

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatiotekniikka

2014

Niko Varila

TUOTANTOSOLUN KEHITYS

– Automatisoiminen



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Automaatiotekniikka

Kevät 2014 | Sivumäärä 43

Veikko Välimaa

Niko Varila

TUOTANTOSOLUN KEHITYS – AUTOMATISOIMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Haloila-konsernille kokoonpanosolu ja löytää innovatiivisia ratkaisuja läpimenoajan pienentämiseksi. Työ toteutettiin suurimmalta osin tutkinta- ja kyselypohjaisesti.

Aluksi tehtiin selvitys kokoonpanosolun nykyisestä tilanteesta, jonka jälkeen työtä lähdettiin porrastetusti kehittämään eteenpäin. Uusien layouttien suunnittelu ja niiden kesken tehdyt vertailut sekä kustannuskysymykset olivat iso osa työtä. Tutkimustyön tiedot on kerätty kirjallisuudesta, kyselyistä sekä tapaamisista. Kustannusarviot kysyttiin suoraan palvelujen tarjoajilta. Työn luonteen vuoksi varsinaisia investointeja ei vielä tehty, vaan työssä keskityttiin suunnitteluun..

Tuotantosolussa, johon työ keskittyi, on runsaasti erilaisia kehitysmahdollisuuksia ja sen oikean järjestelmän löytäminen on kovan kehitystyön takana. Suunta, johon solu tulevaisuudessa suuntautuu, riippuu paljolti investointien laajuudesta, sillä suurilla investoinneilla saadaan monipuolisempia ratkaisuja kokoonpanosoluun.

ASIASANAT:

kokoonpano, layout, tuotanto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology | Machine Automation

Spring 2014 | Total number of pages 43

Instructor Veikko Välimaa

Niko Varila

IMPROVEMENT OF PRODUCTION CELL

The aim of this work was to find a new viewpoint to cell layout, improve the production cell and minimize product lead time in the production cell. This work based mostly on research and an inquiry.

First, the current operation of the production cell was studied. The biggest part of the work was drawing the layouts and comparing them with each other. Data for the work was acquired through literature, an inquiry for and a number of meetings.

The work is theoretical and therefore investments were out of the scope of the study. In the production cell there are plenty of possibilities for development. Finding the right solution to the cell needs a lot of effort. The future of the production cell depend greatly on how large investments the company is ready to make.

KEYWORDS:

production cell, layout

SISÄLTÖ

ALKUSANAT	6
1 JOHDANTO	7
2 YRITYSESITTELY	8
3 KOKOONPANON NYKYTILANNE	9
3.1 Kiinnitykset	10
3.2 Kehittäminen	11
3.3 Soveltuvuus robotille	12
3.4 Tehokkuus ja Kannattavuus	13
3.5 Layout	14
4 AUTOMATISOINNIN MAHDOLLISUUKSIA	16
4.1 Toistuvuus	17
4.2 Rajoitteet, edut ja haitat	17
5 KOKOONPANON RATKAISUVAIHTOEHTOJA	19
5.1 Robottisolut	19
5.1.1 Yksittäinen robottisolu	20
5.1.2 Kolmen robotin solu	24
5.2 Autoteollisuuden malli	24
5.2.1 Mallit	26
5.2.2 Autoteollisuusmallien vertailu	31
5.3 Muita ehdotuksia	33
5.4 Summaus	38
6 YHTEENVETO	41
Lähteet	43

KUVAT

Kuva 1. Käärintäkoneen kehikko.	12
Kuva 2. Kehäkannatin ja virtakiskonpidike.	13
Kuva 3. Tehtaan layout.	15
Kuva 4. Solun layout.	16
Kuva 5. Solun layout robottisolulla.	21
Kuva 6. Solu layout uudelleen järjestettynä.	28
Kuva 7. Solun layout, jossa yksi linjasto.	29
Kuva 8. Lähes täysin automatisoitu solu.	30
Kuva 9. Konecranes.	35

KUVIOT

Kuvio 1. Mankelointiaika 3 000 kappaleella.	38
Kuvio 2. Mankelointiaika 3 600 kappaleella.	39

TAULUKOT

Taulukko 1. Osaankokopano-osat	23
Taulukko 2. Mankelointiaika	38

ALKUSANAT

Insinööriytyöni on tehty M. Haloila OY AB:lle syksyn 2013 sekä alkukevään 2014 välisenä aikana. Työn toteutus oli varsinkin aluksi haastavaa, koska työn laajuus oli alkumetreillä todella suuri. Loppua kohden tehtävä hahmottui ja työnteko helpottui.

Työn ohjasi Turun ammattikorkeakoulusta Veikko Välimaa sekä Haloilan puolelta työtä valvoivat logistiikan ja tuotannon johtaja Juha Vanhanen sekä tuotannon työnjohtaja Marko Martelius. Työn aloittamisessa sekä alkusuunnitteluissa sain suuren avun Veikko Välimalta. Juha Vanhanen ja Marko Martelius auttoivat minua työn edetessä suuresti. Kiitän kaikkia työhön osallistuneita heidän panoksestaan.

Suuri kiitos M. Haloila OY AB:lle tästä mahdollisuudesta insinööriytyön tekoon heille. Insinööriytyö sai virallisesti alkunsa syyskuussa 2013.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe oli tuotantosolun kustannustehokkuuden parantaminen. Solun tehokkuutta pyrittiin tehostamaan lisäämällä automatiikkaa ja suunnittelemalla uusia layout-pohjia. Aihe oli kiinnostava, koska se oli tarpeeksi haastava sekä erittäin laaja-alainen työ. Työntilaaajana oli M. Haloila Oy Ab, joka on osa kansainvälistä ITW-konsernia. Työn rajattiin yhteen tuotantosoluun sekä sen layout-piirustuksiin. Työssä etsittiin uusia näkökulmia ja ratkaisuja soluun sekä sen layoutiin, mikä mahdollisti tehokkuutta tuovien ratkaisujen etsimisen.

Tavoitteet saavutettiin perehtymällä soluun aluksi mahdollisimman hyvin. Tietoa täytyi osata kerätä monista eri lähteistä, kuten kirjallisuudesta, ammattilaisten haastatteluista sekä jo koulussa opituista asioista. Tiivis yhteistyö työn tilaajan kanssa sekä sujuva kommunikaatio osapuolten välillä edesauttoi työn kehitystä oikeaan ja haluttuun suuntaan ja lopulta hyvään lopputulokseen.

2 YRITYSESITTELY

Työn tilaaja on Maskussa sijaitseva, vuonna 1976 toimintansa aloittanut M. Haloila Oy Ab. Yritys valmistaa ja kehittää puoli- sekä täysautomaattisia käärintäkoneita teollisuuden eri tarpeisiin. Haloila tarjoaa pakkausratkaisuja niin elintarvike- ja juomateollisuuteen, paperiteollisuuteen kuin rakennusmateriaaliteollisuuteenkin. Nykypäivänä yritys on osa kansainvälistä ITW-konsernia, joka tarjoaa myös käärintämateriaaleja ja huoltopalveluita. (ITW Haloila 2013)

Haloila on vuosien saatossa kehittänyt monia käärintäkoneita mm. Octopus-koneen, josta se maailmalla hyvin tunnetaan. Kyseinen kone oli ensimmäinen kehärakennetta hyödyntävä käärintäkone maailmassa. Tämä tekniikka on helpottanut ja nopeuttanut huomattavasti tuotteiden pakkaamista sekä niiden käsittelyä.

Haloilan tuotanto-osasto koostuu kolmesta eri tuotantotilasta, ja jokaisessa tilassa on tarkoin mietityt tuotantosolut. Tuotantosoluja on kaiken kaikkiaan noin 30, jossa jokaisessa on oma työvaiheensa. Tämä insinööriyö keskittyy vain ja ainoastaan soluun numero 25, jossa valmistetaan käärintäkoneen kehikko sekä siihen kiinnitettävät oheislaitteet.

3 KOKOONPANON NYKYTILANNE

Kokoonpano on tehtaassa tehtävä toimenpide, jossa koneen osat kootaan ja liitetään yhteen suuremmaksi kokonaisuudeksi. Koneen osat voidaan valmistaa joko omassa tehtaassa tai ostaa suoraan alihankkijoilta. Kokoonpano on aina ollut suurimmaksi osaksi käsityötä, mutta hiljalleen 2000-luvulla on siirrytty enemmän tai vähemmän koneistamiseen ja automaatioon. (Kauppinen 1997, 111.)

Kokoonpanotekniikoita on lukuisia ja sopivan tekniikan löytäminen tuotantosoluun on ratkaisevaa kannattavuuden sekä toimivuuden kannalta. Toimivassa kokoonpanotyössä pyritään siihen, että hukka-ajat olisivat mahdollisimman pienet. Aikaa kuluu muun muassa osien siirtämiseen, tarkastuksiin sekä varastointiin, ja näistä toimista syntyy ylimääräisiä kustannuksia. Kokoonpanotyössä tulisi pyrkiä jalostamaan tuotetta mahdollisimman tehokkaasti, ja jalostusta tapahtuu yleensä vain silloin, kun osia liitetään. (Kauppinen 1997, 121.)

Lähtötilanne on yrityksessä tällä hetkellä se, että nykyistä kokoonpanoa tulisi kehittää tuotanto- ja kustannustehokkaammaksi. Laitteita saadaan vuositasolla valmistettua 250–300 kappaletta, kun se haluttaisiin tulevaisuudessa nostaa noin 400 kappaleeseen. Tavoitteena on myös löytää uusia ratkaisuja solun layoutiin, ja tätä kautta saada lisää työskentelytilaa sekä tehokkuutta soluun.

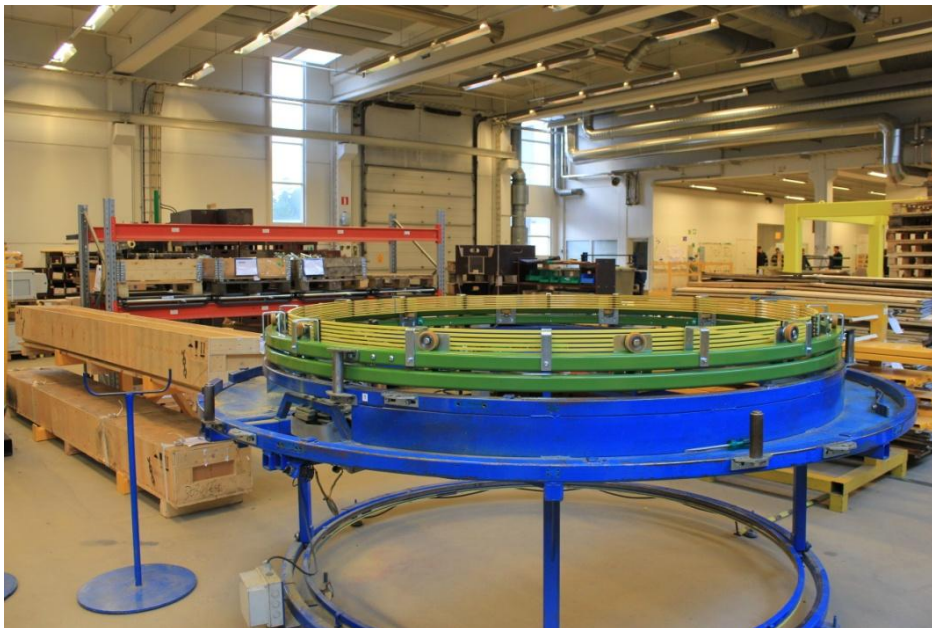
Haloilan kokoonpanosolussa 25 kootaan käärintäkoneen kehikko sekä siihen kuuluvat toimilaitteet, ja se on tällä hetkellä eniten aikaa vievä solu. Solu koostuu nykyisin itse kehikon kasauksesta sekä kahdesta hieman pienemmästä osakokoonpanosolusta. Kokoonpanon kaikki osat tulevat alihankkijoilta tai yhteistyökumppaneilta aina muttereista kehikon suurempiin osiin. Solusta ei tällä hetkellä löydy lainkaan automatiikkaa, jollei pientä nosturia sekä virtakiskojen mankelointikonetta lasketa mukaan. Kaikki tapahtuu siis manuaalisesti yhden, kahden, joskus kolmen työntekijän toimesta, riippuen työn määrästä. Solussa voidaan valmistaa kolmea kehikkoa samaan aikaan ja monia

erilaisia kehikoita, riippuen käärintäkoneen mallista sekä asiakkaan toivomista ominaisuuksista. Koottavia kehikoita ei kuitenkaan koota samassa pisteessä yhtäaikaisesti.

Pienemmät osakokoonpanot solussa ovat moottorin ja käärintälaitteen kokoaminen. Solusta löytyy molemmille toimilaitteille omat kokoamispisteensä, joissa kyseiset komponentit kootaan manuaalisesti valmiiksi. Valmis toimilaite kiinnitetään kehikkoon pienen nosturin avulla. Sähköjohdot ja pneumaattiset letkut asennetaan myös käsityönä.

3.1 Kiinnitykset

Kiinnitykset eli liitokset ovat tärkeä osa kokoonpanoa. Liitoksia löytyy lukemattomia eri vaihtoehtoja, joiden joukosta varmasti löytää sopivan vaihtoehdon tarpeisiinsa. Liitokset ovat hyvin useasti toimintoihin tai valmistukseen liittyviä välttämättömyksiä. Joskus liitokset ovat täysin taloudellisten tekijöiden pakottamia, koska liitosvaihe on ainoa vaihe, joka jalostaa tuotetta. Nykyisin kehikossa käytetään pääasiallisesti ruuvi- tai pulttiliitoksia. Kaikki liitokset tehdään miestyövoimalla ilman automatiikkaa. Ensimmäisessä työvaiheessa kehiöt kiinnitetään jigiin kuvan 1 mukaisella tavalla.



Kuva 1. Käärintäkoneen kehikko.

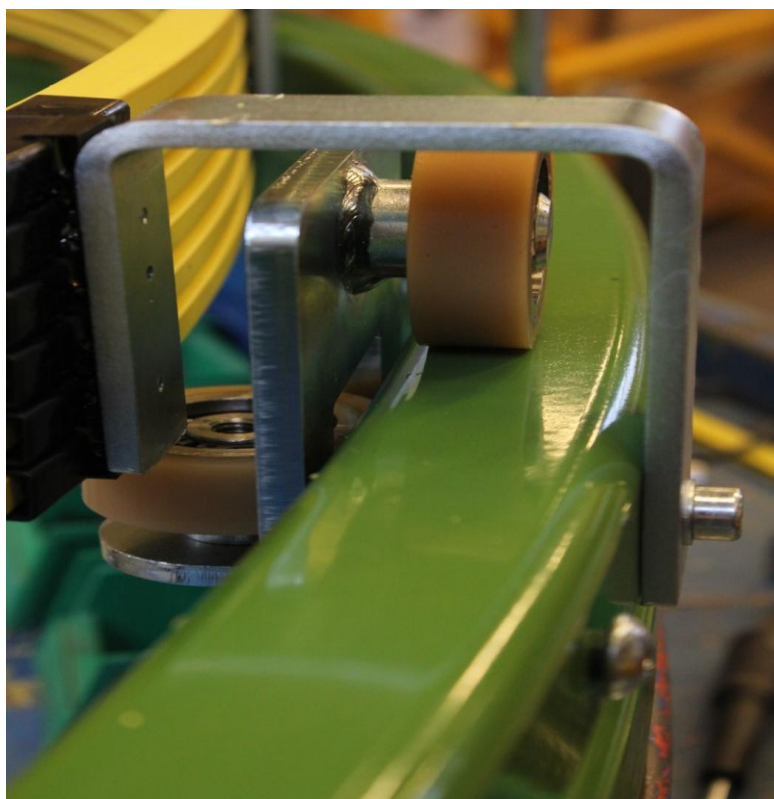
3.2 Kehittäminen

Tuotannon jatkuva kehittäminen on nykypäivänä elintärkeää yrityksille. Maailmalla kilpailu on kovaa ja teknologia kehittyä hurjaa vauhtia eteenpäin, mikä tuo uusia innovaatioita yritysten ulottuville. Varsinkin kokoonpanoteollisuudessa tuotannon kehittäminen on kustannusten ja kilpailun kannalta tärkeää, sillä juuri tuotannossa tapahtuvan kehityksen avulla voidaan helposti nostaa yrityksen tuottoa, kannattavuutta ja jopa imagoa.

Haloilalla pyritään jatkuvasti kehittämään ja löytämään parempia ratkaisuja kokoonpanosoluihin ja tätä kautta koko tuotantoon. Layoutin tiivistäminen ja sen uudelleen järjestäminen on tärkeää, jotta saataisiin nopeutettua läpimenoaikaa. Automaation lisääminen soluun voisi tuoda joustavuutta valmistukseen ja nopeuttaa suunnattomasti läpimenoaikaa. Robotin avulla tuotteet ovat tasalaatuisia ja työmiesten työpanos saataisiin suunnattua toisiin tehtäviin.

3.3 Soveltuvuus robotille

Kokokoonpanossa robotteja käytetään yleensä kappaleiden käsittelyyn, siirtämiseen ja liittämiseen. Solussa on tällä hetkellä runsaasti potentiaalia automatisointiin. Soluun voisi esimerkiksi miettiä pientä robottisolua, joka voisi tehdä pientä osakokoonpanoa joustavasti. Robotti voisi koota valmiiksi esimerkiksi kuvan 2 mukaiset osat. Kuvassa 2 esitetään kaksi erillistä osaa. Aluslaatta (u:n mallinen osa) kiinnitetään itse kehikkoon pultilla. Virtakiskonpidike (musta muovinen osa) kiinnitetään aluslaattaan ja virtakiskonpidikkeeseen kiinnitetään kupariset virtakiskot. Taka-alalla oleva osa on kehäkannatin, joka koostuu kahdesta rullasta ja kannatinlevystä. Osa kiinnitetään kehikon sisäpuolelle ja sen ansiosta kehikko saadaan pyörimään. Osien määrä kehikossa riippuu käärintäkoneen koosta ja mallista.



Kuva 2. Kehäkannatin ja virtakiskonpidike.

Esimerkiksi nämä kaksi osaa voitaisiin sovittaa robotille osakokoonpanoksi. Robotille voidaan pohtia myös muita vastaavanlaisia osakokoonpanoja, jolloin

osat olisivat valmiita vain kiinnitettäviksi. Toinen vaihtoehto automatisoinnin kannalta olisi autoteollisuuden malli, jossa kokoonpanoautomaatio on kehitetty mahdollisimman pitkälle. Autoteollisuuden mallia helpottaen osat voitaisiin tehdä mahdollisimman valmiiksi alihankkijoilla, ja valmiit osat voisi näin tuoda roboteille kokoonpantavaksi. Tällöin mahdollinen robotti tai robotit keskittyisivät osakokoonpanojen sijaan itse kehikon kokoamiseen.

3.4 Tehokkuus ja Kannattavuus

Haloilalla tämänhetkinen tilanne solussa on mielestäni ihan hyvä. Tarvittavat osat ja työkalut ovat jo nyt lähellä työntekijää. Solussa on kaksi selvää osakokoonpanosolua, joissa toisessa kootaan käärintäkone ja toisessa tehdään moottorin kiinnitysosa. Ainoa heikkous solussa on, että se on pysynyt samanlaisena jo kauan ja että se on hieman sekava tilan puutteen vuoksi. Lisätilan saaminen olisikin helpottava tekijä tehokkuuden lisäämiseksi.

Työaika on hyvä mittari kokoonpanon tehokkuutta mitattaessa. Se on tarkemmin sanottuna aika, jolla valmistettava tuote saadaan valmiiksi ja lähetyskuntoon asiakkaalle. Työaikaan sisältyy monia pienempiä ajanmittauksia eri työvaiheissa. Näitä aikoja lyhentämällä kokonaistyöaikaa saadaan lyhyemmäksi ja tuotanto kustannustehokkaammaksi.

Läpäisy aika on käsitteenä hyvin lähellä työaikaa, mutta se on yleisemmin käytetty teollisuudessa. Se on tärkeä mittari tuotannossa ja sen avulla voidaan mitata, kuinka paljon aikaa kuluu jonkin toimintakokonaisuuden valmistukseen, kuten osakokoonpanoon, solukokoonpanoon tai koko tuotteen valmistukseen. Läpäisy aika koostuu materiaalin saannista ja yrityksen omasta kokoonpanovalmistusajasta; mitä lyhyempiä läpäisyajat ovat, sitä nopeammin tuote saadaan toimitettua asiakkaalle. (Lapinleimu 1997, 53–55.)

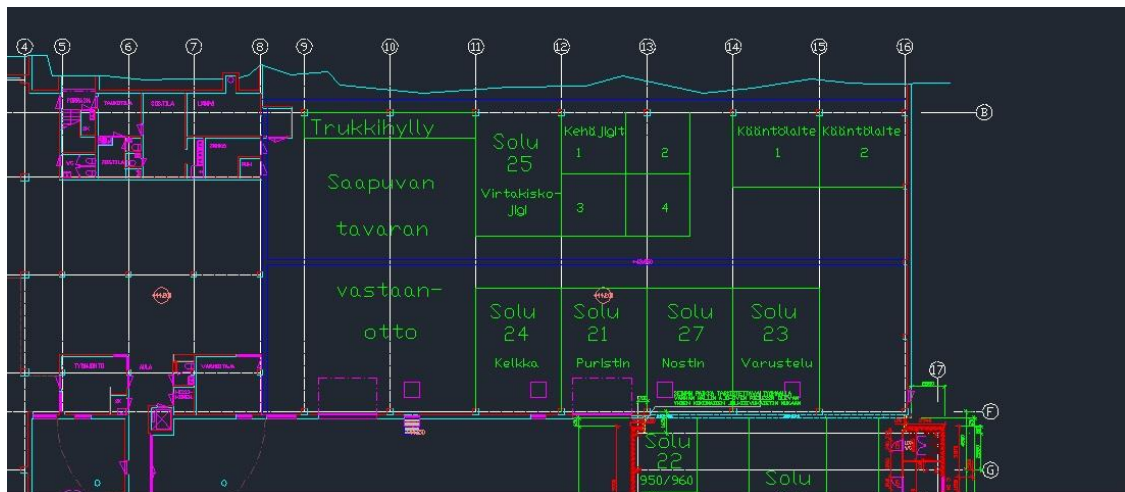
Tällä hetkellä ei täysin tarkkaan tiedetä tuotteen läpäisy aikaa solussa 25, koska se vaihtelee tuotteen koon sekä siihen liitettävien oheislaitteistojen lukumäärän mukaan. Keskimääräinen arvioitu läpäisy aika solussa on vajaat kaksi työpäivää

eli melkein 16 työtuntia. Työtä tehdään tällä hetkellä ainoastaan yhdessä vuorossa.

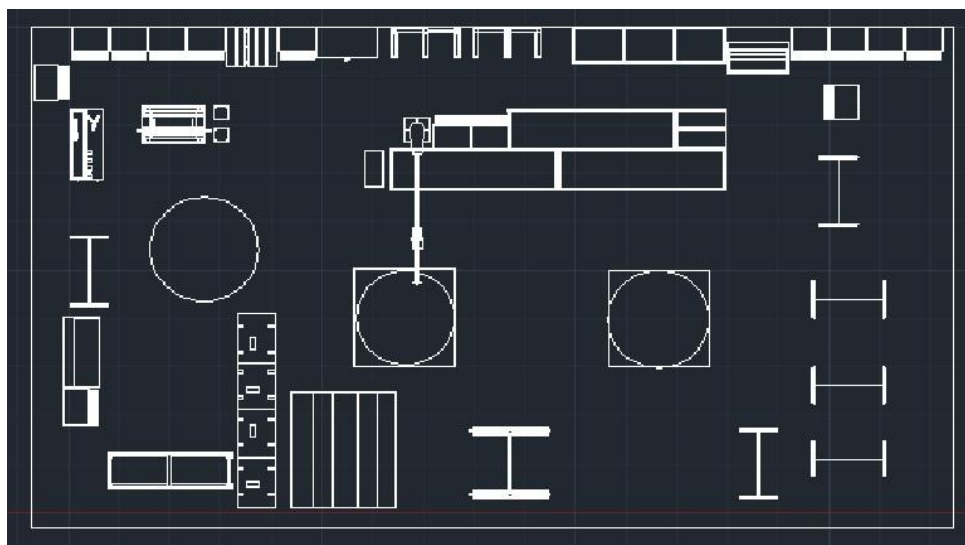
3.5 Layout

Layoutin suunnittelussa pyritään minimoimaan turhat tavaran siirrot tehtaissa tai työsolussa. Layout voi olla esimerkiksi tehtaan tai jonkin tuotantosolun pohjapiirustus. Tästä pohjapiirustuksesta käy ilmi tehtaassa solujen tai koneiden mahdollinen sijoituspaikka ja näin voidaan teoriassa etsiä toimivaa työympäristöä.

Kuvassa 3 esitetään suuremmissa mittakaavassa oleva layout, jossa näkyy hieman muitakin kokoonpanosoluja tehtaan sisällä. Kuva 4 on lähikuva solusta numero 25. Kuvassa 4 näkyy myös soluun kuuluvat komponentit nykyisessä muodossa. Solun mitat ovat 20,0m x 11,5m, eli lattian pinta-ala on 230 m².



Kuva 3. Tehtaan layout.



Kuva 4. Solun layout.

4 AUTOMATISOINNIN MAHDOLLISUUKSIA

Nykypäivänä automaatiossa lähes kaikki on mahdollista. On kuitenkin hyvä muistaa, että mitä monimutkaisempi koottava laite on, sitä enemmän rahaa todennäköisesti kuluu automaatioon tai robottisoluun. Mahdollisuudet ovat teoriassa siis rajattomat, jos syntyvät kustannukset eivät ole ongelma, mutta harvalla yrityksellä on varaa investoida mielin määrin rahaa automaatioon, joka tuo vain vähän parannusta nykyiseen tai ei ollenkaan. Parempi vaihtoehto onkin löytää juuri sopiva paikka, johon automaatiota olisi hyvä soveltaa.

Koneiden ja robottien käyttö on voimakkaassa kasvussa lähes kaikilla teollisuudenaloilla. Koneet helpottavat suuresti koneenosien valmistusta ja tuovat säästöjä yrityksille sekä kasvattavat työturvallisuutta. Kuten aikaisemmin jo mainitsin, Haloilalla on nykyisin solussaan automaattisia laitteistoja käytössä vain muutamia, pieni nosturi ja virtakiskojen mankelointikone. Nosturia käytetään kehikon siirtämiseen ja mankelilla pyöristetään virtakiskot, jotta ne vastaisivat kehikon pyöreän kehän sädettä. Kun automatiikkaa hankitaan teollisuuteen, osuvat investoinnit todennäköisesti robottiin. Tästä syystä olen itsekin ottanut robotit työssäni suureen rooliin, joten on hyvä antaa alkuun hieman tietoa niistä.

Robotti on mekaaninen laite, joka saadaan toimimaan sähköisten, pneumaattisten tai hydraulisten toimilaitteiden avulla. Robotti voidaan ohjelmoida helposti uudelleen tietokoneen avulla, jos kokoonpanosolu sitä vaatii, ja näin se antaa tarvittavaa joustavuutta soluun. Yleisesti robotteja käytetään maailmanlaajuisesti kokoonpanotöissä. Roboteilla on monta positiivista ominaisuutta. Ne ovat muun muassa ne ovat joustavia, väsymättömiä ja tekevät tasalaatuista työtä. Robotti soveltuu hyvin töihin, jotka ovat ihmiselle vaarallisia. Roboteilla on hyvät puolensa, mutta ne eivät kuitenkaan aina ole paras mahdollinen sijoituskohde. Robottia hankittaessa on tehtävä huolellisesti laskelmat sen kannattavuudesta ja sijoituspaikasta, koska väärin toteutettuna robotti voi koitua yritykselle huonoksi hankinnaksi.

4.1 Toistuvuus

Robottisolun toistuvuus on täysin riippuvainen koottavien osien määrästä. Oikein suunniteltu robottisolun voi toimia lähes itsenäisesti koko työpäivän. Robotti tarvitsee ihmistä vain raaka-aineen syötössä ja häiriötilanteiden korjaamisessa. Toistuvuutta tarvittaessa on robotti juuri oikea vaihtoehto, sillä monotoninen työ voi olla raskasta ja tylsää työntekijälle. Kehikkoon kiinnitetään monia osia kokoonpanovaiheen aikana ja osien vuotuinen volyyymi vaihtelee suuresti. Esimerkkeinä kappaleiden vuosittaisesta volyymista voidaan pitää kehäkannattimien ja virtakiskojen pidikkeiden valmistamista. Kehäkannattimiin kuuluu kaksi rullaa, joten kehäkannattimiin kiinnitetään vuodessa 3 000–3 600 rullaa ja kehikkoon kiinnitetään 1 500-1 800 kannatinta. Virtakiskopidikkeitä kootaan ja kiinnitetään vuosittain noin 4 000-4 800 kappaletta. 16 virtakiskopidikkeen ja 6 kehäkannattimen kokoamiseen sekä kiinnittämiseen kuluu aikaa noin yksi tunti, eli vuodessa tähän työvaiheeseen kulutetaan aikaa noin 250-300 tuntia.

4.2 Rajoitteet, edut ja haitat

Rajoitteita automaatiolle voivat olla tilan puute ja kustannukset. Kun automaattisia toimilaitteita suunnitellaan soluun, turvallisuuden muistaminen on tärkeä asia. Turva-alueille on tarkat määräykset ja alueiden laajuus määräytyy laitteiston sekä vaadittavien toimintasäteiden mukaan, ja se vie näin ison osan lattiapinta-alasta. Tässä työssä en kuitenkaan paneudu sen enempää turvallisuuteen, sillä se rajattiin pois työn laajuuden takia.

Kustannukset ja automaation kannattavuus rajoittavat uusia hankintoja ratkaisevasti. Automaation hankkiminen voi tulla kalliiksi, jos se suunnitellaan hätiköidysti ja sijoitetaan niin sanotusti ”väärään” paikkaan.

Yleensä kaikissa asioissa on kaksi puolta, sekä hyvä että huono, näin voi olla myös automaatiossa. On syytä tutkia tarkkaan, onko tulevilla

automaatiojärjestelmällä enemmän hyviä vaikutteita kokoonpanoon kuin huonoja.

Automaation etuja ovat muun muassa sen nopeus, tarkkuus, helppous ja yksinkertaisissa töissä edullisuus, eikä se rasita työntekijöitä yksitoikkisissa töissä. Automaatio voi myös vahvistaa työntekijöiden positiivista asennetta ja nostaa yrityksen imagoa.

Haittoja taas voivat olla häiriöalttius, korkeat kustannukset monimutkaisilla ratkaisuilla (esim. tarkkuus, nopeus ja paino lisääntyvät) sekä oikeanlaisten tarttujen valinta. Lisäksi kalliimmassa tapauksessa työkalut täytyy suunnitella alusta alkaen, jolloin kustannukset nousevat.

5 KOKOONPANON RATKAISUVAIHTOEHTOJA

Kokoonpanosoluun on lukuisia erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja eikä niitä kaikkia millään voida esitellä yhdessä työssä, joten olen poiminut muutamia vaihtoehtoja aina lähes kustannusvapaista ja vähemmän automatisoidusta vaihtoehtoista kalliisiin ja lähes täysin automatisoituihin järjestelmiin. Kokoonpanon ratkaisuvaihtoehdot voivat siis olla myös tilan uudelleen järjestelyä ja muita yksinkertaisia muutoksia. Soluun 25 kaivattiin kuitenkin automaatiota ja sen takia olen keskittynyt automatiikan tarjoamiin vaihtoehtoihin tarkemmin.

5.1 Robottisolut

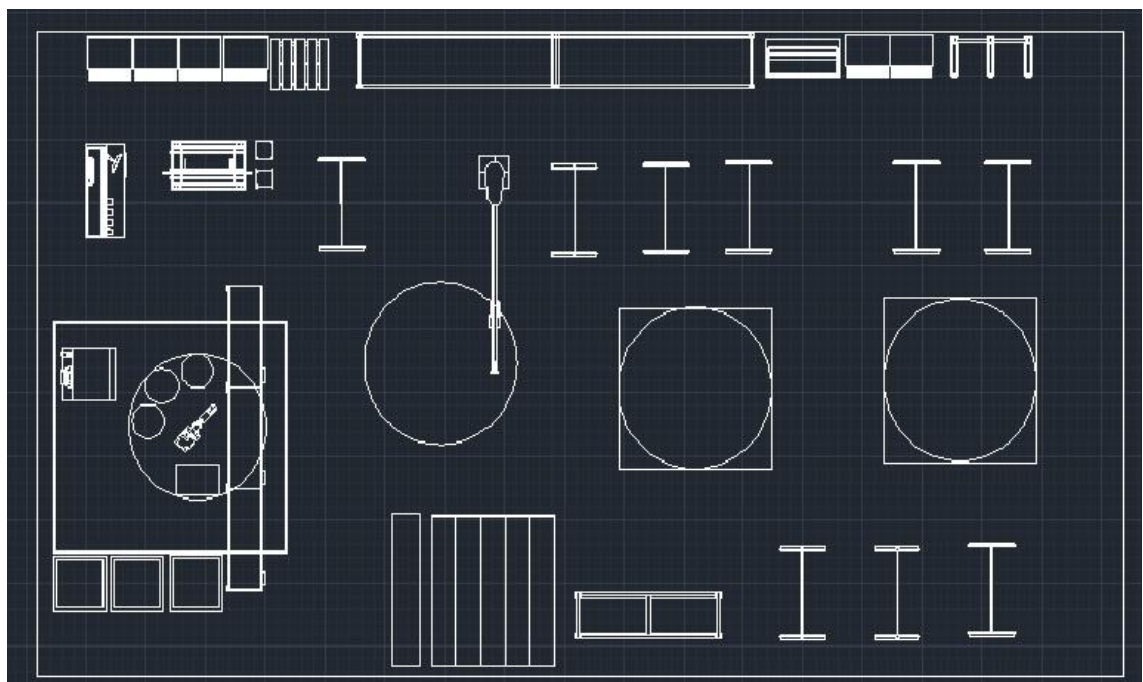
Robotin sijoittaminen kokoonpanoon on tässä tapauksessa tarkkuutta vaativaa työtä. Osien on oltava aina samassa kohdassa ja samoin päin, jotta robotti kykenee käsittelemään niitä halutulla tavalla. Käärintäkoneen kokoonpantavien osien piirustuksia ei kuitenkaan välttämättä tarvitse lähteä muuttamaan, jos robottisolun ja sen työkalut sekä kiinnitykset saadaan toimimaan osien vaatimien normien mukaisesti. Toimivan robottisolun toiminta perustuu tarkkoihin laskelmiin osien ja työkalujen sijoituspaikasta. Robotilla täytyy olla jatkuvasti materiaalia saatavilla, jotta se voi työskennellä tehokkaasti ja tuoda hyötyä yritykselle. Itse robotit eivät ole sovelluksen kallein hankinta, vaan pääasialliset kustannukset tulevat tarvittavista oheislaitteista. Robotin hinta on reilusti alle 50 % sovelluksen kokonaiskustannuksista. Jos molemmat nykyiset osakokoonpanot saadaan toimimaan yhdellä robottisolulla, säästöjä syntyisi huomattavasti enemmän. Teoriassa robotti saadaan työskentelemään taukoamatta 8 tuntia päivässä, jos sille vain saadaan tarpeeksi tekemistä.

Robottisolujen hyödyntämiseen on monia vaihtoehtoja, joista valitsin tähän kaksi, yksittäisen robottisolun ja kolmen robotin solun. Robotit on valittu Motomanin tarjoamista tuotteista. Molemmat robottiratkaisut soveltuvat kokoonpanotehtäviin sekä kappaleiden käsittelyyn, ja ne voidaan kiinnittää

lattiaan, seinään tai kattoon. Robotit ovat pitkäikäisiä ja niiden keskimääräinen käyttöikä oikein huollettuna on noin 15 vuotta. Esimerkkitapauksissa keskitytään pääasiassa yhden robotin kattavaan kokoonpanosoluun, ja toisesta vaihtoehdosta esitetään tiedot ja kustannusarviot lyhyesti.

5.1.1 Yksittäinen robottisolun

Ensimmäinen esiteltävistä roboteista on Motomanin sda-sarjan robotit, jotka ovat kaksikäisiä. Kädet voidaan ohjelmoida synkronoimaan samanaikaisesti tai tekemään eri töitä täysin riippumattomasti toisistaan. Sda-sarjan robotit ovat nopeita, tarkkoja ja vievät vain vähän lattiapinta-alaa. Sda-sarjassa on kolme eri mallia ja jokaisella on eri ulottuma, koko ja maksimikuorman käsittely. Tähän esimerkkiin valitsin sda-sarjasta SDA10D-mallin.



Kuva 5. Solun layout robottisolulla.

Kuvan 5 vasemmassa alanurkassa on robottisolun. Se sisältää yhden kaksikäisen robotin, jonka malli on Motoman SDA-10. Robotin kädet voidaan ohjelmoida toimimaan synkronoidusti tai täysin erikseen. Robotti kiinnitetään lattiaan ja solussa on myös työtaso, jolla kappale tai kappaleet kootaan. Robotin

tarkoitus solussa on tehdä pienempiä osakokoonpanoja. Pienet osakokoonpanot, jotka voitaisiin siirtää robotille, olisivat mielestäni moottoripeti, kiristinvivut, kehäkannatin, virtakiskopidike ja mahdollisesti kalvovahti. Nämä osakokoonpanot ovat suhteellisen yksinkertaisia kokonaisuuksia eivätkä tuota suuria vaikeuksia robotille. Vaikean paikan tullen robotin käsiin voidaan kiinnittää monenlaisia työkaluja, ja joissain tapauksissa myös sellaisia työkaluja, joissa yhdessä kädessä on kaksi työkalua. Näin ollen robottiin saadaan jopa neljä eri työkalua. Robottisolun suurin kysymys lienee se, onko robottisolusta mahdollista tehdä tarpeeksi monipuolinen, jotta se soveltuu jokaiselle osakokoonpanolle vai täytyykö solua suurentaa sekä monipuolistaa tai tehdä kokonaan toinen robottisolu.

Kuvassa 5 huomataan myös, että robottisolun lisääminen ei vaadi suuria määriä lattiapinta-alaa, jos se suunnitellaan kokoamaan pieniä osakokopanoja. Robotin vaatima turva-alue on pinta-alaltaan noin 10 m². Lisäämällä kuvassa esiintyvän robottisolun työskentelypinta-alaa, saadaan siihen helpommin lisättyä monipuolisuutta ja tätä kautta joustavuutta.

Robotin tekniset tiedot:

Akseleiden lukumäärä 15

Hyötykuorma 2 x 10 kg

Suurin ulottuma 720 mm

Toistotarkkuus ±0.1 mm

Paino 220 kg

Liityntäteho 2.7 kVA

Asennustapa Lattia, Seinä, Katto

Soveltuvuus Kokoonpano

Konepalvelu, kappaleenkäsittely

(Yaskawa Finland Oy 2013.)

Osakokoonpanoihin kuuluvat osat

Moottoripeti	Moottoripedin runko, moottorin kiinnityslevy, kierretanko, aluslaatta sekä kuusiomutteri.
Kiristinvipu	Kiristinvipu, akseli, korilaatta, korialuslaatta, kuusiokoloruuvi sekä holkki.
Kehäkannatin	Rullat, rullalaakerit, kehän kannatinlevyt, kuusiokoloruuvi ja itse kehäkannatin.
Virtakiskonpidike	Kiskonpidike, kuusiokoloruuvi ja aluslaatta.
Kalvovahti	Kiinnityskappale, nivelakseli, pyöränpidin, pyörä, kuusiokoloruuvi, lukkomutteri, kuusiokoloruuvi, rajakytkin ja liikerajoin.

Taulukko 1. Osaankokopanot osat.

Kuten osaluetteloista huomataan ainoastaan kuusiomutterit kuuluvat jokaiseen osakokoonpanoon. Muutoin osat ovat hyvin erilaisia, mikä tarkoittaa, että jigejä, asettimia ja keskittäjiä tulisi olla monia erilaisia, jos ei löydetä joustavaa ratkaisua kappaleiden käsittelemisessä ja sijoittamisessa.

Oheislaitteet

Tarvittavat oheis- ja apulaitteet ovat tärymaljat, kappaleiden keskittäjät sekä asettajat ja kuljettimet. Tärymaljojen avulla saadaan mutterit ja ruuvit tärytettyä oikeinpäin ja oikeaan asentoon robotille. Keskittäjät ja asettajat auttavat saamaan kappaleen haluttuun asentoon. Robottisolussa on tärkeää saada työstettävät kappaleet aina samaan kohtaan ja oikeinpäin.

Kuljettimien tehtävänä on kuljettaa raaka-ainetta robotille ja siirtää valmiit kappaleet ulos solusta. Kyselin Turussa sijaitsevalta yritykseltä alustavasti robottisolulle tulevista kuljettimista ja sain tietää, että robottisolulle tuleva kokonaisuus kattaisi 1 200 × 5 000 mm:n kokoisen lavakuljettimen yhdellä 0,75kW:n kierukkavaihteella, yhden kääntöpöydän rullakuljettimella ja hammaskehäkäännön. Rullakuljettimen painorajoitukset ovat maksimissaan 1 500 kg/metri. Kuljettimelle voidaan myös miettiä pientä scara-robottia, jos näin monen kappaleen ottaminen yhdelle robotille on liian työläs tai se ei ole kovin

kannattavaa. Scara-robotti nostaa kappaleet keskittäjälle, josta suurempi robotti jatkaa työskentelyä.

Kustannukset

Motomanin SDA10-sarjan robotti sekä siihen kuuluvat oheislaitteet maksavat karkean arvion mukaan noin 280 000 €, ja kolmen robottikäden sovelluksessa pelkkien robottikäsien hinta nousee aina 100 000 euroon asti, jopa sen yli. Robottisoluun tulevien rullakuljettimien (yllä mainitut) ja siihen kuuluvien oheislaitteiden kustannukset ovat noin 14 000 euroon.

Ihannetilanteessa robotti työskentelee vuoden jokaisena työpäivänä 8 tuntia. Työpäiviä on keskimäärin 242 ja työtunteja vuodessa yhdellä vuorolla kertyisi $242 \times 8 = 1936$ h. Tästä voidaan laskea tuntipalkan avulla esim. $1936\text{h} \times 25 \text{ €} = 48\,400 \text{ €/a}$. Robotin takaisinmaksuun menisi $280\,000 \text{ €} / 48\,400 \text{ €} = 5,8$ vuotta. Robottien käyttöikä on keskimäärin 15 vuotta, joten voidaan olettaa, että vajaa 10 vuotta olisi aika, jolloin voittoa tehdään. Voittoa syntyisi tällöin $10\text{a} \times 242\text{d} \times 8\text{h} \times 25 \text{ €} = 484\,000 \text{ €}$ eli vuodessa $484\,000 \text{ €} / 10\text{a} = 48\,400 \text{ €/vuosi}$. Robotin käyttäminen ei tietenkään lopu 15 vuoden käytön jälkeen, jos sitä on huollettu säännöllisesti, ja sen jälkeen robotti voidaan aina jälleenmyydä.

Robottia voi olla vaikea saada työskentelemään 8 tuntia päivässä, jos valmistettava tavaramäärä on pieni. Esimerkiksi kehäkannattimia solussa valmistetaan vuositasolla noin 4000–4800 kappaletta ja kappaleiden kokoamiseen työmiehillä menee vain noin 1 tunti työpäivästä. Siksi on syytä saada mahdollisimman monia eri osakokoonpanoja robotille, jotta robotista saadaan täysi hyöty irti.

Esimerkkinä, jos robotti ei työskentele kuin puolet työpäivästä. Silloin robotti toisi säästöjä $242\text{d} \times 4\text{h} \times 25\text{€} = 24\,200\text{€/a}$. Takaisinmaksuun menisi hieman yli ($280\,000\text{€} / 24\,200\text{€} =$) 11,6 vuotta. Tämän esimerkin avulla huomataan, kuinka tärkeää on, että robotti työskentelisi taukoamatta ja mahdollisimman paljon. Silloin tavaran tulisi liikkua myös muissa soluissa nopeaan tahtiin. Toisaalta, tuottavuutta ei voida laskea pelkkien palkkakustannuksien avulla. Myös

robottien tuoma läpimenoajan nopeuttaminen ja tätä kautta suurempien myyntien tuomat hyödyt täytyy ottaa huomioon.

5.1.2 Kolmen robotin solu

Toinen osakokoonpanoille esiteltävä robottivaihtoehto on kolmen pienemmän robotin kattava solukokonaisuus. Kolmen robotin solussa ei tarvitse jatkuvasti vaihtaa työkaluja ja osien hallinta olisi helpompaa sekä nopeampaa. Toki se tuo hieman lisäkustannuksia verrattuna yhteen robottiin. Robottisolua hankittaessa on siis hyvä muistaa, että järjestelmän kustannukset kasvavat sitä mukaan kun robottien koko kasvaa ja ominaisuudet paranevat sekä oheislaitteiden määrä nousee.

Kolmen robotin kokonaisuus koostuu kolmesta erillisestä robotista, joilla kuitenkin on sama ohjainlaitteisto. Robotit voidaan valita lukuisista eri vaihtoehtoista kokoonpanon vaatimusten, kuten kappaleiden painon ja käsittelyvaatimusten mukaan. Kolmen robotin ratkaisu ei välttämättä tarvitse paljon suurempaa lattiapinta-alaa kuin yhden robotin; alueen suuruus riippuu siitä, kuinka suuria robotteja kokoonpanosoluun valitaan. Kolmen robotin sovelluksessa kustannukset nousevat helposti yli 300 000 euroon, ja jotta ne maksaisivat itsensä takaisin samassa ajassa kuin yhden robotin solu, tulee tuotannon olla todella nopeaa ja jatkuvaa.

5.2 Autoteollisuuden malli

Järkevin vaihtoehto solun läpäisyajan parantamiseksi löytyy mielestäni autoteollisuuden mallista. Autoteollisuudessa on kehitetty kokoonpanoteollisuus lähes huippuunsa, ainakin automaation osalta. Autotehtaissa autot kulkevat ”blackbeltillä” tai muulla vastaavalla automaattisella linjastolla ja pysähtyvät aina samaan paikkaan. Robotit kiinnittävät muun muassa ovet, penkit ja tekevät pienet hitsaukset, jonka jälkeen matka jatkuu seuraavalle pisteelle. Tätä mallia voisi yrittää soveltaa myös Haloilan kokoonpanosolussa. Kehikko liikkuisi

esimerkiksi "blackbeltin" tapaisella linjalla aina seuraavaan pisteeseen, jossa työmiehet tai robotit tekevät pienen lisäyksen runkoon, jonka jälkeen se siirtyisi seuraavaan vaiheeseen. Tehokkaan tästä mallista tekee kehikon molemminpuolinen työskentely. Robottien puuttuessa olisi työmiehiä syytä olla solussa yksi kehikon molemmin puolin, koska yksin työskentelevä työmies joutuu kiertämään vähän väliä toiselle puolelle kehikkoa, mihin kuluu aikaa ja vaivaa. Soluun mahtuu pelkästään yksi linjasto, ja esimerkiksi vihivaunuja ja kehikoita voi olla vain yksi, kun tällä hetkellä solussa valmistellaan kahta tai kolmea kehikkoa samanaikaisesti.

Solussa voisi olla tilan puutteen vuoksi kolme selvää työpistettä, joissa kehikkoa kootaan. Suunniteltaessa pisteitä tulee miettiä tarkkaan, mitä niissä tehdään, jotta systeemi olisi tehokas. Kehikon tulee pysähtyä aina täsmälleen samaan kohtaa varsinkin robotin tehdessä kokoonpanoa. Pienetkin eroavaisuudet sijoituksessa voivat tuottaa isoja ongelmia tai pahimmassa tapauksessa pilata tuotteen. Oli siis kehikon liikuttamiseen tarkoitettu ratkaisu liina, "blackbelt", rullat tai vihivaunu, olisi sen hyvä olla mahdollisimman tarkka ja turvallinen. Kehikon paino solun loppuvaiheessa on yli 500 kiloa, joten hihnalla tai jollakin vastaavalla laitteistolla kehikon liikuttaminen lisää myös turvallisuutta ja helpottaa kehikon siirtelyä. Kyseiselle systeemille eli roboteille tulevat pienet osakokopanon-osat olisi syytä saada mahdollisimman valmiiksi jo alihankkijoiden toimesta. Tällä tavalla päästäisiin eroon pienimmistä osakokoonpanojen kokoamisesta solussa ja kappaleet voitaisiin kiinnittää kehikkoon nopeasti ja tehokkaasti.

Tämän tyyppinen ratkaisu ja sen hankinta on hyvä tehdä porrastetusti. Toisin sanoen hankitaan tarkasti ja pitkällä aikavälillä vaadittavat komponentit sekä katsotaan, mitä tarvitaan ja mihin investoidaan seuraavaksi. Pienissä erissä ostamisen hyviä puolia on, että nähdään selvästi, missä olisi parantamisen varaa ja mihin seuraavat investoinnit kohdistetaan.

1. vaihe

Virtakiskopidikkeet ja rullalliset kehäkannattimet kiinnitetään kehikkoon. Kiinnityksen jälkeen virtakiskot pyöristetään ja kiinnitetään, tai vaihtoehtoisesti robotti esivalmistellaan, jos robotti tulee toiseen vaiheeseen.

2. vaihe

Tässä vaiheessa voitaisiin ohjelmoida robotti kokoamaan ja kiinnittämään esimerkiksi kehikon paikoilleen tai sitten toimimaan pienosakokoonpanojen kanssa, jos ne tulevat alihankkijoilta valmiina. Silloin 1. vaiheeseen jäisi pelkästään virtakiskorenkaiden paikoilleen nosto ja virtakiskojen pyöristäminen.

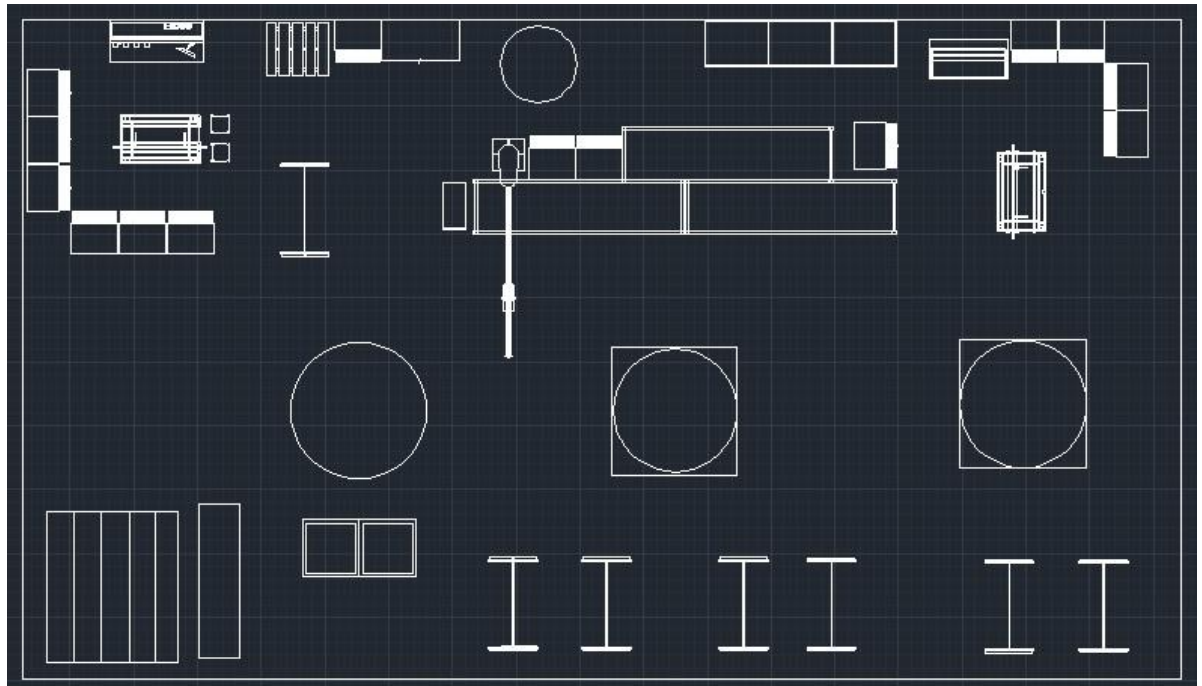
3. vaihe

Kolmannessa ja viimeisessä kokoamisvaiheessa työkohteena olisi moottorin ja käärintäkoneen kiinnittäminen kehikkoon sekä sähköjohtojen ja paineilman asentaminen.

5.2.1 Mallit

Kaikissa alla havainnollistetuissa malleissa, erityisesti mallissa 2 ja 3, oletetaan, että alihankkijat tekevät osat mahdollisimman valmiiksi. Näin ne voidaan kiinnittää kehikkoon nopeasti ja helposti. Malleissa 2 ja 3 on kolme eri työpistettä ja näissä omat työvaiheensa. Kolmannessa mallissa on runsaasti automatiikka ja robotteja. Jotta kaikki mallit toimisivat halutulla tavalla, on kappaleiden oltava nopeasti saatavilla ja täysin oikealla paikalla. Mallien toiminta perustuu siihen, että jokaisessa työpisteessä on juuri ne osat ja työkalut, joita siinä työvaiheessa ja työpisteessä vaaditaan. Näin saadaan autoteollisuuden malli toimimaan halutulla tavalla, ja sen demonstroiminen on helpompaa nykyisillä valmiuksilla.

Malli 1

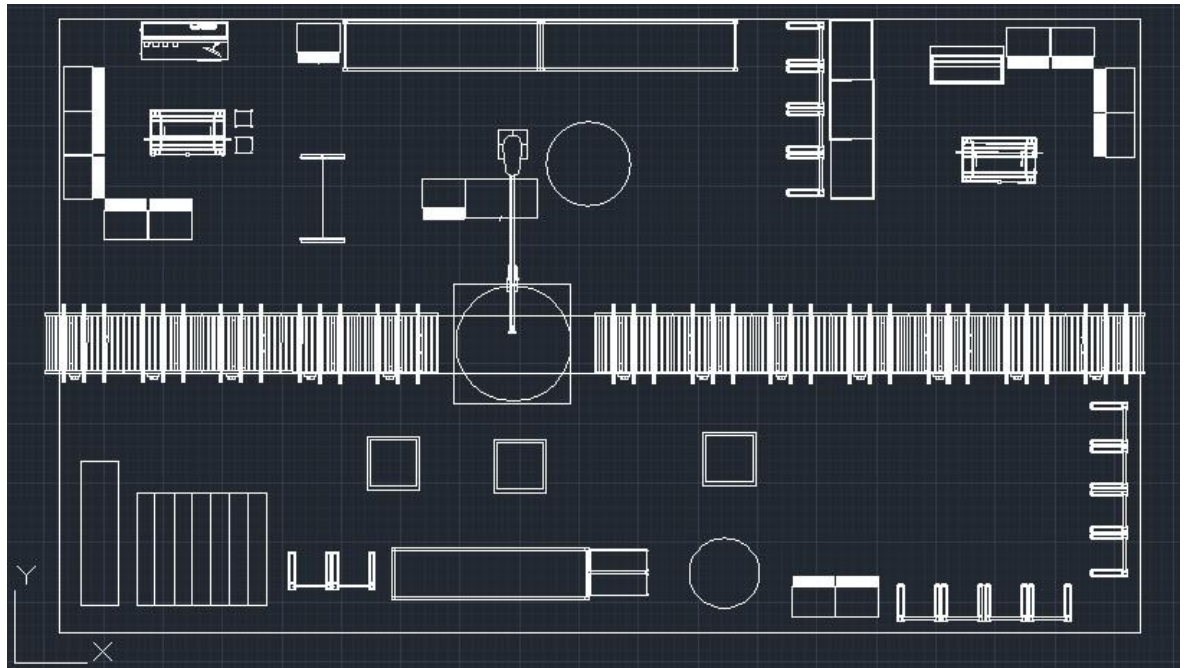


Kuva 6. Solu layout uudelleen järjestettynä.

Ensimmäisessä mallissa on säilytetty jo olemassa olevat kehäjiggit: yksi pyöreä jigi ja kaksi rullilla toimivaa jigiä. Tässä mallissa kehikko liikkuu solun keskivaiheilla, jolla mahdollistetaan kehikon molemminpuolinen työskentely. Molemminpuolinen työskentely on tehokas ja nopea tapa saada tuote valmiiksi ja siirtymään seuraavaan soluun.

Malli sisältää myös vielä kaksi jo olemassa olevaa osakokoonpanoa. Osakokoonpanoissa kootaan käärintäkone ja moottorin kiinnikkeet. Malli koostuu kolmesta kuvitteellisesta työpisteestä. Kuvassa vasemmalla on ensimmäinen piste, jossa kiinnitetään kehäkannattimet, virtakiskopidikkeet ja pyöristetään suorat virtakiskot. Toisessa pisteessä (kuvassa keskellä) kiinnitetään tarvittavat kehikon osat, jotka sijaitsevat lähellä työntekijää. Kolmannessa pisteessä kiinnitetään moottori ja vedetään sähköjohdot sekä pneumaatiikka.

Malli 2



Kuva 7. Solun layout, jossa on yksi linjasto.

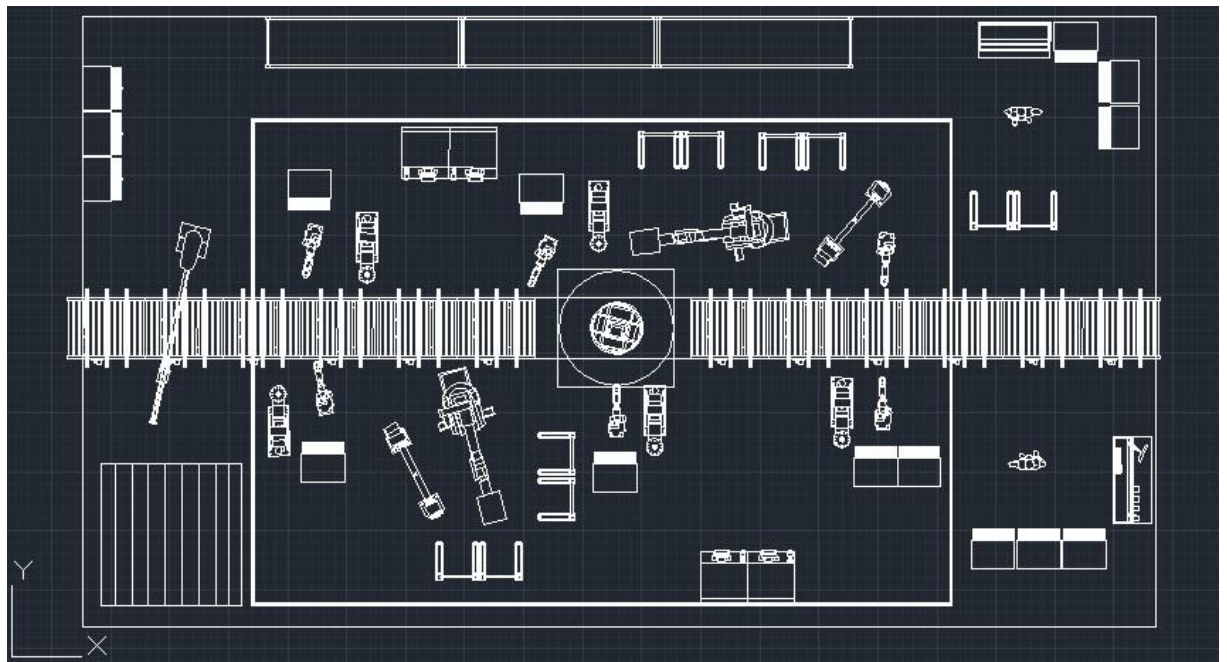
Toinen esiteltävä autoteollisuuden malli käsittää pelkästään yhden kokoonpanolinjan ja yhden kehikon. Linjastossa voidaan käyttää esimerkiksi vihivaunua, joka etenee linjastolla linjan loppuun asti kuljettaen kehikkoa työpisteeltä toiselle. Kaikkien työvaiheiden jälkeen vaunu siirtyy tyhjänä takaisin linjan alkuun, jossa nostetaan uusi kehikko vaunuun. Parhaassa tapauksessa vaunua voisi halutessaan pyörittää, jolloin osat saataisiin helpommin ja turvallisemmin kiinnitettyä. Pyörivän vaunun avulla yhden miehen työskentely sujuisi mutkattomammin.

Mallin voi ajatella toisellakin tavalla. Kehikko voi kulkea nykyisellä kehäjigillä lattiaan sijoitettujen kiskojen mukaan. Jigi voidaan pysäyttää haluttuun kohtaan automaattisesti. Tällöin työntekijä kykenee kulkemaan kiskojen yli toiselle puolelle, jos solussa on vain yksi työntekijä. Turvallisuuden suunnittelu on tässä tapauksessa hieman hankalampaa kuin vihivaunulla.

Tässä mallissa olen säilyttänyt myös kaksi jo olemassa olevaa osakokoonpanoa. Automaatiikkaa solussa on vihivaunu tai automaattinen

kuljetin, joka pysähtyy haluttuun työpisteeseen, joita voi olla lukuisia. Layoutissa on korvattu joitain pitkävartavan säilytyshyllyköitä uudentyyppisillä. Kaksi pyöreää piirrosta, nosturin vieressä ja kuvan alhaalla keskivaiheilla, ovat ”revolveri”-tyyppisiä säilytysratkaisuja nimenomaan pitkälle ja pyöreälle tavaralle, kuten metalliputkille.

Malli 3



Kuva 8. Lähes täysin automatisoitu solu.

Kolmas malli on kaikkein automatisoiduin. Malli näyttää sekavalta ja ahtaalta, mutta hyvällä suunnittelulla siitä saadaan toimiva kokonaisuus. Alussa linjastolle nostetaan kehat, jonka jälkeen ne siirtyvät robottisolun, jossa monet robotit kiinnittävät osat kehikkoon. Robottisolun jälkeen kehikko tulee viimeiseen pisteeseen, jossa asennetaan sähköt ja pneumatiikka käsityönä.

Mallissa on robotteja kaiken kaikkiaan kahdeksan, kaksi suurempaa ja kuusi pienempää. Pienet robotit asentavat pienet kappaleet kehikkoon, ja ne palvelevat tarpeen mukaan suurempia kokoonpanorobotteja. Suuremmat robotit hoitavat lähinnä pitkien kappaleiden nostamisen ja paikoilleen asettamisen.

Jokaisella robotilla on lähellä raaka-ainetta sekä kehikot, joilla keskitetään kappale oikeaan asentoon kokoamista ja kiinnitystä varten.

Kolmannessa mallissa (Kuva 8) robotit ja oheislaitteet on valittu ABB:n tarjonnasta. Malliin otetut laitteet ovat: 2x IRB 2600, 6x IRB 1600, IRC5 ohjausjärjestelmä + ohjelmisto sekä IRT 501 FlexTrack .

Kustannusarviot

Malli 1

Malli 1 ei tuota suuria investointeja, koska siinä keskitytään vain uudelleen järjestelyyn. Järjestelmällä tilaa uudelleen pyritään saamaan hieman lisätilaa soluun ja helpottamaan käärintäkoneen kehikon liikuttamista.

Malli 2

Mallissa 2 kustannukset ovat korkeammat kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa, koska kehikon liikkuminen tapahtuu automaattisesti. Ainoat kustannukset kulusivat automaattisen linjaston tai vastaavan hankintaan.

Malli 3

Tämä malli on kustannuksiltaan suurin. Se kattaa kahdeksan robottia ja niille oheislaitteet. Robotit sekä oheislaitteet on etsitty ABB:n tarjonnasta sekä heiltä pyydettiin karkeaa kustannusarviota laitteille. Kustannusarviot seuraaville laitteille ovat:

- pieni kappaleenkäsittelyrobotti (IRB1600) n. 60 000-65 000 € / kpl
- suurempi kappaleenkäsittelyrobotti (IRB2600) n. 75 000-80 000 € / kpl
- tärymaljat varusteineen n. 15 000 € /kpl

Molempiin robotteihin kuuluu yksi tarraintyökalu. Hinnat ovat kappalehintoja, mutta budjetissa on kuitenkin mukana asennuskulut ja turvalaitteet. Kappalehintojen avulla voidaan laskea karkeat kokonaiskustannukset seuraavasti:

IRB1600 kokonaiskustannukset = 60 000–65 000 € * 6 = 360 000–390 000 €

IRB2600 kokonaiskustannukset = 75 000–80 000 € * 2 = 150 000–160 000 €

Tärymaljat varusteineen = 15 000 € * 6 = 90 000€

Loppusumma = (360 000 + 150 000 + 90 000)€ - (390 000 + 160 000 + 90 000)€ = 600 000€ - 640 000€

Kaiken kaikkiaan mallin 3 karkeat kustannusarviot ovat 600 000€ - 640 000€. Tämä ei kuitenkaan ole lopullinen summa. Täytyy ottaa huomioon, että summa sisältää vain robottien ja tärymaljojen kustannukset. Hintaan täytyy lisätä vielä automaattikuljettimet ja siihen vaadittavat oheislaitteet, mutta hinta on todennäköisesti lähellä 1 000 000€.

Hinta-arviota pyydettiin myös IRT 501 FlexTrack-järjestelmälle, mutta sitä ei valitettavasti saatu. Järjestelmää käytetään autoteollisuudessa apuna autojen liikuttamisessa. Järjestelmä on automaattinen ja aiheesta voi halutessaan katsoa pienen opastusvideon ABB:n internetsivuilta.

5.2.2 Autoteollisuusmallien vertailu

Aluksi tarkastellaan kokoonpanolinjojen liikuttamismahdollisuuksia. Malleissa kaksi ja kolme linjaston liikuttaminen sivusuunnassa on mahdollista, mutta se nostaa kustannuksia, mikä ei ole välttämätöntä. Ensimmäisessä mallissa sen sijaan, jossa ei ole kiinteää kokoonpanolinjastoa, on kehikon liikuttaminen helppoa joka suuntaan. Kehikko liikkuu ensimmäisessä mallissa nykyisen järjestelmän mukaan, eli rullallisilla jigeillä. Ainoa ongelma ensimmäisessä mallissa on jigien lopullinen paino, joka nousee noin 500 kg:aan. Yksi mahdollisuus siirto-ongelman helpottamiseksi voisi olla käsikäyttöisten trukkien hankinta. Ne soveltuvat pieniin tiloihin ja ovat ketteriä. Tämänkaltaisiin tiloihin ja töihin sopivia trukkeja on tarjolla kotimaisella Roclalla. Mahdollisia trukkimalleja voisivat olla:

1) Pinoamisvaunu RSE10/12

2) Pinoamistrukki SPE10/16

3) Pinoamistrukki SP16ac

RSE

Roclan käsikäyttöisen pinoajan ohjausaisan ja kahvan ergonomiset ratkaisut helpottavat ohjattavuutta ja varmistavat käyttäjän oikean työasennon.

Sähköisellä nostolla varustetut pinoamisvaunut RSE10/12 pinoavat, nostavat ja kuljettavat materiaalia tehokkaasti ja ergonomisesti tuotantoalueella ja pienissä varastoissa. (Rocla Solutions Oy 2013a.)

SPE/SPac

Kuljettajan ajotasolla varustetut pinoamistrukit soveltuvat pidemmillekin ajomatkoille, ja suuret nostokorkeudet sekä vankka rakenne mahdollistavat tehokkaan käytön erilaisissa olosuhteissa.

Rocla SPE- ja SPac-pinoamistrukit ovat tehokkaita ja monipuolisia työkaluja, jotka sopivat kaupan ja teollisuuden varastoihin sekä kuorma-autojen lastaukseen.

1) Pinoamisvaunu RSE10/12 hintaluokka 3 000 - 4 500 € 0 % alv.

2) Pinoamistrukki SPE10/16 hintaluokka 10 000 -12 000 € 0 % alv.

3) Pinoamistrukki SP16ac hintaluokka 12 000 - 14 000 € 0 % alv.

(Rocla Solutions Oy 2013b)

Toisessa ja kolmannessa mallissa kehikon liikuttaminen tapahtuu pelkästään vihivaunulla tai jollain muulla vastaavalla systeemillä, esimerkiksi linjastoon erikseen suunnitellulla jigillä. O vaikea sanoa tarkkaan, mitä kaikkea jigiin tulisi sisällyttää, jotta mallit toimisivat moitteettomasti varsinkin mallissa numero kolme, joka on hyvin pitkälle robotisoitu malli.

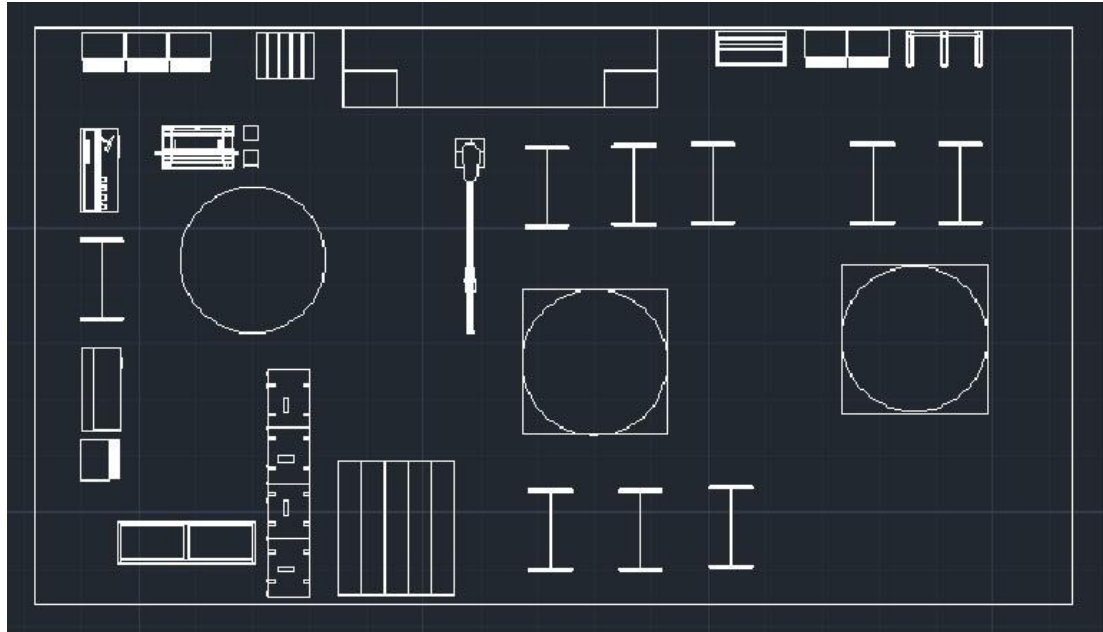
Mallien kaksi ja kolme toimivuudesta on ennakkoon vaikea sanoa mitään varmaa, koska ensin on päästävä hieman lähemmäksi automatisoitua linjastoa.

Kuitenkin nykyisten menetelmien avulla voidaan yrittää demonstroida automatisoitua kokonaisuutta liikuttamalla kehikkoa ja jigiä tiettyyn paikkaan ja tekemällä vaadittavat työt, jonka jälkeen siirrytään taas seuraavaan pisteeseen.

5.3 Muita ehdotuksia

Monissa tapauksissa suurin osa työajasta kuluu tavaroiden siirtämiseen, niiden paikoilleen laittamiseen sekä osien ja työkalujen hakemiseen. Toimivassa ja tehokkaassa solussa etäisyydet ovat lyhyitä, tarttumiset helppoja ja liikeradat suoria. Seuraavat ehdotukset liittyvät tilan käyttöön ja varastointiin sekä mankelointiin.

Solussa tilankäyttö on iso kysymys ja tilankäyttöä onkin syytä miettiä. Paremmilla sijoitusratkaisuilla voitaisiin solussa saada vapautettua lisää tilaa. Ensimmäiseen ehdotukseen on mielenkiinnosta valittu pientavaroiden säilytykseen tarjottua ratkaisua Konecranes-konsernilta Tampereelta. Konecranesin tarjoaman ratkaisun perusajatus Teemu Anttilan mukaan on ”hallita materiaalivirtojen informaatiota reaaliaikaisesti, oikeana ja ilman turhaa käsittelyä. Parhaimmillaan toimittaja saadaan huolehtimaan toimittamiensa komponenttien hallinnasta täysin itsenäisesti. Lisäksi voidaan materiaalin kulkua hallin sisällä hoitaa kätevästi.”



Kuva 9. Konecranes.

Kuvassa 9 on layout solusta 25, kun siihen on lisätty Konecranes Oy:n tarjoama automaattinen varastointijärjestelmä. Vertaamalla alkuperäiseen layoutiin huomataan, että Konecranesin järjestelmän avulla saadaan vapautettua lattiapinta-alaa suhteellisen paljon.

Varastointijärjestelmän mitat vaihtelevat asiakkaan toiveiden mukaan. Pienimmän laitteiston mitat ovat 1,6m x 2,6m x 6m ja laitteistoa voidaan kasvattaa pituussuunnassa tarpeiden mukaan aina 2 metriä kerrallaan. Laitteisto voidaan rakentaa monella tavalla toimivaksi kokonaisuudeksi ja käyttöpisteitä laitteessa voi olla lukuisia, jopa kahdessa kerroksessa.

Varastointijärjestelmään säilytyspakettien maksimikoko on (l x s x k) 600mm x 400mm x 450mm ja minimikokoa ei varsinaisesti ole. Laatikoiden lukumäärä riippuu järjestelmän sekä laatikoiden koosta, mutta suuria laatikoita saadaan järjestelmään kulkemaan noin 50 kappaletta. Pienempiä laatikoita, esimerkiksi 92 x 82 x 400 mahtuu noin 500 kappaletta. Kaikkien laatikoiden maksimipaino on 25 kg, eli niitä pystyy hyvin siirtämään käsin.

Järjestelmällä saataisiin poistettua solusta toistakymmentä erikokoista hyllyä ja säilytyslaatikkoa. Näin saataisiin vapautettua lattiapinta-alaa todella paljon ja

solun uudelleen järjestely kävisi helpommin, mutta solussa on kuitenkin liikaa pitkiä ja turhan pieniä osia. Järjestelmä vaikuttaa mielenkiintoiselta, mutta se ei ainakaan tässä vaiheessa tarjoa Haloilalle järkevää ratkaisua tilaongelmaan.

Konecranesin tarjoama pienin varastointilaitteisto (1,6m x 2,6m x 6m) kustantaa aluksi noin 3000€ ja tämä summa sisältää laitteen asennuksen sekä toimituksen. Tämän jälkeen laitteisto tulee maksamaan halvimmillaan 2000€/kk. Kuukausikustannuksiin kuuluu itse laitteisto ja sen päivitykset, ylläpito eli ennakkohuollot sekä korjaukset (sisältää varaosat) sekä etävalvonnan, eli Konecranes pystyy etätyönä tekemään korjauksia ja muutoksia. Asiakas itse hoitaa tavaroiden hallinnan. Lisäämällä laitteiston korkeus maksimiinsa eli 5,6 metriin nousee kuukausikustannukset ainoastaan muutama sata euroa lisää, kun samalla kapasiteetti kasvaa huimasti. Laitteistoa voi myös pidentää kahden metrin pätkillä, ja tässäkin kustannukset ovat muutaman sata euroa per pätkä.

Konecranesin kustannusarviot ovat 3000€ asennus + rahti. Lisäkustannuksia tulee 2000€-3000€ kuukaudessa. Laitteiston koko määrittää hinnan. Tässä tapauksessa kustannukset oli helppo laskea, mutta niiden tuomat mahdolliset säästöt ovat oma lukunsa. Mahdollisia säästöjä tuo inventaarioiden helpottuminen, sillä järjestelmä laskee automaattisesti tavaroiden lukumäärän ja pitää niistä kirjaa. Vaikka aloitusmaksut ovat yllättävän alhaiset, tulevat kustannukset varsin suuriksi kuukausimaksuilla. Konecranesin kanssa tehdään vähintään vuoden kestävä sopimus, joten kustannuksia tulee vuositasolla 20 000€-30 000€.

Laitteisto ei suinkaan ole huono vaihtoehto vastaavanlaisiin tilanteisiin, mutta tässä tapauksessa se ei palvele vaaditulla tasolla solua, vaikka siisteyttä ja järjestelmällisyyttä järjestelmä toisikin. Kenties tavaroiden varastointi ja käsittely helpottuisi huomattavasti solussa, mutta laitteisto ei vielä ole kovin nopea hakemaan laatikoita, ja se onkin sen suurin heikkous.

Toinen ajatukseni tilan käyttöön ja sen suurentamiseen olisi pitkien osien uudelleen sijoittaminen vaihtoehtoisesti roikkumaan tai pyörivään telineeseen. Näin ne veisivät vähemmän tilaa kuin nykyiset hyllyt. Kokeilun arvoinen

varastointi olisi mielestäni "Revolveri"-hylly pitkälle ja pyöreälle tavaralle. Ne saadaan helposti sijoitettua pystyasentoon, jolloin tilaa vapautuu muutaman nykyisen hyllykön verran. Ainoa mahdollinen ongelma tämänkaltaisen hyllykön hankinnassa on se, että sen olemassaolo ei ole itsestään selvää, mutta sellaisen rakentaminen omatoimisesti ei vaadi mahdottomuuksia.

Kokoonpanoprosessissa on siis monia osioita, joita parantamalla voitaisiin saada laitteen läpäisyaikaa lyhyemmäksi ja näin ollen valmistaa enemmän laitteita vuositasolla. Läpäisyajan lyhentäminen radikaalisti yhdellä ainoalla tavalla on vaikeaa, mutta kun kehitetään ja parannetaan pieniä osioita solussa, saadaan yllättävänkin paljon parannettua läpäisyaikaa. Tässä on vielä muutamia esimerkkejä mahdollisista muutoksista, joilla läpimenoaikaa saataisiin lyhyemmäksi jo olemassa olevia asioita parantamalla ja mahdollisesti pienin kustannuksin.

Ensimmäisenä mieleen tulevat alihankkijat. Soluun tuleva tavara on suurimmalta osin peräisin alihankkijoilta, mutta ne tulevat tällä hetkellä pienissä osissa Haloilalle. Olisi syytä keskustella alihankkijoiden kanssa osien kokoamisesta yhteen jo heidän toimitiloissaan ja toimittaa sitten valmis osa Haloilalle, jolloin ei tarvitse kuin kiinnittää osa paikoilleen. Esimerkiksi kehää pyörittävät rullat ja niiden laakerit tulevat samalta alihankkijalta, mutta laakereita ei ole asennettu valmiiksi paikoilleen, vaan ne kiinnitetään paikoilleen vasta solussa. Tässä kohtaa voisi tosissaan miettiä, jos vaikka pelkkien laakereiden paikoilleen laittaminen voitaisiin tehdä alihankkija toimesta. Muutkin vastaavat pienosakokoonpanot voitaisiin tehdä alihankkijoilla mahdollisimman valmiiksi. Kustannuksista varmasti päästäisiin yhteisymmärrykseen, koska alihankkijoiden intresseissä on varmasti asiakassuhteen säilyttäminen ja yrityksen kasvaminen. Tällä tarkoitetaan sitä, että heidän asiakkaansa menestyminen maailmalla edessauttaa myös alihankkijoiden menestymistä, ja että heidän myyntinsä mitä todennäköisimmin nousee myös samalla kun Haloilan.

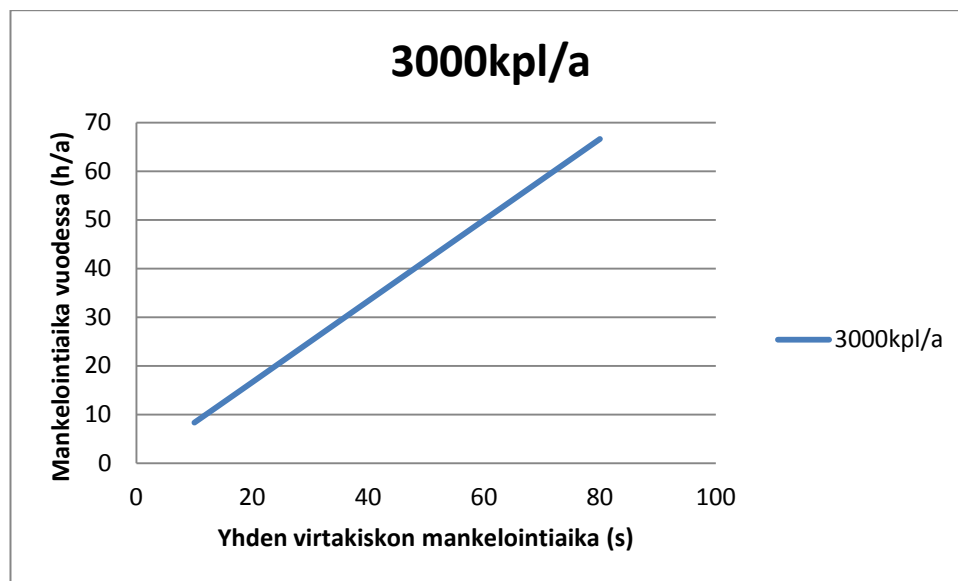
Toisena parannusehdotuksena olemassa olevaan esitetään virtakiskojen mankelointilaitteen nopeuttamista mahdollisuuksien mukaan, esimerkiksi muuttamalla moottorin taajuutta tai sitten investoimalla täysin uuteen

nopeampaan laitteeseen. Näin prosessia saataisiin hieman nopeammaksi ja kustannustehokkaammaksi. Virtakiskorenkaat koostuvat kahdesta erillisestä pyöristetystä palasesta, joten niitä pyöristetään keskimäärin 12 kappaletta per käärintäkone. Yhden renkaan mankeloimiseen ja paikalleen kiinnittämiseen kuluu aikaa noin 10 minuuttia. Tästä on helppo laskea karkeasti vuotuinen ajankäyttö kyseiseen työvaiheeseen, joka on $242d \times (10 \text{ min} \times 6) = 242h/a$. Esimerkin vuoksi voidaan laskea, kuinka paljon eri sekuntimäärät vaikuttavat vuositasolla ajallisesti.

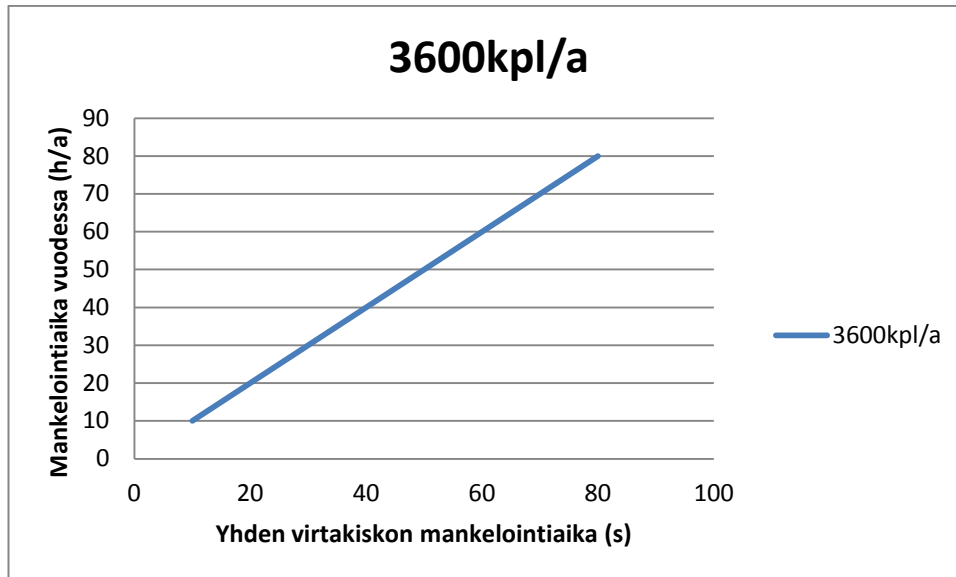
Mankelointiaika

Kpl/a	3000				3600			
Mankelointiaika (s)	10	20	40	80	10	20	40	80
Mankelointiaika (h/a)	8,3	16,6	33,3	66,6	10	20	40	80

Taulukko 2. Mankelointiaika.



Kuvio 1. Mankelointiaika 3 000 kappaleella.



Kuvio 1. Mankelointiaika 3 600 kappaleella.

Ilman kuvaajiaakin on helppo nähdä, kuinka tasaisesti kuvaaja tulee nousemaan, kun mankelointiaika kasvaa. Kuviot 1 ja 2 havainnollistavat vielä, kuinka mankelointiaika vaikuttaa vuotuisen tuntimäärään.

kolmas nopeasti mainittava ajansäästäjä on akkukoneiden käyttö aina mahdollisuuksien mukaan. Akkukoneet säästävät pitkässä aikajuoksussa runsaasti aikaa, eikä työntekijä rasita ranteitaan. Parhaassa tapauksessa saadaan pidettyä työmiehet työmaalla eikä sairaavuoteella.

5.4 Summaus

Lopuksi on hyvä hieman vertailla kaikkia soluun esitettyjä uusia vaihtoehtoja ja ratkaisuja. Osa niistä varmaan voidaan kustannusten tai niiden epäkäytännöllisyyden takia siirtää syrjään jo alkuvaiheessa, mutta on hyvä tietää, että sellaisiakin vaihtoehtoja on olemassa. Aloitetaan ehdotuksista, joissa on mukana robotteja. Näiden ehdotusten suurin kysymys lienee se, että kuinka tavaran toimitus tullaan tulevaisuudessa tekemään. Tuleeko tavara entiseen tapaan pienissä osissa vai onko siirrytty kenties siihen, että alihankkijoilta saadaan valmiita osakokopanoja, tämä sen takia, että yksittäinen robottisolun on

ajateltu osakokoonpanosoluksi, joten sen hankinta perustuu nykyiseen raaka-ainetoimitusmalliin. Autoteollisuuden malleissa kaikissa oletetaan, että osakokoonpanot tulevat koottuina ja valmiiksi kiinnitettävänä. Molemmat tapaukset kustantavat suuria summia, mutta asiat selkeytyvät huomattavasti, kun tiedetään, kuinka osat tulevaisuudessa toimitetaan Haloilalle.

Muita ehdotuksia vertaillen voidaan jo alkuun todeta, että Konecranes ei täyttänyt lainkaan solun vaatimuksia ja sen voidaan hylätä kokonaan, muita tosin on syytä pohtia. Rocla tarjoaa varteenotettavia kehän siirtoon ja liikuttamiseen liittyviä ratkaisuja. Roclalta voidaan myös aluksi vuokrata trukkia tai muuta vastaavaa ja katsoa, tuoko se mitään parannuksia tai helpottaako se solussa työskentelyä lainkaan. Tämä tietysti vie tilasta oman osansa, mutta jos sitä saadaan järjestettyä enemmän, heiltä voi kysyä ammattimaisempaa neuvoa. Mankelointiin huomio kiinnittyi jo ensimmäisellä kerralla, ja vaikka se ei tunnu suurelta parannukselta, niin se on osa pienempien parannusten sarjaa, joita solussa voidaan tehdä. Esimerkiksi se yhdistettynä jo valmiiksi koottuihin osiin alihankkijoilla sekä akkuporakoneiden lisääntyvä käyttö antavat taas paremman läpimenoajan. Mitä varastointiin ja osien nykyiseen sijoittamiseen tulee, niin ne on syytä katsoa vielä kerran tarkasti läpi. Siis, että solussa osat olisivat mahdollisimman lähellä ja nopeasti työmiesten saatavilla jokaisessa kokoamisvaiheessa, ja mahdollisten tyhjien sekä vanhojen laatikoiden uudelleen käyttäminen tai pois heittäminen otettaisiin käyttöön.

Kaiken kaikkiaan solussa on potentiaalia vaikka mihin ja automatiikan suunnan ratkaisee se, missä muodossa osat tullaan jatkossa saamaan. Solu ei missään nimessä tällä hetkellä ole huonosti organisoitu, mutta kuten aina lähes kaikessa on tässäkin solussa vielä parantamisen varaa. Omasta mielestäni paras vaihtoehto ja seuraava askel olisi alihankkijoiden kanssa keskusteleminen, ja antaa päätösten sitten ohjata taas seuraavaa askelta kohti. Sen jälkeen voidaan paneutua paremmin jompaankumpaan robottisoluun ja mahdolliseen demonstraatioon autoteollisuuden mallia noudattaen. Jos alihankkijoiden kanssa ei vielä päästä eteenpäin, on syytä keskittyä pienien asioiden

nopeuttamiseen, kuten edellä mainitsin. Monesta pienestä kasvaa yhdessä mikä nopeuttaa käärintäkonekehikon valmistumista solusta.

6 YHTEENVETO

Automaation ja varsinkin robotin tuottama tuote on aina tasalaatuinen, luotettava ja antaa positiivisen kuvan yrityksestä. Robotti kykenee tekemään väsymättä monotoonista työtä kellon ympäri, joten jokainen päivä on sille samanlainen. Tämän takia robotti on hyvä hankinta yrityksille, vaikka sen kustannukset ovatkin hieman kalliita.

Kannattavuus solussa on tällä hetkellä varmasti ihan hyvä, mutta kasvua olisi hyvä tapahtua joka vuosi, jotta yritys pysyy kasassa ja kilpailukykyisenä. Työssä on haettu uusien layouttien kautta läpäisyajan nopeuttamista erilaisin ratkaisuin. Pienillä askelilla päästään varmasti eteenpäin ja huomataan kohdat sekä asiat, jotka lisäävät solun kannattavuutta, esimerkiksi pienien osaankokopanojen kokoaminen jo alihankkijoiden toimesta olisi mielestäni vähintäänkin keskustelun ja kokeilemisen arvoinen asia.

Suuria investointeja vaativien järjestelmien tuomia hyötyjä on vaikea ilman tarkempia kartoituksia tehdä. Tällaisessa tilanteessa kannattavuuden laskeminen vaatii todella paljon ammattitaitoisia osaajia eri aloilta. Toisin sanoen, että suuremmissa ratkaisuissa, missä robotit ovat mukana, tarvitaan robotin/robottien tarjoajalta ammattilainen kartoittamaan ja katsomaan tarkemmin Haloilan tilat sekä koottavat osat. Näin saadaan tarkemmin tietoon, mitä kaikkea tarkalleen tarvittaisiin, mitä heillä on tarjota tällä hetkellä ja mitä he voisivat mahdollisesti kehittää.

Kustannuksissa on hyvä muistaa, että ne nousevat aina suuremmiksi, mitä monipuolisemman automatisoinnin tuotantoon haluaa. Robottisolun hankinnassa robotin hinta on huomattavasti alle puolet kokonaiskustannuksista. Suurin osa kustannuksista syntyy kokoonpanoon vaadittavista oheislaitteista.

Solu on nyt siinä tilassa, että sen kehittäminen mihin suuntaan hyvänsä on tulevaisuudessa täysin mahdollista. Tässä työssä on ideoitu jo joitain mahdollisia suuntauksia ja toivottavasti niiden tarkempi tutkiminen toisi lisää uusia töitä, joissa päästäisiin tekemään konkreettisempia tutkielmia.

Tullaanko tulevaisuudessa toteuttamaan investointeja tai hankintoja, ja jos tullaan niin kuinka suuria. Automaation ja siihen kuuluvan oheislaitteiston voi ostaa kerrallaan, mutta kertakustannukset ovat suuret sekä mahdollisuudet muuttaa laitteistoa vaikeammat. Kun taas hankinnat tehtäisiin porrastetusti, niin aina uuden hankinnan jälkeen on helppo katsoa oliko investointi hyödyllinen ja mihin suuntaa olisi seuraavalla kerralla syytä keskittyttävä. Tietenkin kustannukset nousevat tässäkin tapauksessa yhtä suuriksi tai jopa suuremmiksi, mutta on myös helpompi investoida seuraavaan kohteeseen, kun tiedetään tarkalleen, mitä tulee hankkia kokoonpanon parantamiseksi.

Uusissa robotteja koskevissa tutkimusaiheissa tulevaisuudessa on varmasti mahdollista pyrkiä yhteistyöhön Turun koneteknologiakeskuksen kanssa. Heillä on käytössään erilaisia robotteja, ja näiden avulla voitaisiin mahdollisesti saada tarkempia ja konkreettisempia tietoja läpimenoajoista ja robottien joustavuudesta osakokoonpanoissa.

”Revolveri”-hyllykön suunnittelu soluun on kokeilemisen arvoinen. Valitaan kappaleet, jotka säilytettäisiin hyllykössä ja tehdään piirustukset valmiiksi ja mahdollisesti valmistetaan hyllykkö vähintään koekäyttöön. Se on varsin hyvä ja toteutuskelpoinen opinnäytetyönaihe opiskelijoille.

Lähteet

ITW Haloila 2013. Tietoa Haloilasta. Viitattu 12.10.2013. Vanhentuneet kotisivut.

Kauppinen, V. 1997. Kokoonpano. Teoksessa Lapinleimu, I.; Kauppinen, V. & Torvinen, S. (toim.) Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Lapinleimu, I. 1997. Kokoonpano. Teoksessa Lapinleimu, I.; Kauppinen, V. & Torvinen, S. (toim.) Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.

Rocla Solutions Oy 2013a. Käsikäyttöinen pinoamisvaunu. Viitattu 24.1.2014
<http://www.rocla.fi/kasikayttoiset-tuotteet/kasikayttoinen-pinoamisvaunu>.

Rocla Solutions Oy 2013b. Ajotasolta ajettava pinoamistrukki. Viitattu 24.1.2014
<http://www.rocla.fi/pinoamistrukki/ajotasolta-ajettava-pinoamistrukki>

Yaskawa Finland Oy 2013. Tuotteet:robotit. Viitattu 24.1.2014

[http://www.motoman.fi/fi/tuotteet/robotit/product-view/?tx_catalogobot_pi1\[uid\]=593&cHash=e23bbdbc2d3834d14eb05e5f809b1bfc](http://www.motoman.fi/fi/tuotteet/robotit/product-view/?tx_catalogobot_pi1[uid]=593&cHash=e23bbdbc2d3834d14eb05e5f809b1bfc)