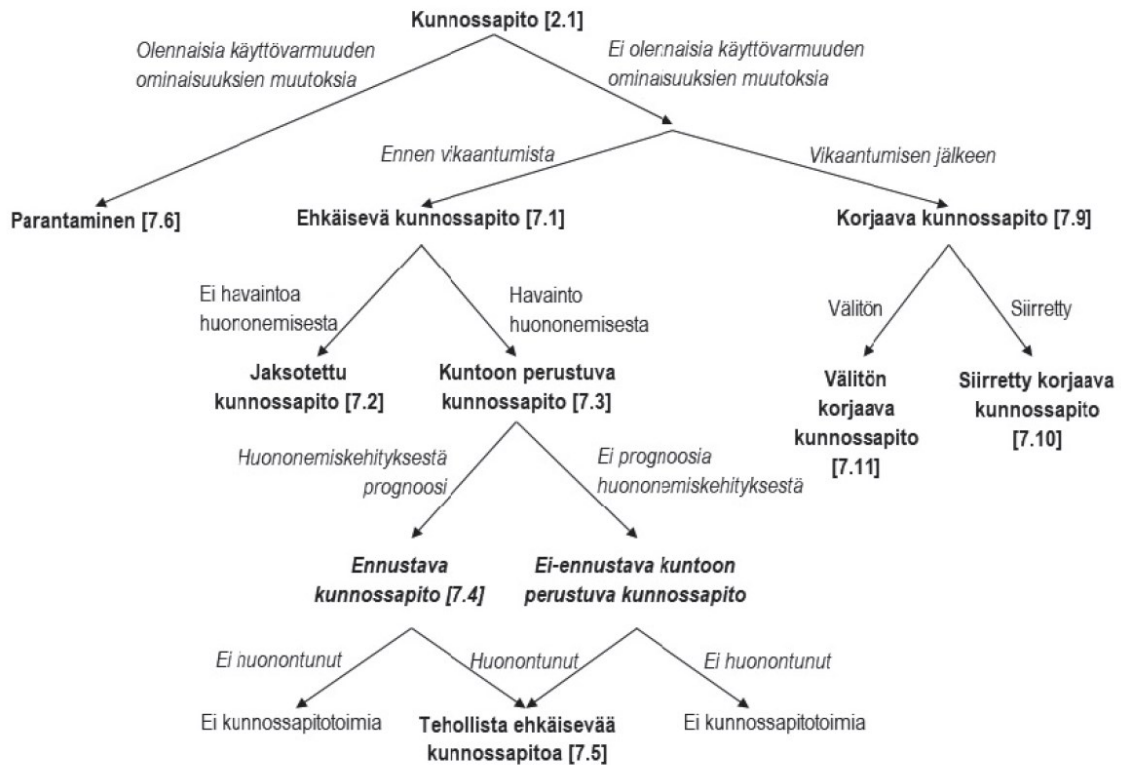
2.2 Kunnossapidon eri muodot

Huoltoja suunnitellessa pitää ottaa huomioon kunnossapidon eri muodot ja kunnossapidon tehokkuus. Tämä tarkoittaa sitä, että kunnossapito osaa laatia mahdollisimman hyvän strategian, jolloin koneen suorituskyky pysyy mahdollisimman hyvänä. Tehokas käyttö on mahdollista oikeanlaisella ja asianmukaisella käytöllä, johon kuuluu myös käyttäjäkunnossapito. Nämä yhdessä antavat mahdollisuuden toiminnalliselle tehokkuudelle (Järviö, ym., 2007, s. 14).

Kunnossapito on laitteiden pitämistä turvallisessa ja luotettavassa tuotantokunnossa. Standardissa (SFS-EN 13306: 2017, 2018, s. 5) sanotaan kunnossapidosta: ”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”.

Kunnossapitolajit jaotellaan standardissa (SFS-EN 13306: 2017, 2018, s. 22) kolmeen pääryhmään, joita ovat parantaminen, ehkäisevä kunnossapito ja korjaava kunnossapito (kuva 1). Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu ennen vikaantumista tapahtuva jaksotettu kunnossapito sekä kuntoon perustuva kunnossapito. Kuntoon perustuva kunnossapito pitää sisällään ennustavan kunnossapidon sekä ei-ennustavan kunnossapidon. Korjaavaan kunnossapitoon luetaan vikaantumisen jälkeen tapahtuva välitön korjaava kunnossapito sekä siirretty korjaava kunnossapito. Korjaava kunnossapito lähes aina on tehollisesti huonompi vaihtoehto, koska tällöin ei voida hallita johdannaisia kustannuksia (Järviö, ym., 2007, ss. 49–52).

Kuva 1 Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306: 2017, 2018, s. 22)



Ennakkohuolloista puhuttaessa usein tarkoitetaan jaksotettuja huoltoja ns. vuosihuoltoja. Usein ennakkohuolloissa yhdistetään jaksotettu kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapito kuitenkin jaetaan usein viiteen pääryhmään, jotka ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvitys (Järviö, ym., 2007, ss. 49–52).

Huolto on toimintaedellytysten vaalimista käyttäjien päivittäisten toimien ja kunnossapidon suorittamien toimenpiteiden avulla. Näihin toimiin kuuluu puhdistus, voiteluhuolto, kalibrointi ja tunnettujen kuluvien osien vaihtaminen.

Ehkäisevä kunnossapito on huollon tärkein toiminto. Tätä varten on kehitetty työkaluja, joilla voidaan ennustaa vikaantumistaajuutta ja tehdä korjaavia toimenpiteitä ennen vikojen syntymistä ja koneiden pysähtymistä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu tarkastaminen, kunnonvalvonta, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi.

Korjaava kunnossapito on jo vikaantuneen komponentin korjaamista ja palauttamista käyttökuuntoon. Tähän luetaan vian määrittäminen, tunnistaminen, paikallistaminen ja korjaus sekä toimintakuuntoon palauttaminen.

Parantavaa kunnossapitoa on uusien osien vaihtaminen. Nämä korvaavat toiminnoillaan vanhat, mutta koneen toiminnot tai suorituskyky ei muutu. Toiseksi pääryhmäksi luetaan toimenpiteet, joilla parannetaan koneen luotettavuutta, mutta ei suorituskykyä. Kolmas ryhmä on modernisaatiot, joilla muutetaan koneen toimintoja nykyaikaisemmaksi, luotettavammaksi ja tehokkaammaksi.

Järviön mukaan (Järviö, ym., 2007, s. 51) ”Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi ole mielletty kunnossapitoon kuuluviksi toimenpiteiksi”. Vaikka kirja on 16 vuotta vanha, niin tämä on pysynyt hyvin samanlaisena monessa varsinkin pienemmässä konepajayrityksessä. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä voidaan selvittää juurisyitä ja prosessi tämän tapahtumiseen. Työkaluja tähän ovat vika-analyysi, vikaantumisen simulointi, mallintaminen, perussyyn selvittäminen, materiaalianalyysit, suunnittelun analysointi ja riskienhallinta.

Nykyään lisääntyvä etäkunnossapito on mahdollistanut laitevalmistajien nopeamman tuen ja kunnossapitoyritysten oman henkilöstön tukemisen etänä. Lisälaitteet huoltoasentajilla auttavat yhteyden pitämiseen puhelimella tai etätukilaitteilla, joihin voidaan lukea lisätyn todellisuuden laitteet. Näillä laitteilla voidaan tehdä valmiita korjausohjeita sekä antaa teknistä tukea virtuaalisesti suoraan kohteeseen. Myös työstökoneiden ohjaukset ovat yhteydessä laitevalmistajiin tarvittaessa, jolloin he voivat diagnosoida tilanteen etänä.

2.3 Tuottava kunnossapito

TPM (Total Productive Maintenance) eli tuottava kunnossapito on kunnossapitofilosofia tai -strategia, jonka tavoitteena on tehokkuuden maksimointi. Lähtökohta on tuottaa kohteille optimaalinen toimintaolosuhde, joka yritetään pitää yllä mahdollisimman hyvin. Mallin lähtökohta on luotettavuuden ja toimintaolosuhteiden hidasteiden heikkeneminen, jolloin

luotettavuuden ja näin ollen tuottavuuden parantaminen vaatii olosuhteiden kehittymistä edullisempaan suuntaan (Mikkonen ym., 2009, s. 79).

TPM on käytössä hyvin monessa yrityksessä ja se onkin hyvä lähtökohta kunnossapidon parantamiseen. Tämä tukee Lean-ajattelua ja TPM:ssä tavoitellaan nollatoleranssia vikojen osalta, eli tavoite on virheetön toiminta. Tässä kunnossapidon tärkeys korostuu ja etenkin jatkuvan huolenpidon ajattelu. Mikkosen mukaan (Mikkonen, ym., 2009, s.80) viisi pääperiaatetta on:

- laiterikkojen vähentäminen
- koneiden pitäminen huippukunnossa
- tehdä kunnossapidosta päivittäinen rutiini
- henkilöstön taitojen jatkuva kehittäminen, jotta laitteita pystytään käyttämään mahdollisimman hyvin
- suunnitella ja kehittää tuotantoprosessia ja laitteita siten että ne ovat turvallisia, helppokäyttöisiä ja vaativat vähän kunnossapitoa

Näistä vahvana periaatteena on jatkuva kunnossapidon henkilöstön kehittäminen ja kouluttaminen, joka on osa kokonaistuottavuutta. Tämä ei päde pelkästään omaan tuotantoon, vaan kokonaisvaltaisesti asiakkaiden tuottavuuteen ja tätä kautta koko valtion tuottavuuteen. Koulutusta ei pidä nähdä vain yhden asentajan tai yrityksen kehittämisenä vaan kokonaistuottavuuden parantamisena. Kun osaamisen taito kasvaa koko alalla Suomessa, niin tämä heijastuu positiivisesti kaikkien toimintaan.

Kunnonvalvonta- ja kunnossapitojärjestelmien sekä niiden tuottaman datan käyttäminen huoltoja suunnitellessa on ensiarvoisen tärkeää laitteiden käyttöasteen parantamiseksi. Syvempi tutkiminen voisi tuoda ymmärrystä ehkäisevään kunnossapitoon tietyn tyyppisten laitteiden osien käyttöiästä ja tätä kautta saadaan jaksotettua tiettyjen osien huoltoa ja vaihtoa. Tällainen toimintatapa voisi tuoda kunnossapitoyritykselle töitä. Vaativien osien vaihtaminen toisi osaamista, sekä asiakkaan koneelle luotettavampaa tuottavuutta. Kirjassa (Järviö, ym., 2007, s. 75) sanotaan että "Tehokkaan ehkäisevän kunnossapidon perusedellytykset ovat suunnitelmallisuus sekä aikatauluttaminen". Ehkäisevä kunnossapito

on vaikeaa suunnitella kunnolla ja tähän tarkoitukseen kokemusperäisen tiedon tutkiminen olisi erittäin hyvä lähtökohta jaksottaiselle osien vaihtamiselle. Tämä vaatii työtä järjestelmän kehittämisessä ja suunnittelussa.

2.4 Kunnossapitopalvelun laatu

Palvelun tärkeys korostuu kaikessa kunnossapitotoiminnassa. Kunnossapitäjän päivään voi mahtua paljon asiakastapaamisia. Asiakaskontaktitilannetta, jossa palvelun tarjoaja ottaa yhteyttä palvelun vastaanottajaan kutsutaan totuuden hetkeksi. Tässä vastaanottaja tekee johtopäätöksen kokemuksensa perusteella toimittajasta. Oleellista hyvän kokemuksen luomisessa on jättää positiivinen tunne vastaanottajalle. (Järviö, ym., 2007, s.149)

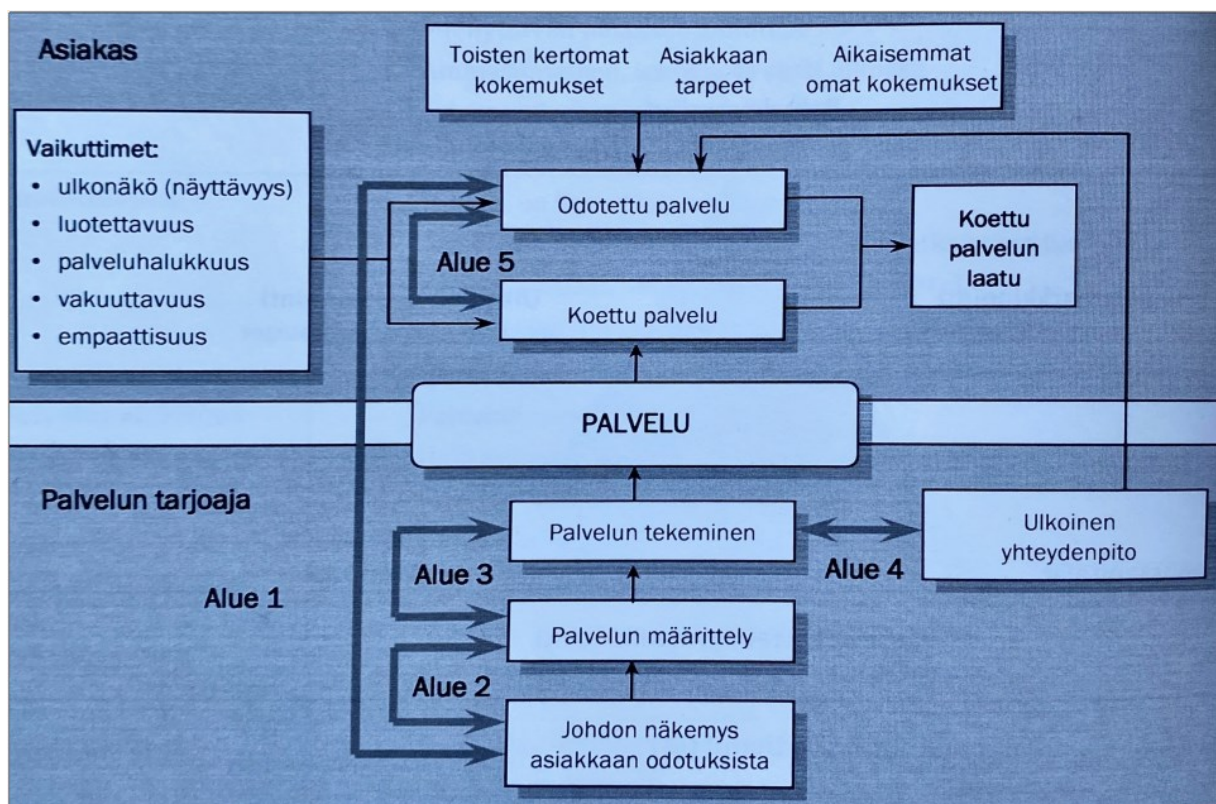
On huomioitavaa, että asiakkaat ovat kriittisempiä ulkopuolisia organisaatioita kohtaan, etenkin kunnossapito-organisaatioita. Palveluiden arviointi on yksilöllistä ja eri asiakkaiden edustajat arvioivat omilla kriteereillään. Vikakorjauksissa usein odotetaan nopeaa korjausta, kun taas ennakkohuolloissa laatua ja hyvää jälkeä arvostetaan. Palvelun lopputulos ei aina pelkästään vaikuta laatuun, vaan joskus asiakkaan kanssa yhteyden pitäminen ja tiedottaminen poikkeamasta tuo positiivisen kokemuksen.

Palvelun suorittamisessa palvelun tekijä luo palvelua ja toteuttaa sen niillä resursseilla, jotka hänellä on käytössä. Palvelua ei voi tehdä varastoon, vaan se tehdään siinä hetkessä. Myöskään huonosti tehtyä palvelua ei voi muuttaa toiseksi. Vastaanottaja osallistuu myös osaltansa palvelun tekemiseen jonkin verran, vaikka onkin saaja. Mielikuva palvelusta syntyy jokaisessa kontaktissa. (Järviö, ym., 2007, s.150)

Palvelua suunnitellessa on tärkeä ymmärtää asiakasta. Asiakas ei ole korjattava laite, vaan ihminen, jonka tulonlähde korjataan. Asiakas on jokainen ihminen, joka voi vaikuttaa siihen saako kunnossapitoyhtiö tulla seuraavallakin kerralla tai jatketaanko huoltosopimusta. "Kun vastaanottaja arvioi palvelun laadun, hän vertaa odotuksiaan kokemaansa, jos hän on saanut enemmän kuin odottanut, loppupäätelmä on positiivinen." (Järviö, ym., 2007, s.151)

Koetun palvelun laatuun vaikuttaa saatu kokemus ja odotukset. Toimittaja voi vaikuttaa odotuksiin mainonnalla, mutta sen tyyppiset toimet ovat hidasvaikutteisia. Sen sijaan vaikuttimet, kuten ulkonäkö, luotettavuus, palveluhalukkuus, vakuuttavuus sekä empaattisuus ovat nopeasti toimivia ja ne vaikuttavat totuuden hetkillä. Asiakkaan odotuksiin ei kuitenkaan kannata vaikuttaa virheellisesti, jos asiakkaan odotukset ovat liian korkealla, voi hyväkin palvelu tuntua pettymykseltä. Odotusten merkitys koetulle palvelulle esitetty seuraavassa kuvassa 2.

Kuva 2, Odotetun palvelun merkitys ja ongelma-alueet (Järviö, ym., 2007, s.155)



Järviön mukaan (Järviö, ym., 2007, s.153) kuvassa 2 merkityt alueet ovat ongelma-alueita. Alue 1 ongelma on, että palveluorganisaation johto ei tiedä mitä asiakkaat odottavat. Alue 2 ongelma on, että palvelutuotteet eivät ole sellaisia kuin asiakkaat odottavat. Ongelma alueella 3 on, että palvelua ei toteuteta oikein. Alue 4 ongelma on ylilupaaminen. 5 alueella asiakkaan kokemus on, että ei ole saanut luvattua palvelua. Kaikkein tärkein on huolehtia alueesta 5. Tämä tarkoittaa, että asiakas ei saa odottamaansa palvelua, joka ei välttämättä tarkoita, että olisi luvattu liikaa tai palvelun laatu olisi ollut huonoa. Aina pyrkimys on

kuitenkin mahdollisimman hyvään asiakaskontaktiin huoltoasentajan ja asiakkaan välillä. Joskus asiakkaan odottama on eri kuin myyty, jolloin palveluyrityksen ainoa mahdollisuus vaikuttaa tilanteeseen on muuttaa toimintaansa. Tämän takia on hyvä aktiivisesti kartoittaa asiakkaan kokemusta palvelun laadusta.

2.5 Koulutuksen tavoitteet

Tärkeimpänä tavoitteena on antaa työntekijöille ymmärrys ja osaaminen, jolla he voivat suorittaa työtehtävänsä turvallisesti. Turvallisuus Konecranesilla on työntekijöiden terveydestä ja hyvinvoinnista huolehtimista. Sitä, että työntekijät voivat tehdä työt ilman vaaraa tai pelkoa sekä tarjoamalla asiakkaille tuotteita, ratkaisuja ja palveluja, joilla voidaan parantaa heidän turvallisuuttaan (Konecranes Oy, 2022).

Päällimmäinen tavoite turvallisuuden jälkeen työstökonehuollon koulutuksella on saada vastattua tarpeeseen kunnossapidon henkilöstön taitojen kehittämiseen. Mitä laajemmalle ryhmälle osaaminen on jaettu, sitä harvemmin tulee tilanteita, että osaajaa ei löydy. Tämä tarkoittaa tuottavuuden parantumista yrityksen omalla kunnossapitotoiminnalla sekä asiakkaiden tuotannon tuottavuuden kasvulla. Asiakkaiden tuottavuuden ylläpitäminen ja parantaminen on kriittisen tärkeää omalle toiminnalle. Tämä tulisi kaikkien työntekijöiden ymmärtää. Kunnossapitotyö on asiakaspalvelua ja huoltoasentaja edustaa itseänsä sekä kunnossapitoyritystä. Asiakaskohtamisissa ihmiset ovat tärkeitä, vaikka työn kohde onkin koneen korjaus, ei koskaan saa unohtaa, että tekijät ja kokemus heistä jää asiakkaan mieleen. Mitä parempi asiakaspalvelukokemus, sen positiivisempi mielikuva kunnossapidosta jää, etenkin jos työn lopputulos on hyvä.

Teknisissä asioissa koulutustavoitteet vaihtelevat kohderyhmän ja yksilöiden mukaan. Kuitenkin tavoitteena on välittää mahdollisimman paljon tietoa, jotta kaikki oppimishaluiset työntekijät saisivat tukea ja osaamista mahdollisimman tehokkaasti. Useat ulkopuolisten toimijoiden kurssit ovat koettu liian kevyiksi tai liian haastaviksi, jolloin asian oppiminen on ollut vaikeaa. Liian monimutkainen ja suuri oppimäärä pienessä ajassa voi tehdä kurssista niin vaikean omaksua, että asiat eivät jää mieleen. Varsinkin jos niitä ei päivittäisessä työssä käytä. Monesti riittää, kun on oppinut tietyn määrän asiaa ja tietää mistä tiedon voi löytää

tai kysyä. Tähän tähtäämällä ja materiaalia antamalla voidaan karsia pois vaikeasti ymmärrettäviä yksityiskohtia ja kouluttaa ne myöhemmin, kun yksilön aika on oikea.

Koulutusten jakaminen pienempiin osiin on huomattu toimivaksi tavaksi antaa ensin pieni määrä tietoa ja kun se on istutettu aiemmin, niin suurempi ja vaikeampi kokonaisuus on helpompi omaksua kyseisestä aihealueesta. On huomioitava valmistautuessa, että koulustilanteista ei tulisi varautuneita ja etäisiä. Tarkoitus on pyrkiä luomaan hyvä suhde oppilaisiin sekä tätä kautta innostava ja kiinnostunut mielikuva aiheeseen (Koski-Heikkinen, 2014, ss. 148–149).

Kouluttajana, siirtyessä työntekijästä kouluttajaksi, on omaksuttava pedagogista ajattelua. Tämä voi olla suuri muutos, joten siihen kypsyminen vie aikaa. Ammatillisen opettajan työhön identifioidutuminen ottaa oman aikansa (Koski-Heikkinen, 2014, s. 35). Kouluttajaksi kypsyminen, materiaalin luominen sekä sen opettamisen harjoittelu on pitkä ja työläs prosessi, johon pitää varautua kunnolla. Tavoitteena on kuitenkin saavuttaa hyvä ja käytännönläheinen koulutusjärjestelmä, joka tukee kentällä tehtävää asiakaspalvelutyötä ja antaa paremmat lähtökohdat hyvän työn tekemiseen. Pelkästään ymmärryksen jakaminen työntekijöille jonkun asian tarkkuudesta tai haasteista antaa asentajille mahdollisuuden keskittyä olennaisiin ratkaisumalleihin ja taidot tiedon hakuun.

3 Uusien asentajien koulutus

Uudet asentajat aloittavat Konecranes uransa koulutusviikolla, jossa käydään läpi turvallisuusajattelua Konecranesilla, nosturin käyttäjäkoulutusta sekä korkealla työskentelyn perusteet. Näiden lisäksi koulutuksiin kuuluvat työstökoneiden perusteet, laitteistojen huoltotoimenpiteet sekä niihin tarvittavat käsitteet. Tutustuminen työstökoneityyppeihin tarkemmin pitää sisällään koneiden pääkomponentit ja oppia koneiden liikuttamisesta. Työstökoneiden geometria liittyy tähän vahvasti myös. Tavoitteena on, että kaikki saavat mahdollisimman kattavasti tietoa ja työkaluja, jotta myöhemmin ymmärtää ja voi löytää nämä tiedot, koska kenttätöitä varten on tärkeä tietää, kuinka löytää tietoa ja mistä saa apua. Koulutuksissa on myös tärkeä huomata, kuinka paljon Konecranesilla on osaamista ja resursseja.

Oikeiden työtapojen ja turvallisuusperiaatteiden oppiminen heti alkuun on hyvin tärkeää. Seuraavaksi on hyvä löytää yhteistyöhenki muiden asentajien kanssa ja oppia yhteisön tavat toimia. Vaikka huoltoasentajan työ on kunnossapitoa ja korjaamista, on se ennen kaikkea asiakaspalvelua. Tärkeimpiin koulutuksiin kuuluukin asiakaspalvelukoulutus ja asiakkaan luona toimiminen.

3.1 Turvallisuus

Turvallisuus tulee aina ensin. Konecranesilla on toimintaohje, että jos et voi suorittaa työtäsi turvallisesti, keskeytä se ja ilmoita esihenkilölle. Jokaisella on oikeus päästä kotiin terveenä. Tätä varten on heti alusta asti tärkeä myös tehdä se selväksi kaikille. Aina työtä aloittaessa on huolehdittava, että työn vaarojen arviointi on tehty. Tämä tehdään itseä varten, jolloin pysähdytään työkohteella, mietitään mitä vaaroja on ja kuinka työ voidaan suorittaa mahdollisimman pienillä riskeillä. Turvallisuushuomioiden tekeminen yrityksen järjestelmään on osa työpaikan työn suorittamisen turvallisuuden edistämistä ja tämä käydään myös läpi koulutuksessa.

Henkilökohtaisia suojavälineitä tulee käyttää. Näitä ovat työvaatteet, turvakengät, suojalasit, viiltosuojakäsineet sekä kolhulakki tai kypärä. Kaikilla asentajilla on myös saatavilla erikoistilanteisiin putoamissuojaus, hengityssuojaimet sekä muut suuremman riskin suojavälineet.

Sähkötyöturvallisuuden koulutuksessa teroitetaan sähkötyön vaaroja sekä ohjeistusta Konecranesilla työn tekemiseen turvallisesti. LOTOTO-koulutus (Lock Out, Tag Out, Try Out) energioiden poistosta tarkoittaa, että työntekijä osaa lukita koneen energiat, merkitä selvästi miksi ja mitä ei saa tehdä sekä todeta energiattomuuden. Energiattomuus tarkoittaa sähkön lisäksi myös pneumaattisia-, hydraulisia- ja mekaanisia energioita.

3.2 Nosturin käyttäjäkoulutus ja korkealla työskentely

Nosturin käyttäjäkoulutuksen pitää valtuutettu Konecranesin nosturipuolen kouluttaja. Koulutuksessa opetetaan asentajalle nosturin toimintaa ja pääkomponentteja sekä

tärkeimpänä nosturin turvallista käyttöä. Koulutukseen kuuluu nosturin ajoharjoittelu ja heijauksen poisto. Koulutus pitää sisällään myös nostoapuvälineet ja niiden merkinnät sekä oikeaoppisen käytön. Tästä myönnetään nosturinkäyttäjäkortti, jolla voi asiakkaalla todistaa osaamisensa ja näin saada asiakkaan edustajan luvan nosturin käyttöön.

Korkealla työskentelyyn liittyy paljon vaaroja ja näihin varautuminen on yksi koulutusten osa-alue. Koulutus pitää sisällään Konecranesin korkealla työskentelyn ohjeet sekä harjoittelun henkilönostimen käytöstä. Putoamissuojajaljaiden oikeaoppinen käyttö ja niiden kunto on jokaisen huolehdittava kunnolla.

3.3 Teollisuuden työstökoneet

Tässä koulutusosiossa tutustutaan konepajojen erilaisiin konetyyppeihin, näiden osiin ja pohjustetaan asentajille työstömenetelmä tietoutta. Tässä käydään läpi koneiden perusgeometria ja suorakulmainen koordinaatisto sekä kevyt tutustuminen eri ohjausmalleihin. Koulutuksen yhteydessä tehdään tehdaskierros, jossa uudet asentajat pääsevät näkemään näitä koneita toimintaympäristössään.

Opetuksessa esitellään työstökeskukset ja niiden toimintaperiaatteet, kerrotaan vaakakaraisten- ja pystykaraisten keskusten toiminta sekä erilaiset sovellukset niistä. Sorveista käydään läpi vaaka- ja pystymallit sekä niiden pääosat pakka, päämoottori, revolverit, työkalukara, kärkipylkkä ja tukilaakeri. Sorvien, työstökeskusten sekä aarporien tunnistamista oppilaat harjoittelevat tämän jälkeen.

Koulutusosiossa opiskellaan vielä erityyppiset hiomakoneet, hammastuskoneet, aventimet, jotta asentaja saa edes pienen ymmärryksen mitä kaikkea voi tulla vastaan. Hieman syventävänä tietona koulutuksessa käsitellään johteiden, liikeruuvien, moottorien, kulma- ja lineaariantureiden toimintaperiaatteita ja ohjauksia sekä käsitteet, mitä tarkoittaa suljettu- ja avoin säätöpiiri. Myös erilaisista raja- ja turvakytkimistä annetaan lyhyt koulutus.

3.4 Työstökoneiden ennakkohuolto

Ennakkohuoltokoulutuksessa opitaan pääkohdat työstökoneiden ennakkohuollosta eli käydään läpi tärkeimmät huoltokohteet. Ensimmäisenä hoidetaan huolellisesti esittäytyminen ja valmistelut sekä tarkastetaan että kaikki tarpeelliset työkalut ja varaosat ovat saatavilla. Koneistajan tms. haastattelulla selvitetään, onko jotain poikkeavuuksia tai ongelmia havaittu koneen käytössä, joita pitäisi selvittää huollon yhteydessä. Hyvin tärkeää on heti alussa myös huolehtia huollon turvallisuudesta sekä aluerajauksista.

Huoltokohteita tarkastaessa pitää aina lähteä ensin turvalaitteista. Ensin tarkastetaan, että hätäseisäkytkimet toimivat ja piiri on kunnossa, turvalasit ovat ehjät ja valoverhot sekä aluerajaukset toimivat. Aina on tarkistettava, että ovirajat ovat kytkettynä ja toiminnassa.

Seuraavaksi tehdään huoltotaulukkoharjoituksia sekä opetetaan puhtauden ja järjestyksen tärkeyttä huomioiden se koneenosien toiminnan-, turvallisuuden- kuin tehokkuudenkin kannalta. Tässä on mukana myös asiakasvaikutelma, joka on suuri osa palvelukokonaisuutta. Seuraavassa vaiheessa oppilaat pohtivat, haluaako tilaaja, että asentajan tavarat ovat sekaisin vai järjestyksessä. Huoltoharjoituksissa käydään läpi myös koneosakohtaisesti niille tarvittavat huoltotoimenpiteet.

Huoltojen tarkoitus on taata koneelle mahdollisimman suuri käyttöaste. Tämän kehittämässä on vielä paljon tehtävää. Kunnossapidon kannalta ennakoitua osien vanhenemista ei oteta tarpeeksi huomioon ja tämä aiheuttaa tiettyjen koneenosien jatkuvaa odotettavaa hajoamista, tätä varten tämän osion läpikäynti on kaikille tärkeää ja opettaa ymmärtämään miksi ennakkohuoltoja tehdään ja miksi niihin pitää valmistautua. Raportointi on äärimmäisen tärkeää ja kunnossapito-yhtiön olisi tärkeä huolehtia raportoimiensa kuluviin osien vaihtamisen ajallaan. Toki tässä on myös asiakasvastuu sekä aiemmin mainittu laitevastuu, joka on kyseisen laitteiston esihenkilöllä. Huoltoraporttiin kirjataan tehdyt toimenpiteet ja huomiot. Näihin lukeutuu kaikki vaihdetut öljyt, suodattimet ja korjatut kohteet, mutta myös huomiot mahdollisesti hajoavista tai hajonneista kohteista. Asiakkaan kanssa sovitaan näiden varaosien tilauksista, vaihdosta ja muista jatkotoimenpiteistä.

3.5 Geometrian perusteet

Työstökoneiden geometria on hieman edistyneempää asiaa. Uusille asentajille on kuitenkin tärkeää saada jonkin asteinen mielikuva siitä, mitä tarkoittaa suorakulmainen koordinaatisto, kuinka akselit liikkuvat työstökoneessa ja miksi niitä nimitetään. Tavoitteena tässä vaiheessa on, että jokainen saa jonkin asteen ymmärryksen siitä, mitä tarkoittavat akselit ja kuinka niiden suoruutta tarkastetaan. Harjoituksiin kuuluu mittavälineisiin tutustuminen, harjoitukset mittakelloilla ja muilla erilaisilla mittavälineillä. Kääntövälyksen tarkastamisen osaaminen akselilta, kuularuuvilta tai muulta liike-elimeltä on jokaiselle tärkeää. Opetukseen kuuluu myös lattaajohteiden ja lineaarijohteiden erot. Kuvassa 3 on työstökoneen suorakulmainen koordinaatisto esitettynä oppimateriaalissa.

Kuva 3. Suorakulmainen koordinaatisto (Lahtinen, 2022, s. 4)

Akselisuunnat



Perusakselit X, Y, Z

X akselin ympäri pyörii A

Y Akselin ympäri pyörii B

Z Akselin ympäri pyörii C

Apuakseleita ovat U, V, W, sekä muita nimityksiä konevalmistajan mukaan

Kartesisen eli suorakulmaisen koordinaatiston oppiminen ja ymmärtäminen on äärimmäisen tärkeää työstökoneasentajalle. Akselien vapausasteet kaikkiin suuntiinsa voidaan käsitellä helpommin ymmärrettävänä asiana, kun puhutaan taipumista ja kiertymistä. Tässä osiossa on tärkeintä, että asentaja saa ymmärryksen työstökoneen kolmiulotteisesta avaruudesta ja kuinka akselit ovat järjestäytyneenä toisiinsa nähden.

Koulutukseen kuuluu myös tarkastelu ulkoisten ja sisäisten virhelähteiden vaikutuksia työstöön ja näin ollen ymmärrystä siitä vianhaun työkaluksi. Opetuksessa käsitellään pääkohdittain CNC-sorvin suoruuden tarkastaminen ja säätö. Tämän koulutuksen tarkoitus on antaa ymmärrys asentajalle mikä on tärkeää ja mistä voi johtua erinäiset ongelmat. Tärkeänä asiana on oppia puhumaan kokoneiden asentajien kanssa samaa kieltä ja oppia ymmärtämään kuinka työstökoneessa huonosti hoidettu siisteys sekä huolimaton käyttö vaikuttaa tarkkuuteen ja geometriavirheisiin. Tarkkuuskäsitteet voivat vaihdella riippuen ihmisten taustoista ja tavoite on saavuttaa jonkin asteinen ymmärrys siitä mikä on merkitsevä virhe.

3.6 Piirustusten lukeminen

Piirustusten lukua opetetaan käymällä läpi erilaisia piirustuksia ja näiden pääkohtia sekä seurattavuutta. Kaikkien on hyvä osata lukea sähköpiirustuksia auttavasti, koska niiden avulla CNC-koneiden viat löytyvät parhaiten. Sähköpiirustuksista voi lukea laitteen toimintaperiaatteen, joten opetukseen kuuluu sähkökuvien komponenttimerkintöjä, hieman niiden funktiota ja piirustusten seurantaa kuvien sisällä. Sähkökuvat Euroopasta ja esim. Japanista ovat visuaalisesti hyvin erilaisia sekä niiden luettavuudessa on eroja. Myös potentiaalien käytössä ja jännitteissä on eroja, jotka on hyvä tietää vianhaussa tai uusien osien tilauksessa.

Sähkökuvien tarpeellisuus tulee hyvin nopeasti vastaan, kun asentaja menee asiakkaalle korjaamaan konetta. Korjaus alkaa aina diagnoosilla, eli vian syyn selvityksellä. Kaikki logiikalta tulevat ja sinne menevät signaalit löytyvät sähkökuvista. Näitä lukemalla voidaan paikallistaa virheen- tai hälytyksen lähde. Tämän tiedon avulla voidaan tutkia, onko vika sähköinen vai onko kyseessä mekaaninen ongelma.

Mekaanisista kuvista tärkeimpänä on oppia lukemaan kokoonpanopiirustuksia ja tunnistamaan niiden vaihdettavat osat, kuten tiivisteet ja laakerit. Näistä koulutuksessa käydään joitain esimerkkejä läpi, ja tutustutaan erilaisiin tapoihin piirtää osia. Opiskelijat harjoittelevat piirustusten tulkitsemista ja laakerointityyppien tunnistamista. Materiaali syventyy jonkin verran valmistuspiirustuksiin, niiden merkintöihin ja toleransseihin. Tavoite

tällä opetuksella on saavuttaa sellainen taso, että omatoimisesti osaa lukea koneenpiirustuksia ja asentaja osaa tehdä itse yksinkertaisen valmistuspiirustuksen, jonka perusteella hän voi teettää jonkun komponentin.

4 MTS oppisopimus

Oppisopimuskoulutuksilla on tavoitteena saada uusia ammattilaisia alalle sekä kehittää olemassa olevia työntekijöitä. Tutkinto oppisopimuksen kautta mahdollistaa työntekijän kehittymisen ammattilaisena ja saamaan pätevyyden alalle. Kaikki tämä kasvattaa asentajan itsevarmuutta.

Koulutus järjestetään oppilaitoksen kanssa yhteistyössä, jotta opiskelija voi saada tutkinto suorituksen koulutuksesta. Oppilaitos opettaa osan ammatillisista aineista. Nämä muodostuvat opiskelijan valitsemasta polusta, pitäen sisällään laakerointia, hydraulikkaa, tehonsiirtoa, automaation perusteita, voitelua, sähkökunnossapidon perusteet sekä pneumatiikkaa. Oppilaitos ottaa vastaan työnäytöt opiskelijoilta. Näissä on myös mukana työnantajan edustaja sekä toisinaan työntekijöiden edustaja, mutta pääasiallisena valvojana toimii oppilaitoksen edustaja.

Konecranesin opetus keskittyy turvallisuuteen, perustaitoihin, asiakaspalveluun ja työstökoneisiin sekä niiden kanssa toimimiseen. Tavoitteena on luoda uusia avoimin mielin varustettuja ja oppimishaluisia työntekijöitä työstökonehuollon tarpeisiin.

Koulutuksen kesto on 1,5 vuotta. Tänä aikana asentajan pitäisi saavuttaa taso, jonka jälkeen voi lyhyessä ajassa ponnistaa itsenäiseksi asentajaksi. Tämä ei tapahdu tässä kohtaa vielä itsestään. Se että asentaja kasvaa vastuuta ottavaksi ammattilaiseksi vaatii useita itsetehtyjä korjauksia ja huoltoja. Näissä monet tarvitsevat kokeneemman tuen. Sitten kun hänelle on annettu vastuu, niin syntyy ne kokemukset, jotka kasvattavat asentajan itseluottamusta ja osaamista. Tämä tuo itsevarmuutta kaikkien onnistumisien ja epäonnistumisien kautta, mikä ruokkii oma-aloitteisuutta. Tärkeä ominaisuus ympäröivältä työyhteisöltä on antaa tuki kaikissa tilanteissa. Tässä oma koulutusjärjestelmä auttaa kasvattamaan asentajista hyviä ja toisiaan tukevia työkavereita.

4.1 Koulutuksen kulku

Oppisopimuskoulutuksessa lähdetään liikkeelle oppimisessa tutustumalla työnantajaan ja toimintatapoihin. Oppisopimuskoulutuksessa käytetään hyvin paljon samoja suunnitelmia kuin uusien asentajien koulutuksessa, mutta alussa opetetaan turvallisuuden lisäksi omat kunnossapito- ja muut järjestelmät. Teknisen opetuksen alussa opiskelijat suorittavat lähtötasokokeen, jolla selvitetään taitotasoa, jonka mukaan opetuksen lähtötaso säädetään.

Osaamistason selvittämisen jälkeen tehdään suunnitelma koulutuksen etenemiseksi ja tavoitteiden asetanta. Oppiminen tapahtuu pääosin omissa työpisteissä ja kouluttaja käy myös näiden oppisopimuskoulutettavien kanssa heidän mukanaan normaaleina työpäivinä osallistumassa heidän työhönsä ja opastamassa heitä sekä selvittämässä haasteita ja tarpeita. Samalla voi tehdä muistiinpanoja työpaikan vaatimuksista ja mahdollisuuksista.

Koulutuksen alussa oppilaat pitävät ja palauttavat viikoittain työpäiväkirjan, jossa kertovat työtehtävistä mitä ovat tehneet ja missä ovat tarvinneet apua. Työpäiväkirjaan merkitään myös, kuinka ongelmat ovat ratkenneet sekä pohdintoja siitä, millaista koulutusta ja osaamista he haluaisivat lisää.

4.2 Tekninen koulutus

Opetus aloitetaan koneenosien tunnistuksesta, kierteiden ja ruuvien ymmärryksestä, opetellaan mittaamaan työntömitalla, kaarimikrolla ja lukemaan niiden asteikkoja. Käydään läpi erilaisia työstökoneita ja niiden työstömenetelmiä. Oppilaat harjoittelevat käyttämään monia käsityökaluja esimerkiksi lukkorengaspihtejä, momenttiavaimia, laakerointivälineitä. Tavoitteena on tutustua kaikkeen mitä asentaja päivittäin työssään voisi tulla tarvitsemaan.

Sähkötekniikasta koulutetaan sähkön perussuureet. Opetetaan komponentteja ja niiden toimintoja. Koulutus käsittää jännitteenkoettimet ja niiden turvallisen käytön. Tämä kaikki on valmistelemaa opetusta oppilaitoksessa tapahtuvaa sähkötekniikan opetusta varten. Ohjaustekniikan materiaali pitää sisällään logiikkaohjelmointiin tutustumisen ja loogisiin toimintoihin perehtymisen. Tämä koulutus tehdään Siemens LOGO soft-ympäristössä.

Riippuen ryhmän osaamisen tasosta jatkuu opiskelu uusien asentajien koulutusmateriaalista. Näiden koulutusten jälkeen oppisopimusryhmä siirtyy omille työpaikoille ja palaavat myöhemmin jatkokoulutukseen. Lisäkoulutusta on tarjolla kaikille omien erikoisosaajien toimesta tarpeiden ilmetessä.

Seuraavan kerran kuin oppisopimusryhmä kokoontuu koulutukseen, he käyvät läpi työstökoneiden anturitekniikkaa, voitelukoulutusta, ohjaustekniikkaa sekä harjoittelevat FANUC ohjaussimulaattorilla työstökoneen ohjauksen käyttöä, parametointia ja vianhakua.

5 Täydennyskoulutukset

Täydennyskoulutuksilla tähdätään vastaamaan huoltoasentajien kehittymistarpeisiin. Esimerkiksi erilaiset ohjaukset ja niiden syvemmät koulutukset tarvitsevat kypsytystä asentajana, jotta pystyy ottamaan vastaan edistyneempää tietoa.

Edistyneempien koulutuksia pyritään kehittämään omien osaajien avustuksella. Konecranesilla on huippuosaajia esimerkiksi laakerointi-, ohjaus-, geometria-, hydraulikka-, kylmälaitetekniikka- ja kaavausosaamisessa. Näitä vahvuuksia hyväksikäyttämällä voi kehittää koulutustarjontaa. Jatkuvasti kasvavan osaamistarpeen myötä täytyy myös hakea koulutuksia ulkopuolelta ja tuoda niitä koulutusjärjestelmään omille kouluttajille.

5.1 FANUC ohjaukset

FANUC CNC-ohjausten peruskurssi toteutetaan omien asiantuntijoiden kokemuksen ja hyväksi havaittujen käytäntöjen pohjalta. Materiaalissa pitää käydä perusasioita, niin laiterakenteesta, ohjausrakenteesta, kuin yleisestä teknisestä koneenrakennuksesta. Liian syvällistä tutkintaa tässä ei tarvita, mutta käydään yleiset käsitteet läpi.

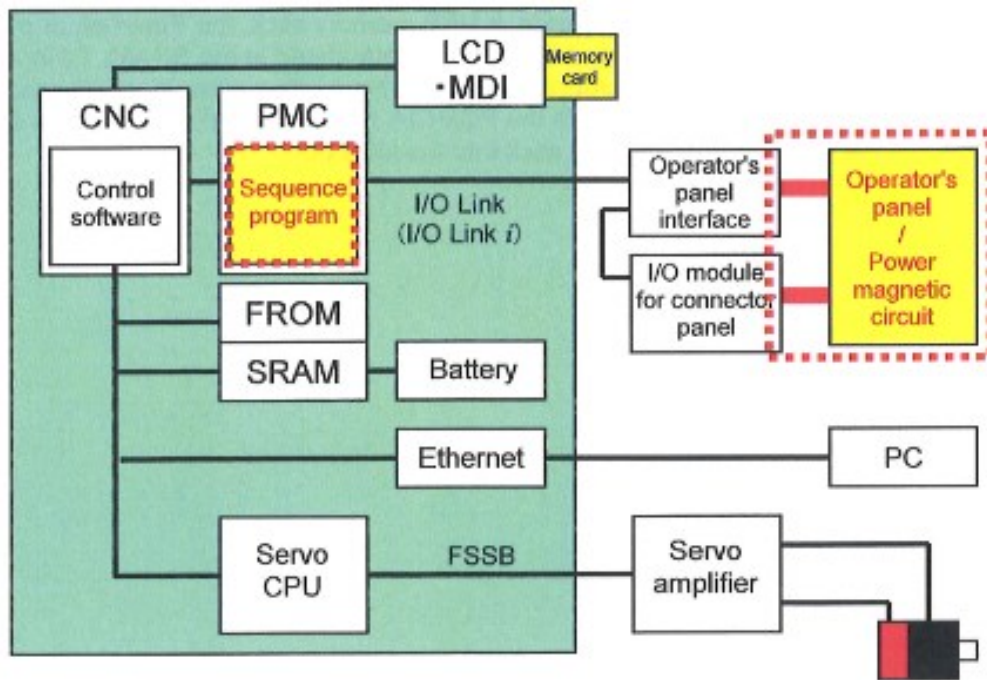
CNC-työstökoneiden yleinen rakenne ja rakennevaihtoehdot pitää olla tuttuja tässä koulutuksessa. Vaatimuksina koulutukseen osallistuvalla on myös hänen jonkinasteinen ymmärrys laitehierarkiasta. Nämä käydään koulutuksessa läpi, mutta mitä paremmin perusteet jo yleisesti ovat hallussa sitä tehokkaammin asentaja ymmärtää asioiden

yhteyden. Tämä vaikuttaa taitojen ja ymmärryksen kehittymiseen. Seuraava listaus on FANUC ohjauksien termistöä (FANUC, 2023, ss. 13–14):

- CNC – koneohjaus
- PMC – ohjelmoitava logiikka
- Ladder – PMC ohjelmakieli
- Parameter – Luku tai bitti ohjauksessa muistissa
- I/O Link – Fanuc I/O-väylä
- FSSB – Fanuc Servoväylä

FANUC CNC ohjaa PMC-logiikkaa, servokäyttöjä, tietoliikenneyhteyksiä sekä FROM ja SRAM muisteja. Näyttö- ja käyttöpaneeli toimii normaalina käyttöliittymänä. PMC:n sisällä toimii Ladder-ohjelma, joka pitää sisällään koneen sisään tulevien ja lähtevien signaalien hallinnan, logiikkaohjelman sekä erinäisiä parametreja. Ladder-ohjelma on äärimmäisen hyvä työkalu vianhaussa ja se on usein yksi tärkeimmistä asioista opetella lukemaan. PMC ohjaa I/O linkin kautta I/O moduulia ja käyttäjäpaneelia. FROM-piirille on tallennettu Ladder-ohjelma, jonka PMC hakee sieltä joka käynnistyksessä. SRAM-muistiin on tallennettu kaikki koneparametrit, makromuuttujat, kompensointitaulukot, kappaleohjelmat, työkalukorjaimet ja IP-osoitteet. Servo-ohjain käyttää FSSB servoväylän kautta servo- ja karavahvistimia. Tämä kaikki ja näiden parametointi, varmuuskopiointi, vianhaku ja muu huolto käsitellään koulutuksessa. Kuvassa 4 on kuvattuna koko ohjausjärjestelmä.

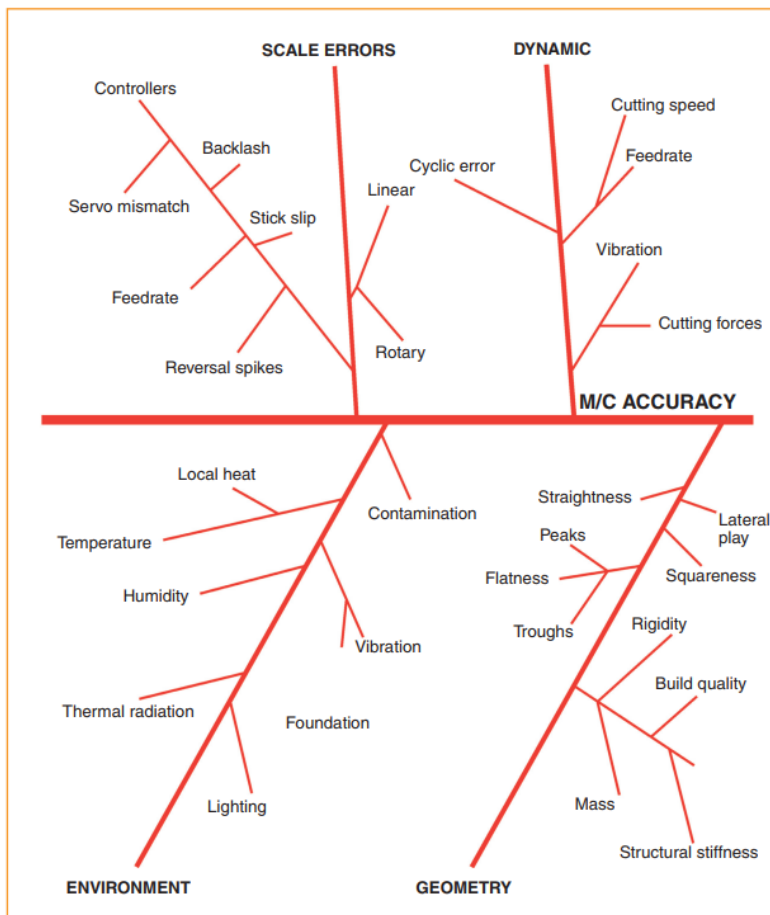
Kuva 4. FANUC laiterakenne (FANUC, 2023, s.13)



5.2 Geometriamittauskoulutus

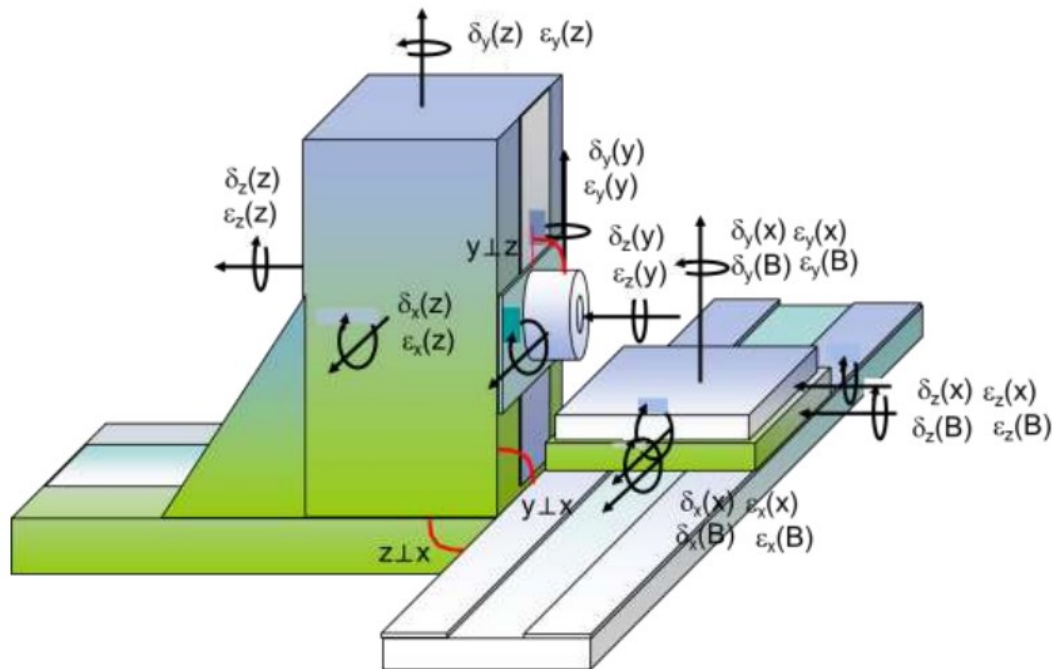
Geometriamittaus on yksi tärkeimmistä osa-alueista työstökoneiden kunnossapidossa. Geometriatarkkuus on yksittäinen suurin työstökoneen tuotannon tarkkuuteen vaikuttava tekijä. Tarkkuus koostuu monesta tekijästä, joiden pääosat ovat kohtisuoruus, suoruus, paikutustarkkuus, tasomaisuus ja erilaiset välykset. Myös muut asiat vaikuttavat työstökoneen tarkkuuteen, kuten ympäristö, dynamiikka ja laitteen toistoepätarkkuudet (Renishaw, 2008, s. 16) Kuvassa 5 havainnollistetaan nämä.

Kuva 5. Työstökoneen tarkkuuden virhelähteet (Renishaw, 2008, s. 16)



Geometriasta ja sen tarkkuuden mittaamisesta puhuttaessa kiinnostaa akselien vapausasteiden mittaaminen suorakulmaisessa koordinaatistossa. Näitä vapausasteita ovat akselien suoruusvirheet, paikotusvirheet, kiertymät, nousemat ja kääntymät. Yhteensä kolmiakselisessa työstökeskuksessa on jokaisella akselilla kolme kiertoastetta, kolme suoraviivaista vapausastetta sekä pyöröpöydän ja karan vapausasteet, jotka ovat suhteessa kaikkiin akselihin. Yhteensä vapausasteita on mahdollisesti 30, kun on kolmiakselinen työstökeskus, jossa on pyöröpöytä. Mikäli akselien määrä lisääntyy, kasvaa vapausasteiden määrä sekä mitattavien ja säädettävien suoruuksien määrä myös (Andersson, Tikka, 1997, s. 277). Kuvassa 6 näkyy kolmiakselisen työstökeskuksen vapausasteet.

Kuva 6. Kolmiakselisen työstökeskuksen vapausasteet (Andersson, Tikka, 1997, s. 277)



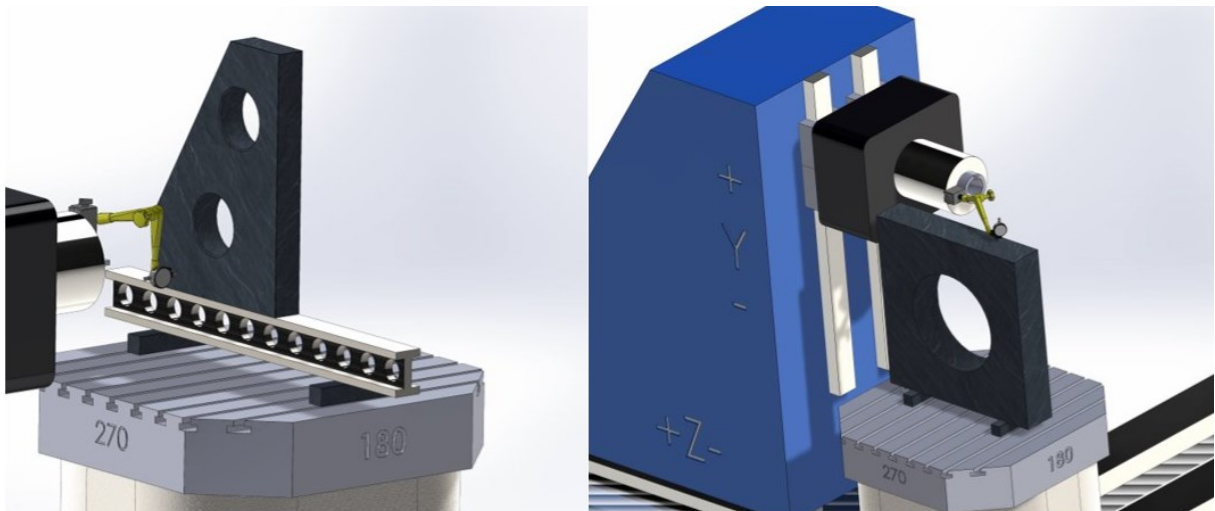
Kuvasta käy ilmi suuri määrä mahdollisuuksia, jotka työstökeskuksessa ovat mitattavia kohteita. Näiden mittaamisen ymmärtäminen ei kuitenkaan ole yksinkertaista ja vaatii paljon asiaan perehtymistä, jotta voi ymmärtää kaikki mahdollisuudet vian lähteeksi. Asentajan ei alkuunsa tarvitse tätä kaikkea hahmottaa ja sitä varten koulutetaan tekemään mittaukset yksinkertaisilla mittavälineillä ja seuraten mittapöytäkirjaa.

Mittavälineiden käyttö ja ymmärtäminen on erittäin tärkeää mittaajalle. Mittavälineiden kalibrointi pitää olla voimassa ja näiden käsittely hyvin hallinnassa. Ymmärrys siitä, mitä tarkoittaa kosinivirhe, joka on kulmavirhe mittavälineen mittaussuunnan ja mitattavan pinnan välisessä kohtisuoruudessa. On oleellista ymmärtää kuinka se vaikuttaa mittaukseen ja tämän takia kaikkien pitää harjoitella monella eri mittavälineellä kohtisuorassa mittaamista.

Kohtisuoruuksien mittaaminen tehdään kivisuorakulmiomittauksilla. Kivisuorakulmioita on kolmion mallisia ja neliön mallisia. Neliökivillä on huomattavasti nopeampaa ja varmempaa mitata, koska siinä ei tarvita hankalia mittaustapoja eikä tarvitse sovittaa kiveä lineaarin päälle. Neliökivillä mitattaessa päästään mittaamaan samalla asetuksella jokainen suunta,

jolloin pöydän pyörintakeskiö voidaan tarkemmin mitata. Kuvassa 7 esimerkki kolmiokivellä tehtävä mittausta verrattuna neliökiveen.

Kuva 7. Kohtisuoruuksien mittaaminen neliö- tai kolmiokivellä ja lineaarilla (Lahtinen, 2022, s.68)



Kohtisuuruuden lisäksi tärkeä perusta on koneen vaaitus. Kun koneen kohtisuus on mitattu jossain pisteessä koneen kolmiulotteisessa avaruudessa, voidaan tätä pistettä käyttää vertailukohtana, kun mitataan kiertymiä ja suoruksia. Kiertymien mittaamisessa käytetään tarkkuusvesivaakoja, elektronisia tarkkuusvaakoja tai lasermittalaitteita. Tarkkuusvesivaaka on perinteinen ja hyvä perusmittaväline. Työstökoneen ei tarvitse olla ns. maapallossa, mutta toki lähelle sitä. Tarkkuusvesivaak'at ovat tarkkuudeltaan yleensä 0,01 mm/m, 0,02 mm/m tai 0,05 mm/m. Näillä tehtävä mittausta suoritetaan liikuttamalla mittavälineen pituuden verran tai mittavälineen tukipisteiden pituuden verran konetta tai vaakaa johteella. Koska lukema on aina suhteessa metrille, niin mittausten jälkeen lasketaan vektorisuora ensimmäisen ja viimeisen pisteen välille, jonka jälkeen tästä vektorista lasketaan kohtisuorat poikkeamat mittausten perusteella. Yleensä puhutaan päiden nollauksesta ja kaikkien mittapisteiden kumuloituvien pisteiden laskeminen tämän suoran suhteen. Tämän asian opettaminen ottaa hieman aikaa, mutta on tärkeä pohja kaikille

suoruuden ja kiertymien ymmärtämisessä. Päiden ja pisteiden laskeminen tapahtuu kaavalla 1:

Kaava 1. Suoruuspoikkeaman laskenta

$$\text{pisteen } x \text{ kum. ero} - \text{pisteen } x \text{ matka alusta} * \frac{\text{viim.pist.kum.ero}}{\text{viime.pist.matka alusta}} = \text{suoruuspoikkeama pisteessä } x .$$

Tällä kaavalla voidaan laskea jokainen piste ja näistä saadaan todellinen muutos akselin kiertymissä ja nousemissa. Tämä voidaan sijoittaa kohtisuoruusmittausten kanssa samaan kaavioon, jolloin voidaan verrata kiveä vasten tehtyjä mittauksia ja johteen pituudelta tehtyjä tarkkuusvesivaakamittauksia keskenään ja näistä nähdä, myös kohtisuoruudet eri pisteissä verrattuna kivimittauksen sijaintiin. Alla taulukossa 1 on laskettu todellinen suoruuspoikkeama Excelillä:

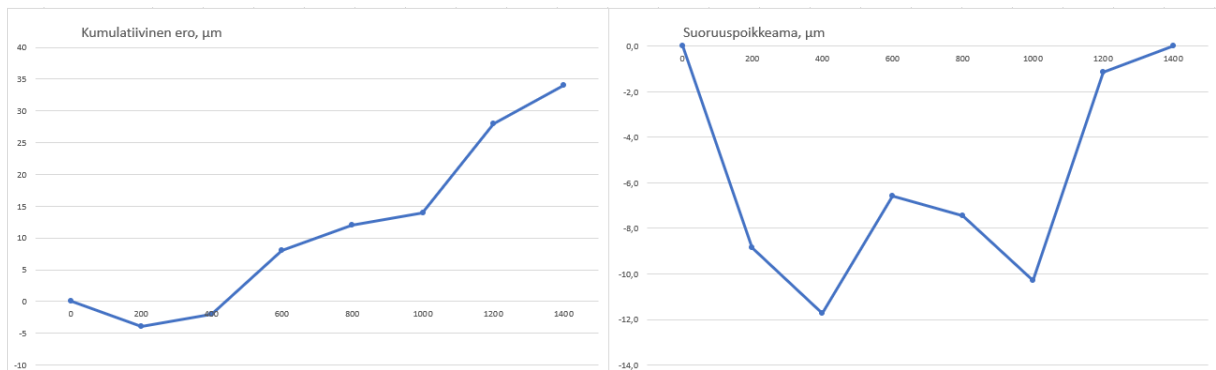
Taulukko 1. Suoruuspoikkeaman laskentataulukko

Vesivaa'an asema	pisteen matka alusta	Näyttämä, µm/m	muutos / asema, µm	Kumulatiivinen ero, µm	Suoruuspoikkeama, µm päätt nollattu
0	0	0	0	0	0,0
1	200	-20	-4	-4	-8,9
2	400	10	2	-2	-11,7
3	600	50	10	8	-6,6
4	800	20	4	12	-7,4
5	1000	10	2	14	-10,3
6	1200	70	14	28	-1,1
7	1400	30	6	34	0,0
8					

Nämä tulokset, kun sijoitetaan kaavioon, saadaan visuaalisesti esiin suoruuspoikkeama.

Suoruuspoikkeama ei siis ole sama asia kuin vain mitattu kumulatiivinen ero, vaan suoruuspoikkeama on kaksi yhdensuuntaista suoraa, jonka väliin on sijoitettu mitattu kumulatiivinen suoruus. Tämä ilmoittaa suurimman poikkeaman tällä välillä, joka on suurimman ja pienimmän luvun erotus. Seuraavassa kuvassa 8 on kaksi kaaviota, joista toisessa päät nollattuna ja toisessa ei.

Kuva 8. Kumulatiivisen suoruuden ja todellisen suoruuspoikkeaman ero

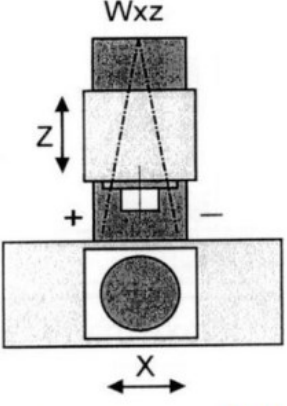
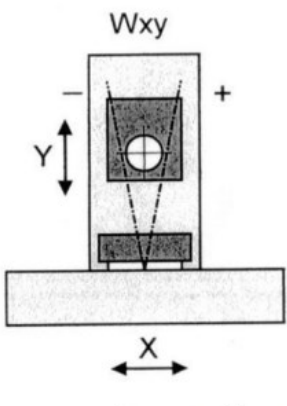
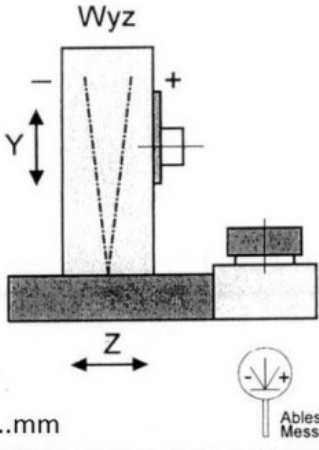
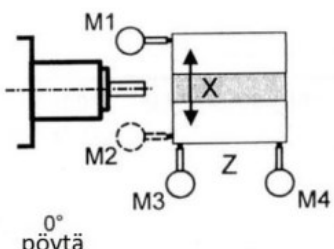
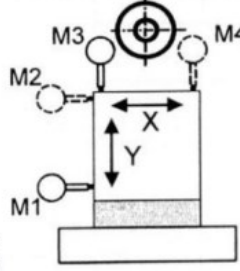


Mittavälineillä, jotka ottavat vertailukohdaksi maan vetovoimakentän ei voida mitata tasossa tapahtuvia suoruusvirheitä ja tätä varten ovat muut mittalaitteet. Ennen on käytetty kaukoputkentapaisia kollimaattoreita, mutta nykyään laser on korvannut nämä. Laserinterferometrillä pystytään mittaamaan nämä kaikki, mutta korkean hintansa ja vaativan käytettävyyden takia on peruskäytössä Easy-Laser mittalaite suoruusmittauksiin, jotka eivät tarvitse huipputarkkuuksia. Tämä on nopea laite asettaa ja helppokäyttöinen. Jokainen akseli mitataan omaan liikesuuntaansa nähden ja tästä saadaan kahden akselisuunnan suoruuslukema. Laserilla mitattua suoruutta voidaan verrata kivellä tehtyyn kohtisuoruuteen tiedetyssä pisteessä koneavaruutta ja tarkkuusvesivaa'alla tehtyä mittausta voidaan käyttää hyväksi, selvittämään onko siirtymä esimerkiksi johteessa oleva mutka vai kiertymä. Kiertymä näkyy laserin lukemana myös, mutta johteessa oleva tasomainen mutka ei näy vaa'an lukemassa.

Koulutus keskittyy perusasioiden ymmärtämiseen, mutta myös konemallikohtaisiin yksityiskohtiin. Jokaisen mittaajan pitää ymmärtää kuinka tarkistetaan koneen nollapisteet ja säädetään konetta, tai ainakin olla kyky selvittää, kuinka nollapisteet säädetään kohdalleen. Koneen geometrian säätäminen koulutuksessa voi osoittautua hankalaksi, koska tuotantolaitteiden säätäminen koulutustilanteissa on hieman arveluttavaa. Mittaukset tehdään mittapöytäkirjan mukaan, johon kirjataan mittauspisteiden lukemat etumerkkeineen ja voidaan laskea kohtisuoruus. Samalla opetetaan tekemään piirustus mittausrjestelystä, niin että aina voi itse selvittää jälkikäteen, kuinka mittausta on tehty ja miten päin mittalaitteet ovat asetettu. Tämä yhdessä mittauspöytäkirjan kanssa mahdollistavaa mittaustilanteen toistamisen. Seuraavassa kuvassa 9 on ote

mittauspöytäkirjasta, jossa näkyy mittausmatka, mittaustarkkuus, X-Z-, X-Y kohtisuoruusmittaus, mittauspisteet ja laskenta.

Kuva 9. Mittauspöytäkirja

																									
Nr.	mittaus	tulos	toleransi mitattu																						
1	 <p>0° pöytä</p>	akselien kohtisuoruus X-Z <table border="1"> <tr> <td>M1= 0</td> <td>M2= 2</td> <td>M3= 0</td> <td>M4= 14</td> </tr> <tr> <td colspan="4">$Dx = M2 - M1 = (2) - (0) = 2$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">$Dz = M4 - M3 = (14) - (0) = 14$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">$Wxz = Dx - Dz = (2) - (14) = 12$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Wxz maks. 0.02mm/600mm</td> </tr> </table>	M1= 0	M2= 2	M3= 0	M4= 14	$Dx = M2 - M1 = (2) - (0) = 2$				$Dz = M4 - M3 = (14) - (0) = 14$				$Wxz = Dx - Dz = (2) - (14) = 12$				Wxz maks. 0.02mm/600mm				-12		
M1= 0	M2= 2	M3= 0	M4= 14																						
$Dx = M2 - M1 = (2) - (0) = 2$																									
$Dz = M4 - M3 = (14) - (0) = 14$																									
$Wxz = Dx - Dz = (2) - (14) = 12$																									
Wxz maks. 0.02mm/600mm																									
2	 <p>270° pöytä</p>	akselien kohtisuoruus X-Y <table border="1"> <tr> <td>M1= 0</td> <td>M2= -2</td> <td>M3= 0</td> <td>M4= 1</td> </tr> <tr> <td colspan="4">$Dy = M2 - M1 = (-2) - (0) = -2$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">$Dx = M4 - M3 = (1) - (0) = 1$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">$Wxy = Dy - Dx = (-2) - (1) = -3$</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Wxy maks. 0.02mm/600mm</td> </tr> </table>	M1= 0	M2= -2	M3= 0	M4= 1	$Dy = M2 - M1 = (-2) - (0) = -2$				$Dx = M4 - M3 = (1) - (0) = 1$				$Wxy = Dy - Dx = (-2) - (1) = -3$				Wxy maks. 0.02mm/600mm				-3		
M1= 0	M2= -2	M3= 0	M4= 1																						
$Dy = M2 - M1 = (-2) - (0) = -2$																									
$Dx = M4 - M3 = (1) - (0) = 1$																									
$Wxy = Dy - Dx = (-2) - (1) = -3$																									
Wxy maks. 0.02mm/600mm																									

Nämä mittaukset tehdään aina kuormittamattomalla työstökoneella, jolloin mittaus ei ota huomioon dynaamista stabiiliutta. Ainoastaan voidaan todeta staattinen stabiilius, joka tarkoittaa kykyä pysyä mahdollisimman samanlaisena ajan kuluessa. Dynaaminen stabiilius tarkoittaa kykyä vastustaa työstöstä ja värinöistä tapahtuvat muutokset. Terminen stabiilius taas lämpötilojen aiheuttamien muutosten vastustaminen. Termistä voidaan todeta tekemällä mittauksia eri vuodenaikoihin tai heti työstön jälkeen. Geometriset mittaukset

perustuvat ISO 230 standardiin, joka määrittää minimi vaatimukset kuormittamattomalle- tai viimeistelytilanteessa olevalle työstökoneelle, jolloin työstövoimat ovat hyvin vähäiset.

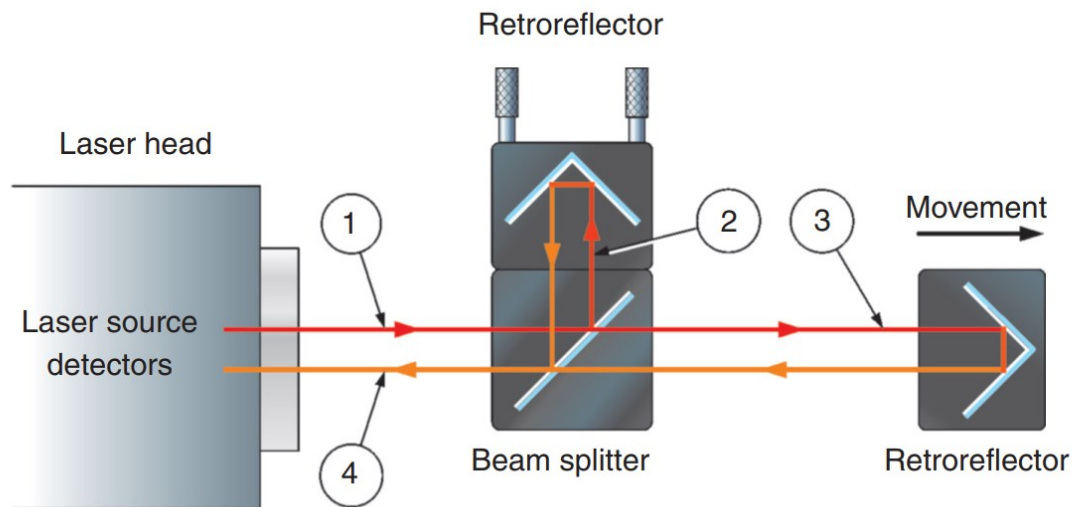
Geometriakoulutusta kehitetään vastaamaan työstökoneasentajien kohtaamia ongelmia ja vikatilanteita silmällä pitäen. Tarkoitus onkin antaa laaja ymmärrys monitoimisorveista, työstökeskuksista sekä muista koneista tarpeen mukaan ja koulutus voidaan viedä kentälle asentajien työkohteeseen.

5.3 Laserinterferometriakoulutus

Konecranes Finlandilla on kaksi erilaista laserinterferometriä. Toinen on yhden akselin kerrallaan mittaamiseen tarkoitettu Renishaw XL-80 mittalaite. Tällä laitteella voidaan mitata yksi liikesuunta kerrallaan ja usealla eri tavalla. Laitteella voi mitata paikoitustarkkuutta, suoruutta, kiertymiä ja kääntymiä, mutta tällä voidaan mitata ainoastaan yksi asia kerrallaan. Toinen laite on Etalon Laser-Tracer, joka on niin sanottu 3D-laser. Tällä laitteella voidaan mitata yksittäisiä asioita, mutta myös voidaan tehdä volumetrinen mittaus. Tämä tarkoittaa, että mitataan koko työstöavaruus ja kaikki vapausasteet siellä yhdellä mittausjärjestelyllä. Tämä laite on kohtalaisen monimutkainen käyttää ja vaatimukset mittaajan osaamiseen ovat suuret. Tässä kohtaa koulutus keskittyy Renishaw XL-80 laitteen käyttöön ja ymmärtämiseen.

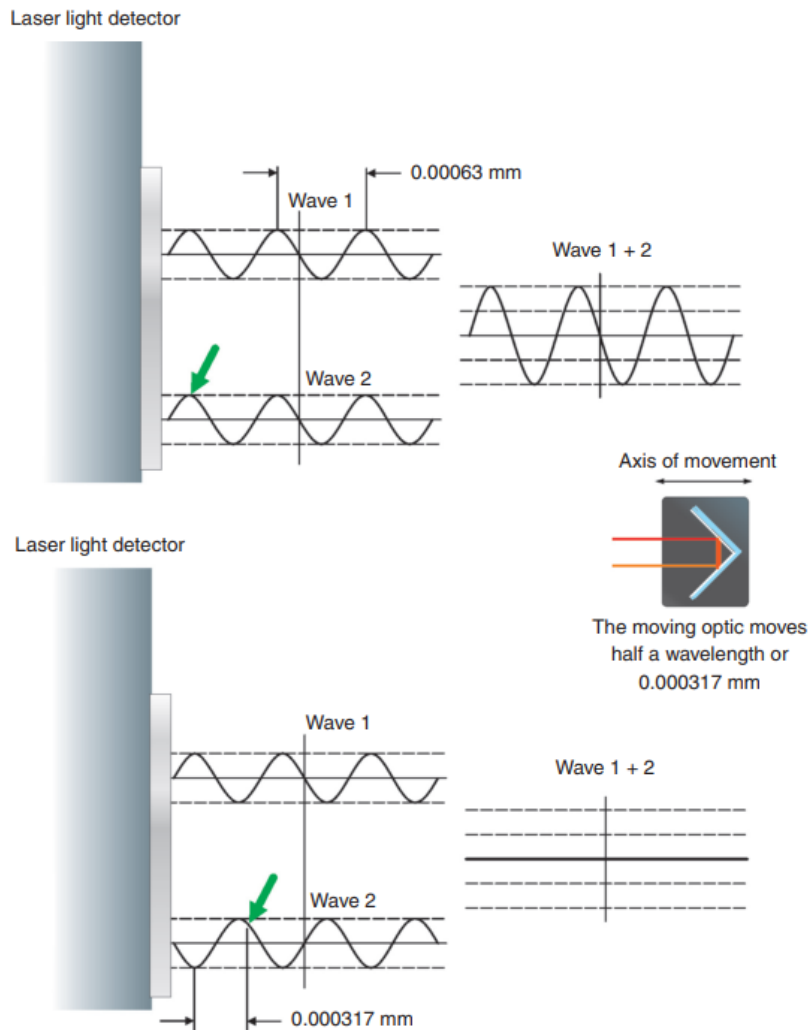
Laserinterferometrin toimintaperiaatteen ymmärtäminen on tärkeää, vaikka laitteen käyttö ei sitä välttämättä vaadikaan. Laserinterferometri on laite, joka lähettää lasersäteen ja jakaa sen kahdeksi eri säteeksi, jotka muodostavat takaisin tullessaan interferenssikuvion ja tämän perusteella lasketaan vaihe-erosta laserin aallonpituuden perusteella pituuden ero, joka on kahdella palaavalla säteellä (Renishaw, 2008, s. 33). Seuraavassa kuvassa 10 on tekninen toteutus tästä paikoitustarkkuusmittauksesta, jossa kohta 1 on lähtevä säde, 2 on paikallaan pysyvä puoliläpäisevä peili, joka jakaa säteen kahdeksi, 3 on säde, jonka matka liikkuvalla peilille mitataan ja 4 on nämä molemmat säteet, jotka matkaavat interferometrin tunnistimelle.

Kuva 10. Laserinterferometrin toimintaperiaate (Renishaw, 2008, s. 33)



Lasersäteen taajuus on hyvin vakaa. Aallonpituus tällä säteellä on $0,633 \mu\text{m}$, kun säde osuu säteen jakajaan, se jakautuu kahdeksi säteeksi, joista toinen palaa heti takaisin. Toinen jatkaa polarisoivan peilin läpi peilille, jota liikutetaan kone-elimen mukana. Tästä peilistä säde heijastuu takaisin interferometrin tunnistin kennoon, jossa molemmat säteet muodostavat interferenssikuvion. Puolikkaan aallon pituuden perusteella tunnistin tunnistaa ja laskee eron näistä kahdesta säteestä. Säteestä huomataan, onko se vahvistuva vai heikkenevä (Renishaw, 2008, s. 34). Seuraavassa kuvassa 11 tämä esitettyinä.

Kuva 11. Laserinterferometrin interferenssikuvio (Renishaw, 2008, s. 34)



Koulutuksessa käydään läpi perusteet, kuinka peilit pitää asettaa missäkin tilanteessa ja miten erilaiset osat laitteesta toimivat. Mittausohjelmisto Renishaw Carton käyttö, mittausohjelman luominen ja tulosten tulkinta on osa koulutusta. Tässä vaiheessa, kun mittaus on suoritettu ja paikoitusvirheet löydetty voidaan tehdä pituusvirheen kompensointitaulukko, joka syötetään työstökoneelle. Tässä pitää mittaajalla olla jo osaamista työstökoneohjausten kanssa, niin että paikoitusvirheet voidaan korjata.

5.4 Karalaakerointikoulutus

Laakerointikoulutukset ovat osa mekaanisen osaamisen vahvistamista. Karalaakeroinneista puhuttaessa usein yhdistyy ajatus pelkästään työstökaroihin, mutta tämä pitää sisällään kaikki tarkkuuslaakeroinnit. Karoiksi lukeutuu sorvin kärki, -pääkara sekä kuularuuvi työkalukaran lisäksi. Eli käytännössä kaikki tarkasti pyörivät kone-elimet. Näitä kaikkia yhdistää tarkkuus, tukevuus sekä nopeus. Kaikilla karoilla on aksiaalinen laakerointi yhdistettynä radiaaliseen ja huomattava tarkkuus, mahdollisesti jopa esijännitys.

Suurnopeuskarat jätetään tämän koulutuksen ulkopuolelle, koska ei ole tarpeeksi puhtaita tiloja tällaiseen työhön. Puhtaus onkin se kaikkein tärkein osa-alue laakeroidessa. Jatkuvasti pitää huolehtia riittävästä puhtaudesta ja keskeyttää työ, jos jokin ulkopuolinen tilanne uhkaa puhtautta. Tätä asiaa ei voi liikaa teroittaa koulutuksessa.

Koulutuksessa saadaan sorvin kärjen kara laakeroitua onnistuneesti ja oikeaoppisesti sekä ymmärrettyä, kuinka sen voi tehdä asiakkaalla haastavissa olosuhteissa. Harjoitellaan mittaamaan laakeroinnin osalta tärkeät mitat ja laskemaan mitä muutoksia pitää tehdä, että esijännitykset pysyvät oikeanlaisina. Myös koulutuksessa käsitellään kuularuuvien laakerointia sekä kuinka muita karoja voidaan turvallisesti laakeroida. Käytössä on myös yksi työstökeskuksen työkalukara, joka voidaan laakeroida, kun paikalla on tarpeeksi kokeneita asentajia.

5.5 Ulkopuoliset koulutukset

Ulkopuolelta ostettavat koulutukset järjestetään sitä mukaan kuin tarvetta tulee. Laittevalmistajien ja oppilaitosten koulutuksien kautta hankitaan lisää osaamista. Ohjauskoulutuksista peruskoulutuksia järjestetään itse sekä lisäkoulutusta hankitaan aina tarpeen tullen. Siemens, Heidenhain sekä FANUC koulutukset ovat olleet paljon käytyjä. Lisää osaamista koitetaan saada muiltakin ohjausvalmistajilta. Myös työstökonevalmistajat kouluttavat koneilleen ja näitä koulutuksia hankitaan sitä mukaa kun uusia koneita saapuu asiakkaille tai tarve syntyy.

6 Työn tulokset ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja laittaa alkuun työstökonehuollon koulutukset Konecranes Finland Oy:n MTS liiketoiminta-alueella. Työstökonehuollon koulutuksia ei ole ollut järjestetty järjestelmällisesti ja MTS-koulutusjärjestelmää ei ole ollut. Nosturihuollon puolella on hyvinkin taitavasti luotu ja järjestelmällinen koulutusorganisaatio toiminut jo pitkään. Tämä työ alkoi keväällä 2022, kun tuli pyyntö aloittaa kouluttajana teknisen tuen alaisuudessa. Aluksi oli tarkoitus tehdä työtä vain osaksi, mutta ennen pitkää nähtiin tarve aloittaa teknisessä tuessa ja kouluttajana täysipäiväisesti.

Muutos työnkuvaan oli hyvinkin suuri, mutta insinööriopinnot tukivat hyvin tätä muutosta. Koulutusten suunnittelu toikin työhön uuden ulottuvuuden ja lähes tyhjästä piti aloittaa tekemään montaa eri materiaalia. Yli 20 vuoden kokemus konepajateollisuudesta yhdistettynä uteliaaseen mieleen mahdollisti aika nopeasti sopeutumisen uuteen haasteeseen, materiaalin luomisen ja kouluttajana toimimisen.

Konecranesilla on huoltohistoriaa koko maassa todella paljon ja toimenpiteet on kirjattu kunnossapitojärjestelmiin. Kunnossapitojärjestelmät ovat ajan saatossa vaihtuneet, mutta lähes kaikki data on tallessa. Tämä data on äärimmäisen arvokasta huoltoja suunniteltaessa sekä vikadiagnooseja tehdessä. Useamman vuosikymmenen ja useiden satojen asiakkaiden koneiden korjauksesta on syntynyt niin paljon tietoa, että tätä voisi käyttää globaalina tiedonlähteenä nopealle vikatietokannalle huoltoasentajien tueksi vianhakutilanteissa sekä sitä voisi käyttää koulutuksia suunnitellessa. Tähän suuntaan on tarkoitus suunnata materiaalienluontia, kun aika siihen riittää ja sopiva työkalu löytyy.

Opetusmateriaalien suunnittelu on onnistunut hyvin ja palaute on ollut hyvää. Tavoite on ollut luoda materiaalia, joka toimii myöhemmin ohjeena ja muistityökaluna koulutuksen käyneille. Suurin osa materiaalista on Power Point esitysmateriaalia, tämä on hyväksi havaittu työkalu ja oikein koostettuna todella toimiva myös etäopetuksessa. Mielenkiinnon säilyttäminen voi olla suuri haaste, mutta lähtökohtaisesti kun ammattilaisia koulutetaan asiaan, josta he ovat itse kiinnostuneita ei tämä ole ongelma.

Opettajana kasvaminen on ollut voimaannuttava kokemus. Asiaan perehtyessä on tullut hyvinkin paljon vastaan haastavia asioita, mutta samaan aikaan erittäin kiinnostavia. Ammattikorkeakoulun opettajien seuraaminen on osoittautunut mielenkiintoiseksi työn kehittämisessä ja muuttanut asennetta, jolla toimia. Paljon on pitänyt miettiä mitä arvostaa ja mitkä ovat niitä asioita, jotka saavat kokemaan, että tämä on hyvä ja innostava opettaja. Myös samalla on syntynyt muistiinpanoja negatiivisista kokemuksista, mitä ei saa tapahtua omassa opetuksessa. Joku viisas on sanonut, että välttävä opettaja osaa opettaa, hyvä opettaja saa kiinnostumaan ja huippu opettaja saa innostumaan. Tuosta on ollut tavoite ja on huomattu, että mikäli opettaja on oikeasti itse innostunut aiheesta ja pystyy tämän tunteen välittämään, mahdollistaa se innostumisen muillekin.

Tämä työ on tähän mennessä onnistunut hyvin ja olen tyytyväinen saavutettuihin tuloksiin. Uusien asentajien koulutuksissa on päästy hienosti antamaan eväät urapolun aloittamiseen työstökoneasentajana ja kokeneempien asentajien koulutuksissa on kaikissa tullut positiivisia kokemuksia ja palautteita. Lähitulevaisuudessa, kun koulutuskoneen hankinta valmistuu, on mahdollista luoda jokaisen koneosan ympärille koulutuskokonaisuus, jolla pääsee turvallisesti harjoittelemaan koneen osien vaihtoa, nollapisteasetuksia, parametrintia tai geometrian tarkastusta ja säätöä ilman, että on vaaraa aiheuttaa tuotantoon ongelmia. Tämä kasvattaa valtavasti koulutusten mahdollisuuksia sekä mahdollisuuden antaa koulutettavien ratkaista ongelma loppuun asti. Myös tarkoituksella voidaan vaihtaa koneosia rikkinäisiin vikadiagnoositehtävissä, eikä ole pelkoa tuotantomenetyksistä.

Tavoitteena on jatkaa koulutuksen kehittämistä ja olla pioneerina suomalaisen työstökonehuollon koulutuksen kehittämisessä. Missään oppilaitoksessa ei tätä kyseistä alaa opeteta, joten järjestelmän ja toimintatapojen kehittäminen vie oman aikansa. Jatkuva kehittäminen ja parantaminen pitää ottaa huomioon koulutuksia suunnitellessa. Kaikki työn osa-alueet ovat lähteneet toimimaan ja seuraavan kauden koulutuskalenterin suunnittelu on jo käynnissä. Voin ilokseni todeta, että työ on saavuttanut sille asetetut tavoitteet.

Lähteet

- Aalto, H-K., Ahokas, I. & Kuosa, T. (2008). *Yleissivistys ja osaaminen työelämässä 2030-menestyksen eväät tulevaisuudessa*. TUTUJulkaisuja 1/2008. Tulevaisuuden tutkimuskeskus & Turun kauppakorkeakoulu.
- Andersson, P., Tikka, H. (1997). *Mittaus- ja laatutekniikat*. 1. Painos. Porvoo: WSOY – Kirjapainoyksikkö.
- FANUC (2023) *Basic Maintenance Course material*. FANUC Training Center
- FANUC (2006). *B-63947EN/01 Operations and maintenance handbook*. FANUC
- ISO 230-1:2012. (2012) *Test code for machine tools – Part 1: Geometric accuracy of machines operating under no-load or quasi-static conditions*. ISO.org
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. *Tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. Savion kirjapaino Oy
- Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. (2007). *Kunnossapito*. KP-Media Oy
- Konecranes Oy. (2022). *Safety Policy*. <https://www.konecranes.com/sites/default/files/2022-05/Konecranes%20Health%20and%20Safety%20Policy%20May%202022.pdf>
- Konecranes Oy. (2023). Tietoa Konecranesista (<https://www.konecranes.com/fi/tietoa>)
- Koski-Heikkinen, A. (2014) *Ammatillisen opettajan identiteetti ja auktoriteetti –Ammatilliset opettajat ja opiskelijat ideaalia ammatillista opettajuutta etsimässä* [väitöskirja, Lapin yliopisto]. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-484-709-4>
- Lahtinen S. (2023) *Geometriset mittaukset luentomateriaali*. Konecranes Finland Oy
- Lahtinen S. (2022) *Teollisuuden työstökoneet luentomateriaali*. Konecranes Finland Oy
- Laine, H. (2010). *Tehokas kunnossapito*. KP-Media Oy

Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S., Mäkeläinen, R., & Promaint. (2009). *Kuntoon perustuva kunnossapito*. KP-Media Oy

Renishaw. (2008). XL-80 laser system training course manual (Part 1) H-2000-1096-01-A. Renishaw Plc

SFS-EN ISO 9001:2015 (2015) *Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset*. Suomen standardoimisliitto SFS ry

SFS-EN 13306: 2017. (2018) *Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia*. Suomen standardoimisliitto SFS ry