



Kannattavin tapa kasvattaa kapasiteettia kompressorien koonpanolinjalla

Keskikokoiset yksiköt

Jaana Pohjanharju

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Automaatiotekniikan ylempi tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Automaatioteknologian ylempi AMK-tutkinto

POHJANHARJU, JAANA:

Kannattavin tapa kasvattaa kapasiteettia kompressorien kokoonpanolinjalla
Keskikokoiset yksiköt

Opinnäytetyö 63 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2021

Tämä opinnäytetyö tehtiin Gardner Denver Oy:lle Tampereelle ja tarkoituksena oli löytää kannattavin tapa kasvattaa kapasiteettia kompressorien yksikkökokoonpanossa. Kehitysehdotukset tehtiin volyymituotteen kokoonpanolle automaatioteknologiaa hyödyntämällä ja tutkimus tehtiin tulevaisuutta varten. Kaikkien työvaiheiden oli tuotettava lisää arvoa. Tavoitteena oli löytää ratkaisu ennustetun tilauskannan valmistamiseen, kun tulevaisuuden kapasiteettitarve on kolminkertainen nykytilauskantaan verrattuna. Kapasiteetin kasvu tehdään nykyhenkilöstöllä kustannustehokkaasti. Työssä oletuksena oli, että tuotannossa oli tarvittavat materiaalit saatavilla ja työjono oli optimaalinen.

Työssä tutustuttiin tuotteisiin, niiden rakenteiseen sekä nykyisiin kokoonpanomenetelmiin. Kvalitatiivisinä tutkimusmenetelminä käytettiin käytännönläheistä tapaustutkimusta ja benchmarkkausta (vertailukehittämistä).

Opinnäytetyön tuloksena syntyi kehitysehdotuksia volyymituotteen kapasiteetin kasvattamiseksi. Ehdotuksissa nostettiin automaatiotasoa ja otettiin käyttöön uutta teknologiaa kuten cobotteja eli yhteistyörobotteja. Kehitysehdotukset ovat skaalattavissa myös muille tuotteille. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään helpot automatisoitavat asiat nykyisiin kokoonpanoihin ja saadaan aikaan nopeita tuloksia. Samanaikaisesti suunnitellaan täysin uusi kustannustehokas tulevaisuuden automatisoitu kokoonpanosolu.

Asiasanat: kokoonpano, automatisointi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Automation Engineering

POHJANHARJU, JAANA:
The Most Profitable Way to Grow Capacity in Compressors Assembly
Medium Size Compressors

Master's thesis 63 pages, appendices 4 pages
May 2021

This master's thesis was made for Gardner Denver Oy (GD), Tampere. The purpose was to find the most profitable way to grow capacity in compressor assembly. Future development proposals were made for high volume item assembly with automation technology. The objective was that all assembly phases should yield added value. Furthermore, the goal was to find a solution for forecasted production volume. Future capacity need is up to three times larger than the current order volume. The growth has to be achieved with the current personnel and within the most cost-effective way. The study was based on the assumption that all needed materials were available and production queue was optimal.

The company's products, their structure, and the assembly methods used at the company were reviewed in this study. Benchmarking and case study methods were used in the qualitative development work.

As a result of this master's thesis development proposals were made for increasing the production capacity of a high volume item. There were a growth of automation level and usage of new technology with cobots (Collaborative Robots) in the focus of these proposals. The development ideas can also be applied to other areas. In the first phase, easily achievable adjustments are applied to current assemblies to get quick results. At the same time, a new, cost-effective automation assembly is designed for the future.

Key words: assembly, automation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tarkoitus ja tausta	7
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	7
1.3	Opinnäytetyön tutkimuskysymykset	8
2	GARDNER DENVER, INC.....	9
2.1	Ingersoll Rand - Gardner Denver, Inc.	9
2.2	Gardner Denver Oy ja valmistettavat tuotteet	10
3	YLEISTÄ AUTOMATISOINNISTA	13
3.1	Suomi ja robotiikka.....	13
3.2	Robotiikka avuksi työvoimapulaan	14
4	TYÖSSÄ KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT	16
4.1	Benchmarking	16
4.1.1	Agco Power ja kokoonpanon yhteistyörobotit.....	17
4.1.2	Robotiikan hyödyntäminen Pentikin keramiikkatehtaalla	18
4.2	Pilotointi TAMK automatiikan laboratoriossa	19
4.3	Käytännönläheinen tapaututkimus	20
5	NYKYTILA KOKOONPANO.....	22
5.1	Ruuviyksikön valmistusprosessi.....	22
5.2	Yksikkökokoonpanon tekeminen pukilla.....	23
5.3	Yksikkökokoonpanon tekeminen MML:lla	26
5.4	Työturvallisuus ja ergonomia huomioitu Mixed Model Linella	30
5.5	Työvaiheiden seuranta volyyminimikkeellä	31
6	AUTOMATISOINNIN PROJEKTI.....	33
6.1	Tavoitteena onnistunut robotiikan käyttöönotto.....	34
6.2	Käytettävissä oleva aika ja projektin budjetti.....	34
6.3	Mitä on yksinkertaisinta automatisoida ?.....	36
7	AUTOMATISOINNIN MENETELMÄT	38
7.1	Cobottien käyttö yleistynyt	38
7.2	Cobotin ja ihmisen yhteistyö tahdistetusti	41
7.3	AMR JA AGV	41
7.4	Konenäkö robotiikassa.....	43
8	YKSIKKÖKOKOONPANON AUTOMATISOINNIN ETEENPÄIN ...	44
8.1	Uusia tapoja yksikkökokoonpanoon	44
8.2	Pesuvaiheen jälkeinen varasto läpivirtaushyllyksi	45
8.3	Automatisoinnin kohde: välyksen säätö	46
8.4	Automatisoinnin kohde: laakerien asennus.....	47

8.5 Laadun tarkastus.....	48
9 KEHITYSEHDOTUKSET KAPASITEETIN LISÄÄMISEKSI.....	49
9.1 Etsi nykytoiminnasta helpot kohteet automatisoida, ehdotus 1	50
9.2 Uusi moderni solu pukkijigi & cobotti, ehdotus 2A.....	51
9.3 Automatiikan lisäys nykytilanteeseen, ehdotus 2B.....	52
9.4 Henkilöstön lisäys, ehdotus 2C	53
9.5 Muita kehitysehdotuksia.....	53
10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	56
LÄHTEET	58
LIITTEET	60
Liite 1. Painepostin lehtijuttu opinnäytetyöstä helmikuu 2021	60
Liite 2. MML Linjurin tehtäviä (GD).....	61
Liite 3. Automatisoinnin mahdollisuudet EK100 työvaiheille	62
Liite 4. Harmonisointiesimerkki 6-koloruuveista	63

LYHENTEET JA TERMIT

AGV	Automated Guided Vehicles
AMR	Automatic Mobile Robots
Benchmarking	Vertailukehittäminen, vuorovaikutteinen toisilta oppiminen
Cobotti	engl. Collaborative Robots, yhteistyörobotti
EK100	Volyymituote Gardner Denver Oy
GD	Gardner Denver Oy
HRC	Human-robot collaboration, ihminen ja cobotti työskentelevät yhdessä
IR	Ingersoll Rand
MML	Mixed Model Line
OEM	Original Equipment Manufacturer, alkuperäinen laitevalmistaja
TMC	Tamrotor Marine Compressors

1 JOHDANTO

Tässä kappaleessa kerrotaan opinnäytetyön tarkoitus, tausta, tavoitteet, rajatukset sekä tutkimuskysymykset. Tutkimuskysymykset fokusoituivat työn edetessä ja niistä kerrottu kohdassa 1.3.

1.1 Työn tarkoitus ja tausta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää kannattavin tapa pitkällä aikavälillä kasvattaa keskikokoisten kompressoriyksiköiden kapasiteettia tulevaisuuden tarpeisiin Tampereen Gardner Denver Oy:ssä. Automaation lisääminen ja uuden teknologian hyödyntäminen on tärkeää, jotta keskikokoisten kompressoriyksiköiden kokoonpano on riittävän kannattavaa jatkossakin. Kaikkien työvaiheiden on tuotettava lisää arvoa. Opinnäytetyö on selvitystyö siitä, mitä tulevaisuudessa kannattaa tehdä ja mikä olisi taloudellinen ratkaisu.

Työvoiman saatavuudessa on myös omat haasteensa. Uudenlainen automaatiotekniikka on yksi houkuttava tekijä varmistamaan työntekijöiden saatavuus jatkossakin. Mixed Model kokoonpanolinja (MML) on edustanut yrityksessä uusinta tekniikkaa ja se halutaan myös pitää tulevaisuudessakin sellaisena.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena oli tutkia ja vertailla, mitä vaihtoehtoja on keskikokoisten kompressoriyksiköiden kokoonpanon tehostamiseksi käyttämällä nykyteknologiaa kasvattamatta henkilöstömenoja. Työssä on siis etsitty vaihtoehtoisia menetelmiä ja teknologioiden tarjoamia mahdollisuuksia kokoonpanomenetelmien kehittämiseksi ja automatisoimiseksi kokonaan tai osittain. Työn tavoitteena oli löytää keinoja, millä varaudutaan tulevaisuudessa ennustettuun tilauskannan kasvuun valmistusprosesseja kehittämällä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kannattavin tapa nostaa kyseinen

kokoonpanokapasiteetti 15% per vuosi eli kolminkertaistaa nykyvolyymi vuoteen 2025 mennessä.

Työssä perehdyttiin keskikokoisten öljyvoideltujen kompressoriyksiköiden valmistukseen 3-työasemaisella MML:lla sekä kahdella kokoonpanosolulla eli pukilla. Työssä siis tutustuttiin tuotteisiin, niiden rakenteeseen sekä nykyisiin kokoonpanomenetelmiin. Työ oli ensisijaisesti rajattu koskemaan yhtä valmistettavaa suurivolyymistä tuotetta (EK100). Toki työn ideat on mahdollista myös skaalata laajemmalti muihin malleihin.

Tässä työssä ei keskitytty tuotteen kokoonpantavuuteen tai toteutettavuuteen vaan enemmänkin pyrittiin kasvattamaan automatisoinnin tasoa, lyhentämään läpimenoaikaa ja löytämään älykkäämpiä tapoja tehdä kokoonpanoa nykyteknologialla. Työssä oletuksena oli, että tarvittavat materiaalit ovat saatavilla ja talon sisäinen tuotannonohjaus sujuu.

1.3 Opinnäytetyön tutkimuskysymykset

Ensi vaiheessa aloitimme opinnäytetyön tekemisen seuraavilla tutkimuskysymyksillä:

- mikä on kannattavin tapa nostaa kyseinen kokoonpanokapasiteetti 15% per vuosi eli kolminkertaistaa nykyvolyymi vuoteen 2025 mennessä ?
- miten pärjätään nykyisellä henkilöstöllä kasvattaen kapasiteettia tulevaisuudessa?
- miten lisätään automaation astetta ?

Kun opinnäytetyö eteni, huomasimme ettemme ehdi tehdä kaikkia työlle määriteltyjä tavoitteita loppuun asti. Tarkimmiksi tutkimuskysymyksiksi tässä työssä fokuoituivat:

- millainen on uusin, tehokkain, läpimenoajaltaan lyhyt, kannattava tulevaisuuden yksikkökokoonpanoprosessi ?
- millainen on uusi automaatiototeutus huomioiden nyt jo toiminnassa GD Tampereella ja muissa yrityksissä olevat innovaatiot ?

2 GARDNER DENVER, INC.

Tein tämän opinnäytetyön Tampereella sijaitsevaan Gardner Denver Oy:n yksikkökokoonpanoon. Tässä kappaleessa kerrotaan Tampereen Gardner Denver Oy:stä, globaaleista yrityksistä nimeltä Gardner Denver Inc. ja Ingersoll Rand sekä näiden historiasta ja tuotteista.

2.1. Ingersoll Rand - Gardner Denver, Inc.

Gardner Denver, Inc. on vuonna 1859 perustettu globaali yritys. Yritys valmistaa erilaisia kompressoreita, pumppuja, vakuumi- ja puhallintuotteita sekä tekee näiden huoltoa. Maailmanlaajuisesti yrityksellä on työntekijöitä noin 6100 henkilöä kuudella eri mantereella yli 30:ssa maassa. Yritys tekee bisnestä kolmessa eri yksikössä; teollisuus, energia ja lääketiede. Suomen Tampereen tehdas kuuluu GD-organisaatiossa teollisuusyksikköön (GD yleisesitys 2020, 2). Yhdysvaltalainen Gardner Denver osti pörssiyhtiö Ingersoll Randin vuonna 2020 ja kasvoi näin entisestään.

Ingersoll Rand (IR) on maailmanlaajuinen markkinajohtaja, jolla on laaja valikoima innovatiivisia ja tehtäväkriittisiä ilma-, neste-, energia-, erikoisajoneuvo- ja lääketieteellisiä tekniikoita, sekä palveluja ja ratkaisuja teollisuuden tuottavuuden ja tehokkuuden lisäämiseksi (GD verkkosivut 2021).

Gardner Denver Oy on Suomessa noin 300 työntekijää työllistävä virtausteknologian alan yritys. Päätuotteemme ovat Gardner Denver ruuvikompressorit, yli- ja alipainetuotteet, paperi- ja prosessiteollisuuden turbokompressorit sekä paineilman jälkikäsittely varusteineen (GD verkkosivut 2021).

Gardner Denver Oy suunnittelee ja valmistaa korkealaatuisia ruuvikompressoreita ja Tamrotor OEM-tuotteita (Original Equipment Manufacturer, alkuperäinen laitevalmistaja) yli 50 vuoden kokemuksella.

Tampereen Messukylän GD-yksikössä työskentelee noin 160 henkilöä, joista puolet tehtaan työntekijöinä ja puolet toimistotyössä. Vuonna 2018 tehtaan myynti oli noin 59,1 M€. Tehtaan toiminta alkoi vuonna 1963, kun silloinen Tampella Tamrock allekirjoitti lisenssisopimuksen Svenska Rotormaskinerin kanssa muutaman ruuvikompressorin valmistamisesta. Vuonna 1997 Gardner Denver Oy osti Tamrotorin (GD yleisesitys 2020, 16,17).

Tampereella maailmanlaajuisesti toimivalla Gardner Denver Oy:llä on kolme pääaluetta bisneksessään; teollisuuskompressorit, laivakompressorit (TMC= Tamrotor Marine Compressors) sekä OEM-käyttöön myytävät ruuviyksiköt ja kompressorit. Tuotannosta 70 prosenttia menee suoraan vientiin ja välillisesti OEM-asiakkaiden kautta noin 95%. (GD yleisesitys 2020, 19.)

2.2 Gardner Denver Oy ja valmistettavat tuotteet

Gardner Denver Oy tuottaa palveluita paineilmajärjestelmien ylläpitoon, operointiin, energiatehokkuuden optimointiin sekä paineilmatuotannon ulkoistamiseen. Vuonna 2018 Gardner Denver Oy:n liikevaihto oli noin 102 M€. (GD verkkosivut 2021)

Tehtaalla valmistetaan kompressoreja laivoihin, öljynporauslautoille sekä satamiin. Laivakompressorit on suunniteltu vaativiin olosuhteisiin merelle ja kompressoreille suoritetaan standardien vaatimat luokitustarkastukset. (GD yleisesitys 2019, 22.)

Gardner Denverin Industrial-sarjan ruuvikompressorit on suunniteltu teollisuuskäyttöön. Perinteisiä ruuvikompressoreja valmistetaan sekä kiinteällä pyörimisnopeudella, että muuntuvalla nopeudella. OEM-sovelluksia varten myytäviä tuotteita ovat Enduro-tuoteperheen ruuviyksiköt, Tempest-tuoteperheen integroidut yksiköt sekä CT-kompressorit. (GD yleisesitys 2019, 20.)

Ensimmäinen ruuvikompressorit valmistettiin vuonna 1963 Tamrock nimen alla. Enduro-tuotteiden valmistus alkoi vuonna 1991 ja uusi Enduro sukupolvi 2015. (GD yleisesitys 2020, 17). E12 tunnetaan myös nimellä Enduro 12 ja tämä malli imee ilmaa 1,2 litraa kierroksella. E6 imee taas ilmaa 0,6 litraa kierroksella.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kehittämään keskikokoisten yksikkökompressoreiden kokoonpanomenetelmiä. Näistä tulevaisuuden volyymituotteita ovat EK-tuotteet kuten EK76 (TN4 OEM:ssä sekä marinepaketeissa) ja EK100 (TN8). EK-yksikköjen nimi tulee näiden ruuviroottoreiden halkaisijoista eli EK76 omaa ruuviroottorin halkaisijaltaan 76mm ja EK 100 halkaisijaltaan 100mm. Näiden volyyymi on kokonaisvolyyymistä tällä hetkellä noin 60%. Kun IR ja GD yhdistyivät, se toi lisää tilauskantaa myös Tampereen GD:n keskikokoisten yksikköjen kokoonpanoon.

Osa tuotteista kokoonpannaan puoliautomaattisella Mixed Model Line – kokoonpanolinjalla (MML). Linjalla valmistetaan pääasiassa OEM-käyttöön myytäviä keskikokoisia ruuvikompressoriyksiköitä. Paineilmakompressorin pääkomponentti on kompressoriyksikkö, joka paineistaa kompressoriin virtaavan ilman. Kuva Enduro 25-kompressoriyksiköstä alla. MML-linjalla kokoonpantavat kompressoriyksiköt valmistetaan osto-osista sekä oman tehtaan komponenteista, jotka koneistetaan tehtaan koneistamossa. (Gardner Denver Oy.)



KUVA 1. Enduro 25-kompressoriyksikkö (Gardner Denver Oy).

Lähes jokaisesta keskikokoisten yksikkökompressorien kokoluokasta on olemassa perusmallin lisäksi myös useita variaatioita kuten vaihteellinen ruuviyksikkö sekä joitakin erikoismalleja. Kuvassa alapuolella on varusteltu EK76-kompressoriyksikkö. Perusmallien myynti kattaa kuitenkin pääosan valmistusvolyymistä, noin 70%.



KUVA 2. Varusteltu EK76-kompressoriyksikkö (Gardner Denver Oy).

3 YLEISTÄ AUTOMATISOINNISTA

Viimeaikoina tehty kysely robotiikan käytöstä Automation World (3-2021) lukijoiden keskuudessa kertoo, että alle puolet vastanneista (45%) kokoonpano- tuotantotehtaista käyttävät robotteja toiminnoissaan. Niistä, jotka käyttävät robotteja, 35% käyttää yhteistyörobotteja (cobotteja), kun taas 65% käyttää ainoastaan teollisuusrobotteja. Robotiikan investoinneissa on siis yhä paljon potentiaalia. (Automation World 2021.)

On kiistämätöntä, että globaalit taloussäännöt ovat muuttumassa. Lyhyemmät tuotantosykli, tuotantosarjat, vaihtuvat markkinat ja resurssien niukkuus ovat muutamia esimerkkejä parametreista, jotka antavat muodon uudelle markkinataloudelle. Muuttuva valmistuksen maailma määrittelee myös uudelleen menestymisen keinot. Varmistaaksemme, että yrityksemme kukoistaa uudessa ympäristössä taloudellisesti ja kestävästi nyt olevilla mahdollisuuksilla, on välttämätöntä että teemme tämän päivän business-päätökset huomioiden mahdollisuudet automatisoida ja digitalisoida tuotanto. (KUKA 2021.)

Ihmiset ja robotit työskentelevät jo yhdessä tuotannossa. Robotti tukee ja helpottaa ihmisen työtä mahdollistaen monipuolisen automaation käytön ja tuottavuuden kasvattamisen. Human-robot collaboration (HRC) on lisäelementti joka yhdistää ihmisen kyvykkyyden koneen tehokkuuteen ja tarkkuuteen. Yhdessä tavanomaisten teollisuusrobottien kanssa herkäät robotit (cobotit) työskentelevät yhdessä tuotannon työntekijöiden kanssa helpottaen heidän työkuormaa. Cobotit voivat tehdä epäergonomiaa kuten pään yläpuolella tehtäviä töitä ja paljon toistoja sisältäviä töitä. Cobottien työtilan tarve on myös suhteellisen pieni. (HRC 2021.) Cobotit ovat myös turvahäkittämiä ja voivat toimia turvallisesti ihmisen rinnalla.

3.1 Suomi ja robotiikka

Leanwaren teollisuuswebinaarissa 7.4.2021 todettiin Suomen olevan kilpailijoitaan jäljessä tuottavan ajan %-määrässä verrattuna käytettyyn tuotantoaikaan. Yleinen tuottavan ajan taso suomessa on 20-30 %.

Huipputehtaissa tuottavan työajan lukemat ovat 80%:n luokkaa. Webinaarissa kerrottiin myös, että layoutsuunnittelussa otetaan nykyään enemmän huomioon sekä ihmisten että koneiden syklijat ja käytetään 3d-layout suunnittelua ja simulointimalleja pelkästään perinteisen 2d-layoutin sijaan. Kun tuotantoa automatisoidaan paranee laatu ja työturvallisuus samalla. Esimerkiksi ergonomiasta johtuvat vammat saadaan minimoitua. (Leanware 2021.)

Machinetoolin webinaarissa kriisinkestävää tuotantoa kerrottiin Suomen käytössä olevan robotiikan kasvun tyrehtyneen etenkin muihin Euroopan maihin verrattuna 2010-luvulla. Nyt on nähtävillä maltillista kasvua etenkin yhteistyörobottien kanssa, mikä turvaa myös Suomen teollista kehitystä ja tulevaisuuden työllisyyttä. Cobottiratkaisuilla on todella potentiaalia Suomessa. Kun ihminen työskentelee cobotin kanssa järkevästi työn tuottavuus ja kokonaiskapasiteetti saadaan nousemaan merkittävästi. (Machinetooll 2021.)

Toimitusketjun toimittajat ovat aikaisempaa tärkeämmässä roolissa. COVID19 on muuttanut pysyvästi myös toimitusketjuja. Nyt on trendinä, että maailmalta kotiutetaan Suomeen takaisin työtä. Herkät, pitkälle ketjutetut mutta kustannustehokkaat toimitusketjut saavat rinnalleen lähellä olevat varmat ja laatukustannuksiltaan pienet esimerkiksi kotimaiset toimittajat.

Jotta Suomessa pärjätään jatkossakin eli saadaan pidettyä työt täällä kilpailukykyisesti tulevaisuudessa on meidän oltava ylivoimaisia joissakin esimerkiksi kehittyneissä ratkaisuissa, sillä työvoimakustannukset ovat meillä korkealla tasolla. Automatisoinnin kautta on mahdollista saada nopeaa taloudellista tulosta.

3.2 Robotiikka avuksi työvoimapulaan

Työvoimapulaa on olemassa maailmanlaajuisesti. Suuri osa yrityksistä kokee haasteelliseksi löytää ammattitaitoisia työntekijöitä ja samanaikaisesti työikäisen väestön määrä pienenee useassa maassa. Robotiikka ei ratkaise kaikkia työvoimahaasteita, mutta yritysten kokemusten mukaan se on oikea tapa aloittaa. Robottien ansiosta ihmisiä ei tarvitse enää palkata yksitoikkisiin, toistuviin ja

tapaturma-alttiisiin töihin. Ne vapauttavat työntekijät tehtäviin, jotka ovat ihmiselle mielekkäämpiä ja joissa voidaan hyödyntää ongelmanratkaisutaitoja ja luovuutta. (UR 2021.)

Suomessakin on haastavaa löytää työntekijöitä raskaisiin fyysisesti vaativiin ja paljon toistoja sisältäviin töihin. Työntekijät eivät myöskään halua välttämättä tehdä lisävuoroja esimerkiksi kolmivuorotyötä tai yövuoroja, joita kasvavaan kysyntään vastaaminen edellyttäisi eli prosesseja ei pystytä pyörittämään täydellä teholla henkilöstövajeiden vuoksi. Yksitoikkoisesta työstä, toistuvista liikkeistä ja nostoista kehittyä helposti työtapaturmia ja näiden vuoksi menetetään terveyttä, työpäiviä ja saadaan aikaan kustannuksia. Tarvitaan siis lisää joustavuutta paikkaamaan tilauskannan vaihtelut. Robotiikan avulla työntekemisestä saadaan joustavampaa sekä mielekkäämpää ja erityisesti nuorille hakijoille houkuttelevampaa.

Kun työntekijöille annetaan mahdollisuus opetella uusia taitoja, se sitouttaa heitä ja rakentaa yrityskulttuuria, joka houkuttelee samanhenkisiä ihmisiä. Siten työntekijöistä tulee ongelmanratkaisijoita ja edelläkävijöitä, jotka auttavat yritystäsi menestymään. Tutkijat ovat havainneet, että ihmis-robotitiimit olivat tuottavampia kuin kumpikaan yksin ja ne lyhensivät ihmisten toimetonta aikaa 85%. (UR 2021, 8,9)

4 TYÖSSÄ KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä opinnäytetyö on kvalitatiivinen kehittämistyö, missä tavoitellaan uuden tehokkaamman tulevaisuuden toimintatavan löytämistä tuotantoprosessiin. Tämä lopputyö on tehty korona-aikaan keväällä 2021, mikä on antanut omat haasteensa nähdä asioita perinteiseen tapaan käytännössä. Toisaalta myös muuttuneet olosuhteet ja toimintatavat ovat antaneet uusia tapoja tiedonhakuun esimerkiksi webinaareja on aikaisempaa enemmän löydettävissä. Automatisoinnissa pyritään etsimään uudenlaisia ratkaisuja nykytekniikalla. Tässä opinnäytetyössä etsitään tulevaisuuden kehitysajatuksia. Mikä on muuttunut kokoonpanomenetelmien automatisoinnissa sitten MML:llä aloituksen eli vuoden 2014 jälkeen.

Työssä etsittiin myös menetelmää, millä voidaan todeta automatisoitavat kohdat sekä eriyttää työntekijöille jäävät työt. Suoraan tällaista menetelmää en löytänyt. Varsinaisia kokoonpanon ratkaisuja samanlaisiin kohteisiin kuin yksikkökokoonpano on, löytyy heikosti. Yleisimmät uusimmat robotiikan ratkaisut käsittelivät lähinnä tavarantoimintaa ja vientiä. Löytynyt aineisto vaikuttaa luotettavalta, sillä useammat yritykset kertovat samansuuntaisista kehitysajatuksista käyttäen samoja perusteita.

4.1 Benchmarking

Benchmarking tarkoittaa oman toiminnan vertaamista toisten organisaatioiden toimintaan, useimmiten siihen parhaaksi todettuun vastaavaan käytäntöön. Benchmarkkaus on hieman huonosti suomenkieleen istuva termi mutta jo yleisesti käytetty. Benchmarkingin perusidea on toisilta oppiminen ja oman toiminnan kyseenalaistaminen. Parhaimmillaan yritysten välinen benchmarkkaussuhde on pitkäaikaista ja sellaista missä molemmat puolet hyötyvät yhteistyöstä, kuitenkin vahingoittamatta toisen toimintaa. Eli perehdytään siihen, kuinka alalla toimivat hyvät esikuvat asian tekevät ja jalkautetaan hyväksi havaittu toiminta omaan organisaatioon. Yleensä

kopioitavat ideat kohdistuvat niihin prosessien kohtiin, mitkä itsellä kaipaavat eniten parannusta.

Kehityksen tie – Benchmarking käsikirjassa benchmarkingin askeleita kuvataan seuraavasti:

1. Määrittele benchmarking-kohde
2. Tunnista benchmark-yritykset
3. Opi, miten ME sen teemme
4. Opi, miten HE sen tekevät
5. Tavoitteiden asettaminen
6. Soveltaminen ja käyttöönotto
7. Vakiinnuttaminen ja jatkokehitys (K. Tuominen 2016)

Korona-aikana vierailut eri tuotanto-organisaatioihin ovat olleet normaalia haastavimpia saada aikaiseksi. Tässä opinnäytetyössä on vertailtu toisten yritysten toimintaa ja toimittajien ratkaisuja myös virtuaalisesti, webinaarien sekä nettisivujen kautta. Alla esimerkkilistaa näistä:

Insecon. Automaattoratkaisujen esittely. Mika Nurminen. 31.03.2021

TAMK. Teams-palaveri J. Siivonen. 31.03.2021

Metecno uutiskirje. MeteMan-cobottiaseman järeämpi malli. 30.03.2021

Universal-Robots ja Oy Machine Tool Co. Koulutusseminaari. 8.4.2021

Cobottien avulla esimerkiksi toistettavat hommat voidaan antaa robotille niin, että ihminen kuitenkin on työssä mukana kontrolloivana henkilönä. Cobotit eivät poista ihmisen roolia kokonaan, vaan ne työskentelevät yhdessä ihmisen kanssa kuten cobottien suomenkielinen nimi yhteistyörobotti asian kertookin.

4.1.1 Agco Power ja kokoonpanon yhteistyörobotit

Agco Powerin kokoonpanossa tullaan hyödyntämään yhteistyörobotteja. Investointiohjelman kokonaissumma nousee merkittävästi yli 100 miljoonaan euroon. Noin 50 miljoonaa kuluu uuden moottorin suunnitteluun. Kun moottori uudistuu täysin, ei sitä voida valmistaa nykyisillä valmistus- ja kokoonpanolinjoilla. Kokoonpanolinjat suunnitellaan niin, että kaikki moottorit

kokoonpannaan yhteistyörobottien avulla. Vanhat, täysautomaattiset kokoonpanolinjat poistetaan. ”Uudella linjastolla cobotit ja ihmiset kokoonpaneavat vanhoja ja uusia moottoreita sulassa sovussa. Robotteja ei enää karsinoida”, Agco Powerin toimitusjohtaja kertoo. Tähän ratkaisuun päädyttiin joustavuuden takia. (Tekniikka ja talous 2019.)

Agco Power valitti benchmarking kohteeksi siitä syystä, että kokoonpanotuotanto on hyvin samankaltainen kuin GD kokoonpano.

Agco Powerin kokoonpanotyön uudistamista nimenomaan tulevaisuuden tekniikoiden näkökulmasta on tehty yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa. Projektissa on tutkittu mm. kokoonpantavuutta, komponenttien integroimista yhteen, nykyaikaisempaa konstruktiota, helpompaa liitettävyyttä ja komponenttien valmistuksen kotiuttamista Suomeen. Suunnitelmat testataan ennen käyttöönottoa simuloimalla. (Tekniikka ja talous 2019.)

4.1.2 Robottiikan hyödyntäminen Pentikin keramiikkatehtaalla

Robottiikka ja kollaboratiiviset robotit eli cobotit, jotka toimivat ihmisten kanssa yhteistyössä muuttavat käsitystämme työnteosta ja ympäröivästä maailmasta. Joulukuussa 2018 TEHOJA-hanke tutki ja toteutti kollaboratiivisen robotiikan sovellusmahdollisuuksia tuotantoautomaatioon. Oulun ammattikorkeakoulun (Oamk) konetekniikan osaston TEHOJA-hankkeessa tutkittiin, kuinka yritykset voivat soveltaa tuotantoautomaatiota ja toteuttaa sarjavalmistuksen kustannustehokkaasti. Kahvikuppien lasitus Pentikillä on ollut pitkään käsityötä. Hankkeessa tehtävänä oli toteuttaa robotti, joka yhteistyössä ihmisen kanssa lasittaisi keramiikkaa, näin ihmisen työergonomia ja työssä jaksaminen tehostuisivat. Lasituksen robotiikkatestaus tehtiin oikeassa tuotantoympäristössä yhdessä työntekijöiden kanssa, jolloin toimintavirheet huomattiin. Lopputuloksena syntyi toimiva ja helppokäyttöinen yhteistyörobottikonaisuus eikä robotin työnjälki eroa ihmisen tekemästä. (Epooki 2018.)

Machinetoolin myynti-insinööri Juho Liljamo on itse ollut mukana tässä Pentikin robotiikkaprojektissa ja kuulin häneltä tästä yritysesimerkistä. Erityisen iloinen

Juho oli kertoessaan siitä, kuinka lasitusprosessin cobotit saatiin käyttöön ja cobotiikan käyttö yrityksessä kasvoi. On erittäin tärkeää, että robotiikan käyttöönotossa onnistutaan ensimmäisellä kertaa hyvin, koska silloin työntekijöille jää hyvät fiilikset. Tämän jälkeen tapahtuu ns. Pentik-efekti, jossa työntekijät saadaan innostettua robotiikan lisäämiseen.

Ennen lasituscobotin käyttöönottoa, lasitus tehtiin käsityönä vaativana työvaiheena, missä toistoja tuli 800-1000 kertaa päivässä. Lasituscobotin käyttöönotossa oli mukana kaksi tuotannon työntekijää, jotka monistivat saman toiminnon itsenäisesti ilman ohjelmointitautaa 22:een erilaiseen tuotteeseen. (L.Kaivosoja 2020)

On hienoa, että Suomessa yhä sekä suunnitellaan että valmistetaan itse tuotteet. Työvaiheita ei ole ulkoistettu. Pentik pystyy valmistamaan sekä pientä että isoa tuotantosarjaa kannattavasti. Koneet on käyttökohteeseensa räätälöityjä ja uuden suunnittelua ja valmistelua tehdään koko ajan aktiivisesti. Tuotannosta löytyy useita robotisoituja soluja ja jäljellä olevat käsityövaiheet tehdään viisaalla tavalla. Tulevaisuudessa Pentikillä otetaan lisää cobotteja käyttöön ja näillä korvataan lisää toistuvia, raskaita liikkeitä tai poistetaan ylimääräiset liikkeet. Pentikillä koetaan haasteita työvoiman saatavuuden kanssa, automaatiolla saadaan myös apuja tähän. (L.Kaivosoja 2020)

Jos yrityksessä ei ole vahvaa automaatio-osaamista kannattaa ensimmäisen cobotin käyttöönotto tehdä yhteistyössä ammattilaisten kanssa avaimet käteen periaatteella, kuitenkin niin, että omasta organisaatiosta ollaan vahvasti mukana oppimassa. Kun ensimmäinen cobotti on saatu onnistuneesti käyttöön, seuraavan kohteen käyttöönotto onnistunee jo hyvin pitkälle oman tuotannon osaajien kanssa. (L. Kaivosoja 2020)

4.2 Pilotointi TAMK automatiikan laboratoriossa

Vierailin virtuaalisesti myös TAMKin automatiikan laboratoriossa 31.03.2021. TAMK automatiikan laboratoriossa on mahdollista pilotoida ja simuloida erilaisia automaatiotekniikan ratkaisuja. Mallinnusta asiakkaan toiveiden mukaan voidaan

tehdä riittävällä tasolla ja näistä voidaan tarvittaessa saada tietoa myös DFA eli Design For Assembly kokoonpanontavuudesta. Simulaatiot helpottavat esimerkiksi tilan käytön hahmottamista tai vähentävät suunnitteluvirheitä käyttöönotossa. Tarvittavat kiinnittimet voidaan tehdä vaikka 3D-mallinnuksen keinoin. Pilottivaiheessa nähdään myös mikä onnistuu ja mikä ei.

TAMKin robotiikan opettaja vieraili myös GD:n tuotannossa 21.4.2021. Saimme myös tarjouksen simulaation tekemisestä tämän opinnäytetyön perusteella. Simulaatio kohdistuisi volyymituotetta pienempään tuotteeseen. Simuloinnissa on mahdollista tutkia, mitkä kokoonpanon vaiheet on järkevää automatisoida ja mitkä vaiheet jättää ihmisen tehtäväksi. Simuloinnin tulokset ovat sitten skaalattavissa myös muihin tuotantomalleihin.

Suomessa on meneillään joustava tuotanto & teollisuusrobotiikka -hankevalmistelu SMACC Digital boost for finnish industry (SMACC hanke 2021). Hankkeessa ovat mukana tutkimuslaitokset ja yritykset. Projektin tavoitteena on joustavan piensarjatuotannon & teollisuusrobotiikan vaatimien teknologioiden kehittäminen ja soveltaminen case-yrityksien tarpeisiin soveltuvalla tavalla. Kyseisellä yhteishankkeella haetaan Suomeen kasvua, kansainvälisyyttä & uutta liiketoimintaa sekä kilpailukyvyyn kehittämistä Suomalaisen valmistavan teollisuuden arvoketjussa. Joustavuus on yksi vahva kilpailukyvyyn osatekijä. (J. Siivonen).

4.3 Käytännönläheinen tapaustutkimus

Tapaustutkimus (case study) soveltuu lähestymistavaksi silloin, kun halutaan syvällisesti ymmärtää kehittämisen kohdetta ja tuottaa uusia kehittämisehdotuksia. Tapaustutkimus vastaa kysymyksiin ”miten?” ja ”miksi?”

Tavanomainen prosessi tapaustutkimuksessa:

- Alustava kehittämistehtävä
- Ilmiöön perehtyminen käytännössä ja teoriassa, kehittämistehtävän täsmennys
- Empiirisen aineiston keruu ja analysointi (haastattelut, kyselyt, havainnoinnit)

- Kehittämisehdotukset tai -malli

(Oppariapu 2015)

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin yhden volyymituotteen kokoonpanon kapasiteetin kasvattamiseen lähinnä uuden tulevaisuuden toimintatavan näkökulmasta. Tuloksena syntyi kehittämisehdotuksia. Opinnäytetyön tekijä tutustui volyymituotteen kokoonpanomenetelmiin sekä siihen liittyviin työhohjeisiin, räjäytyskuviin, osaluetteloihin ja kokoonpanolinjan vaihekohtaisiin ohjeisiin sekä maailmalla oleviin uusimpiin kehitysajatuksiin.

Tehtaan työntekijöille tiedotettiin tästä kehitystyöstä tuotantopalavereissa sekä henkilöstön infolehdessä nimeltä Paineposti helmikuussa 2021. Painepostin juttu liitteessä 1. Opinnäytetyön tekijä tutustui myös kokoonpanomenetelmiin käytännönläheisesti työntekijöiden kanssa tehden samalla havaintoja nykyisistä prosesseista vapaamuotoisten haastattelujen muodossa. Haastatteluhavainnot ovat yksittäisiä havaintoja ja keskittyvät lähinnä nykyisten työprosessien parantamiseen ja suppeaan otantaan eli näiden perusteella ei voi tehdä suurempia päätelmiä. Työnohjaajien kanssa olemme pitäneet useita ohjauspalavereita. Näissä palavereissa määriteltiin myös tämän opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset. Seuraavassa kuvassa olen MML-linjaan tutustumassa.



KUVA 3. Opinnäytetyön tekijä tutustumassa työmenetelmiin helmikuu 2021

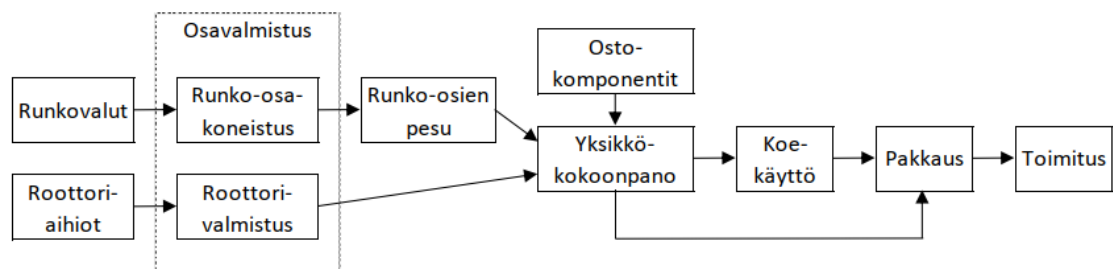
5 NYKYTILA KOKOONPANO

Tässä kappaleessa käydään läpi nykyistä valmistusprosessia sekä nykyisiä yksikkökokoonpanomenetelmiä. Menetelmiä on kaksi eli puoliautomaattinen Mixed Model Line sekä pukkisolu. Kappaleessa kerrotaan myös MML:n työturvallisuuden ja ergonomian huomioinnista sekä työvaiheiden seurannasta volyyminimikkeellä.

5.1 Ruuviyksikön valmistusprosessi

Alla yksinkertaistettu kuva kohdeyrityksen tuotannon valmistusprosessista. Ruuviyksikkökokoonpano on jaettu kolmeen eri kokoiseen työpisteeseen tuotteiden koon mukaan eli pienet, keskikokoiset ja suuret yksiköt.

Osavalmistuksesta saadaan yksikkökokoonpanoon koneistettavat runko-osat (runkovalut raaka-aineena) ja roottorit (roottorivalut tai teräspyörätanko aihiona). Muut osat hankitaan alihankinnasta tai toimittajilta.



KUVA 4. Ruuviyksikön valmistusprosessi (Lyytikäinen 2020, 52).

Roottorivalmistus koostuu akselien sorvauksesta ja muodon avauksesta jyrsimällä, pyöröhionnasta, profiilin viimeistelyhionnasta sekä pesuvaiheesta. Roottorit valmistetaan erätuotantona. Eräkoot vaihtelevat roottorin kokoluokan mukaan muutaman kappaleen erästä jopa muutaman sadan kappaleen erään. Roottorit valmistetaan erätuotantona pitkien asetusajojen takia. Valmiit roottorit siirretään roottoripareittain asetelluissa seteissä roottorisupermarketiin, jossa ne ovat kokoonpanon käytettävissä. Yksi roottoriparissetti sisältää roottorit yhteen tai muutamaa kymmeneen saman mallin yksikköön. Runko-osakoneistus koostuu

kahdesta FMS:stä eli joustavasta valmistusjärjestelmästä, joissa on yhteensä kymmenen työstökoneetta. (Lyytikäinen 2020, 52).

Runko-osat pestään pesukoneessa ja puhalletaan paineilmalla kuivaksi ennen kokoonpanosolun läpivirtaushyllyä. Yksikkökokoonpanon jälkeen tuotteet koekäytetään joko samassa työpisteessä, erillisessä koekäyttösolussa tai konsernin sisäisillä asiakkailla kompressoripaketin testauksen yhteydessä.

5.2 Yksikkökokoonpanon tekeminen pukilla

Seurasin tuotannossa mallin Enduro 25 valmistusta pukeilla haastatellen tuotannon väkeä samalla. Havaintojen pohjana oli Gardner Denverin yksikkökokoonpanon työohje Enduro:lle. Pukki-kokoonpanosolu koostuu itse pukista (seuraavassa kuvassa sininen kiinnitysjiigi) ja vastapäätä olevasta pöydästä. Pöydän ja pukin yläpuoliset tilat on käytetty materiaalien käyttövarastoina. Pukissa on kohdistusreikiä eri mallien kiinnitystä varten. Pukki eli kokoonpanojigi on sähköisesti sekä korkeus- että pyörimisasennoissa säädettävä. Kun pukki pyörii pituusakselinsa ympäri se mahdollistaa eri työvaiheiden teon ergonomisesti ja oikeassa asennossa. Työpisteessä on myös nosturi sekä pukkia vastapäätä pöytä, missä osa työvaiheista tehdään. Suurin osa tarvittavista osista löytyi työsolusta läheltä, mutta joitakin osia piti hakea työsolun ulkopuolelta ja tämä aiheuttaa turhaa hukkaa. Nykyisten pukki-solujen käytössä olevaa pinta-alaa on pienennetty siitä, mitä ne ovat olleet historiassa. Pukki-kokoonpanotapaa on käytetty vuosikymmenien ajan ja samantapaista jigi-ideaa käytetty myös puoliautomaattisella Mixed Model Linella.

Nyt tuotannossa käytössä kolme pukkia ja osa näistä jää mahdollisesti tulevaisuudessakin käyttöön esimerkiksi erikoistuotteita valmistettaessa.



KUVA 5. Kuvassa pukki, missä valmistetaan kerralla kaksi yksikköä

Erikoismallit valmistetaan tällä hetkellä pääsääntöisesti pukeilla. Työ tehdään paperisen tuotantotilauksen mukaisesti. Tuotantotilauksella näkyvät yhteiset, vaihtuvat ja käytettävät osat sekä korjaussarjat että näiden kpl-määrät, tuotteen konfiguraatio ja seuraava työvaihe eli tässä tapauksessa yksikön koekäyttö.

Enduro 25 on suurikokoisin Enduro sarjasta. Kompressoriyksiköiden runko on suorassa ja vaihteellisessa sama, tarpeettomat reiät tulpataan. Pukeilla valmistetaan aina 2 kappaletta kerralla. Valmiin yksikön paino n. 112kg eli nosturia on käytettävä.

Ensimmäisessä työvaiheessa tarkistetaan, että kaikki tarvittavat osat ovat käytettävissä ja ne ovat puhtaita. Rungoista tulpataan ylimääräiset reiät ja kiinnitetään rungot kokoonpanopukkiin. Asennetaan laakerit ja öljytään ne. Roottorit tarkistetaan silmämääräisesti, puhdistetaan ne rätillä ja asennetaan paikalleen. Työ tehdään loppuun kokoonpano-ohjeen mukaisesti. Viimeisessä vaiheessa kiinnitetään tyyppikilpi.



KUVA 6. Osa työvaiheista tehdään työpisteen pöydän päällä, mikä vastapäätä pukkia



KUVA 7. Ruuvi paikalleen pukilla, 2 kappaletta työn alla



KUVA 8. Valmis Enduro-pari

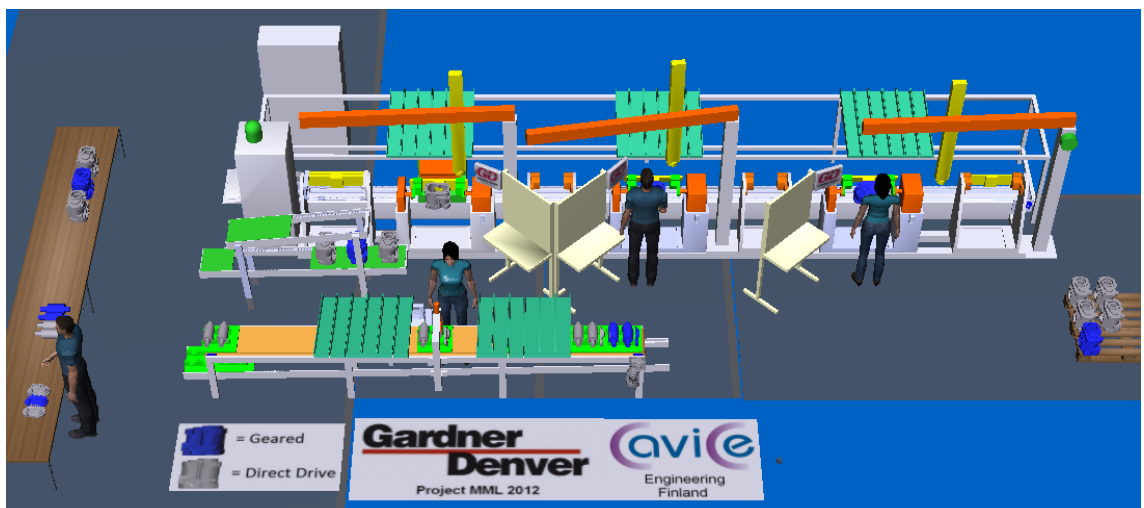
5.3 Yksikkökokoonpanon tekeminen MML:lla

Keskikokoisten kompressoriyksiköiden valmistusta varten suunniteltu puoliautomaattinen Mixed Model Line otettiin käyttöön kokoonpanotyössä vuonna 2014. MML on linjakokoonpano, missä työ siirtyy linjamaisesti työpisteestä toiseen ihmisen pysyessä paikallaan yhdessä työpisteessä. Tämä linjakokoonpanotyö on ihmisen ja koneen toiminnan yhteistyötä ja automatiikka toimii ihmisen työkaluna. Tällä kokoonpanolinjalla valmistetaan perusmalleja variaatioineen kuten E6, E12 (+versiot), E12G, E12 DGT, E25 (+versiot), E25G, E25DG, EK76, TN4, EK100 ja TN8. Investoinnin tavoitteena oli lisätä valmistuksen tehokkuutta ja säästää tuotantopinta-alaa sekä virtauttaa tuotanto tehokkaammin. Myös hukka ja ylituotanto pienenevät.



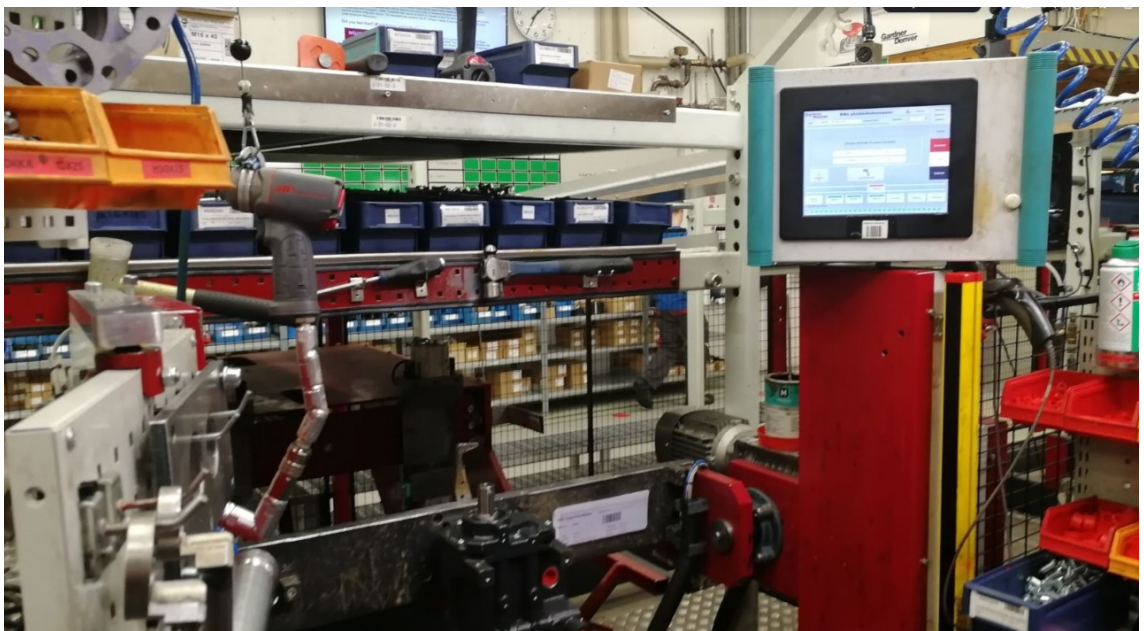
KUVA 9. MML-linjan alkupäässä jono pääkomponentteja odottamassa kokoonpanoon huhtikuussa 2021

MML on nimensä (Mixed Model Line) mukaisesti suunniteltu 1 kappaleen sarjakoolle ilman asetusaikoja! Kaikki mallit on mahdollista tehdä MML:llä. Linjaa ei tehty pelkästään Enduro-tuotantoa varten. Linjan tahtiaika on määritelty seuraavanlaiselle työjonoille; yksi vaihteellinen yksikkö – 2 suoraa eli ei-vaihteellista yksikköä, tällainen työjono simuloitu seuraavassa kuvassa.



KUVA 10. Alkuperäinen suunnitelma MML-linjasta 2012 neljällä työntekijällä (GD)

Linjalla on kolme työpistettä. Alustavassa linjan suunnitelmassa oli myös neljäs työ eli linjuri, jonka tavoitteena oli huolehtia materiaalien riitosta, tehdä avustavia töitä ja siirtää valmiit kappaleet eteenpäin. Tällä hetkellä on päädytty siihen, että kolme työntekijää työpisteissä on riittävä määrä linjalla. Työpisteissä tarvittavat työkalut ja materiaalit on sijoitettu lähelle. Tässä tuotantolinjassa ovat käytettävät materiaalinimikkeet ja valmistusmenetelmät tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Kompressorien pääkomponentit otetaan linjalle varastohyllyiltä, pienemmät tarvikkeet löytyvät työpisteistä vaihekohtaisesti. Työpisteissä on ns. autotehdasnäytöt eli työohje näkyy kosketusnäyttöruudulla ja ohje etenee aina tehtävän vaiheen mukaan kun tehty työvaihe on kuitattu. Työntekijäkohtaiset asetukset on määritetty työpisteisiin ja työpiste mukautuu käyttäjän asetuksille tekijän kirjaututtua työlle. Työn aloitus tehdään keräilylistan viivakoodilla. Työpisteillä on automaattisesti työvaiheen mukaan kääntyvä pukki samaan tapaan kuin pukkisolun manuaalisesti ohjattu pukki. Työvaiheen kuittauksen jälkeen yksikön asento ja paikka muuttuu automaattisesti tuotantovaiheen näin vaatiessa.



KUVA 11. MML-työpiste, työpisteissä myös valoverho turvallistamiseksi



Kuva 12. Työpiste kuljettimella

Työmäärä on jaettu vaiheittain järkevästi kolmeen osaan. Työntekijät vaihtavat työpisteitä tauotuksen luontaisesti antamalla rytmillä. Valmistettavien kappaleiden tavoitemäärät per vuoro vaihtelevat vuorossa olevan henkilöstömäärän mukaan. Työt liikkuvat turvahäkin sisällä kiskoja pitkin sitä mukaan kun työ valmistuu kiskoilla liikkuvan ”sukkulan” tai ”possujunan” kyydissä. Mixed Model Line on suunniteltu valmistamaan kaikki mallit, myös vaihteelliset.



KUVA 13. MML tausta. Punainen possujuna turvahäkissä. Häkin yläpuolella tarvikelaatikoita työpisteiden materiaaleille

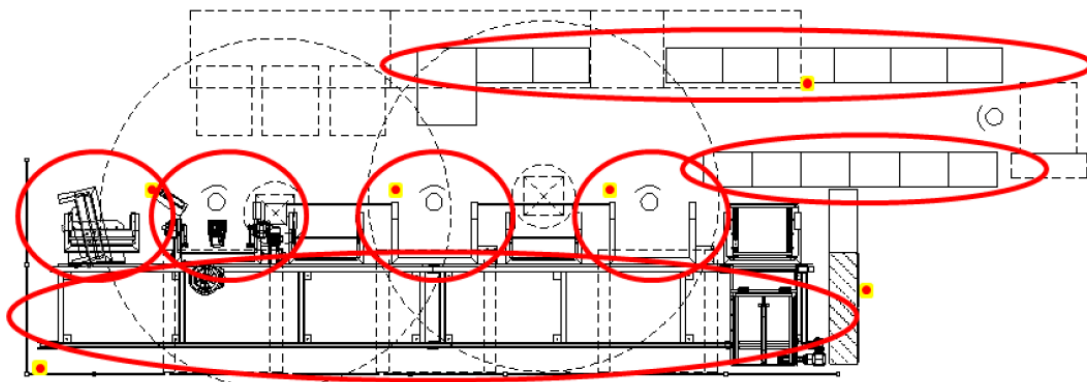
5.4 Työturvallisuus ja ergonomia huomioitu Mixed Model Linella

Työturvallisuus on hyvin huomioitu MML:lla. Työpisteillä ja luovutusasemalla on valoverhot, linjalla varoalueet, sukkulalla turvapuskurit ja 6 kpl:tta hätäseis-painimia ovat käytössä. Nostoja varten on tarvittavat nostimet eikä manuaalisia nostoja tarvitse tehdä.

Työasemilla ja luovutusasemalla on valoverhot, jotka valvovat asemalla työskentelyä yksikön ja sukkulan liikkeiden varo-alueella. Valoverhon vaikuttuessa aseman ylös/alas- ja kiertyvä liike sekä sukkulan ulostyöntävä/poisvetävä liike katkeaa. Kun valoverhon alue on taas vapaa, katkenneet liikkeet jatkuvat ilman eri toimenpiteitä (Gardner Denver 2014, 3). Kun turvaverhon välissä on henkilö työskentelemässä, ei pukki käänny. Turvaverhon kuittausnappi on myös niin kaukana pukista ettei ihminen vahingoitu pukin automaattiohjauksella toimivista liikkeistä.

Linjalla on 6 kpl:tta Hätä-seis –painikkeita seuraavan kuvan mukaisesti. Hätä-seis painikkeita ei ole tarvinnut käyttää linjan työntekijöiden mukaan eli varsinaisissa

hätätilanteita ei ole ollut. Kuvassa näkyvät myös varoalueet eli sukkulan rata molemmin puolin sukkulaa, työasemat, luovutusasema ja kuljettimet.



KUVA 14. MML hätäseis ja varoalueet (Perehdytysmateriaali 2014, 4).

5.5 Työvaiheiden seuranta volyyminimikkeellä

Seurasin työvaiheita volyymituotteella Mixed Model Line:lla yhdessä henkilöstön kanssa useammassa työvuorossa. Tein seurantapohjaksi yhdistelmän volyymituotteen EK100 kuvallisesta työhjeesta lisäten siihen nimikeluettelon ja tarvittavat kappalemäärät. Työhjeet ja kuvat ovat samoja, mitä käytetään linjan kosketusnäytöillä. Tarkastelussa oleva volyymituote EK100 sisältää osaluettelon mukaan 30 erilaista nimikettä, yhteensä 62 kappaletta. Tuotteiden rakenteet ovat siis suhteellisen yksinkertaisia.

Luottamuksellisten suhteiden luonti ihmisten kanssa oli luontevaa, sillä kaikilla oli sama päämäärä eli löytää keinoja tuotantotapojen tehostamiseksi. Myös automatisoinnin lisäämiseen linjalla suhtaudutaan hyvin, sillä on yhteinen ymmärrys siitä, että saamme linjalta näin läpi kasvavan volyymin eikä työntekijöitä tarvitse laittaa kolmivuorotyöhön.

Varsinaista työhjetta eivät pitkään linjalla työtä tehneet lue, vaan käyttävät näyttöä lähinnä kuittaamaan työvaiheet. Toimintatavassa on omat riskinsä eli tilauksen eroavuudet saattavat jäädä huomaamatta. Työhjeen mukaisesta työjärjestyksestä poiketaan myös. Työntekijöiden mukaan on hyvä saada tehdä

myös erilaisia työvaiheita esimerkiksi valmistelevia ja lopettavia töitä työn mielekkyyden ylläpitämiseksi. Työvaiheiden väliset siirrot ja nostot tehdään automaattisesti tai nostimia käyttäen. Turvallisuudesta huolehdittu hyvin. Työ kokoonpanolinjalla koetaan silti raskaaksi, jäljellä vielä raskaita työvaiheita esimerkiksi hakkaustyö vasaralla (laakerien paikoitus täsmällisesti paikalleen) sekä yksitoikkoinen toistoja sisältävä työ kuormittaa. Hakkaustyöstä kuormittuvat olka- ja kyynerpää.

6 AUTOMATISOINNIN PROJEKTI

Automatisointiprojekteissa on yleensä perusteena kapasiteetin nosto sekä laadun ja työturvallisuuden parantaminen. Valittuun automatisointitapaan vaikuttavat mm. automatisoinnin nykytaso kohteessa, käytettävä investointiraha ja aikataulu, tuotanto- ja varastointitilan suuruus, automaatiotyökalun valinta, töiden tarvitsema ulottuvuus, tarttujien tarve, siirtoetäisyydet, maksimipainot, kulkureitit. Nykyään on tarve automatisoida yhä pienempiä sarjoja yhä suuremmalla variaatioiden määrällä (high mix, low volume VS. high mix, no volume). Tai sellainen työ, joka on vaikeaa ihmisellekin. Tuotantojärjestelmien joustavuus paranee koko ajan, ne kykenevät aina paremmin muuttuviin nimikkeisiin ja tuotteisiin.

Onnistunut robotiikan käyttöönotto sisältää seuraavat kolme perusasiaa:

1. Robotiikka osaamista pitää olla tai jos ei itsellä ole, käytä osaavia yrityksiä sekä hanki itselle osaamista.
2. Ymmärrys omasta tuotantoprosessista.
3. Oikeat työkalut ja laitteet.

Tehtaat rakennetaan nykyään kahteen kertaan – ensin ruudulla, sitten fyysisesti. Suunnittelu- ja simulointiohjelmistoilla tehtaan tai järjestelmän toiminnan pystyy todentamaan kustannustehokkaasti ja nopeasti.

Automaation määrän nosto kannattaa tehdä pala palalta ja aloittaa sieltä, mistä tuloksia saadaan aikaan nopeasti eli tehdä ns. low hanging fruits ensin. Robotiikan käyttöönotto vapauttaa ihmisiä korkeamman lisäarvon tehtäviin. Lähes kaikki työvaiheet on mahdollista automatisoida, esimerkiksi kaikki työvaiheet tässä yksikkökokoonpanotyössä kuten ruuvaukset ja tulppaukset on mahdollista suorittaa automaattisesti. Täydellinen 100% automatisointi on taas vaikeaa ja kallista. Paras ja järkevin automatiikan taso löytyy käyttämällä 20/80-sääntöä eli 20%:n automatisoinnilla saavutetaan 80%:sti hyötyjä. Automatiikan ratkaisujen kustannukset ovat pienentyneet huomattavasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Mahdollisuudet käyttää esimerkiksi konenäön menetelmiä ovat lisääntyneet. Automaatioratkaisuille tehdään aina ennen käyttöönottoa riskinarviointi, jotta voidaan varmistaa turvallisuus.

6.1 Tavoitteena onnistunut robotiikan käyttöönotto

Tässä kappaleessa on käytetty tietolähteenä Machinetoolin webinaaria ”kriisinkestävää tuotantoa”. Täysautomaatio ei ole aina se järkevin ratkaisu onnistuneessa robotiikan käyttöönotossa. Parhaita tuloksia on saatu, kun käyttöönotto tehdään nopealla aikataululla keskittyen erityisesti automatisoinnin alkuvaiheessa yksinkertaisiin tehtäviin. Ensivaiheessa on oltava hyvä ymmärrys robotiikan näkökulmasta omista tuotantoprosesseista eli mitä kannattaa automatisoida. Paras tulos yhteistyörobotiikan käyttöönotosta saadaan silloin, kun cobotin parhaat puolet on hyödynnetty kuin myös ihmisen tehokkuus käytetty hyväksi. Koneistajien ja kokoonpanijoiden kouluttaminen yhteistyörobotiikan maailmaan ja osallistuttaminen cobottien käyttöönottovaiheessa muun projektiorganisaation kanssa on todettu olevan tuloksellista. Peruskoulutuksen jälkeen työntekijät itse osaavat innovoida yhteistyörobottien seuraavia käyttöönottokohteita tai monistaa käyttöönotettua sovellusta samantapaisiin kohteisiin.

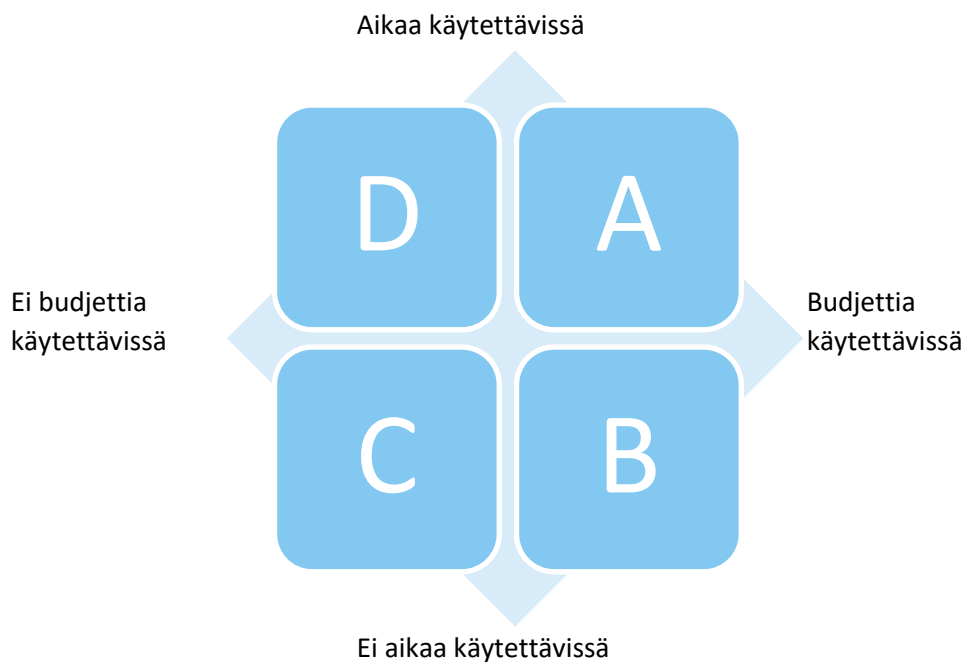
6.2 Käytettävissä oleva aika ja projektin budjetti

Investointeina pidetään menoja, jotka rahamääriltään ovat suuria ja joissa tulon odotusaika on pitkä. Reaali-investoinnissa raha käytetään tuotannontekijöiden hankkimiseen tuottojen saamiseksi. Investoinnit ratkaisevat suurelta osin yrityksen tulevaisuuden. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 195.)

Haverila, Uusi-Rauva, Kouri ja Miettinen (2009) painottavat, että investointien huolellinen suunnittelu sekä niiden kannattavuuden ja rahoituksen laskeminen on tärkeä kysymys. Yhteensopivuutta yritysstrategian kanssa on korostettava. Yrityksen kokoon nähden mittava investointi saattaa heikosti toteutettuna vaarantaa jopa koko yrityksen tulevaisuuden. Investointipäätöksen valmistelu on tärkeä osa yrityksen toiminnan suunnittelua. Yksi vaihe tässä on esitutkimus (feasibility study), tekninen ja taloudellinen toteutettavuustutkimus, jonka avulla voidaan päätellä investointiprojektin tarkoituksenmukaisuus. (Haverila ym. 2009, 196)

Tuottavuusinvestoinnit: sijoitukset, joissa tuottoja lisäämällä ja kustannuksia vähentämällä parannetaan kilpailukykyä, esimerkiksi aiempaa tehokkaampien koneiden hankinta ja rationalisointi-investoinnit. (Haverila ym. 2009, 197.)

GD:llä nähdään, että keskikokoisten yksiköiden kokoonpanoon on järkevä investoida ja kehittää sekä myös tässä kokoonpanovalmistuksessa halutaan olla kehityksen kärjessä. Nämä on nähty myös strategisesti tärkeiksi asioiksi ja satsauksiksi tulevaisuuteen. Seuraava kuva kertoo neljä eri tapaa tehdä projekti aika ja budjetti huomioiden. GD kokoonpanon automatisointiprojektissa ollaan vaiheessa D eli suunnitellaan tulevaa ja tullaan valitsemaan konsepti, millä järkevin edetä.



KUVA 15. Käytettävissä oleva budjetti ja aika projektissa

- A. Aikaa ja budjettia käytettävissä. Suunnittele ja toteuta eli määritä kohteet, aloita yksinkertaisesta ja opi tekemällä
- B. Budjettia käytettävissä, ei aikaa. Etsi sopiva kumppani ja toteuta. Määrittele kohteet, aloita yksinkertaisesta, pysy mukana projektissa
- C. Ei budjettia eikä aikaa käytettävissä. Hanki oppia. Investoi itseesi hankkimalla tietoa. Valmistaudu siihen kun on oikea aika. Käytä oppityökaluja.

D. Aikaa käytettävissä, ei budjettia. Suunnittele tuleva projekti. Arvostele eri kohteet tuotannosta. Listaa kohteiden työvaiheet ja tehtävät. Määrittele konsepti ja pyydä budjettiarvio kustannuksista.

(Machinetool 2021)

6.3 Mitä on yksinkertaisinta automatisoida ?

Tässä kappaleessa on käytetty tietolähteenä Machinetoolin webinaaria ”kriisikestävää tuotantoa”. Ensivaiheessa on oltava hyvä ymmärrys robotiikan näkökulmasta omista tuotantoprosesseista eli mitä kannattaa automatisoida. Aloita automatisoinnin lisääminen yksinkertaisella solulla, mikä on toimiva mutta sisältää mahdollisimman vähän ominaisuuksia. Lisää ”nice to have” ominaisuudet käyttöönoton jälkeen. Aluksi pitää lähteä helposta liikkeelle, helpoin on usein myös se kannattavin kohde. Jos löytyy valmis ratkaisu tehtävään, sitä kannattaa kyllä suosia, varsinkin alussa => suunnitteluvaihetta ei tarvita, joten käyttöönotto on nopeampi ja onnistuminen varmempaa. Mitä enemmän valmiita jo käytössä olevia ratkaisuja pystytään hyödyntämään sitä parempaan lopputulokseen päästään. Kokemusta kun syntyy monimutkaisuus kasvaa itsestään. Ulottuvuuden rajallisuus on se, mikä pakottaa eniten tekemään omia ratkaisuja. 3D-tulostamalla voidaan tehdä tarvittavat apulaitteet ja onkin sanottu, että 3D-tulostin on cobotin paras kaveri. (Machinetool 2021)

Käy työ läpi manuaalisesti ja mieti mitä aisteja ko. prosessivaiheeseen tarvitsee. Aistien tarvitsemista on hyvä miettiä pipo silmillä ja paksu rukkanen kädessä. Mieti ja kokeile, voitko tehdä työn pipo silmillä vai tarvitsetko työn tekemiseen esimerkiksi konenäköä ? Onnistuuko työ paksu rukkanen kädessä vai pitääkö rukkanen ottaa pois ? Tarvitsetko työhön myös toisen käden ilman rukkasta ? Seuraavassa kuvassa havainnollistettu aistien tarvitsemista työssäsi. Mieti myös millaisen tarttujan tarvitset ? Riskit kannattaa ennakoida hyödyntämällä valmiiden komponenttien ominaisuuksia. Löytyykö cobotille esimerkiksi tehtäviä, mitä kukaan ei halua tehdä? Muista yksinkertaisuus esimerkiksi yksinkertainen kappaletarjonta ja vältä monimutkaisuutta, oheisautomaatiikkaa, koneiden välistä keskustelua ainakin aloitusvaiheessa. (Machinetool 2021)



KUVA 16. Onnistuuko työ pipo silmillä ja iso rukkanen kädessä? vai tarvitsetko näköaistia ja toisen myös toisen käden ilman rukkasta jotta työ onnistuu?

7 AUTOMATISOINNIN MENETELMÄT

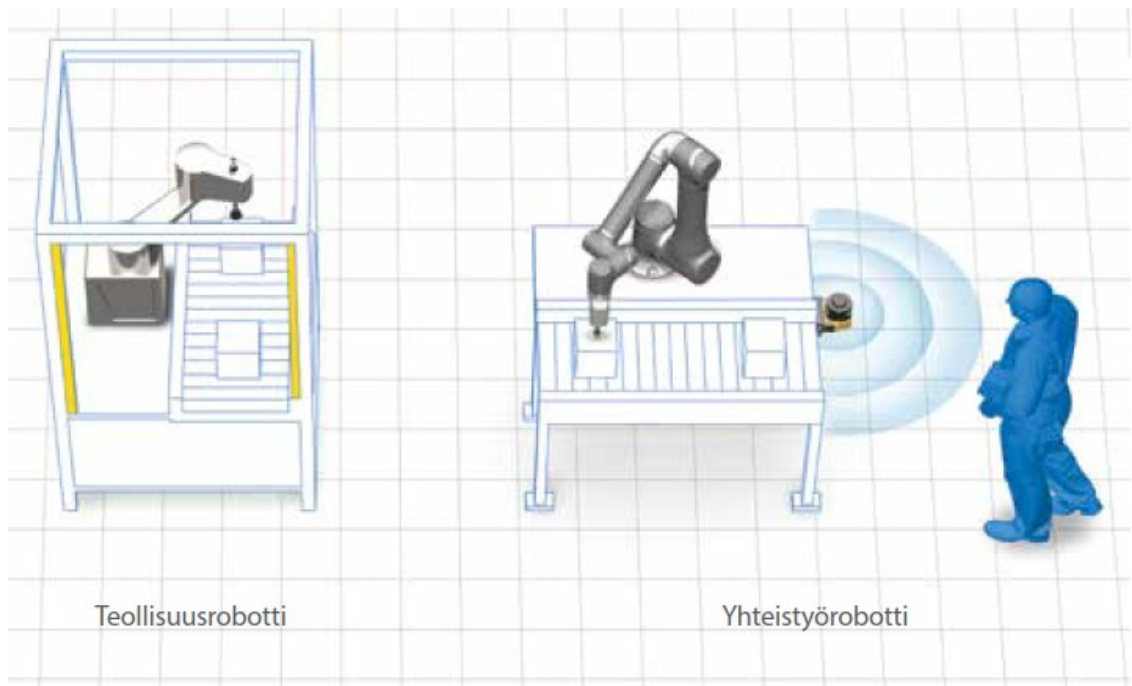
Tässä luvussa kerrotaan muutamista yleisesti käytössä olevasta automatisoinnin menetelmästä. Nämä menetelmät ovat sellaisia, mitä yksikkökokoonpanon automatisoinnissa voisi käyttää. Näistä menetelmiä on myös jo laajasti käytössä erilaisissa käyttökohteissa.

Seuraavien menetelmien käyttöä yksikkökokoonpanoon ovat suositelleet myös ne toimittajat, joiden kanssa yksikkökokoonpanon automatisoinnista on keskusteltu. Kappaleissa käytetty tieto on suurimmalta osalta yhteenvetoa toimittajien (Universal Robots - Machinetool, Omron - Insecon) kanssa käydyistä keskusteluista sekä sähköpostikirjeenvaihdosta kuin myös kirjallisuuden sekä netin lähteistä. Mielestäni käytetty tieto on luotettavaa, sillä sitä esiintyy samanlaisena useammassa eri tietolähteessä.

7.1 Cobottien käyttö yleistynyt

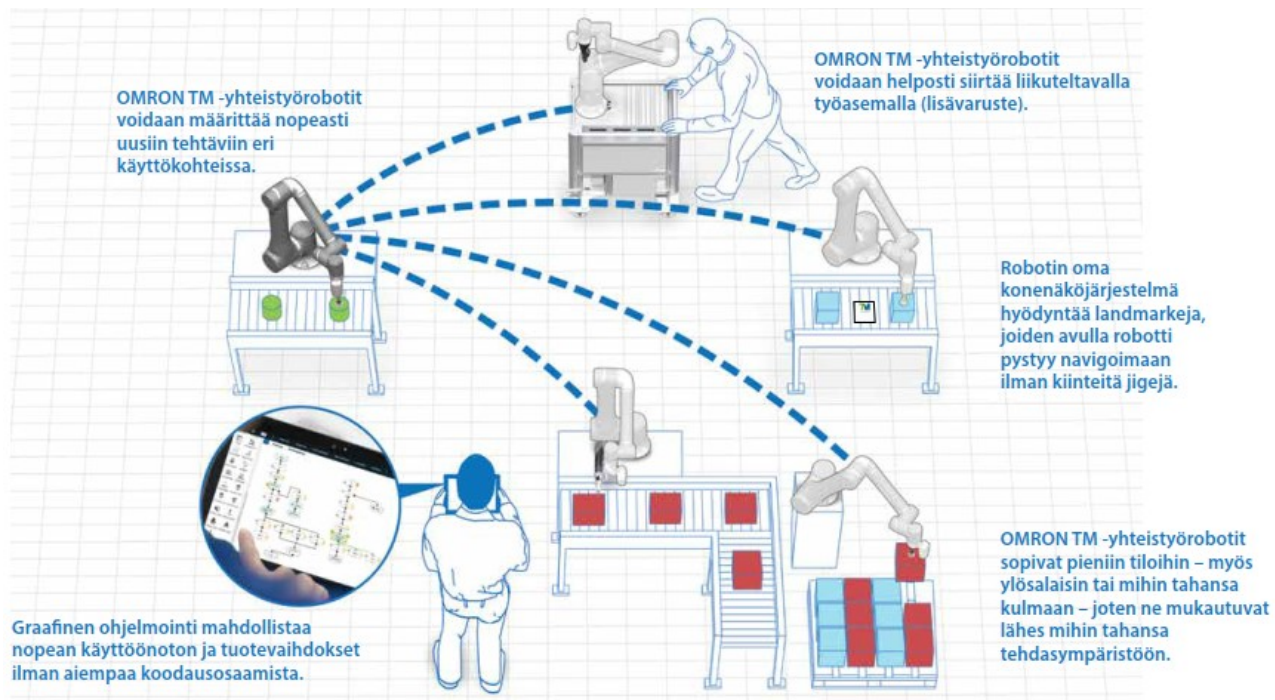
Cobottien – Collaborative Robots eli yhteistyörobottien hinta on laskenut ja näin ollen yhä useampi yritys voi ottaa cobotit käyttöön. Cobotti kykenee työskentelemään muunneltavana turvalaserit ympärillä ihmisen rinnalla eli tunnistaa kun ihminen on lähellä. Cobottien kanssa ei tarvita kiinteitä turva-aitoja. Yhteistyörobotti voi tehdä ne yksinkertaisimmat työt ja ihminen keskittyä mielenkiintoisempiin töihin.

Perinteisiä robotteja käytetään yleensä kohteissa, missä on paljon robotiikkaa. Paljon perinteistä robotiikkaa sisältävät ratkaisut ovat yleensä hyvin suunnittelupainotteisia, tarvitsevat ulkopuolista apua muutostöissä, kalliita toteuttaa ja takaisinmaksuajat pitkiä. Seuraava kuva teollisuusrobotin ja yhteistyörobotin eroavaisuudesta.

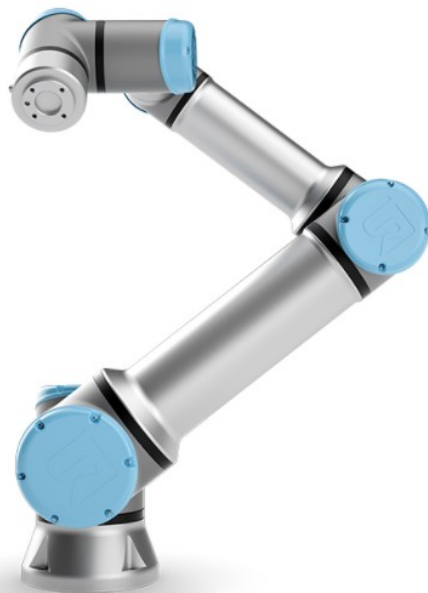


KUVA 17. Teollisuusrobotin ja yhteistyörobotin eroavaisuus (Omron, Insecon 2021)

Cobotit ovat turvallisia, toimivat yksinkertaisilla käskyillä ja ne voivat tehdä myös useampaa tehtävää samanaikaisesti sekä toimintavarmasti. Cobotteja voidaan siirrellä vaikka pyörien tai rullien päällä työpisteestä toiselle muuttuvien tarpeiden mukaan. Näillä on myös pieni tilantarve ja esimerkiksi pieni kiinnitysalusta lattiaan. Cobotin opettaminen, ohjelmointi ja käyttöönotto on helppoa. Coboteissa on paljon erilaisia applikaatioita tarjolla ja ne ovat toimintavarmoja. Investoinneilla on myös lyhyt takaisinmaksuaika. Yleisesti yhteistyörobotteja käytetään kohteissa, missä ihminen voi nostaa kahdella kädellä turvallisesti eli taakat n. 5-10 kg. Cobotteja voidaan käyttää myös raskaiden taakkojen kanssa kun esimerkiksi painavaa kuormaa keventää alipainenostimella tai keventimillä. Seuraavassa kuvassa ajatuksia cobottien joustavaan valmistustoimintaan. (Insecon 2021).



KUVA 18. Yhteistyörobotit suunniteltu joustavaan valmistustoimintaan (Omron, Insecon 2021)



UR16e

Kantokyky: 16 kg
 Toimintasäde: 900 mm
 Toistotarkkuus (ISO 9283): $\pm 0,05$ mm
 Äänenvoimakkuus: Alle 65 dB
 Puhdastilan ISO-luokka: 5
 IP-luokka: IP54
 Virrankulutus: Noin 350 W tyypillisellä ohjelmalla
 Alustan koko: \varnothing 190 mm
 Tarraimen liitäntä: M8 | M8 8-pin
 Virtajohto: 6 m
 Paino virtajohtojen kanssa: 33,1 kg
 Käyttötilan lämpötila: 0 - 50 °C
 Käyttötilan ilmankosteus: 90 % RH (ei kondensoituvaa)
 Materiaali: Alumiini, muovi, teräs

KUVA 19. Esimerkki UR cobotista (UR 2021)

7.2 Cobotin ja ihmisen yhteistyö tahdistetusti

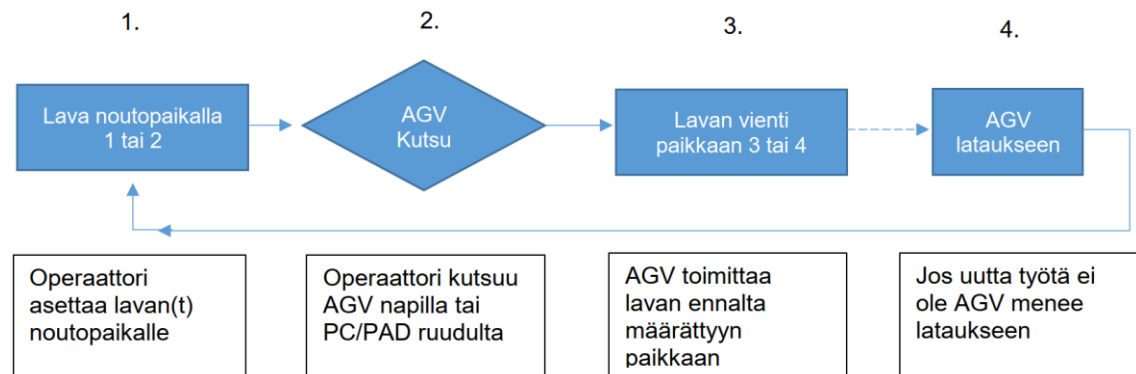
Cobotti voi toimia tahdistetusti yhteistyössä ihmisen kanssa työn prosessit huomioiden. Työn tahti voi olla niin, että sekä ihminen että cobotti suorittavat työvaiheita omiin tuotteisiin ja määrävällein vuorottelevat tuotteiden välillä. Esimerkiksi ihminen kasaa hitsattavat osat valmiiksi ja antaa impulssin hitsauscobotin hitsata. Kun hitsaus valmis, ihminen jatkaa hitsattavien osien kasaamista ja antaa taas impulssin hitsauscobotin jatkaa. Vaihtoehtoisesti cobotti suorittaa tehtäviä yhteen tuotteeseen kerrallaan, ihminen toiseen. Ihminen valmistelee tämän tuotteen ja antaa käskyn robotille toimia. Tahdistetussa prosessissa voi olla useita erilaisia työvaiheita.

Robotille on haastavaa yhdistää erilaisia pieniä kappaleita, näitä löytyy yksikkökokoonpanosta esimerkiksi kansien ja laippojen asennuksista. Kappaleet pitää tarjota robotille oikeassa asennossa ergonomisesti ja tämä tarkoittaa aina joko jigi-periaatetta, tärymaljaa tai ihminen voi ladata kappaleet ennakkoon manuaalisesti. GD yksikkökokoonpanon nimikkeissä on paljon erilaisia pieniä nimikkeitä, mikä tarkoittaa robotiikan vinkeistä kasvavia kustannuksia.

7.3 AMR JA AGV

AMR eli Automatic Mobile Robots on tavarankuljetukseen erikoistunut sovellus ja käyttöönotettavissa tehtaan/varaston kuljetuskartan luomisen jälkeen. AMR-sovellukset ovat esimerkiksi vihivaunujen tapaisia ratkaisuja ja käytetään mm. varastoissa ja tuotannossa tavaroiden siirtoon. AMR tunnistaa esteen kuten havaitsee esimerkiksi jalankulkijat tuotannossa. AMR voidaan ohjelmoida esimerkiksi viheltämään varoittavasti kun se lähestyy kulman takaa. AMR kulkee pääsääntöisesti eteenpäin mutta saadaan myös peruuttamaan. Se voidaan myös ohjelmoida niin, että kun se on riittävän kauan toimeettomana, se siirtyy itsenäisesti latauspisteeseen. AMR osaa myös tunnistaa esteet, välttää esteet ilman pysähdyksiä ja osaa optimoida ajoreittinsä. Cobotti ja AMR voivat toimia myös yhteiskäytössä. (Insecon, Omron 2021)

AGV eli Automated Guided Vehicles tarvitsevat käyttöönottaessa reittiohjausta, mikä rajoittaa ajoreittiä. AGV:lle pitää määrittää kuljettavat reitit layoutissa ja se tarvitsee myös reittiohjeen kuten lattiamerkit tai majakat toimiakseen. Nämä pysähtyvät esteissä kunnes esteet ovat siirtyneet. AGV voisi kuljettaa esimerkiksi koneistetut runko-osat kokoonpanoon ja nämä voisivat olla käytössä 24/7 tarpeen mukaan.



KUVA 20. AGV PROSESSI

Ylläpuolella kuva AGV:n toimintaprosessista. Tyhjen lavojen prosessi toimii vastaavalla tavalla. Seuraavassa kuvassa lavojen päällä olevien taakkojen siirtoon tarkoitettu Pallet Mover AGV (Wihuri 2021)



KUVA 21. AGV taakkojen siirtoon

7.4 Konenäkö robotiikassa

Konenäköä hyödynnetään esimerkiksi laaduntarkastuksessa, kappaleiden jaottelussa, pinnan karheuden tai naarmujen mittauksessa, onko etiketti tai logo asemoitu oikein tai onko valmistunut laite laatuvaatimusten mukainen. Konenäköä hyödynnetään kokoonpanotöiden robotiikassa esimerkiksi kappaleen poiminnassa tasolta tai hihnalta. Kappaleet voivat olla aseteltuina robotille valmiiksi oikeaan tarjontaan esimerkiksi täryttimen jälkeen tai ihminen voi manuaalisesti ladata kappaleet oikeaan asentoon robottia varten.

Eräällä tuotantolinjalla konenäkösovellus otettiin käyttöön onnistuneesti. Työpäivien aikana huomattiin kummallisia tunnistamattomuusvikoja aina samaan aikaan päivästä. Ongelmien syyksi havaittiin kattoikkunasta tullut valo, mikä sekoitti konenäkösovelluksen toimimista eikä sovellus tunnistanut kappaleita aina luotettavasti. Tämä ongelma oli jäänyt huomaamatta konenäkösovellusta käyttöönottovaiheessa eli konenäköratkaisut vaativat vakiona pysyvät valaistusolosuhteet.

Jokapäiväisessä arjessa konenäkösovelluksia näkee esimerkiksi kaupan kassalla viivakoodilukija tai pysäköintitalon rekisterikilven tunnistus. Erilaisia konenäkösovelluksia voi soveltaa myös kokoonpanoteollisuudessa.

8 YKSIKÖKOKOONPANON AUTOMATISOINNISSA ETEENPÄIN

Machinetoolin myyntipäällikkö Juho Liljamo vieraili GD yksikkökokoonpanossa 23.04.2021. Hänen mukaansa on yksikkökokoonpanon automatisoinnin lisäämisen edellytykset ovat seuraavan listauksen mukaan hyvät, sillä

- tuote kulkee ja kasaantuu vakioidusti.
- valmistettava tuote voidaan asemoida pukkiin robotillekin toistettavaan, ergonomiseen asentoon.
- työvaiheista löytyy toistuvia tai ihmistä kuormittavia työvaiheita, mitkä voidaan robotisoida.
- MML linjurin tehtävät voisi automatisoida (LIITE 2).

Jos nykyistä MML-linjan automaatiotasoa halutaan nostaa, on tähän mahdollisuuksia runsaasti kuten ruuvaus-, tulppaus-, tarroitus-, konenäkö- ja tavaran kuljetusrobotit. Yhteenvedossa on otettu kantaa siihen, millaisia ratkaisuja voisi käyttää ja milloin työ olisi viisainta tehdä asentajan toimesta. Automatisoinnin mahdollisuudet EK100 työvaiheille LIITTEESSÄ 3.

8.1 Uusia tapoja yksikkökokoonpanoon

Uusien kokoonpanotapojen löytäminen vaatii linjamaisesta valmistusmallista erkaantumista ja/tai työvaiheiden yhdistämistä nykyisestä valmistustavasta poikkeavasti. Tänä päivänä kokoonpanoissa käytetään yleisesti ratkaisuja, missä on monta peräkkäistä työasemaa ja näissä erinäisiä paineilmalla ja/tai sähköllä toimivia laitteita tekemässä aina yhden työvaiheen kerrallaan. Millainen kokoonpanomalli on joustavin ja ketterin ratkaisu tulevaisuuteen esimerkiksi vuodelle 2025? Useat käytössä olevat kokoonpanolinjat esimerkiksi auto-, kuorma-auto- ja moottorikelkkavalmistuksessa ovat yleensä pakkotahtisia ja linjamaisia ratkaisuja. Työvaiheet pakkotahtisissa kokoonpanolinjoissa vaihtuvat automaattisesti määrätyn ajan jälkeen eli ihmiset toimivat kokoonpanotyössä osana robottilinjaa. Kompressoreiden yksikkökokoonpanossa ei kuitenkaan tavoitella elektroniikka- tai autojen kokoonpanoissa käytettyä nopeutta.

Vaikka MML linja onkin ajateltu olevan yhden kappaleen valmistamista työpisteessä kerrallaan, voisi miettiä myös vaihtoehtoa useamman kappaleen kokoonpanemista samaan aikaan sarjana varsinkin kun nykyinen työjono sisältää pääsääntöisesti vain yhtä nimikettä olevissa jaksoissa. Toki tässä vaihtoehdossa jo nyt painavat osat painaisivat sitten vielä multipoidusti enemmän.

Kompressoriyksikön kokoonpanon läpimenoajasta vain osa on jalostavaa työaikaa. Ei jalostavaa työaikaa ovat odotukset, kappaleiden siirrot, nostot, osien hakeminen jne. Jos työtä jatkossa voitaisiin tehdä vain yhdessä työpisteessä nykyisen kolmen työpisteen sijaan hyvin suunnitellusti robotiikkaa hyödyntäen, läpimenoaika olisi nopeampi. Osan työstä voisi tehdä esimerkiksi cobotit yhteistyössä työntekijöiden kanssa. Periaatteessa ihmisen tehtäväksi olisi hyvä jättää myös mielenkiintoisia osia työstä. Nämä ovatkin yleensä ne vaikeimmat työn kohdat automatisoida eli ne jäävät modernisoinnin ensivaiheessa yleensä pois. Parhaat valitut ratkaisut pitänee demota ja simuloida sekä tehdä riskienkartoitus.

Kokoonpanon sydän on jo vuosikymmeniä ollut kiinnitysjiigi eli pukki, mikä löytyy sekä pitkään käytetyistä pukkisoluihin että MML:stä. Eli aikoinaan tehty innovaatio on ollut hyvä, sillä se on pysynyt käytössä.

8.2 Pesuvaiheen jälkeinen varasto läpivirtaushyllyksi

Yksikkökokoonpanoa edeltävä työvaihe on pesuvaihe. Pesuvaiheen jälkeen osat siirtyvät lavoilla kokoonpanolinjan alkupäässä sijaitseville hyllyille. Hyllypaikat on suunniteltu niin, että MML toiminnanohjaus sisältäisi optimaalisen työjonon. Tämä varasto voisi toimia automaattisella varastonhallinnalla läpivirtaus- ja fifo-periaatteella. Automaattinen varasto tuo tuotantosuunnitelman mukaisen oikean kappaleen asentajalle ja kappaleiden jäljitettävyyden voidaan pitää hyvin hallinnassa.



Kuva 22. Välivarastointia pesuvaiheen jälkeen, MML alkupää

Tällä hetkellä kuitenkin tehdään pitkiä sarjoja esimerkiksi samaa tuotetta, jolloin tuotannon optimaalisen työjonon mukaiset varastopaikat eivät toteudu. Aloituspään linjurin työn voisi tehdä yhdistelmä AMR + cobotti. Valmiiden yksiköiden poisviennin voisi hoitaa sama kone, mikä tuo koneistettuja valuja kokoonpanoon, suunnitelmissa hankkia tähän AGV.

8.3 Automatisoinnin kohde: välyksen säätö



KUVA 23. Välyksen säätö, Työohje EK100 työvaihe 140, MML

Välyksen säätö ohje Työohje EK100 työvaihe 140, MML :

1. Asenna välyksen säätötyökalut ja mittakello paikoilleen.

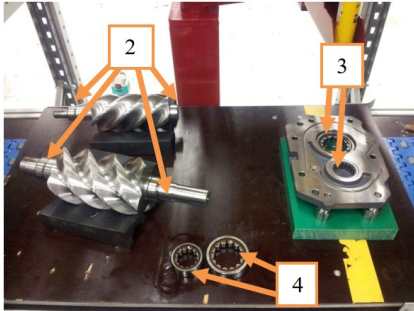
2. Aloita painepään välyksen säätö ruuviroottorista. Kiristä hiljalleen akselimutteria (kellon suuntaan) ja tarkasta välys (0,020...0,035) jokaisen kiristyksen jälkeen, roottorin lukitustyökalua työntämällä käsin nostintyökalua vasten.
3. Käännä roottorin lukitustyökalua 360 astetta ja aloita luistin välyksen säätö. Kiristä hiljalleen akselimutteria (kellon suunta) ja tarkasta välys (0,020...0,035) jokaisen kiristyksen jälkeen. TARKISTUS: Käännä luistiroottoria (älä kiristä) kellon suuntaan, tällöin luisti nousee ruuviroottorin profiilin avustuksella yläpositioon ja välys on luettavissa mittakellosta.

Automatisoinnin kautta tekeminen saataisiin vakioitua esimerkiksi ihmisen ja robotin yhteistyöllä. Linjan jigi asettaa tuotteen oikeaan asentoon, jotta robotti voi jatkaa työtä ihmisen annettua sille käskyn alkaa. Robotti olisi varustettu työkalulla, joka kiristetään ensin momenttiin ja sitten x-astetta auki => oikea välys. Tämän automatisoinnin haasteena kiristysmomentti ja vastavoima. (Liljamo, J.)

8.4 Automatisoinnin kohde: laakerien asennus

EK100 NK integral

1. Ota laakerit 2205 ja NA906 sekä 2 kpl laakeria 207
2. Lämmitä roottorien laakereiden sisärenkaat induktiolämmittimellä (125 - 140°C) ja asenna sisärenkaat roottoreiden akseleille
3. Asenna imupään rulla- & neulalaakerin ulkokehät ja pidätinrenkas laakeripesään
4. Jätä rullalaakereiden 207 ja 2205 ulkokehät paletille



KUVA 24. Laakerien asennus, Työohje EK100 työvaihe 50, MML

Tässä vaiheessa laakerien laitto paikalleen voitaisiin automatisoida tapahtuvaksi aina samalla lailla robotilla ja näin päästäisiin ei-ergonomisesta

hakkausvaiheesta eroon. Robotti tuo laakerit aina tismalleen oikealle paikalle oikeassa asennossa. Periaatteessa osat pitäisikin mennä paikalleen ilman hakkaustarvetta. Automatisointi parantaisi työn ergonomiata ja tuotteiden laatua. Toteutusvaihtoehtoja tämän työn robotointiin on useita. Robotti voidaan automatisoida valmiiksi markkinoilta löytyvillä työkaluilla esim. Machinetoolsin tarttuja 3FG15, kuva alla. Tarttuja sopii erikokoisille laakereille ilman mekaanisia muutoksia eli on myös skaalattavissa useammalle valmistettavalle tuotteelle.



KUVA 25. Machinetoolin tarttuja 3FG15

Ajatuksena on, että ihminen huolehtii osien syöttämisestä robotille esimerkiksi tarjottimelle. Laakeroitavat tuotteet pöydällä kohdassa X ja laakerit kohdassa Y. Robotti hakee tarttujalla ja asettelee paikoilleen. Tarvittaessa solussa voisi olla prässä, jonka avulla robotti prässäa laakerit paikoilleen. Toimintatapa on skaalattavissa myös muihin malleihin (Liljamo, J.)

8.5 Laadun tarkastus

Cobotti voisi tarkistaa myös valmiiden tuotteiden laadun kameranäön sovelluksilla. Kameralla voisi tarkistaa esimerkiksi että tulppaukset tehty oikein, näistä tullut jonkin verran reklamaatioita seuraavasta työvaiheesta eli koekäytöstä.

9 KEHITYSEHDOTUKSET KAPASITEETIN LISÄÄMISEKSI

Tässä työssä on keskitytty löytämään uusi tulevaisuuden high-tech tapa valmistaa keskikokoisia kompressoriyksiköitä kannattavasti. Tampereen GD on koneistamon puolella jo konsernin edelläkävijä menetelmöinnin saralla eli saavuttanut tällaisen poliittisestikin hyvän maineen, tämä olisi mahdollista saavuttaa myös keskikokoisten yksikkövalmistuksessa. Robotiikkaa lisäämällä saadaan lisää kapasiteettia ja myös laatu, turvallisuus sekä ergonomia paranee.

Tuottavuuden ja kapasiteetin nosto automatiikan kasvatuksella on keskikokoisten kompressorien yksikkökokoonpanossa mahdollista, sillä tuotantovolyymi on suuri sekä tulevaisuuden tilauskanta ja ennuste hyvä. Ennusteita vastaava prosentuaalinen tuotannon kasvu on myynnin mukaan 15%:n kasvua per vuosi esimerkiksi uusilla myyntivaltauksilla vuoteen 2025 mennessä eli nykyvolyymin kolminkertaistuu. Lisäksi itse tuotteen ennustettu elinkaari on pitkä. Edellytyksiä siis automaation kehittämiseksi yksikkökokoonpanossa on olemassa.

Seuraavassa taulukossa on yhteenveto tämän opinnäytetyön keskeisimmistä kehitysehdotuksista. Kaikissa taulukon vaihtoehdoissa 1-2B

- kehitetään yhdessä henkilöstön kanssa
- satsataan tulevaisuuteen, automatisoinnin taso kasvaa
- suositetaan valmiita automaatoratkaisuja, millä vähäinen suunnittelun tarve => saadaan nopeita onnistumisia (helpoin ratkaisu usein se kannattavin)
- 2D - 3D-mallinnus ja simulointi mahdollista
- turvallistaminen, työn ergonomia paranee
- otetaan uutta tekniikkaa taloon, saadaan uutta osaamista
- muutetaan prosesseja high-tech suuntaan
- pärjätään nykyhenkilöstöllä, työt muuttuvat mielenkiintoisemmiksi
- työpaikat houkuttavammaksi uusille osaajille
- voidaan jakaa työvaiheet uudelleen per asentaja
- läpimenoaika lyhenee

Kehitysehdotus	Ominaisuuksia +/-
1. Etsi nykytoiminnasta helpot kohteet	+nopeita tuloksia
Low hanging fruits	+vähäinen suunnittelun tarve
Automatisoi helpot kohteet	+maltilliset kustannukset
2A. Uusi solu pukkijigi & cobotti	+kannattavin tapa pitkällä aikavälillä
Tahdista työ yhdessä ihminen & cobotti	+lisää eniten kapasiteettiä pitkällä aikavälillä
	+uusin tekniikka houkuttaa uusia osaajia
	+perään koekäyttö
	+vähiten odotusta, siirtoja
	+kaikki työvaiheet tuottavat lisäarvoa
	+läpimenoaika lyhenee olennaisesti
	+ mahdollista tehdä nykytuotannon ohessa
	-vaatii eniten suunnittelua
	-3D mallinnus
	-Investoinnin takaisinmaksu 1-2v
2B. Automatiikan lisäys nykytilanne; pukit &MML	+lisätään parhaat ideat
Tahdista työ yhdessä ihminen & cobotti	-tarkempi suunnittelu kuin ehdotus 1
2C. Henkilöstön lisäys	-kallista
Lisää vuoroja nykytilanteeseen	- vuorotyö ei houkuttele
	- työvoimaa haasteellista saada
	- ei tulevaisuuden ratkaisu
	- työvaiheet nykyisellään
	- pienempi joustavuus

TAULUKKO 1. Kehitysehdotukset

9.1 Etsi nykytoiminnasta helpot kohteet automatisoida, ehdotus 1

Automatisoinnin kasvattamisessa kannattaa liikkeelle lähteä jo testatuilla yksikkökokoonpanoon sopivilla yksinkertaisilla mutta high-tech tulevaisuuden automatisointiratkaisuilla (kehitysehdotus 1). Eli tehdään ensin ns. low-hanging-fruits helpot, nopeat ja kannattavat modernisoinnit. Uusien ratkaisujen käyttöönotossa pitää hyödyntää myös jo käytössä olevat toimivat ratkaisut esimerkiksi pitkään käytetty pukki-ratkaisu.

Laakerien asennuksen robotisoinnista (katso 8.4) saadaan aikaan tuloksia nopeasti. Tämä vaatii kuitenkin cobotin ja muun automaation yhteistyötä. Tulokset näkyvät myös asentajien työssä positiivisena muutoksena kun hakkaustyön määrä vähenee tai poistuu. Hyvä kohde teknologisesti on myös

konenäköön perustuva laaduntarkastus (8.5). Molemmat ensivaiheen sovellukset ovat skaalattavissa muillekin tuotteille ja konenäköön perustuva laaduntarkastus käytettävissä myös muilla tuotantolinjoilla.

Koska talossa itsessään ei ole robotiikan asiantuntemusta, avaimet käteen toimitus olisi ensivaiheessa hyvä ratkaisu. Tämä kuitenkin tehtävä niin, että oma talon väki on vahvasti mukana oppimassa cobottiikasta ja käyttöönotosta. Tällöin hyväksi todetut menetelmät on skaalattavissa myös laajemmin usealle tuotteelle ns. Pentik-efekti (kappale 4.3). Ennen jokaisen uuden automatisointivaiheen käyttöönottoa on tehtävä riskianalyysi turvallisuuden varmistamiseksi.

9.2 Uusi moderni solu pukkijigi & cobotti, ehdotus 2A

Tässä kehitysvaihtoehdossa tehdään uusi high-tech kokoonpanopukki ja tulevaisuuden työprosessi, mikä tahditetaan asentajan ja cobotin yhteistyöllä tehtäväksi. Työntekijä toimisi tässä solussa lähinnä linjurin tehtävissä eli huolehtisi materiaalien annosta cobotille. Kun ihminen saa työvaiheensa valmiiksi, hän painaa nappia ja käynnistää cobotin työn.

Välyksien säätö, laakeroinnit ja kannen pulttien kiinnitys olisivat hyviä kohteita käyttää cobotteja. Cobotit paikoittavat kappaleet täsmälleen samanlailla joka kerta, joten esimerkiksi hakkaamis-vaiheista päästäisiin eroon. Painavimman rungon siirto suoraan cobotilla kohdalleen on cobotille liian painava, mutta esimerkiksi kevennintä käyttämällä onnistuu. Oikeiden ratkaisujen löytämiseen tarvitaan ratkaisukeskeistä asennetta ja innovointia yhdistellä jo olemassa olevia perinteisiä mutta myös tulevaisuuden innovatiivisia ratkaisuja cobottiikan ratkaisujen kanssa.

Uudessa kokoonpanosolussa asentaja toimisi lähinnä esivalmistelijana (linjurin tehtävät) eli tekee kaikki valmistelevat ja viimeistelevät työt yhdessä cobotin kanssa. Ensi vaiheessa mietittiin kokoonpanon tekemistä yhdelle kompressoriyksikölle yhdessä solussa. Koska kyseessä on uudenlainen tapa kokoonpanna, pitää miettiä automatisoinnin vinkkelistä esimerkiksi seuraavia asioita:

- millainen on uusi kokoamispukki ja pääkomponenttien kiinnitys siihen ?
- mitä asentoja kokoonpanossa tarvitaan ? EK100 työohjeen mukaisia asentoja viisi
- kokoonpanoasentojen oikea järjestys ? pääperiaatteena se, että käydään jokaisessa asennossa vain kerran. Onko se mahdollista?
- vaihtoehtoiset kokoonpanojärjestykset
- samat nimikkeet käytössä ? vaikka nimike olisi eri, saattaa asetus olla sama kuin toisessa nimikkeessä
- mitkä työt ihminen tekee nopeammin kuin robotti?
- ruuvaus-, pulttaus- tai liimaustyöt sekä tiivistemassaus cobotille?
- mitkä työt turhan monimutkaisinta automatisoida alkuvaiheessa ?
- perinteinen 2D layout
- 3D layout hahmottaa tuotantotilan myös ylös-alaspäin
- tehdään muokattavissa oleva simulointimalli, mikä sisältää 3d-layoutin, ihmisten ja koneiden sykliajat

Uuden modernin kokoonpanosolun perään tulisi suoraan seuraava työvaihe eli koekäyttö, mikä suoraviivaistaisi tuotteen kulkua tehtaalla. Tämä ehdotus voidaan pilotoida nykytuotannon rinnalla.

9.3 Automatiikan lisäys nykytilanteeseen, ehdotus 2B

Nykyiset MML-työpisteet ja pukit voisi myös modernisoida pidemmälle coboteilla. Nytkin MML toimii jo robotiikan ja ihmisen yhteistyöllä. Robotti voisi toimia laajemmin esimerkiksi kokoonpanojigin nykyisellä paikalla tekisi jatkossakin työtä ihminen ja cobotti jigin toisella puolella linjan päällä ns. possujunan puolella. MML-kokoonpanopukkeihin voisi tässä ajatuksessa esimerkiksi lisätä pyörivän liikkeen, missä pukki liikkuisi akselinsa ympäri vaakatasossa mahdollistaen cobotin toiminnan possujunan puolella ja asentajan toiminnan nykypaikalla.

Samalla olisi hyvä palauttaa mieliin henkilöstön kanssa keskustellen, mitä alkuperäisen MML:n ajatuksia ei koskaan toteutettu tai mitä parannusehdotuksia ja virheitä voisi nyt korjata.

MML on nimensä (Mixed Model Line) mukaisesti suunniteltu nimen omaan 1 kappaleen sarjakoolle ilman asetusaikoja! MML-työjono ei saisi olla liian rasittava eikä sisältä pelkästään yhdenlaisia tuotteita.

9.4 Henkilöstön lisäys, ehdotus 2C

Tällä kehitysratkaisulla lisätään henkilöstön määrää kapasiteetin kasvattamiseksi kolmivuorotyöhön. Valmistusvolyymit ovat tiedossa menneiltä vuosilta sekä näiden jakauma nimikkeittäin. Näiden avulla voidaan ennustaa kapasiteetin riitto tulevaisuuden kasvulle nykymenetelmillä henkilöstön määrää kasvattamalla. Tarvittava kapasiteetin kasvu eli 15% vuodessa on mahdollista nykyisillä menetelmillä henkilöstöä kasvattamalla. Tämä on kuitenkin kallista. Työntekijöitä on haasteellista saada kokoonpanotehtäviin, etenkin kolmivuorotyöhön. Tällä hetkellä kaikki työpisteet eivät ole kolmessa vuorossa, joten helpoin tapa olisi lisätä henkilöstöä kokoonpanon toimiessa nykYTEKNIKALLA. Sairaslomat vähentävät tämän ratkaisun tehokkuutta ja tekevät kapasiteetista huonosti ennustettavan.

9.5 Muita kehitysehdotuksia

Tässä kappaleessa on lueteltu projektin aikana vastaan tulleita muita kehitysehdotuksia keskikokoisten kompressoreiden yksikkökokoonpanoon. Jotta kehityksen kärjessä pysytään, on tehtävät töitä usealla saralla tulevaisuuden innovaatioita ja muiden yritysten toimintaa seuraten.

Materiaalien harmonisointia olisi järkevää miettiä, jotta nimikemäärää saadaan pienemmäksi ja samalla päivittää osaluettelot ja kuvat ajantasalle. Liitteessä 4 on harmonisointiesimerkki 6-koloruuveista, mitä käytetään MML:n perustuotteilla (9 yleistä). 6-koloruuveja löytyy yhteensä 26 erilaista. Yhteenveto on suuntaa-antava, mutta riittävän tarkka näyttämään harmonisoinnin tarpeellisuuden. Harmonisoinnin kautta on mahdollista saada säästöjä.

Myös kokoonpantavuus olisi hyvä käydä läpi, analysoida jokaisen osan kokoonpantavuus ja valita näistä toteuttamiskelpoisimmat versiot yksikkökokoonpanoon. Onko osia integroitavissa yhteen? Kokoonpantavuuteen on erilaisia DFMA-menetelmiä (DFMA = Design For Manufacture and Assembly). Harmonisoinnin ja kokoonpantavuuden jälkeen on hyvä päivittää osaluettelot, kuvat ja ohjeistus ajantasalle.

Viimeisimmät yksikkökokoonpanoon liittyvät työntutkimukset ovat vuodelta 2019. Mittaus olisi hyvä uusina nykykokoonpanosta ja selvittää esimerkiksi odotusten ja siirtojen kokonaisaika sekä työntekemiseen käytetty aika työpisteessä.

Organisaatiossa ja toimintatavoissa on paljon potentiaalia kasvattaa kannattavuutta jatkuvan parantamisen menetelmillä yhdessä tekemällä. Toki jatkuva parantaminen ei ole vain asioiden ideoimista tai epäkohtien listaamista vaan jatkuvaa kehitystyötä, vuorovaikutusta ihmisten kanssa. Ehkä tärkein ja myös se tylsin osa jatkuvan parantamisen työstä onkin tarkastaa jo sovittujen toimintatapojen käyttö eli jaksaa pyörittää jatkuvan parantamisen ympyrää suunnittele – tee – tarkista - toimi (PDCA plan-do-check-act).

Myös muita lähiaikoina tehtyjä opinnäytetöiden tuloksia olisi hyvä hyödyntää. Maiju Lyytikäisen diplomityössä oli tarve kehittää toiminnanohjausprosessia toiminnan parantamiseksi ja toimitusvarmuuden parantamiseksi. Työn tulokset jaoteltiin kolmeen pääkehityskohteeseen: kokonaissuunnitteluprosessin kehitys, karkeasuunnittelun yhtenäistäminen ja imuohjautuva osavalmistus (Lyytikäinen 2020, 61). Myös Pekka Näppilän opinnäytetyössä Mixed Model-kokoonpanolijan työjonosuunnittelun kehittäminen löytyi kehitysajatuksia (Näppilä, 2020). Näiden opinnäytetyön tulosten hyödyntäminen auttaisivat tuotannonohjauksen kehittämiseen niin, että tuotannon työjono olisi mahdollisimman tehokas ja toimitusajat hallinnassa.

Kun robotteja on tuotannossa useita, näille on myös mahdollista tehdä yhteisiä tiedonkeruujärjestelmiä. Näiden järjestelmien kautta on mahdollista nähdä yhteenvetona tuotannon kokonaistilanne, valitut suorituskykykymittarit sekä saada tuotannon kokonaistehokkuuslukuja (OEE =Overall Equipment Effectiveness) reaaliajassa.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kannattavin tapa kasvattaa kapasiteettia keskikokoisten kompressorien yksikkökokoonpanossa volyymituotteelle pitkällä aikavälillä. Työssä oletettiin materiaalia olevan saatavilla sekä tuotannon työjonojen olevan optimaalisia. Työn tuloksena syntyi kehitysehdotuksia. Työn alkuperäiset tavoitteet olivat liian kunnianhimoisia tehtäväksi näin lyhyellä, kolmen kuukauden aikajaksolla työn ohessa. Tavoitetta myös tarkennettiin matkan varrella ja fokuoitiin koskemaan enemmän uuden kokoonpanon innovointia. Uuden toimintatavan etsimisen rinnalla löytyi kehitysehdotuksia, mitkä osittain voi toteuttaa myös jo nykyisiin yksikkökokoonpanomenetelmiin.

Opinnäytetyön eteneminen on ollut hyvin vastavuoroista työtä erityisesti työpaikan edustajien kanssa. Myös koulun ja toimittajien kanssa tehty yhteistyö on ollut merkittävää työn onnistumisen kuin myös tulevaisuuden jatkoajatusten kannalta. Työn aikana havaittiin, että valtaosa automaatiototeutuksista kohdistuu materiaalinkäsittelyyn ja nyt pitäisi löytää uusia innovaatioita itse kokoonpanotyön tekemiseen automaation (cobottien) avustuksella.

Tärkeimpinä kapasiteettia lisäävinä kehitysehdotuksina on automatiikan lisääminen yksikkökokoonpanoon. Samanaikaisesti kasvaa tehokkuus, läpimenoaika lyhenee, työn ergonomia ja tuotteiden laatu paranee. Ensivaiheessa tehdään nopeat low-hanging-fruits asiat eteenpäin ja samanaikaisesti suunnitellaan tulevaisuuden tehokas high-tech kokoonpanosolu perustuen tehokkaimpiin kokoonpanotapoihin cobottien kanssa. Ehdotetut automatisoinnin ratkaisut volyymituotteelle ovat skaalattavissa usealle tuotteelle. Tämä lisää projektista saatavaa hyötyä. Tulokset ovat myös saavutettavissa ja uskottavia, sillä näitä sovelluksia on käytössä useassa yrityksessä. Uuden teknologian käyttöönotto on järkevämpää eikä henkilöstöä tarvitse kasvattaa. Robotiikasta on siis apua työvoimapulaan ja se houkuttaa uusia osaajia alalle. Poliittisesti tämä on myös konsernin sisällä hyvä päätös tulevaisuuteen.

Työn kehitysehdotukset tehtiin perustuen kokoonpanon nykYTEKNIikkaan, robotiikkaan, benchmarkin -kohteisiin sekä tehtaan väen että potentiaalisten

toimittajien ehdotuksiin. Taustalukuina ovat olleet myös tuotannon historian volyymijakaumat sekä myyntiennusteet tulevaisuuteen. Itse opinnäytetyön tekijällä on vahva historia teollisuudesta ja tässä työssä on käytetty myös omaa historian työkokemusta pohjana kehitysehdotuksille. Jotta yritysten kilpailukyky säilyy on niiden jatkossakin kehityttävä ratkaisukeskeisesti sekä oltava hyvin muutoskyvykkäitä eli resilienttejä toimimaan erilaisissa tilanteissa.

Työ onnistui hyvin huolimatta siitä, että työhön käytetty aika oli noin kolme kuukautta. Varsinaiseen tarjousvaiheeseen ja kokemusperäisiin kannattavuuslaskelmiin ei tässä työssä vielä päästy. Investointien kannattavuusraja jäi määrittämättä. Toukokuun alussa pidimme myös palaveria Tampereen GD:n tuotannon johtohenkilöiden kanssa tehden suunnitelmaa kehitysajatuksien viemisestä eteenpäin. Seuraavina askeleina on kokoonpanotyön simulointi pikkuyksiköllä sekä benchmarking työn jatkaminen esimerkiksi käynnissä olevassa SMACC joustavan tuotannon & teollisuusrobotiikan hankkeessa. Tätä benchmarking-toimintaa on yrityksessä aktiivisesti jatkettava ja löydettävä yksikkökokoonpanoon ne parhaat, mahdollisesti vielä uudetkin ratkaisut. Kehitystyöhön pitää ottaa mukaan myös aktiivisesti kokoonpanotyön asentajat. Tulevaisuudessa on mahdollista tehdä kehitysaskelaita esimerkiksi Industry 4.0 näkökulmasta kuten datan kerääminen talteen ja sen jatkoehdyntäminen vaikka automaattiseen tuotannon kokonaistehokkuseurantaan. Suurin haaste yrityksellä on löytää riittävät resurssit tähän kehitystyöhön kaiken muun toiminnan lomassa.

Opinnäytetyön tekijä ei itse ole ko. tehtaalla töissä, joten kaiken uuden omaksuminen lyhyessä ajassa on hidastanut tämän kehitystyön ratkaisujen löytymistä. Toisaalta taas työn imu ja uuden oppiminen on ollut niin hienoa ! Mielestäni opinnäytetyöprosessissa edettiin hienosti. Työ lähti liikkeelle työn tavoitteiden asettamisesta tuotannon johdon kanssa käydyissä palaverissa. Alkuvaiheessa tutustuin tuotteisiin, niiden kuviin, osaluetteloihin, kokoonpanotapaan ja tuotantoon. Projektista tiedotettiin organisaatiota. Matkan varrella vielä tarkennettiin varsinaista työn tavoitetta. Koko prosessin ajan tein aktiivista yhteistyötä yrityksen edustajien kanssa. Koen, että tekemälläni opinnäytetyöllä on ollut merkitystä ja yrityksessä on tahtotila jatkaa kehitystyötä eteenpäin.

LÄHTEET

Automation World 3-2021. Verkkosivu. Viitattu 18.04.2021.

<https://www.automationworld.com/factory/robotics/article/21342538/how-to-assess-the-value-of-robot-investments>

EPOOKI 2018. YouTube-video. Julkaisija Oulun ammattikorkeakoulu

22.03.2019. Viitattu 24.04.2021. <http://www.oamk.fi/epooki/2018/robotiikan-hyodyntaminen/>

Gardner Denver 2014. Mid Size Air End MML perehdytys v0,2. 2014.

Perehdytysmateriaali. PDF-tiedosto. Viitattu 25.04.2021.

GD yleisesitys, 2020. Gardner Denver. Ingersoll Rand. PowerPoint-esitys.

Luettu 10.02.2021

GD Verkkosivu 2021. Viitattu 23.04.2021. <http://www.compressor.fi/>

Hauta-Aho J. Projektipäällikkö Insecon. Omron.2021. YouTube-video.

Omron AMR – Yleisesittely. Viitattu 14.04.2021.

<https://www.youtube.com/watch?v=WpVjjCxoCQs>

Haverila, M. & Uusi-Rauva, E. & Kouri, I. & Miettinen, A. 2009 Teollisuustalous.

Infacs. Viitattu 27.04.2021.

HCR 2021.Human-robot collaboration. Verkkosivu. Viitattu 02.4.2021

<https://www.kuka.com/en-us/future-production/human-robot-collaboration>

Insecon. Automaattoratkaisujen teams-esittely. Mika Nurminen. 31.03.2021.

J. Sivonen 2021. SMACC Joustava tuotanto&teollisuusrobotiikka -

hankevalmistelu. 2013. PDF-tiedosto. Viitattu 16.04.2021.

K. Tuominen 2016. Kehityksen tie – Benchmarking *käsikirja*

2016. Luettu 17.04.2021.

Kuka 2021. Robotics Corporation. Verkkosivu. Viitattu 18.04.2021.

<https://www.kuka.com/en-us/future-production/sfpl/shaping-future-production-landscapes>

Leanware 2021. Teollisuuswebinaari 7.4.2021. Webinaari. Virtaava tuotanto,

tehokas layout, Viitattu 16.04.2021. <https://leanware.fi/fi/teollisuuswebinaarit-kevat2021/>

Liljamo, J. Myynti-insinööri Machinetool. 2021. Kommentit robotiikan

käyttämistä kokoonpanoon. Sähköpostiviesti. Viitattu 27.04.2021.

L. Kaivosoja 2020. SRY ja SAS Webinar: Cobotti – helposti opetettava työkaveri.

Viitattu 24.04.2021. Joustavasta automaatiosta tukea tuotantoon, Lassi Kaivosoja, kehityspäällikkö, Pentik Oy

Lyttikäinen, M., 2020. Tilausohjautuva kokoonpano osavalmistuksen ohjaavana tekijänä. Tampereen yliopisto. Diplomityö.

Machinetool 2021. Kriisinkestävää tuotantoa ja nosta tuottavuutta. Webinaari. Viitattu 10.04.2021. <https://www.machinetool.fi/robotiikka/webinaaritalenteet>

Metecno uutiskirje. Verkkosivu. MeteMan-cobottiaseman järeämpi malli. Luettu 30.03.2021

Näppilän, P.,2020. Mixed Model-kokoonpanolijan työjonosuunnittelun kehittäminen. Opinnäytetyö Tampereen ammattikorkeakoulu

Omron, Insecon 2021. Hauta-Aho J. Projektipäällikkö Insecon. Omron.2021 i850_tm_collaborative_robot_brochure_fi.pdf. Sähköpostiviesti. Viitattu 14.04.2021.

Oppariapu 2015. Sanoma Pro. Verkkosivu. Viitattu 21.04.2021 <https://oppiapu.wordpress.com/tapaustutkimus/>

TAMK. Teams-palaveri J. Siivonen. 31.03.2021

Tekniikka ja talous 2019. 25.1.2019. Verkkosivu Viitattu 20.04.2021. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/agco-power-ottaa-kayttoon-yhteistyorobotit/095afb3b-040f-3f4d-af4b-3916b3d2ee8d>.

Universal-Robots, Oy Machine Tool Co. Koulutusseminaari. 8.4.2021

UR2021. UR SISM Book Solving Labor Shortage_FI 2021. PDF. Viitattu 14.04.2021.

https://info.universalrobots.com/hubfs/Northern%20Europe/Finland/UR%20SISM%20Book%20Solving%20Labor%20Shortage_FI.pdf

UR 2021. Verkkosivu. Viitattu 21.04.2021. <https://www.universalrobots.com/products/ur16-robot/>

Wihuri 2021. Sisälogistiikka. Tekninen kauppa. Mobiilirobotti. PDF-tiedosto. Viitattu 30.04.2021

LIITTEET

Liite 1. Painepostin lehtijuttu opinnäytetyöstä helmikuu 2021

Gardner Denver Oy, Tampere

Olen Pohjanharjun Jaana ja teen lopputyötäni Tampereen GD kokoonpanoon opinnoissa ylempi AMK. Opparin aiheena on löytää kannattavin tapa kasvattaa kapasiteettia yksikkökokoonpanossa. Työn tavoitteena on siis etsiä tapoja, millä valmistaudutaan tulevaisuuden volyymikasvuun. Tutustun kokoonpanon tuotteisiin sekä niiden rakenteisiin että nykyisiin kokoonpanomenetelmiin. Samalla myös haastattelen itse työn taitajia. Tässä työssä oletetaan, että tarvittavat materiaalit ovat aina olemassa ajallaan ja talon sisäinen tilaus-toimitusketju sujuu mallikkaasti. Töissä olen Runtech Systemsin Kolhon tehtaalla tuotantoinsinöörinä ja omaan pitkän työhistorian teollisuudesta. Superkiitos yhteistyöstä jo tässä vaiheessa!



Opinnäytetyön tekijä tutustumassa työmenetelmiin helmikuu 2021

Liite 2. MML Linjurin tehtäviä (GD)

MML Linjurin tehtäviä

Seuraavat tehtävät suoritusjärjestyksessä

- Luovutusaseman valvonta
 - *Jatkuva (voidaan tarvittaessa sopia olevan myös esim. 3-aseman työntekijän tehtävä)*
 - Valmistuneen yksikön siirto palettiin
 - Tyhjien adapteripulttirasioiden siirto Luovutusasemalle
 - Täytsien adapteripulttirasioiden siirto 1-työasemalle
- Työjonon seuranta ja seuraavien yksiköiden alustus
 - *Jatkuva, tarpeen mukaan, päivän päätteeksi kuljettimien oltava täynnä.*
 - Seuraavat yksiköt työjonosta linjurin PC:llä: tulostetaan EAN-koodi ja keräilylista
 - Keräilylistan mukaisten osien nouto
 - Ohjeistetaan vielä kuinka voidaan tehdä ergonomisesti
 - EAN-koodin liittäminen yksikköön
 - Osien puhallus nosturilla (kunnes uusi pesukone ja puhallus)
 - Ohjeistetaan vielä kuinka voidaan tehdä ergonomisesti
 - Runkokuljettimen lataus
 - Roottorikuljettimen lataus
- Läpivirtaushyllyjen täyttö
 - *Aamulla ensimmäiseksi*
 - J04-01 – J04-03 (Roottorikuljettimen yläpuolella)
 - Tiivistekannen akselitiivisteiden prässääminen ennen latausta
 - Tyhjien laatikoiden keräily palautushyllystä , täyttö ja palautus läpivirtaushyllyihin
 - Tarvitaan ainakin painelaippojen laatikointi-ohje
 - J31-01 - J31-03 (Sukkulan yläpuolella)
 - Tyhjien laatikoiden keräily palautushyllystä , täyttö ja palautus läpivirtaushyllyihin
- Valmiiden yksiköiden siirto (=kokonaisten lavojen siirto) jatkokäsittelyyn
 - *Aina kun lava täyttyy*
 - Koekäyttö
 - Tempest / pakettikokoonpano
 - Koeponnistus (Esim Ek76)
 - Lähettämö (Esim EK100)

Liite 3. Automatisoinnin mahdollisuudet EK100 työvaiheille

Vaihe	EK100 TYÖVAIHEET Mixed Model Line	Automatisointi
1	Tavarat läpivientihyllyllä tulossa edellisestä vaiheesta Pesu	cobotti + AMR
	Osien (roottoripesä, laakerikansi ja roottorit) keräily linjalle	cobotti + AMR
	Osien laaduntarkastus, purseettomuus, puhtaus, maalaus	cobotti konenäöllä
10	Termostaatin kansi kiinni 2 kpl M8x25 6-koloruuvilla	cobotti konenäöllä + ruuvaus
	Vaiheen kuittaus kääntää rungon adapteria rungon kiinnitystä varten	cobotti
	Nosta runko adapteriin	cobotti nosto siirto
	Roottoripesän kohditus ja kiinnitys adapteriin, kohdistusreiät mallikohtaiset	cobotti
	Vaiheen kuittaus muuttaa yksikön asentoa ja paikkaa automaattisesti	cobotti
30	Roottoripesän reikien tulppaus	tulppauscobotti
	Paina valoverhon ohitus-nappia enen kuin kuittaat. Asento muuttuu	cobotti
40	1/8 VSTI-tulppaus	tulppauscobotti
50	Lämmitä roottorien laakereiden sisärenkaat induktiolämmittimellä	cobotti siirto pito
	Asenna sisärenkaat rottorien akselille	cobotti asetus
	Asenna imupään rulla- & neulalaakerin ulkokehät ja pidätinrenkas laakeripesään	cobotti asetus
	Laakerin hakkausta paikalleen vasaralla	cobotti, turvallisuus&laatu
	Asenna roottorit roottoripesään - pyöräytä ja tarkasta että pyörivät vapaasti	cobotti asetus pyöritys tsekki
70	Öljyä ja asenna O-renkaita laakeripesään	cobotti öljyä & tiivistää
	Nosta laakeripesä roottoripesän päälle	cobotti
80	Asenna lieriösokat paikoilleen	cobotti
	Kiinnitä laakeripesä 7xM10x30 6-koloruuvilla	ruuvauscobotti
90	Kiristä 7xM10x30 6-koloruuvilla 50 Nm momenttipyssyllä	cobotti voimantunnistusanturilla
100	Asenna ulkokehät ja viistokuulalaakerit laakeriasennussarjaa käyttäen	cobotti
105	Asenna expensor-tulpat asennustuurnalla laakeripesään, reiän tiivistys hakkaamalla	cobotti, turvallisuus&laatu
110	O-renkaan asennus akselitiivisteeseen sisärenkaaseen ja sisärenkas roottorin akselille	cobotti
	Asenna kiila ruuviroottorin akselille sekä lukitustyökalu ruuviroottorille	cobotti/asentaja
130	Paina valoverhon ohitusnäppäintä ja varo syklonin liikettä	asentaja
	Puhdista akselimutterit ja roottorin kierteet loctite cleaner, kuivaa paineilmalla	cobotti/esivalmistelua
	Levitä liima kierteen yläosaan ensimmäisille 3-4 kierteelle	asentaja
	Asenna akselimutterit yksi kerrallaan käsikireyteen	cobotti
140	painepään välyksen säätö ruuviroottorista	cobotti/asentaja yhteistyö
150	kiristä lukituspaala M(x25 kuusiokoloruuvilla ja loctite 245 liimalla	cobotti
	asenna tiiviste	cobotti levittää tiivistemassaa
	asenna erotinputket paikoilleen M8x25 6-koloruuveilla	ruuvauscobotti
160	asenna O-renkas päätykanteen vaseliinia käyttäen ja nosta kansi	cobotti
	kiristä päätykansi runkoon M10x30 6-koloruuvilla	cobotti
	asenna 2 kpl DPI-tulpat kanteen	cobotti
170	poista lukitustyökalu ruuviroottorin akselilta	asentaja
180	Paina valoverhon ohitusnäppäintä - Asento muuttuu	asentaja
	rasvaa akselitiivisteeseen O-renkaat vaseliinilla	cobotti
	asenna akselitiiviste paikalleen asennustyökalua käyttäen	cobotti
190	asenna DBI tulpat pohjaan	cobotti/ asentaja
na	ruostesuojaus yksikön pohjaan	on jätetty pois 4/2021
	Tarrat ja nimikyltit	cobotti konenäöllä
	Tavaran vienti eteenpäin	cobotti tsekkaa tuotteen laadun cobotti + AGV

Liite 4. Harmonisointiesimerkki 6-koloruuveista

NIMIKKEIDEN MÄÄRÄ ERI YKSIKÖISSÄ		YKSIKKÖ									YHT
Nimike	Nimitys	EK76 uusi	EK100 Uusi	E6	E12	E12DGT	E12G	E25DG	E25G	E25uusi	
80280559	6-KOLORUUVI M10x25 m8.8 DIN912 ZN	8			8	8	8	6	6	12	56
80059259	6-KOLORUUVI M8X35 m8.8 DIN912 ZN				9		9		11	11	40
44578470	6-KOLORUUVI M8X25 M8.8 DIN912 ZN	20	11								31
44572670	6-KOLORUUVI M10X30 m8.8 DIN912 ZN	8	21					1			30
44611040	6-KOLORUUVI M8X22 M8.8 DIN912 ZN	1			7	2	7				17
44577460	6-KOLORUUVI M6x20 m8.8 DIN912 ZN			16							16
89747889	6-KOLORUUVI M10x35 m8.8 DIN912 ZN				8		8				16
80147199	6-KOLORUUVI M16x45 m8.8 DIN912 ZN				4		4		2	4	14
44582160	6-KOLORUUVI M12X30 m8.8 DIN912 ZN							6	7		13
80280689	6-KOLORUUVI M8x30 M8.8 DIN912 ZN	13									13
44586350	6-KOLORUUVI M20X50 m8.8 DIN912 ZN								4	8	12
87465429	6-KOLORUUVI M16x130 m12.9 DIN912				4		4				8
44577900	6-KOLORUUVI M6X35 M8.8 DIN912 ZN							1	3		4
44582440	6-KOLORUUVI M12X35 m8.8 DIN912 ZN				2		2				4
89557109	6-Koloruuvi M16x40			4							4
80082309	6-RUUVI M10x20 M8.8 DIN 933 ZN				1	1	1				3
81840789	6-KOLORUUVI M6x45 M8.8 DIN912 ZN				1		1	1			3
44581970	6-KOLORUUVI M12X25 m8.8 DIN912 ZN							2			2
80059409	6-KOLORUUVI M16x40 m8.8 DIN 7984 MAT.KAN				1		1				2
87465559	6-KOLORUUVI M20x140 m12.9 DIN912								2		2
87465689	6-KOLORUUVI M20x160 m12.9 DIN912								2		2
89569019	6-KOLORUUVI M20x200 m8.8 DIN912 ZN							2			2
89569149	6-KOLORUUVI M20x220 m8.8 DIN912 ZN							2			2
89571359	6-KOLORUUVI M16x180 m8.8 DIN912 ZN					2					2
89571489	6-KOLORUUVI M16x200 m8.8 DIN912 ZN					2					2
89558239	6-KOLORUUVI M16x75 m8.8 DIN912 ZN				1						1