



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Tuomaala

# AACH LÄPIMENON KEHITTÄMINEN

Tekniikka  
2017

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomas Tuomaala
Opinnäytetyön nimi	AACH läpimenon kehittäminen
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	31
Ohjaaja	Pertti Lindberg

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oyj:n Delivery Center Vaasan Automated assembly cylinder head (AACH) –linjalle. AACH-linja on kokoonpanolinja, jossa osakokoonpannaan sylinterinkansia. Opinnäytetyön tarkoituksena oli lyhentää AACH-linjan sylinterinkansien kokoonpanon läpimenoaika. Läpimenoajan lyhentämisellä tähdättiin siihen, että äkillisiin tilauksiin voidaan reagoida nopeasti ja tuotantokapasiteettia voidaan lisätä.

Opinnäytetyö toteutettiin perehtymällä lean-valmistukseen, joustavaan tuotantojärjestelmään ja robotiikan standardeihin. Käytännössä opinnäytetyössä tutkittiin AACH-linjan senhetkistä tuotantoa ja suurimpia ongelmia. Käytännön tutkimus suoritettiin tutkimalla häiriökirjanpitoa sekä mittaamalla vaihe- ja läpimenoaikoja. Läpimenoajalla tarkoitetaan tässä työssä aikaa, joka kuluu kokoonpanoprosessin alkamisesta kokoonpanoprosessin loppumiseen. Vaiheajalla tarkoitetaan työvaiheeseen kuluvaan aikaan. Opinnäytetyö rajattiin W34DFB-, W32E-, ja W20-sylinterinkansien kokoonpanoprosessien tutkimiseen.

Tutkimuksen aikana havaittiin venttiiliasemien työvaiheita, jotka toistuvasti aiheuttivat häiriöitä. Toinen tärkeä huomio opinnäytetyössä oli AACH-linjan ruuhkautuminen, joka kasvattaa sylinterinkansien läpimenoaika. Työn tuloksena kehitettiin kehitysehdotukset, joiden avulla kokoonpanoprosessi toimisi sujuvammin. Ehdotusten avulla häiriötilanteita pystytään vähentämään sekä lyhentämään AACH-linjan läpimenoaika.

## ABSTRACT

Author	Tuomas Tuomaala
Title	Improving Production in AACH
Year	2017
Language	Finnish
Pages	31
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

---

The objective of the thesis was to improve production in Automated Assembly Cylinder Head (AACH) –line. With improving the production, lead time can be reduced. A shorter lead time gives a better response time to orders from customers and increases work capacity.

The thesis was executed by familiarizing to lean production, flexible manufacturing system and standards of robotics. The practical research was made by investigating malfunction bookkeeping and by measuring lead times and phase times. In the thesis lead time means the time that goes from the start of an assembly process to the end of the process. The phase time means the time that goes to finish one work phase. The thesis was defined to include only processes from W34DFB, W32E, and W20 cylinder heads.

During the research it was noticed that the valve stations have work phases which make malfunctions continuously. Another important observation in the thesis was that the AACH-line has bottlenecks which increases the lead time. As a result of the thesis suggestions were made on how production flow can be improved. Suggestions can decrease lead times and malfunctions in processes.

---

Keywords    Lean, cylinder head, lead time, and robotics

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
	1.1 Wärtsilä Oyj abp .....	6
	1.2 Delivery Centre Vaasa .....	7
2	LEAN .....	8
	2.1 Tuotannon kehittäminen lean-periaatteiden mukaisesti.....	8
	2.2 Läpimenon kehittäminen layout-muutoksilla .....	10
3	JOUSTAVA TUOTANTOJÄRJESTELMÄ.....	12
	3.1 FMS Wärtsilässä .....	12
	3.2 Investointi tuotantojärjestelmään .....	12
	3.3 Standardit robottien käytöstä .....	13
4	AUTOMATED ASSEMBLY CYLINDER HEAD –LINJA .....	15
	4.1 Työvaiheet.....	15
	4.1.1 Sylinterinkannen pesu ja kylmäosien asennus .....	16
	4.1.2 Tulppaus.....	16
	4.1.3 Maalaus .....	16
	4.1.4 Imu- ja pakoventtiilisarjojen asennus.....	16
	4.1.5 Koeponnistus.....	16
	4.1.6 Sylinterinkansien viimeistely .....	16
	4.2 Logistiikka .....	16
	4.3 Laitteisto .....	17
	4.3.1 Sampo Rosenlew -pesukone .....	17
	4.3.2 Robottimalli 1 .....	17
	4.3.3 Robottimalli 2 .....	17
	4.3.4 Robottimalli 3 .....	17
	4.3.5 Kardex-hyllykkö .....	17
	4.3.6 Adwatec-koeponnistuslaitteisto .....	18
5	AACH-LINJAN HÄIRIÖT .....	19

6	AACH-LINJAN ANALYSOINTI .....	22
6.1	Kehitysehdotuksissa huomioitavia asioita .....	22
6.2	Vaihe- ja sylinterinkannen siirtymäajat .....	22
6.3	O-renkaiden ja vaarnaruuvien asentaminen manuaaliasemissa.....	23
6.4	Venttiiliaseman vaiheajan kehittäminen logistisilla muutoksilla .....	25
6.5	Venttiiliasemien häiriöiden vähentäminen kehittämällä tarkistusta .....	25
6.6	Joustavuuden lisääminen manuaaliasemien 5 ja 6 muutoksilla.....	26
6.7	Uusi prosessi AACH-linjalle .....	27
6.8	Muut huomiot.....	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	30
	LÄHTEET .....	32

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:n Delivery Centre Vaasalle (DCV). Aiheena oli kehittää DCV:n Automated Assembly Cylinder Head (AACH) -linjan läpimenoa. AACH-linja on kokoonpanolinja, jossa asentajat ja robotit suorittavat sylinterinkannen kokoonpanotyön. Kehittämällä läpimenoa tähdättiin siihen, että AACH-linjan läpimenoaika lyhenee, äkillisiin tilauksiin voidaan reagoida nopeasti ja tuotantokapasiteettia voidaan lisätä.

Tämä aihe vaati perehtymistä teorioihin lean-valmistuksesta, joustavasta tuotannosta ja robotiikan standardeista. Käytännössä opinnäytetyössä tutkittiin AACH-linjan senhetkistä tuotantoa ja suurimpia ongelmia. Näitä asioita opinnäytetyössä selvitettiin kahden tutkimuskysymyksen avulla: mitkä ovat suurimmat ongelmat sylinterinkansien kokoonpanossa ja mitkä ovat tehokkaimmat keinot näiden ratkaisemiseksi. Näiden asioiden selvittyä pystyttiin tekemään parannusehdotus, joka pohjautui vahvaan teoriaan ja joka toimii käytännössä.

Tutkimus rajattiin sylinterinkansimalleihin W34DFB, W32E ja kaikkiin W20-malleihin. Opinnäytetyössä ei myöskään otettu huomioon näistä malleista niitä sylinterinkansia, jotka ovat joutuneet korjaukseen, sillä niiden osakokoonpanossa vaiheet saattavat olla poikkeavia. Selkeän rajauksen tarkoitus oli syvällisempi ongelmien käsittely.

Ratkaisussa otettiin huomioon logistiikkaan, työturvallisuuteen ja tehokkuuteen liittyvät tekijät. Tavoitteena oli lyhentää yhden sylinterinkannen läpimenoaika 10 prosentilla. Tällä hetkellä läpimeno sisältää enimmillään kahdeksan työvaihetta.

## 1.1 Wärtsilä Oyj abp

Wärtsilä on perustettu vuonna 1834 Tohmajärven Wärtsilän kylässä, ja se toimi alunperin sahana. Vuonna 1851 sahan tilalle rakennettiin Wärtsilän rautatehdas. Tästä alkanut kehitys, sisältäen toimintaa useilla eri teollisuusaloilla, on johtanut siihen, että nykyisin Wärtsilä toimittaa edistyksellistä teknologiaa ja kokonai-

selinkaariratkaisuja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Toimittamalla näitä ratkaisuja Wärtsilä tähtää kannattavaan kasvuun. /1/

Wärtsilässä liiketoiminta on jaettu kolmeen osa-alueeseen: Energy Solutions, Marine Solutions ja Services. Energy Solutions toimittaa kaasulla, dieselillä ja aurinkovoimalla toimivia voimalaitoksia sekä LNG-terminaaleja ja jakelujärjestelmiä. Marine Solutions taas toimittaa meriteollisuuden ratkaisuja, jotka ovat tehokkaita, taloudellisia ja ympäristöystävällisiä. Tuotteita ovat muun muassa voimantuotanto-, automaatio- ja puhdistusjärjestelmät. Service on Wärtsilän suurin liiketoiminta-ala, ja se tarjoaa huoltopalveluita useille eri voimalaitostyypeille sekä meriteollisuuteen. /1/

## **1.2 Delivery Centre Vaasa**

DCV on Wärtsilän tuotantolaitos Vaasassa. Se sisältää kolme eri tuotantoyksikköä: sarjatuotanto-, pilotti- ja koneistusyksikön. Toimitilaa DCV:llä on yhteensä 98 000 m<sup>2</sup>, mistä tuotantoaluetta 34 400 m<sup>2</sup>. Sarjatuotannossa valmistettavat moottorit ovat yleisimpiä malleja, joita myydään asiakkaille. Jos asiakas ostaa mallin, joka poikkeaa yleisimmistä malleista, se kokoonpannaan pilotissa. Koneistusyksikössä valmistettavat moottorin osat lähetetään joko sarjatuotantoon, pilottiin tai Servicelle. /2/

Tällä hetkellä sarjatuotantona valmistetaan W20- ja W32/34-moottoriperheiden malleja; tulevaisuudessa myös W31-moottoriperheen malleja. Tällä hetkellä vuonna 2015 julkaistu W31 on pilottituotannossa. /2/

## 2 LEAN

Lean on johtamisfilosofia, jonka peruseriaatteena on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa kustannustehokkaasti. Lisäarvo tuotetaan vähentämällä seitsemän turhuutta prosessista. Turhuuksina pidetään ylituotantoa, odottelua, tarpeetonta kuljettamista, turhaa käsittelyä, tarpeetonta liikkumista, ylimääräistä varastointia ja virheitä. Kun turhuudet poistetaan prosessista, kehittyy läpimenoaika sekä tuotteen laatu, hinta ja toimitusaika. Wärtsilässä lean on ollut käytössä vuodesta 2010. /3—5/

Läpimenon kehittymistä voidaan tarkastella läpimenoajan mittaamisella. Läpimenoaika tarkoittaa yleisesti aikaa, joka kuluu tilauksen vastaanottamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Tässä opinnäytetyössä läpimenoajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu kokoonpanoprosessin alkamisesta kokoonpanoprosessin loppumiseen. /4/

### 2.1 Tuotannon kehittäminen lean-periaatteiden mukaisesti

Tuotantoa kehitettäessä pitää tunnistaa ongelmien sijainti, mistä ne seuraavat ja kuinka ne vaikuttavat tuotantoon. Lean-periaate antaa useita työkaluja tuotannon kehittämiseen. Juuri oikeaan tarpeeseen -menetelmä (JOT), 5S-menetelmä ja jatkuva parantaminen -menetelmä ovat esimerkiksi erittäin hyviä työkaluja AACH-linjan läpimenon kehittämiseen. /4/

Työntekijöiden hyvät toimintatavat, puhdas työskentely-ympäristö ja hyvä järjestys ovat lähtökohtia tuotannon kehittämiseen. 5S-menetelmän avulla on tarkoitus kiinnittää huomiota näihin asioihin poistamalla tarpeettomat tavarat työpisteiltä, systematisoimalla varastointi, siivoamalla, standardoimalla työkäytännöt ja seuraamalla näitä asioita. Wärtsilässä myös kiinnitetään huomiota tietokoneiden luokitsemiseen, kun ne eivät ole käytössä. Työpisteiden seurannan hoitavat työntekijät, jotka tarkistavat myös muut työpisteet kuin omansa /6/. Työpisteiden siivoaminen ja järjestyksen ylläpitäminen ovat aikaa vievää toimintaa, mutta pitkällä aikavälillä näistä huolehtiminen kasvattaa tuotantokapasiteettia. Järjestetty työ-



ympäristö helpottaa tarvittavien työkalujen ja materiaalien löytymistä, vähentää riskiä työtapaturmiin, helpottaa tuotannossa olevien epäkohtien huomaamista ja pitää työntekijöiden työmotivaation hyvänä. /4, 7/

Jatkuvaa parantamista tarvitaan, sillä laadun parantaminen on loputon prosessi. Tuotannon kehittyminen voi olla seurausta suunnitelmallisesta kehittämistyöstä tai suunnittelemattomasta tapahtumasta. Esimerkiksi suunnittelematon tapahtuma voi olla uuden tietokoneen ostamisen yhteydessä saatu parempi ohjelmistojen toimivuus. Lean-periaatteen mukaisessa jatkuvassa parantamisessa työntekijöiden on tarkoitus antaa kehitysehdotukset tuotannon parantamiseksi. Kun 5S-menetelmän ja jatkuva parantaminen -menetelmän periaatteet ovat molemmat käytössä, työntekijät pystyvät luovasti antamaan kehitysehdotuksia. /4, 7/

JOT-menetelmän mukaan mitään ylimääräistä ei valmisteta, vaan ainoastaan se, mikä on tarpeen sillä hetkellä /4, 8/. Tarkoituksena on pyrkiä tuottamaan yksi kappale kerrallaan. Tällä periaatteella pyritään siihen, että varastot on minimoitu. JOT-menetelmää käytettäessä valmistuksessa kaikki materiaali pyritään käyttämään hyödyksi mahdollisimman tehokkaasti, joten sille on asetettu seitsemän nollan tilanne mitä kohti tuotannon tulisi pyrkiä:

- nolla vikaa: tuotantoprosessissa ei saa esiintyä viallisia tai väärään aikaan toimitettuja materiaaleja
- nolla liiallista eräkokoja: eräkoot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä
- nolla asetusta: prosessissa kaikki voidaan ajaa samalla laitteiston asetuksella
- nolla konevauriota: ei vaurioita laitteistossa
- nolla käsittelyä: ei turhaa materiaalin käsittelyä
- nolla läpimenoaika: läpimenoaika mahdollisimman lyhyt
- nolla muutosta materiaalivirtaukseen: materiaalivirtaus pysyy mahdollisimman samanlaisena.

Kaikki nollatilanteet eivät ole realistisia, mutta pyrkimällä niihin läpimenoa pystytään kehittämään. /8/

JOT-menetelmää tukemaan on kehitetty kanban-ajoitusjärjestelmä /9/. Kanban-järjestelmässä varastosta poistettu materiaali korvataan automaattisesti uudella vastaavalla materiaalilla. Tämä mahdollistaa mahdollisimman pienet varastot, kehittää materiaalivirtausta ja ehkäisee ylituotantoa. Kanbanille on myös asetettu viisi sääntöä, joita työntekijöiden tulisi noudattaa:

1. Viallista materiaalia ei saa lähettää eteenpäin.
2. Käytä ja tuota vain Kanban-järjestelmään merkitty määrä materiaalia.
3. Hienosäädä tuotantoa.
4. Seuraava työvaihe poistaa materiaalin edellisestä sijainnista ja poistaa sen kanbanista.
5. Kanbania käytetään tuotannon stabiloimiseen. /4/

Kun materiaalivirtauksessa asentaja tai robotti saa jatkuvasti mahdollisimman pienen määrän valmistusmateriaalia, voi tuotanto pysähtyä viallisen materiaalin tai valmistusmenetelmässä olevan ongelman vuoksi. Mikäli tuotanto pysähtelee jatkuvasti, voidaan ongelma tai viallinen materiaali helposti paikantaa ja tehdä korjaavat toimenpiteet. /7—9/

## **2.2 Läpimienon kehittäminen layout-muutoksilla**

Läpimenoaikaan vaikuttavat suoraan prosessi- ja varastointiresurssit, joihin voidaan vaikuttaa layout-muunnoksilla. Layout-suunnittelussa pyritään etsimään parhaat mahdolliset paikat näille resursseille. Kun layout-muutoksia tehdään, pitää ottaa huomioon, että siitä on taloudellista hyötyä yritykselle, sekä että se on turvallinen ja viihtyisä työntekijöille. Layout-muutoksia tehdään neljästä eri syystä: on tarvetta vaihtaa tehdasta, uutta teknologiaa on käytettävissä, materiaalivirtauksen kanssa on ongelmia tai kyseinen layout ei enää jostain syystä ole yhtä tehokas kuin ennen. Layoutia suunniteltaessa pitää analysoida seitsemän rajoittavaa tekijää:

- materiaalitekijä: analysoi tarvittavat vaiheet tuotteen valmistukseen
- laitteistotekijä: analysoi laitteiston päätiedot ja niistä syntyvät rajoitukset
- liiketekijä: analysoi materiaalin siirtymistä työpisteeltä toiselle
- odotustekijä: analysoi tilan tarvetta varastointiin
- suoritetekijä: analysoi onko työasemat hyväksyttävät ihmisten työskentelyyn
- rakennustekijä: analysoi tilaa mitä voidaan käyttää hyödyksi tuotantoon
- muutostekijä: analysoi kuinka iso tarve layout muutokseen voi olla tulevaisuudessa. /4/

Kun layout-uudistusta aletaan suunnitella, voidaan se tehdä kuuden askeleen avulla. Ensimmäinen askel on tunnistaa ongelma ja kehittää siihen ratkaisu. Toisessa askeleessa ongelmaa ja ratkaisua analysoidaan tarkemmin. Kolmannessa askeleessa tutkitaan, onko ongelmaan muita ratkaisuja. Neljännessä askeleessa valitaan oikea ratkaisu perustuen kolmannessa askeleessa tehtyihin vertailuihin. Viidennessä askeleessa ratkaisua suunnitellaan, ja viimeisessä askeleessa ratkaisu otetaan käyttöön. Mikäli käyttöönotossa ilmenee ongelmia, tehdään vielä tarvittavat muutokset. /4/

### 3 JOUSTAVA TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

Joustava tuotantojärjestelmä, yleisemmin kutsuttuna Flexible Manufacturing System (FMS), on valmistustekniikka. FMS sisältää määrittelyn mukaan kolme eri komponenttia: useampia työasemia, automatisoidun materiaalin siirron ja valvontasysteemin. AACH-linja on yksi Wärtsilän tuotantoon toteutetuista FMS-järjestelmistä. Siinä on yhteensä 12 eri työasemaa, logistiikkarobotti liikuttaa sylinterinkansia asemalta toiselle ja järjestelmä valvoo AACH-linjan toimintaa. /10/

Joustavalla tuotantoautomaatiolla on useita eri hyötyjä. Se esimerkiksi tuo säästöjä henkilökustannuksiin, antaa lisäkapasiteettia, lyhentää läpimenoaikoja, mahdollistaa tehokkaamman tilan käytön, tarjoaa paremman laaduntuottokyvyn ja edesauttaa tehtaan selkeämpää ohjattavuutta. Haittoja taas ovat, että se on kallis, se vaatii pitkää etukäteissuunnittelua ja koska se on hienovarainen järjestelmä, siihen voi tulla häiriö pienestäkin virheestä. /10—11/.

#### 3.1 FMS Wärtsilässä

FMS on ollut osa Wärtsilä Finland Oy:n käytäntöä vuodesta 1983, kun tuotantotiloihin asennettiin hyllystöhissi palvelemaan työstökoneita. Wärtsilässä ensimmäinen investointi FMS:iin tehtiin, koska oli tarvetta nostaa työstökoneiden käyttöastetta ja saada tuotantojärjestelmien komponentit joustavammin käyttöön. Ensimmäinen robottisolun Wärtsilässä on hankittu W20-, W32- ja W34-sylinterinkansien jäysteen poistamista varten. Tämän solun huomattiin toimivan hyvin, joten soluun lisättiin uusia ominaisuuksia. Wärtsilän DCV:n tuotantoteknologian päällikön Jukka Saaren mukaan automaatioteknologian kehittymisen myötä FMS:iin on helppo lisätä ja poistaa ominaisuuksia niin, että koko konseptia ei tarvitse ajatella uusiksi. /11, s. 192—194/

#### 3.2 Investointi tuotantojärjestelmään

Pitkällä aikavälillä Suomen tuottavuus on kehittynyt vajaa neljä prosenttia vuodessa. Yritykset kehittävät tuottavuutta kilpailukyvyn säilyttämisen vuoksi. Nyt

suuret ikäluokat ovat poistumassa työmarkkinoilta, joten ihmisten työpanoksen määrä ei enää ole kasvava. Tämä aiheuttaa tilanteen, jossa yritysten on panostettava tuotantoteknologiaan korvatakseen menetetty työpanos. /11, s. 11—12/

Normaalisti investointi maksaa itsensä takaisin jo 2—4 vuodessa. Yleensä FMS-järjestelmän lähtökohtana on kahden vuoron käyttöaste sekä miehittämättömät käytön jaksot yöaikaan ja viikonloppuisin. Tuotantojärjestelmään investoitaessa, täytyy ottaa huomioon mikäli layoutia ja materiaalivirtausta pitää muuttaa. /11, s. 12—13/

### **3.3 Standardit robottien käytöstä**

ISO 10218 –standardin määritelmän mukaan teollisuusrobotti on teollisuuden automaatio-sovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva. Tämä määrittely on mukautettu ISO 8373:1994 -standardin määritelmästä 2.6. /12/

ISO 10218 on jaettu kahteen osaan, joista ensimmäisessä osassa määritetään vaatimuksia ja ohjeita teollisuusrobottien luontaisesti turvalliselle suunnittelulle, turvallisuustoimenpiteille ja käyttöä koskeville tiedoille. Toisessa osassa määritellään robottijärjestelmien ja niiden yhteenliittämiseen ja asentamiseen liittyvät vaatimukset.

Jokaisella robotilla täytyy olla suojauspysäytystoiminto ja itsenäinen hätäpysäytystoiminto. Suojauspysäytys tarkoittaa keskeytystyyppiä, joka sallii liikkeiden pysäyttämisen turvallisuuden varmistamiseksi ja joka säilyttää ohjelmalogiikan helpon uudelleen käynnistyksen. Hätäpysäytystä käytetään vain hätätilanteissa ja se katkaisee energian syötön kaikkiin vaaroihin. Hätäpysäytys täytyy olla jokaisessa ohjauspaikassa, josta voidaan käynnistää robotin liike tai muu vaarallinen tila. /12—13/

Mikäli robotti ja ihminen työskentelevät samassa tilassa, pitää yhteistyötilan olla selvästi merkitty. Yhteistyötilassa ihmisen pitää kyetä tekemään työt ilman minäänlaista vaaraa. Sellaisilla alueilla, joissa ihminen voi jäädä puristuksiin jonkin elementin ja robotin väliin, pitää olla vähintään 500 millimetriä suoja-alueita. 500 millimetrin suoja-alueella tarkoitetaan aluetta, jonne robotti ei ylety ja siitä edelleen välimatkaa 500 millimetriä puristuksen mahdollistavaan elementtiin. Robotin pitää pysäyttää liikkeensä, kun ihminen on samassa työtilassa sen kanssa. Robotti voi jatkaa toimintaa vasta ihmisen lähdettyä yhteistyöalueelta. /13/

## **4 AUTOMATED ASSEMBLY CYLINDER HEAD –LINJA**

Sylinterinkansimallit 34DFB, 32E ja moottoriperheen W20 kaikki sylinterinkannet osakokoonpannaan tällä hetkellä AACH-linjalla. AACH-linja sisältää pesu-aseman, kaksi koeponnistussolua, seitsemän manuaalista asemaa, neljä automaattista asemaa ja seitsemän välivarastoa sylinterinkansille. Layout on nähtävillä liitteenä 1. Kaikki asemat on asetettu lineaariselle radalle. Automaattisia asemia ovat tulppausasema, maalausasema ja kaksi venttiiliasemaa. AACH-linjalla on käytössä kolme robottimallia. AACH-linjalla asentajien tehtävänä on sylinterinkansien kokoonpanon valvominen automaattiasemissa sekä asentaminen manuaalisissa asemissa.

Asentajien ja robottien apuna toimiva logistiikka pitää huolen siitä, että sylinterinkannet nostetaan linjalle, asemissa riittää kokoonpanomateriaali ja valmis sylinterinkansi toimitetaan asiakkaalle. Asiakas voi olla jompikumpi DCV:n linjakokoonpanoista, W20-moottorien kokoonpano, Service, pilottikokoonpano tai jokin Wärtsilän Kiinan tehtaista.

### **4.1 Työvaiheet**

Sylinterinkannen kokoonpano on jaettu seitsemään vaiheeseen, mikäli sylinterinkansi on jokin W20-malleista tai kahdeksaan jos se on jokin W32/34-malleista. W20-mallien osakokoonpanosta kaksi vaihetta tehdään manuaalisesti ja viisi vaihetta automaattisesti. W32/34-malleihin tehtäviä manuaalisia vaihteita on kolme ja automaattisia viisi. W20-sylinterinkansimallit nostetaan pois linjalta manuaali-asemasta 3 ja W32/34-sylinterinkannet poistuvat linjalta lähtöradalta.

#### **4.1.1 Sylinterinkannen pesu ja kylmäosien asennus**

#### **4.1.2 Tulppaus**

#### **4.1.3 Maalaus**

#### **4.1.4 Imu- ja pakoventtiilisarjojen asennus**

#### **4.1.5 Koeponnistus**

#### **4.1.6 Sylinterinkansien viimeistely**

### **4.2 Logistiikka**

Sylinterinkannen matka koneistuksesta asiakkaalle sisältää prosessin, joka sisältää eri vaiheita. Koneistuksen jälkeen sylinterinkansille muodostetaan transfer order -numero (TO-numero) ja sylinterinkannet siirretään koneistusyksikön noutopisteeseen. Noutopisteestä ulkoinen logistiikkayritys, Transvall Group Oy, noutaa sylinterinkannet ja siirtää ne moduulitehtaan ”piippuhyllyyn”. Moduulitehtaan logistiikka siirtää sylinterinkannet ”piippuhyllystä” CHM-hyllyyn ja kuittaa koneistuksen jälkeen muodostetun TO-numeron. CHM-hyllystä logistiikka siirtää sylinterinkannen AACH-linjalle kokoonpantavaksi, kun AACH-linjan esimies valitsee kyseisen sylinterinkannen työkortin tuotanto-ohjelman mukaan. Ennen siirtoa sylinterinkannelle muodostetaan uusi TO-numero. AACH-linjan kokoonpanotyön jälkeen, mikäli sylinterinkansi toimitetaan Kiinaan tai Servicelle, suojataan sylinterinkansi korroosiolta öljyämällä. Näiden vaiheiden jälkeen sylinterinkansi toimitetaan asiakkaalle.

Kokoonpanomateriaalia lisätään automaattiasemiin materiaalin vähentyessä. Logistiikka asettaa materiaalit Kardex-hyllyköihin tarkkaan määritettyihin paikkoihin, joista robotti kykenee ottamaan materiaalin asennettavaksi. Tulppausmateriaalin riittävydestä vastaa tulppamateriaalin toimittaja.



### **4.3 Laitteisto**

AACH-linja sisältää pesukoneen, viisi robottia, kuusi koeponnistuslaitetta, kaksi Kardex-hyllykköä, sekä pieniä tärinäkuljettimia. Tärinäkuljettimia käytetään pienen materiaalin, kuten o-renkaiden ja kiilapalojen syöttämiseen imu- ja pakoventtiilisarjojen asennuksessa tai tulppien syöttämiseen tulppausasemassa. Robottimalleja on AACH-linjalla yhteensä kolme.

#### **4.3.1 Sampo Rosenlew -pesukone**

Pesukone on käytössä kaikkien sylinterinkansien pesuun. Sylinterinkansi syötetään ja otetaan pois pesukoneesta samasta luukusta. Pesukone sisältää pesu- ja huuhtelunestesäiliöt, joissa neste pyritään pitämään 75 celsiusasteisena. Pesukoneessa on omat paikat W20-sylinterinkansille ja W32/34-sylinterinkansille.

#### **4.3.2 Robottimalli 1**

Robottimallissa 1 on kuusi akselia. Se painaa 2800 kilogrammaa, kykenee nostamaan 600 kilogrammaa ja yltää 2832 millimetrin päähän.

#### **4.3.3 Robottimalli 2**

Robottimallissa 2 on kuusi akselia. Se painaa 560 kilogrammaa, kykenee nostamaan 50 kilogrammaa ja yltää 2050 millimetrin päähän.

#### **4.3.4 Robottimalli 3**

Robottimallissa 3 on kuusi akselia. Se painaa 250 kilogrammaa, kykenee nostamaan 20 kilogrammaa ja yltää 1811 millimetrin päähän.

#### **4.3.5 Kardex-hyllykkö**

AACH-linjalla käytössä olevissa Kardex-hyllyköissä on 32 hyllyä. W32/34-osista yhteen hyllyyn mahtuu 154 vaarnaruuvia, 88 venttiiliä, 52 rotocapia tai 52 jousta.

#### **4.3.6 Adwatec-koeponnistuslaitteisto**

Adwatec-koeponnistuslaitteisto tarkistaa vastaavatko sylinterinkannet laatuvaatimuksia. Se aloittaa koeponnistuksen, kun sylinterinkannen lämpötila on alle yksi celsiusaste nesteestä.

## 5 AACH-LINJAN HÄIRIÖT

Vuosien 2011—2013 aikana AACH-linjan työntekijät merkitsivät häiriökirjanpitoon häiriöt, joita sylinterinkansien osakokoonpanossa tapahtui. Vuoden 2013 jälkeen häiriökirjanpito lopetettiin, koska virheet tapahtuivat toistuvasti samoissa työvaiheissa eikä häiriökirjanpito tuonut uutta tietoa AACH-linjan toiminnasta.

Vuoden 2011 ensimmäinen häiriö on merkitty päivämäärälle 18. huhtikuuta, ja kaikkiaan vuonna 2011 merkittiin yhteensä 1642 häiriötä 259 päivän aikana. Vuonna 2012 linja oli käynnissä 17. joulukuuta asti, minkä jälkeen tuotanto oli pysäytettynä lomautusten vuoksi. Linja oli käynnissä vuoden 2012 aikana 351 päivää, jonka aikana merkittiin 1524 häiriötä. Vuonna 2012 alkanut lomautus päättyi 16.1.2013. Vuoden 2013 aikana linja oli käynnissä 349 päivää ja tänä aikana merkittiin 1402 häiriötä.

Vuonna 2011 häiriöitä merkittiin keskimäärin 6,34 päivässä, vuonna 2012 keskimäärin 4,34 päivässä ja vuonna 2013 keskimäärin 4,02 päivässä. Osa häiriöistä oli merkittynä epäselvästi häiriökirjanpitoon, joten huomioon tulee ottaa pienen virheen mahdollisuus häiriökirjanpidon analysoinnissa.

Venttiiliasemissa tapahtuu eniten häiriöitä. Varminta toiminta on manuaaliasemisissa ja maalausasemassa, joissa häiriöitä syntyy vain muutama vuoden aikana. Tulppausasema on toiseksi yleisin paikka häiriölle, mutta kolmen ensimmäisen vuoden aikana häiriöiden määrää on saatu tällä asemalla vähennettyä.

Koeponnistusasemissa häiriöt ovat lisääntyneet, mutta häiriöt vuoden aikana ovat normaalisti kasautuneet lyhyelle ajalle. Häiriökirjanpidossa yleisin syy koeponnistusasemien häiriöihin ilmoitettiin johtuvan laitteisto-ongelmista. Tällainen ongelma on esimerkiksi vaikeus saada painetta nousemaan sylinterinkannen sisällä. Logistiikkarobotilla yleisin syy häiriöön on häiriökirjanpidon mukaan tarttujahäiriö tai törmäys johonkin AACH-linjan osaan tai asemaan. Tulppaussolussa yleisin häiriö syntyy, kun liimausta levitetään tulpalle.

Kartiokappaleen asennuksessa tapahtui eniten häiriöitä vuonna 2011, mutta häiriöiden määrää on saatu vähennettyä parantamalla tarkistuskuvauksen valaistusolosuhteita ja vaihtamalla robotin kartiokappaletarttujan materiaalia /14/. O-renkaan asennuksessa häiriöiden vähentämiseksi ei ole löydetty ratkaisua, joten häiriöiden määrässä ei ole tapahtunut isoa muutosta vuosien aikana. O-renkaan asennuksessa häiriön syynä useimmiten on tarkistuskuvauksessa tapahtuva häiriö. Tarkistuskuvauksessa saattaa ilmoittaa viallisesta o-renkaasta, vaikka se olisi hyväksyttävästi paikallaan. AACH-linjan henkilökunnan mukaan o-renkaan asennus on yhä yleisin tapahtuma, jossa häiriöitä syntyy /14/.

Vaarnan asennuksessa häiriö syntyy yleensä, kun vaarna jumiutuu Kardex-hyllykköön tai robotin työkaluun. Vaikka kuvassa 2 on havaittavissa häiriöiden lisääntymistä vaarnan asennuksessa, todennäköisesti kyse on vain ahkerammasta merkitsemisestä tässä työvaiheessa syntyvästä häiriöstä. Venttiilinasennuksessa yleisimmäksi häiriön syyksi on merkitty törmäys, joka johtuu robotin huonosta reitistä. Jousen ja rotocapin asennuksessa häiriöt yleensä johtuvat siitä, että robotti laittaa osan virheellisesti paikalleen tai jostain syystä osa jää asentamatta. Täry-

laitteen häiriöissä kyseessä on materiaalin syöttöhäiriöt, joita normaalisti syntyy kartiokappaleesta tärylaitteeseen kerääntyvän lian vuoksi tai o-renkaiden pakkaantuessa ja tukkiessa tärylaitteen. Tärylaitteen häiriöitä on saatu vähennettyä pesemällä kartiokappaleet ennen niiden lataamista tärylaitteeseen /14/.

## 6 AACH-LINJAN ANALYSOINTI

Tutkimuksen perusteella tällä hetkellä suurimmat ongelmat AACH-linjan toiminnassa ovat virheet, joita syntyy venttiiliasemissa, sekä sylinterikannen odottaessa seuraavan työvaiheen tai logistiikkarobotin vapautumista. Nämä ongelmat voidaan välttää siirtämällä osa työvaiheista toisiin työasemiin. Työvaiheiden siirroilla voidaan mahdollistaa parempi joustavuus ja tehokkaampi tuotanto.

### 6.1 Kehitysehdotuksissa huomioitavia asioita

Kehitysehdotuksien tulee sisältää kaikki nykyiset työvaiheet. Kehitysehdotukset eivät voi kasvattaa tuotantotilaa, sillä nykyinen layout käyttää kaiken mahdollisen tilan hyödyksi. Nykyinen laitteisto ja työasemat mahdollistavat pieniä, mutta hyödyllisiä muutoksia. Varastointitilaa pystytään pienentämään siten, että tehdään muutoksia manuaaliasemiin ja venttiiliasemiin. Työasemat ovat robotiikanstandardien mukaisia ja ihmisen työskentelyyn hyväksyttäviä. Tulevaisuudessa, robotiikan kehittyessä, layoutia voidaan muuttaa tehokkaammaksi.

### 6.2 Vaihe- ja sylinterinkannen siirtymäajat

AACH-linjalla jokaiselle vaiheelle on varattu XX minuutin vaiheaika. Käytännössä vain koeponnistus kestää XX minuuttia, mikäli sylinterinkannen jäähdytysaika ei oteta huomioon. Manuaaliasemissa kuluva aika saattaa poiketa riippuen asentajan nopeudesta ja työvoiman määrästä. Pienellä miehityksellä asentajat voivat joutua hoitamaan useaa eri työasemaa ja robotin valvontaa yhtäaikaaisesti. Mikäli kuitenkin jokaiselle manuaaliasemalle varataan XX minuuttia aikaa työvaiheen valmistamiseen, käytetään manuaaliasemissa W32/34-sylinterinkansien kokoonpanoon XX minuuttia ja W20-sylinterinkansien kokoonpanoon XX minuuttia. Käytännössä manuaaliasemissa 1 ja 2 tarvittavat kokoonpanotyöt tehdään noin XX minuutissa.

Automaattiasemissa kuluva kokonaisaika poikkeaa riippuen sylinterinkansimallista. Automaattiasemien kokonaisaika W34DFB-sylinterinkannella on XX minuut-

tia, W32E-sylinterinkannella XX minuuttia ja W20-sylinterinkannella XX minuuttia.

Siirtymiä W32/34-sylinterinkansilla työasemalta toiselle on 9 ja W20-sylinterinkansilla 7. Siirrot, pois lukien siirrot maalauasemasta ja koeponnistus- asemista, kestävät keskimäärin XX minuuttia. Pesuasemasta manuaaliasemiin 1 ja 2 siirto kestää XX sekuntia. Siirto kestää yli XX minuuttia, koska logistiikkarobotti kääntelee siirron alussa sylinterinkantta ilmassa eri asentoihin poistaakseen pesunesteen sylinterinkannen sisältä. Koeponnistuksesta seuraavaan vaiheeseen kestää keskimäärin XX sekuntia. Siirron pitkä aika johtuu tietojen leimauksesta sylinterinkanteen siirron aikana. Kokonaissiirtoaika W20-sylinterinkansilla on XX minuuttia ja W32/34-sylinterinkansilla XX minuuttia.

Laskemalla asemien vaiheajat ja siirtoajat yhteen saadaan teoreettiset läpimenoajat. W34DFB-sylinterinkannella se on XX minuuttia, W32E-sylinterinkannella XX minuuttia ja W20-sylinterinkannella XX minuuttia. Käytännössä läpimenoajoiksi on mitattu W34DFB-sylinterinkansille XX minuuttia, W32E-sylinterinkansille XX minuuttia ja W20-sylinterinkansille XX minuuttia. Käytännön läpimenoaikaan vaikuttaa laitteiston toiminta, käytettävissä olevan työkapasiteetin määrä ja logistiset tekijät. Läpimenoajoissa voi olla näistä tekijöistä riippuen isoja eroja mitattuihin läpimenoaikoihin.

Vaiheaikojen analysointiin Wärtsilässä on käytössä Arrow-ohjelmisto, joka mittaa vaiheaikoja ja muodostaa niistä kuvaajia ja taulukoita. AACH-linjan vaiheaikojen ja läpimenoaikausten analysointiin Arrow-ohjelmistoa ei kuitenkaan voida käyttää apuna, sillä tietokone, joka AACH-linjalla tallentaa dataa, on rikki.

### **6.3 O-renkaiden ja vaarnaruuvien asentaminen manuaaliasemissa**

Tuotantoa voidaan kehittää sujuvammaksi siten, että o-renkaiden ja vaarnaruuvien asennus siirretään venttiiliasemista manuaaliasemiin 1 ja 2. Vuonna 2013 tapahtui yhteensä XX virhettä o-renkaiden ja vaarnaruuvien asennuksessa. Mikäli jokaisen virheen korjaamiseen kului aikaa noin 2 minuuttia, kesti asentajilla yhteensä XX mi-

nuuttia korjata virheet. Jos virhe on syntynyt ruoka- tai kahvitauon aikana, on tuotanto pysähtynyt jopa 20 minuutin ajaksi. Venttiiliasemassa tapahtunut häiriö vaikuttaa tuloradalle asti. Jos venttiiliasema on pysähdyksissä 20 minuuttia, tarkoittaa se, että maalausasemassa oleva sylinterinkansi ei pääse etenemään venttiiliasemaan vähintään 20 minuuttiin. Koska maalausasemassa oleva sylinterinkansi ei pääse etenemään, ei pääse myöskään tulppausasemassa oleva sylinterinkansi etenemään maalausasemaan. Tämä ongelma jatkuu tuloradalle asti. Tällä hetkellä ongelma on ratkaistu AACH-linjalle asetetuilla välivarastoilla, minne sylinterinkannet siirretään mikäli seuraava asema ei ole vapaana, mutta tämä kasvattaa sylinterinkannen läpimenoaikaa.

Mikäli o-renkaiden ja vaarnaruuvien asennus siirrettäisiin manuaaliasemiin 1 ja 2, voitaisiin venttiiliasemissa tapahtuvia häiriöitä vähentää. Näiden työvaiheiden siirtäminen vapauttaisi myös venttiiliasemien kokoonpanomateriaalin varastointitilaa ja venttiiliasemien vaiheaika lyhenisi. Näiden työvaiheiden lisääminen manuaaliasemiin 1 ja 2 ei nostaisi manuaaliasemien vaiheaikoja yli XX minuuttiin. Manuaaliasemissa pitää kuitenkin ottaa huomioon venttiilinohjaimiin syntyvä jää. Venttiilinohjaimien pintaan syntyy jäätä, sillä niiden lämpötila on pakastimesta otettaessa noin -140 celsiusastetta. Jää kasvattaa riskiä o-renkaiden virheelliseen asennukseen, joten o-renkaat tulee asentaa vasta jään sulamisen jälkeen. Jää sulaa W32/34-sylinterinkansien venttiilinohjaimista 11 minuutissa ja W20-sylinterinkansien venttiilinohjaimista 6 minuutissa. Venttiiliasemien vaiheajat ilman o-renkaiden ja vaarnaruuvien asennusta olisi W34DFB- ja W32E-sylinterinkansilla XX minuuttia ja W20-sylinterinkansilla XX minuuttia. Uusien vaiheajojen ansiosta automaattiasemien vaiheajat olisivat lähempänä toisiaan, mikä tekisi tuotannosta sujuvampaa.

O-renkaiden ja vaarnaruuvien asennuksen siirtämisestä vapautuva varastointitila venttiiliasemissa mahdollistaisi venttiiliasemaan 1 W32/34-sylinterinkansien ja venttiiliasemaan 2 W20-sylinterinkansien kokoonpanomateriaalin varastoinnin. Mikäli molemmissa venttiiliasemissa olisi alustat kaikille sylinterinkansimalleille,



voisi molemmissa venttiiliasemissa osakokoonpanna kaikkia sylinterinkansia. Tämä lisäisi joustavuutta AACH-linjaan ja vähentäisi välivarastoinnin tarvetta. Jos lisäksi varastoidaan vaarnaruuvit manuaaliasemille, voitaisiin poistaa työvaihe, missä logistiikka asettaa vaarnaruuvit Kardex-hyllykköön. Tällä hetkellä logistiikka joutuu asettamaan vaarnaruuvit Kardex-hyllykköön, tarkkaan määritettyyn paikkaan.

Jos vaarnaruuvit asennetaan manuaaliasemissa, voidaan vaarnaruuvit asentaa suoraan sylinterinkanteen. Manuaaliasemissa vaarnaruuvit pystytään myös varastoi-  
maan pienempään tilaan kuin Kardex-hyllykössä.

#### **6.4 Venttiiliaseman vaiheajan kehittäminen logistisilla muutoksilla**

Koska venttiiliasemissa iso osa vaiheajasta kuluu siihen, että robotti odottaa materiaalia Kardex-hyllyköstä, voidaan vaiheaikaa lyhentää logistisilla muutoksilla. Nykyisessä käytännössä yhdellä Kardex-hyllyllä on vain yhden tyyppistä materiaalia, kuten esimerkiksi jousia tai vaarnaruuveja. Jos yhteen Kardex-hyllyyn kerätään jokaista tarvittavaa materiaalia, pystytään robotin odottelu-aika poistamaan. Tällaisella Kardex-hyllyköinnillä venttiiliasemien vaiheajat olisivat W34DFB-sylinterinkansilla XX minuuttia, W32E-sylinterinkansilla XX minuuttia ja W20-sylinterinkansilla XX minuuttia. Nämä ajat on saatu vähentämällä nykyisten venttiiliasemien vaiheajoista ajat, jotka ovat robotilta kuluneet materiaalin odottamiseen Kardex-hyllyköstä.

Huomioitavaa uuden tyyppisessä Kardex-hyllyköinnissä on, että se kuormittaa logistiikkaa huomattavasti enemmän kuin vanha toimintatapa. Myös häiriön riski kasvaa, sillä logistiikka voi asettaa materiaalit väärään sijaintiin Kardex-hyllykössä. Jos materiaali on väärässä sijainnissa, robotti tekee hälytyksen.

#### **6.5 Venttiiliasemien häiriöiden vähentäminen kehittämällä tarkistusta**

Venttiiliasemissa o-renkaiden tarkistuskuvaus suoritetaan heti jokaisen o-renkaan asennuksen jälkeen. Tästä syystä yhdelle sylinterinkannelle voi tulla neljä kertaa

hälytys viallisesta o-renkaasta tai o-renkaan asennuksesta. Hälytysten määrää voitaisiin vähentää niin, että asennetaan ensin kaikki o-renkaat paikalleen ja sen jälkeen suoritetaan tarkistuskuvaus. Jos tarkistuskuvaus tekisi hälytyksen, voisi asentaja käydä tarkistamassa kaikki o-renkaat samanaikaisesti. Tällaisessa toimintajärjestyksessä on kuitenkin vaarana se, että o-rengas jää kiinni asennustyökaluun ja robotti ei huomaa sitä. Tästä seuraa se, että robotti hakee uuden o-renkaan työkaluun vanhan o-renkaan päälle. Robotin pyrkiessä asentamaan kaksi o-rengasta yhteen venttiilinohjaimen tapahtuu työkalun rikkoontuminen.

Tarkistuskuvausten laatua voitaisiin mahdollisesti parantaa niin, että vaihdettaisiin tarkistuskuvauksen salamavalo kohdevalaistukseen. Nykyiset hälytykset syntyvät pääsääntöisesti silloin, kun tarkistuskuvauksen salamavalo heijastaa kiiltävästä venttiilinohjaimen pinnasta eikä kamera kykene tarkentamaan kuvaa. Kohdevalaistus voisi olla keino parempaan kameran tarkennukseen, mikä vähentäisi hälytysten määrää. O-renkaiden tarkistus voitaisiin suorittaa myös kosketustunnistimella. Jos o-renkaat asennetaan manuaalisesti, voisi robotti tarkistaa yhden o-renkaan kosketustunnistimella. Jos yksi o-rengas on paikallaan, tarkoittaa se, että asentaja on muistanut asentaa kaikki o-renkaat.

## **6.6 Joustavuuden lisääminen manuaaliasemien 5 ja 6 muutoksilla**

Nykyisessä vaihejärjestyksessä suurin osa W32/34-sylinterinkansimalleista siirtyy manuaaliasemaan 5 koeponnistuksesta. Koska koeponnistuksen kestossa voi olla suuria eroja, voi koeponnistus yhtäaikaisesti päättyä useasta sylinterinkannesta. Koeponnistuksen jälkeen manuaaliasemaan 5 voi syntyä jonoa mahdollisesti jopa neljän sylinterikannen verran, mikäli jokaisessa koeponnistuslaitteistossa oleva sylinterikannen koeponnistus päättyy samaan aikaan. Mikäli viimeistely W32/34-sylinterinkansiin voitaisiin tehdä kokonaan yhdessä asemassa, voitaisiin sylinterinkansia siirtää koeponnistuksesta suoraan joko manuaaliasemaan 5 tai 6. Tämä poistaisi siirrot manuaaliasemien 5 ja 6 välillä, mikä lyhentäisi W32/34-sylinterinkansien kokonaissiirtoajan XX minuutista XX minuuttiin. Tämän siirron poistaminen vähentäisi sylinterikannen mahdollista odottelua, sillä

sylinterinkannella olisi kaksi vaihtoehtoa minne sijoittua viimeistelyyn. Siirron poisto myös edistäisi logistiikkarobotin keskittymistä siirtoihin muiden asemien välillä.

Jos viimeistelyä aletaan tehdä manuaaliasemissa 5 ja 6, pitäisi kokoonpanomateriaalin varastointi muuttua niin, että kaikki tarvittavat osat saadaan molempien manuaaliasemien välittömään läheisyyteen. Nykyisessä prosessissa manuaaliasemassa 5 on vain siinä asemassa tarvittava materiaali ja manuaaliasemassa 6 siinä tarvittava. Kaikki viimeistelyyn tarvittava materiaali pitäisi saada mahtumaan yhteen manuaaliasemaan. Myös työasemissa pitää tehdä muutoksia, jotka mahdollistavat asentajan esteettömän sylinterinkannen kokoonpanoasennuksen. Manuaaliasemissa sylinterinkannet pitäisi saada sellaiseen asentoon, että asentaja pystyy tekemään asennuksen kaikkiin sylinterinkannen kohtiin. Viimeistely manuaaliasemissa 5 ja 6 vaatisi myös momenttiavaimen hankinnan manuaaliasemaan 5. Momenttiavaimen pitäisi olla samanlainen, millainen on käytössä manuaaliasemassa 6.

Jos sylinterinkansien viimeistely tehdään kokonaan yhdessä asemassa, kasvaisi viimeistelyn vaiheaika yli XX minuuttiin. Se ei kuitenkaan vähentäisi AACH-linjalle työasemiin mahtuvien sylinterinkansien määrää, eikä aiheuttaisi sylinterinkansien odottelua edellisillä asemilla.

## **6.7 Uusi prosessi AACH-linjalle**

Mikäli AACH-linjan toimintavarmuutta ja sujuvuutta halutaan kehittää niin, että siirretään o-renkaiden ja vaarnaruuvien asennus manuaaliasemiin 1 ja 2, asennetaan venttiiliarjoja kaikkiin sylinterinkansiin molemmissa venttiiliasemissa ja yhdistetään manuaaliasemien 5 ja 6 työvaiheet, muuttuu prosessi. Uuden prosessin myötä teoreettinen läpimenoaika pienenesi W34DFB-sylinterinkansilla 6,1 prosenttia, W32E-sylinterinkansilla 5,9 prosenttia ja W20-sylinterinkansilla 3,3 prosenttia.

Uusi prosessi vähentää välivarastojen tarvetta ja lisää joustavuutta AACH-linjan toimintaan. Käytännön läpimenoaikaan kehitystä ei ole mahdollista laskea, mutta joustavuuden ja sujuvuuden lisääminen lyhentää sitä huomattavasti.

## 6.8 Muut huomiot

AACH-linjalla voisi olla tilaa automaattiselle öljyämispiesteelle logistiikkarobotin radan vieressä. Koska osa sylinterinkansista suojataan korroosiolta öljyllä, olisi järkevää sijoittaa tällainen automaattinen toiminta AACH-linjalle.

Tutkimuksen aikana havaittiin myös venttiiliasemien ja koeponnistusasemien olevan lean-valmistuksen periaatteen vastaisesti. Koska suurin osa sylinterinkansista siirtyy maalausasemasta venttiiliasemiin, pitäisi venttiiliasemien ja koeponnistusasemien olla toisin päin. Nyt sylinterinkannet siirtyvät maalausasemasta koeponnistusaseman ohi venttiiliasemaan, ja siirtyessään venttiiliasemasta koeponnistusasemaan sylinterinkansi palaa takaisin kohti maalausasemaa. Näissä vaiheissa tapahtuu siis turhaa siirtelyä, yhtä leanin mukaisista turhuuksista. Tämän turhuuden poistaminen ei kuitenkaan ole järkevää sillä Kardex-hyllykköjen sijoittaminen toiseen sijaintiin on ongelmallista. Myös Kardex-hyllykköjen siirtäminen kustannuksellisista syistä ei ole enää järkevää.

Jos halutaan kehittää asentajien reagointia häiriötilanteisiin, olisi kannattavaa investoida videovalvontaan. Asentajien apuna on tällä hetkellä kaksi valvontakameraa, joista toinen sijaitsee venttiiliasemassa 1 ja toinen venttiiliasemassa 2. Asentajien häiriötilanteisiin reagoinnin helpottamiseksi tarvittaisiin valvontakamerat kaikkiin automaattiasemiin ja logistiikkarobotin toiminnan seuraamiseen. Myös jos robotin valvontapistestä olisi näköyhteys manuaaliasemiin, olisi valvontapistessä oleva asentaja tietoinen koko AACH-linjan toiminnasta.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää AACH-linjan läpimenoa tunnistamalla ongelmat, joita sylinterinkansien kokoonpanossa syntyy, ja kehittää niihin ratkaisut. Mittaamalla vaiheajoja sekä tutkimalla sylinterinkansien läpimenoa ja häiriökirjanpitoa, onnistuttiin paikallistamaan suurimmat ongelmat, jotka olivat venttiiliasemassa tapahtuvat häiriöt ja AACH-linjan ruuhkautuminen. Ratkaisut ongelmiin kehitettiin silmällä pitäen sitä, että ne olisi mahdollisimman helposti toteutettavissa. O-renkaiden ja vaarnaruuvien asennuksen siirtäminen manuaaliasemiin ei vaadi uutta laitteistoa eikä muutoksia layoutiin, joten tämä siirto olisi helppo toteuttaa. Muut ratkaisut, joita opinnäytetyössä ehdotettiin, vaativat lisäsuunnittelua jotta ne voidaan toteuttaa. Opinnäytetyössä ei ole tutkittu kustannuksellisia tekijöitä, joten taloudellisesta hyödyistä ei ole tutkimustietoa. Ratkaisut kehitettiin tutustumalla lean-valmistukseen, joustavaan tuotantojärjestelmään ja robotiikan standardeihin sekä analysoimalla AACH-linjan toimintaa ja välineistöä.

Muita keinoja, joita tutkimuksen aikana mietittiin AACH-linjan läpimenon kehittämiseksi, oli robotiikan lisääminen. Robotiikan lisäämisessä vaihtoehtona oli esimerkiksi se, että ABB:n robottimalli YUMI tekisi manuaaliasemien asennukset. Robotiikan lisääminen manuaaliasemiin mahdollistaisi sylinterinkansien jatkuvan valmistuksen ympäri vuorokauden. Tällä hetkellä robottimallin YUMI tai vastaavien robottimallien nostovoima ei ole kuitenkaan asennustyön vaatimusten mukainen.

Opinnäytetyön tekemiseen haastetta lisäsivät jatkuvat poikkeustilanteet, joiden korjaaminen nykyisellä työvoimalla saattoi kestää harmittavan pitkään. Käytettävissä oleva työvoima joutui hoitamaan useaa työasemaa ja robotin valvontaa yhtäaikaaisesti. Lisäksi se hoiti korjaustoimenpiteitä muilla DCV:n osastoilla. Tästä syystä AACH-linjan henkilökunta ei aina pystynyt äkillisesti reagoimaan häiriöihin.

Haasteista huolimatta opinnäytetyö saatiin päätökseen. Opinnäytetyön ehdotukset lyhentäisivät teoreettista läpimenoaikaa W34DFB-sylinterinkansille 6,1 prosenttia, W32E-sylinterinkansille 5,9 prosenttia ja W20-sylinterinkansille 3,3 prosenttia. Läpimenoajan tavoitteeseen, mikä oli 10 prosenttia, ei aivan päästy teoriassa. Kuitenkaan käytännössä tapahtuvasta läpimenoajan kehittymisestä ei ole tutkimustuloksia. Tutkimuksen perusteella on hyvinkin mahdollista, että käytännössä tavoitteeseen voidaan päästä.

## LÄHTEET

/1/ Wärtsilä 2016. Viitattu 25.1.2017. [www.wartsila.com/fi/wartsila](http://www.wartsila.com/fi/wartsila).

/2/ Wärtsilä 2016. This is DCV. Viitattu 26.1.2017.  
<https://fiidm01.wnsd.com/kronodoc/122/Get/8446041/This%20is%20DCV.pptx>.

/3/ Vuorinen, T. Strategiakirja: 20 työkalua. 2013. Helsinki. Talentum

/4/ Santos, J., Wysk, R. A. & Torres, J. M. 2014. Improving production with lean thinking. John Wiley & Sons, Incorporated.

/5/ Wärtsilä 2013. Lean Results within Lean. Viitattu 3.3.2017:  
[https://fiidm01.wnsd.com/kronodoc/122/Get/7028244/Draft\\_Lean%20results\\_04.11.2013.pptx](https://fiidm01.wnsd.com/kronodoc/122/Get/7028244/Draft_Lean%20results_04.11.2013.pptx)

/6/ Seijari, J. 2017 Process Developer, W32/34 Serial Module Assembly. Haastattelu 26.1.2017

/7/ Hutchins, D. 2016. Hoshin Kanri: The Strategic Approach to Continuous Improvement

/8/ Hopp, W. J. & Spearman, M. L. 2011. Factory Physics. Long grove: Waveland

/9/ Gross, J. M. & McInnis, K. R. 2003. Kanban made simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process. AMACOM Books.

/10/ Shivanand, H. K., Benal, M. M. & Koti, V. 2016. Flexible Manufacturing system. New Age International.

/11/ Ahokas, J. 2013. Fastem FMS – Täydellä teholla. Tampere. Fastems.

/12/ SFS-EN 10218-1. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. Painos 3. Suomen standardoimisliitto. 2011. 90 s.



/13/ SFS-EN 10218-2. Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 2: Robot systems and integration. Suomen standardoimisliitto. 2011. 77 s.

/14/ Seijari, J. Process Developer, W32/34 Serial Module Assembly. Email johanna.seijari@wartsila.com 20.2.2017.