

Pienkuormaajan runkovalmistuksen prosessikehitys

Tommi Koski

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2020

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

KOSKI, TOMMI:
Pienkuormaajan runkovalmistuksen prosessikehitys

Opinnäytetyö 48 sivua
Joulukuu 2020

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää kohdeyrityksen pienkuormaajatuotannon runkovalmistusta koneistuksen osalta laadun ja tuotannon näkökulmasta. Opinnäytetyössä paneuduttiin pienkuormaajien runkokomponenttien koneistukseen. Runkokomponenttien koneistus on erittäin tärkeä työvaihe runkovalmistuksessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää yrityksen tuotantoon soveltuva koneistusratkaisu, joka täyttää komponenttien ja tuotannon vaatimukset. Tuotannon ja komponenttien vaatimukset määrittivät muun muassa työstökeskuksen kokoa ja koneistussolun tehokkuutta. Lisäksi nämä vaatimukset asettavat koneistuksen ympärillä tapahtuville tukiprosesseille, kuten kiinnittämiselle ja panostukselle omat vähimmäisvaatimuksensa. Tukiprosessit ja työstökeskus määritettiin opinnäytetyössä siten, että ne vastaavat vaatimuksiin.

Opinnäytetyö tehtiin toiminnallisena opinnäytetyönä, joka sisälsi teoriaperustan ja sen pohjalta rakennetut kehitysratkaisut tutkimusongelmiin. Kehitysratkaisut tutkimusongelmiin rakennettiin teemahaastatteluja ja aineistolähtöistä sisältöanalyysiä käyttäen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattava kuva siitä, minkälaisella laitteistolla pienkuormaajien runkokomponenttien koneistus täydellisinä hitsauskokoontoina voidaan toteuttaa. Työssä esitellään ratkaisut koneistuskeskukselle, kappaleen kiinnittämiseen, koneistusaikaan ja panostukseen koneistuksen raja-arvojen toteutumiseksi. Tuloksia voidaan hyödyntää niin koneistussolun hankinnassa kohdeyritykseen, kuin myös mahdollisten alihankkijoiden kilpailutukseen, mikäli koneistus halutaan ulkoistaa.

Asiasanat: koneistus, prosessikehitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

KOSKI, TOMMI
Process Development for Miniloader Frame Manufacturing

Bachelor's thesis 48 pages
December 2020

The purpose of this thesis was to develop machining solutions for miniloader production regarding loader frame manufacturing from the perspective of quality and production. The focus of this thesis is on machining two major frame components, the lift arm, and the front half of the loader frame. Machining these two components is very critical in production. The aim of this thesis was to find a machining solution that would be applicable to the company's production, and capable of handling the requirements regarding production and component specifications. The production requirements define the needed performance of the machining cell, and the component specifications define mainly the size and structure of the machining center. In addition, both component and production requirements are used to outline the qualities and features of the support processes, such as fixtures and workpiece handling. In this thesis, both machining center and support process solutions were defined to meet the requirements.

This functional thesis includes a theory-based section, on which the development solutions are based. The solutions are not only based on theory, but also on interviews with machining professionals.

As a result, this thesis provided a comprehensive picture of the equipment required for the machining of the two major frame components. Moreover, solutions were provided for selecting the suitable type of machining center, fixtures, machining lead times and workpiece handling. These results can be used to acquire a complete machining cell for the company. These results may also be useful in getting quotes from possible subcontractors in case the company decides to outsource the machining process.

Key words: machining, process development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	Avant Tecno Oy	6
3	TEORIA	7
	3.1 Prosessikuvaus	7
	3.1.1 Prosessikuvauksen hyödyt	8
	3.1.2 Prosessikuvauksen Luominen	9
	3.2 Läpimenoajat	12
	3.3 Make or Buy	14
	3.3.1 Make	16
	3.3.2 Buy	17
4	VALMISTUSPROSESSI	18
	4.1 Alkuperäinen prosessi	18
	4.2 Tavoiteprosessi	19
5	KONEISTUS	21
	5.1 Koneistuksen nykytilanne	21
	5.2 Kohteet	23
	5.2.1 Eturunko	23
	5.2.2 Kärkipuomin etuosa	23
	5.3 Koneistuskeskukset	24
	5.3.1 DMG MORI NHX 8000	24
	5.3.2 MAZAK HCN 8800	26
	5.3.3 DOOSAN DHF 8000	28
	5.4 Kiinnittimet	30
	5.5 Koneistusaika	33
	5.5.1 Kärkipuomi	34
	5.5.2 Eturunko	37
	5.6 Panostusjärjestelmä	39
	5.7 Riskit	40
6	LOPPUTULOKSET	43
7	POHDINTA	46
	LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä etsitään ratkaisuja Avant Tecno Oy:n valmistamien pienkuormaajien runkovalmistusprosessin kehittämiseen. Työssä keskitytään erityisesti Avant 800-sarjan kuormaajien eturungon ja kärkipuomien koneistukseen. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Avant Tecno Oy.

Työn tavoitteena on löytää ratkaisu kuormaajien runkokomponenttien koneistukseen täydellisinä hitsauskokoontoina. Koneistusta kehittämällä pyritään parantamaan tuotteiden laatua ja helpottamaan kokoonpanoa. Tuotannossa tällä hetkellä käytössä oleva koneistulaitteisto ei sovellu tavoiteltuun koneistustapaan. Työvaiheen kehittämiseksi olisi täten löydettävä täysin uusi laitteisto.

Koneistusratkaisujen reunaehtoina kehitystyössä ovat koneistettavien hitsauskokoontoinojen koko, koneistettavien kohteiden sijainti ja tuotantotavoitteiden asettama tavoiteltu tahtiaika. Kappaleiden koko rajaa mahdollisia työstökeskuksia melko tehokkaasti, sillä kyseiset kokoonpanot ovat melko suuria. Suurimmat koneistettavat kappaleet ovat läpimitaltaan yli metrin pituisia. Koneistettavien kohteiden sijainti puolestaan asettaa rajoitteita työstökeskuksen rakenteelle ja kiinnittämiselle. Tahtiaika tuotannolle perustuu tämänhetkiseen tuotantotavoitteeseen, joka on 150 kuormaajaa viikossa. Tämä tarkoittaa sitä, että yhden kuormaajan runkokomponenttien koneistus tulisi pystyä suorittamaan noin 30 minuutin aikana koneissolun toimiessa kahdessa vuorossa.

Koneistusratkaisujen selvittämisen lisäksi työssä arvioidaan koneistukseen liittyviä riskitekijöitä, sekä saavutettavissa olevia hyötyjä tuotannon ja laadun näkökulmista.

2 Avant Tecno Oy

Avant Tecno on kotimainen yritys, joka on perustettu Ylöjärvellä vuonna 1991. Miltei kolmikymmenvuotisen taipaleen aikana pienkuormaajia valmistava yritys on valmistanut yli 45 000 kuormaajaa. Ylöjärvellä alkuperäisellä paikalla sijaitsevan tehtaan lisäksi yrityksellä on myyntiyhtiöt Saksassa, Isossa-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Myyntiyhtiöiden lisäksi Avantin maahantuontikumppaneita toimii yli 55 eri maassa. (Tietoa meistä 2020.)

Avantin valmistamien pienkuormaajien kehitystyö alkoi 30 vuotta sitten. Kipinän kehitystyölle antoi havainto siitä, ettei markkinoilla ollut saatavilla kunnollisia ja kustannustehokkaita koneita tuorerehun jakoon. Tästä seurasi ensimmäinen Avant, jolla pystyttiin suorittamaan tuorerehun jako, yksi raskaimmista töistä, vain noin 15 minuutissa aamuin illoin jokaisena vuodenpäivänä. Ensimmäisenä vuonna kuormaajia myytiin 80 kappaletta. Avantilla ei kuitenkaan pysähdytty, vaan tuotekehitykseen panostettiin jatkuvasti enemmän. Konemallistoa täydennettiin ja uusia työlaitteita kehitettiin uusille asiakassegmenteille. (Historia 2020.)

Vuonna 1995 esiteltiin ensimmäinen runko-ohjattu Avant. Uudenlainen kuormaaja avasikin uusia asiakassegmenttejä viherrakentamisen, hevostallien ja vapaa-ajan tarpeisiin. Uusien käyttökohteiden tuoma asiakaskunta siivitti kuormaajien myyntiluvut 80 kuormaajaan kuukaudessa. (Historia 2020.)

Jatkuvan tuotekehityksen ansiosta Avantilla on tällä hetkellä tarjolla kahdeksan mallisarjaa ja yli 200 erilaista työlaitetta. Peruskoneisiin on saatavilla yli 40 erilaista optiota. Konemallista riippuen moottoritehoja on saatavilla 20 hevosvoimasta aina 57 hevosvoimaan saakka. Laajan ja kattavan valikoiman ansiosta kuormaajien myyntiluvut ovat nousseet lähes 120 kuormaajaan viikossa. (Historia 2020.)

3 TEORIA

Prosessien kehittämisellä on useita tavoitteita, mutta yleensä sillä tähdätään toiminnan tehostamiseen, toiminnan laadun ja palvelutason parantamiseen, ongelmatilanteiden hallintaan sekä kustannussäästöjen aikaansaamiseen. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi toimien uudenlaista keskittämistä, päällekkäisten työvaiheiden karsimista tai rinnakkaisten työvaiheiden lisäämistä läpimenoaikojen lyhentämiseksi. Useissa tapauksissa halutaan lisätä prosessin mitattavuutta, vähentää moninkertaisia tarkastuksia ja hyväksyntöjä sekä parantaa prosessin käytettävyyttä ja luotettavuutta.

Prosessin kehittämisen laajuus voi vaihdella laajoista kehittämishankkeista jatkuviin pienempiin parannuksiin. Useasti kehitystarve on ongelmalähtöistä, eli kehitystoimilla haetaan prosessissa havaitulle ongelmalle ratkaisua. Laaja kehittämishanke saattaa merkitä uusien menetelmien käyttöönottoa, mutta usein kyseessä on yksittäisen prosessin osa-alueen kehittäminen. (JHS 152. 2008, 4.)

3.1 Prosessikuvaus

Prosessiajattelun perusajatus on, että asiakkaalle luodaan tuotteen tai palvelun arvo toinen toistaan seuraavien prosessien ketjussa. Prosessien mallintamisella tarkoitetaan näiden ketjujen kuvaamista. Prosesseista voidaan luoda sanallisia tai graafisia kuvauksia, joiden avulla saadaan parempi ymmärrys yrityksen toiminnasta, jolloin toimintaa on helpompi lähteä kehittämään. (Pk-yritysten johtamis- ja kehitystyökalupakki, 2008.)

Prosessimallinnuksella voidaan tuottaa kuvauksia joko prosessien nykytilanteesta, tai niiden tavoitetilasta. Nykytilanteen kuvausta käytetään pääsääntöisesti olemassa olevien prosessien ja toimintojen selkeyttämiseen sekä parempaan ymmärtämiseen, kun taas tavoitetilan kuvauksia voidaan hyödyntää tulevaisuuden suunnitelmina. (Prosessikehittäminen 2020.)

Prosessien kehittämiseen, ongelmakohtien etsimiseen ja asiakaslähtöisyyden parantamiseen liittyy erilaisia tekniikoita. Prosessien kehittäminen on myös täysin mahdollista ilman määrämuotoisia prosessikuvauksia, mikäli prosessit ymmärretään riittävän hyvin. (Prosessikehittäminen 2020).

3.1.1 Prosessikuvauksen hyödyt

Luomalla prosessikuvaus joko olemassa olevasta tai tavoiteltavasta toiminnasta, voidaan selkeästi tunnistaa kehittämiskohteet, kehittämistoimenpiteet sekä näiden asettamat vaatimukset kehitystyölle. Prosessikuvauksen avulla voidaan myös kytkeä käytännöllisellä tavalla tekijät ja tekeminen yhteen. (JHS 152)



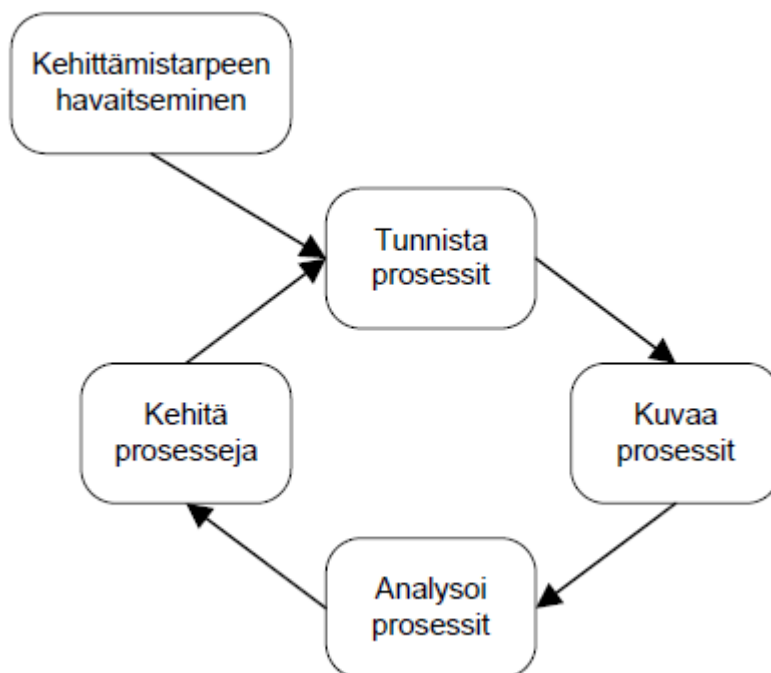
KUVA 1. Prosessimenetelmän hyötyjä (Oulu UNI, Minna Käkelä, 2005) Toiminnan kuvaaminen kehittämisen lähtökohtana)

Esimiehet voivat hyödyntää prosessikuvauksia työn kuormituksen mittaamisessa, työnjaon ja vastuiden selventämisessä, resurssitarpeiden, ongelmatilanteiden ja päällekkäisyyksien ratkaisemisessa sekä uusien työntekijöiden pereh-

dyttämisessä ja ohjauksessa. Lisäksi prosessikuvauksia voidaan hyödyntää palveluiden kehittämisen, riskien kartoittamisessa ja laadun arvioinnissa. (JHS 152)

3.1.2 Prosessikuvauksen Luominen

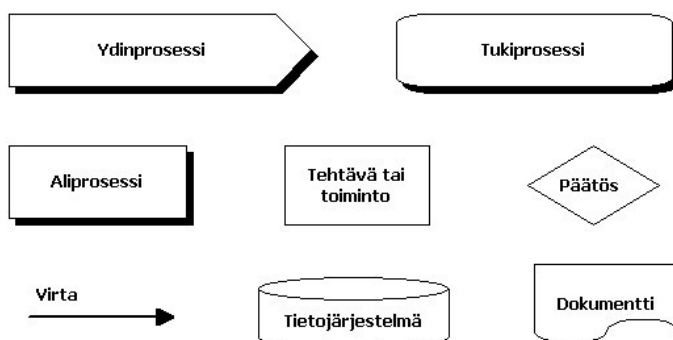
Karkealla tasolla prosessin kehittämisessä käydään läpi neljä vaihetta: tunnista, kuvaa, analysoi ja kehitä (Kuva 2.). Useassa tapauksessa tarve tai tahtotila prosessin kehittämiseksi löytyy kehittämistarpeen havaitsemisesta. Pienessä mittakaavassa kehittämistarve voi tarkoittaa työnkulun järjeistämistä, kun taas suuremmissa mittakaavassa se saattaa tulla koko organisaation toimintaa muokkaavasta ylitason strategiasta. Prosessien kehittämisen tavoitteena on jatkuva parantaminen, joten kehitysprosessi käydään läpi aina tarpeen mukaan (JHS 152.)



KUVA 2. Prosessin kehittämisen vaiheet (JHS 152.)

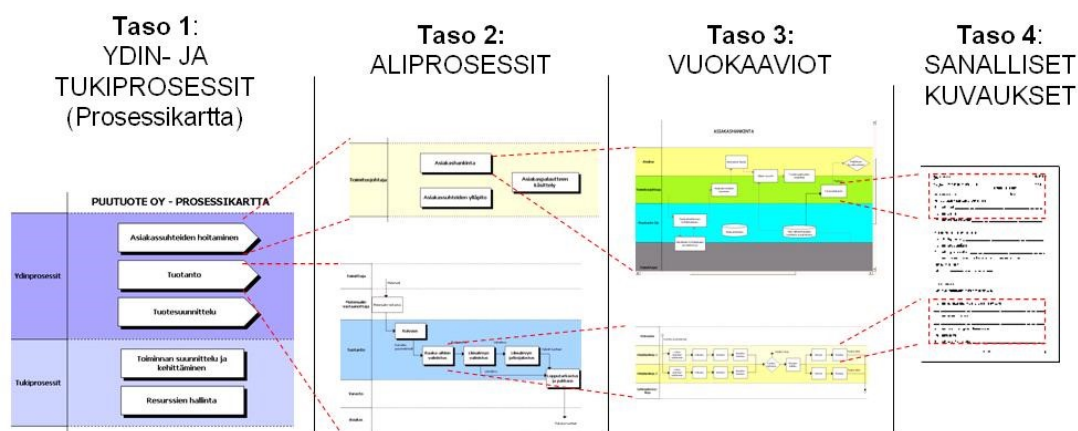
Vaihe 1: Kuvaamisen periaatteet

Ennen Prosessin kuvaamisen aloittamista tulee päättää kuvaamisen periaatteista, joiden puitteissa kuvaustyötä tehdään. Täten prosessikuvauksista tulee yhdenmukaisia ja jokainen pystyy ymmärtämään kuvauksia samalla tavalla. Tätä varten sovitaan muun muassa symbolien ja kuvaustasojen käytöstä yhteisesti.



KUVA 3. Esimerkkejä symboleista (OAMK pk-työkalupakki)

Mielekkyyden ja selkeyden säilyttämiseksi ydin- ja tukiprosessit pilkotaan pienempiin, eri tarkkuustasoilla oleviin osiin. Näiden osien tehtävä on muodostaa looginen ja selkeä kokonaisuus, jossa tulee esiin tarkasteltavan toiminnon olennaisin tekeminen, sekä siinä tarvittavat resurssit, osaaminen ja taito. Tarpeellisten tarkkuustasojen valinta määrittyy kuvauksen tarkoituksen perusteella. Kuvaukset voidaan jakaa neljään tasoon, jotka näkyvät alla olevassa kuvassa (Kuva 4.). (Pk-yritysten johtamis- ja kehitystyökalupakki, 2008.)



KUVA 4. Prosessin kuvaustasot (OAMK pk-pakki)

Vaihe 2: Nykyisten prosessien kuvaaminen

Prosessin todenmukaisen nykytilanteen selvittäminen vaatii oikeiden tietojen hankkimista oikeilta tahoilta. Prosessista selvitettäviä asioita ovat:

- Tarkoitus
- Asiakkaat
- Tavoitteet
- Syötteet ja tuotokset (Input/Output)
- Vastuut
- Prosessikaavio

Prosessikaavion avulla esitetään prosessissa tapahtuvaa toimintaa ja työn suorittajia. Suorittajien roolit kuvataan kaavion vasempaan laitaan. Työvaiheet kuvataan aiemmin sovitulla symboleilla niistä vastaavien roolien tasolle. Työjärjestys, jossa prosessi etenee, havainnollistetaan yhdistämällä työvaiheet nuolilla. Vaiheet tulee nimetä niin konkreettisesti kuin mahdollista, jotta ne todella kuvaavat tekemistä.

Toisella kuvaustasolla (Kuva 4 ylempänä) kuvataan karkeasti aliprosessit, jonka jälkeen seuraava taso kuvataan tarkemmin. Kun kaikkien prosessien kuvaukset on saatu valmiiksi, käydään ne vielä yhdessä uudelleen läpi mahdollisten ristiriitojen varalta. (Pk-yritysten johtamis- ja kehitystyökalupakki, 2008.)

Vaihe 3: Analysointi ja tavoiteprosessien kuvaaminen

Nykyisten prosessien riittävän tarkan kuvantamisen jälkeen aloitetaan niiden syvällisempi tutkiminen ja analysointi ongelma- ja kehityskohtien löytämistä ja parantamista varten. Näiden tutkimusten pohjalta suunnitellaan prosessille tavoite-tila, jossa havaitut puutteet ja ongelmat on joko poistettu tai korjattu.

Jokaisesta tärkeästä toiminnosta luodaan vielä sanallinen kuvaus, jossa kerrotaan lyhyesti toiminnon merkitys ja toiminta. Erityistä tarkkuutta ja yhteisiä menettelytapoja vaativista toiminnoista voidaan myös luoda erillinen työohje, jossa

kerrotaan tarkasti vaihe vaiheelta, miten kyseinen toiminto suoritetaan. Nämä työohjeet tulee säilyttää työpisteellä näkyvällä paikalla, jolloin niitä voidaan käyttää työvaiheen ohjeistamiseen tarvittaessa. (Pk-yritysten johtamis- ja kehitystyökalupakki, 2008.)

Vaihe 4: Tavoiteprosessien toteuttaminen

Tavoiteprosessien määrittelyn ja kuvaamisen jälkeen on edessä prosessikehityksen haastavin vaihe; tavoiteprosessien implementointi. Suunnitellut käytännöt ja toimintatavat on saatava henkilöstön tietoisuuteen, sekä ne on sisällytettävä jokapäiväiseen toimintaan.

Viestintä ja koulutus nousevat tässä vaiheessa tärkeiksi tekijöiksi muutoksen läpiviennin kannalta. Henkilöstön täytyy ymmärtää, miksi prosesseja on lähdetty kuvaamaan ja kehittämään. Lisäksi henkilöstön tulee ymmärtää omat roolinsa muutosten toteuttamisessa. Parhaat tulokset saadaankin ottamalla henkilöstö osalliseksi prosessikehitykseen alusta asti. Tällä tavoin myös tulevaisuudessa prosessien kehittäminen henkilöstön palautteen perusteella muuttuu helpommaksi. (Pk-yritysten johtamis- ja kehitystyökalupakki, 2008.)

3.2 Läpimenoajat

Läpimenoaika tarkoittaa tuotteen valmistusaikaa, johon on laskettu yhteen kaikkien valmistukseen liittyvien vaiheiden viemä aika. Läpimenoaikaan sisältyy itse tuotteen valmistamisen lisäksi myös tilauksen käsittelyaika, jonotusaika, asetusajat, siirtoajat ja tarkastusajat. Tilausohjautuvassa tuotannossa läpimenoaika käsittää ajan tilauksen tuotantoon siirtymisestä valmiin tuotteen lähetykseen, kun taas varasto-ohjautuvassa tuotannossa läpimenoaika lasketaan tilauksen tuotantoon saapumisen ja valmiin tuotteen varastoon kirjaamisen väliltä. (Business Dictionary, 2020.)

Tyypillisessä liiketoiminnassa vain hyvin pieni osa tuotannossa käytetystä ajasta tuottaa lisäarvoa tuotteille. Läpimenoaikojen tarkasteleminen onkin tärkeä osa

prosessien kehittämistä, koska niiden tarkastelu johtaa väistämättä kysymyksiin, kuten kuinka voitaisiin vähentää hukkaa, ylimääräistä tekemistä ja odottelua prosesseissa. (Logistiikan maailma 2020.)

Läpimenoaikojen lyhentäminen hukkaa ja ylimääräistä odottelua karsimalla tarkoittaa myös sitä, että prosessia on helpompi hallita. Kun prosessi on hallinnassa, läpimenoaikojen lyhentämisen tulisi myös vähentää aikojen vaihtelua. Tämä nousee esille asiakkaan näkökulmasta kaksinkertaisena hyötynä, sillä toimitusajan lyhenemisen ohella myös toimitusvarmuus paranee. (Logistiikan maailma 2020.)

Läpimenoaikoja tarkastellessa kannattaa kiinnittää huomiota kolmeen seuraavaan prosessiin:

- Tilaus-toimitusprosessi
Tilaus-toimitusprosessia voidaan pitää asiakkaan ”ikkunana” yrityksen toimintaan. Tehokkuus ja ennen kaikkea nopeus tässä prosessissa näyttää aina positiiviselta asiakkaan silmissä
- Materiaalivirta
Nopea materiaalivirta mahdollistaa nopeat toimitukset asiakkaille, nopean reagointikyvyn vaihteluihin kysynnässä, alhaiset pääomakulut materiaalivarastossa sekä laatuvirheiden tapaisten ongelmien nopean havaitsemisen.
- Tuotekehitys
Tuotekehitysprosessia nopeuttamalla luodaan mahdollisuus julkaista uusia tuotteita markkinoille kilpailijoita aiemmin, tai vaihtoehtoisesti tuotekehitys voidaan aloittaa kilpailijoita myöhemmin hyödyntämällä uudempaa teknologiaa ja silti julkaista tuote samassa aikaikkunassa kilpailijan kanssa.

Läpimenoajan lyhentäminen edellyttää läpimenoajan pituuden, sekä sen hajonnan suuruuden ja jakautumisen pienentämistä prosessin eri vaiheiden kesken. Tämän takia tulee prosessista luoda riittävän kattava kuvaus, mitata kokonaisläpimenoaikaa vaihteluineen ja pilkkoa kokonaisuus osiin. Prosessin osia voidaan

täten tarkastella neljästä kulmasta; voiko prosessista eliminoida joitakin osia kokonaan, yhdistellä osia, nopeuttaa vaiheita tai suorittaa joitakin vaiheita rinnakkain. (Logistiikan maailma 2020.)

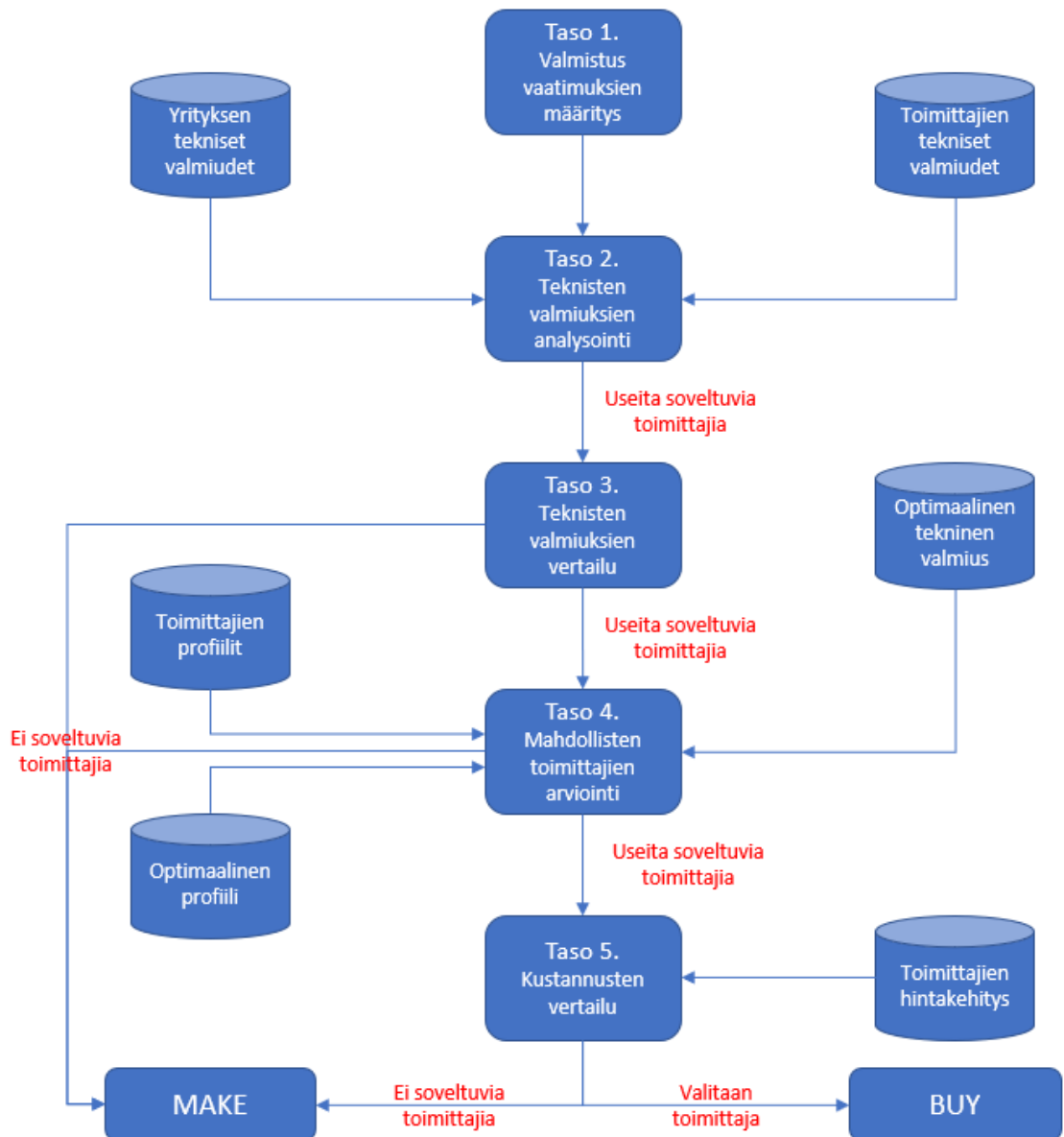
3.3 Make or Buy

Make or Buy käsite pohjautuu Williamsonin transaktiokustannusteoriaan (Pajarinen 2001). Williamsonin mukaan yritykselle aiheutuu joka tapauksessa tiettyjä kuluja riippumatta siitä, valmistetaanko tuote itse, vai ostetaanko tuotteet ulkopuoliselta toimijalta. Näitä kuluja ovat esimerkiksi valvonta, suunnittelu ja hallinnointi. Williamsonin mukaan kolme tärkeintä tekijää make or buy päätöksen tekemisessä ovat:

1. Suhteelliset tuotantokustannukset
2. Transaktiokustannukset
3. Vaikutukset oppimiselle ja innovaatioille

Suhteellisilla valmistuskuluilla tarkoitetaan niitä kuluja, jotka syntyvät tuotteen valmistusprosessissa tuotannon eri vaiheissa. Näitä kuluja voidaan verrata alihankintana hankittavien tuotteiden ostokuluihin. Transaktiokustannukset puolestaan kattavat aiemmin mainitut hankintatavasta riippumattomat kulut. (Pajarinen 2001, 8-10.)

Oppimiseen ja innovaatioihin kohdistuvia vaikutuksia on vaikeata mitata käytännössä, mutta on silti hyvä pitää mielessä, että kaikkien tuotteiden ja toimintojen ulkoistaminen ei aina ole se paras vaihtoehto. Oman tuotannon säilyttäminen pitää yrityksen mukana kehityksessä ja samanaikaisesti myös paremmin perillä markkinatilanteesta. (Pajarinen 2001, 10)



KUVIO 1. Make or buy -malli (Mclvor & Humphreys 2000, 299)

Kuvion yksi mukainen kaava on muodostettu yhteistyössä kymmenen kansainvälisen yrityksen ylempien hankintapäälliköiden kanssa käytyjen haastattelujen pohjalta. Yhteistyöhön osallistuneiden henkilöiden edustamat yritykset toimivat monilla eri teollisuuden aloilla, kuten esimerkiksi elektroniikka-, lento-, kemikaali- ja koneteollisuudessa. (Mclvor & Humphreys 2000, 298–306.)

Kuvion x ensimmäisellä tasolla määritetään tarpeelliset vertailukohtat ja niiden painoarvot, joiden mukaisesti voidaan verrata potentiaalisia toimittajia keskenään, sekä verrata näitä toimittajia omaan yritykseen. Toisella tasolla kerätään

tietoa ja analysoidaan sekä omia, että potentiaalisten toimittajien teknisiä valmiuksia aiemmin määritettyjen kriteerien mukaan. (McIvor & Humhreys 2000, 298–306.)

Kolmannella tasolla vertaillaan toisella tasolla tehtyjä analyysyjä toimittajien ja oman yrityksen teknisistä valmiuksista. Mikäli tässä vaiheessa todetaan, että toimittajilla ei ole riittäviä valmiuksia, voidaan siirtyä suoraan make-ratkaisuun ja valmistaa tuote itse. Jos kolmannella tasolla löydetään soveltuvia toimittajia, siirrytään tasolle neljä. (McIvor & Humhreys 2000, 298–306.)

Neljännellä tasolla arvioidaan teknisiltä valmiuksiltaan soveltuvien toimittajien organisaatioprofiileja ja verrataan niitä omaan organisaatioon, sekä ihanteelliseen optimi organisaatioon. Mikäli toimittajien organisaatorakenteet eivät miellytä omaa yritystä, tai niissä havaitaan ongelmia, voidaan siirtyä jälleen make-ratkaisuun. Jos kuitenkin löytyy soveltuvia toimittajia, siirrytään viimeiselle tasolle. Viimeisellä tasolla verrataan tuotteen hankinnan kokonaiskustannuksia ja punnitaan, kumpi on kannattavampaa, ostaa tuote ulkoa vai valmistaa itse. (McIvor & Humhreys 2000, 298–306.)

3.3.1 Make

Make -vaihtoehdon valitsemiseen eli tuotteiden valmistamiseen itse on olemassa useita syitä. Kyseessä saattaa olla täysin uudenlainen tuote tai teknologia, joka halutaan pitää salassa paremman kilpailuedun säilyttämiseksi. Uuden teknologian tapauksessa on jopa mahdollista, että toimittajilla ei ole edes kykyä valmistaa tuotetta. Tällaisessa tapauksessa ei yritykselle jää muuta vaihtoehtoa, kuin valmistaa tuote itse.

Omassa tuotannossa yrityksen on paljon helpompaa vaikuttaa valmistusprosessiin ja ongelmiin voidaan reagoida nopeammin. Lisäksi omassa tuotannossa työntekijöiden ja valmistusprosessin kontrollointi varmistavat korkealaatuisten tuotteiden valmistuksen. (Wisner, Tan & Keong-Leong 2009, 54–55.)

Lisääntyvässä määrin ilmenee tapauksia, joissa ulkoistamalla tuotantoa ei olekaan saavutettu haluttua hyötyä. Tällöin saatetaan ajautua tilanteeseen, jossa ulkoistetut toiminnot tuodaan takaisin omaan tuotantoon. Tuotannon uudelleen aloittaminen voi osoittautua haasteelliseksi, koska yrityksen käsitys tuotteen valmistuskuluista saattaa olla vanhentunut tai yritys ei enää omaa valmistusta varten vaadittuja taitoja. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2008, 217.)

3.3.2 Buy

Buy -päätös tarkoittaa sitä, että yritys ulkoistaa tuotteen tai tuotteiden valmistuksen. Tuotannon ulkoistamisella on monia hyötyjä, tärkeimpinä niistä kustannussäästöt ja joustavuus. Lisäksi yrityksen on helpompaa tällöin keskittyä strategisesti tärkeämpien tuotteiden valmistukseen. Muina hyötyinä ovat pääomakulujen väheneminen ja markkinoiden kilpailutilanteen hyödyntäminen. (Jackson, Iloranta & McKenzie 2001, 2.)

Käyttämällä alihankintaa voidaan tuotannossa välttää kiinteitä kustannuksia ja pystytään toimimaan kevyemmällä organisaatorakenteella. Tämän kaltainen joustavuus on erityisen tärkeää varsinkin aloilla, joilla esiintyy paljon kausivaihtelua. Keskittämällä tuotantoa tiettyjen tuotteiden valmistukseen, pystyy yritys hankkimaan itselleen erityisosaamista omalla alueellaan.

Nykyään henkilöstökulut muodostavat yhä suuremman osan tuotannossa aiheutuvista kuluista. Ulkoistamalla tuotantoa voidaan tuotteita valmistaa maissa, jossa työvoima on halvempaa, täten alentamalla lopputuotteen hintaa. (Iloranta & Pajunen-Muhonen 2008, 210–211.)

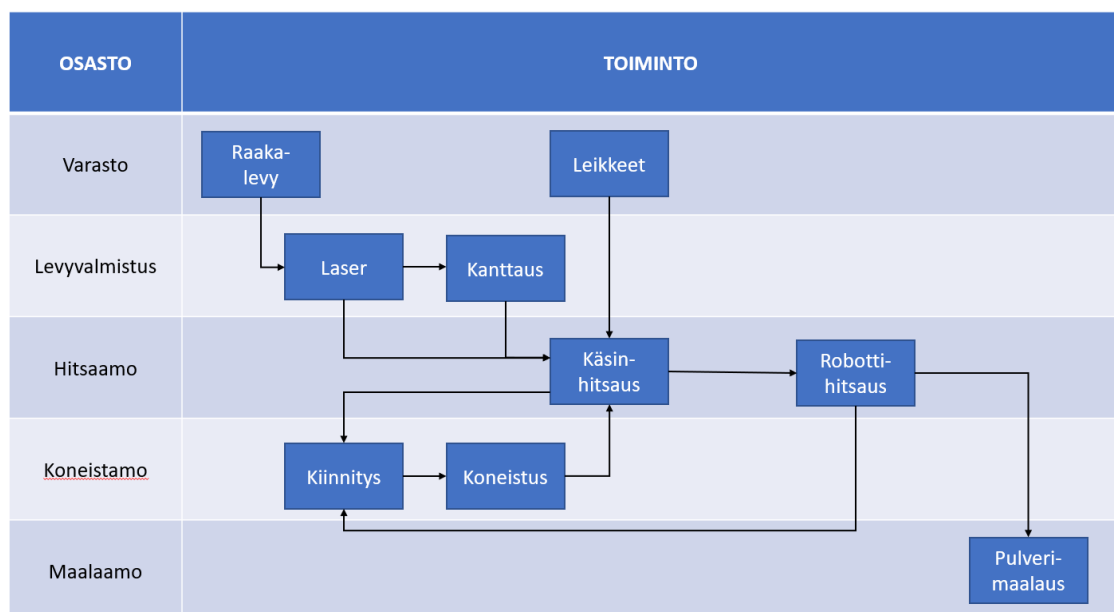
4 VALMISTUSPROSESSI

Tässä luvussa esitellään pienkuormaajan runkovalmistusprosessia. Ensimmäisessä osiossa tarkastellaan tämänhetkistä prosessia ja toisessa osiossa esitellään tavoiteprosessi. Tavoiteprosessi kuvaa sen kaltaista prosessia, mihin tämä työ lopulta tähtää. Tavoiteprosessissa tehdään muutoksia runkovalmistukseen tuotannon virtaviivaistamiseksi ja laadun parantamiseksi.

Opinnäytetyössä tarkastellaan Avant 800-sarjan eturungon ja kärkepuomin etuosan runkovalmistusprosessia, joten esitetyt prosessikaaviot kertovat näiden komponenttien valmistusprosessista.

4.1 Alkuperäinen prosessi

Runkovalmistusprosessi toimii samaan tapaan eturunkojen ja kärkepuomien kanssa. Runkoihin tarvittavat levyt saadaan kahdesta lähteestä; ohuemmat levyt tilataan raakalevynä, josta leikataan laserilla valmiita osia sekä kanttausaihi- oita ja vahvemmat levyt toimitetaan valmiiksi leikattuina leikkeinä. Valmiita vahvoja levyjä ovat muun muassa ajomoottorien kiinnityslaipat ja puomin kiinnityspaikat eturungossa.



KUVIO 2. Nykyhetken valmistusprosessi

Valmistusprosessi alkaa levyvalmistuksesta. Levyvalmistuksessa raakalevyt leikataan laserilla ja kantataan tarvittaessa. Laserleikkauksessa käytetään Prima Power laserleikkureita, joiden yhteydessä toimii automaattinen levyvarasto. Leikatut levyt kantataan niin ikään automatisoidussa kanttaussolussa, jossa teollisuusrobotti asettaa levyn kanttauskoneen leukojen väliin ja kanttauskone taittaa levyn haluttuun kulmaan halutusta kohdasta.

Levyvalmistuksesta valmiit levyosat toimitetaan hitsaamoon, jossa ne hitsataan käsin osittain kokoon. Käsihitsauksen jälkeen koneistusta vaativat osakokoonpanot toimitetaan koneistukseen. Koneistamossa osakokoonpanot kiinnitetään paletille ja koneistetaan. Koneistuksen jälkeen osakokoonpanot toimitetaan takaisin hitsaamoon, jossa ne heftataan käsin hitsaamalla yhteen. Heftauksen jälkeen hitsauskokoonpanot liitetään yhteen hitsausrobotilla. Runkovalmistuksessa käytetään yhdeksää hitsausrobotia, joiden kaikkien yhteydessä on heftauspiste. Robottihitsauksen jälkeen runkokomponentit ovat valmiita maalattaviksi.

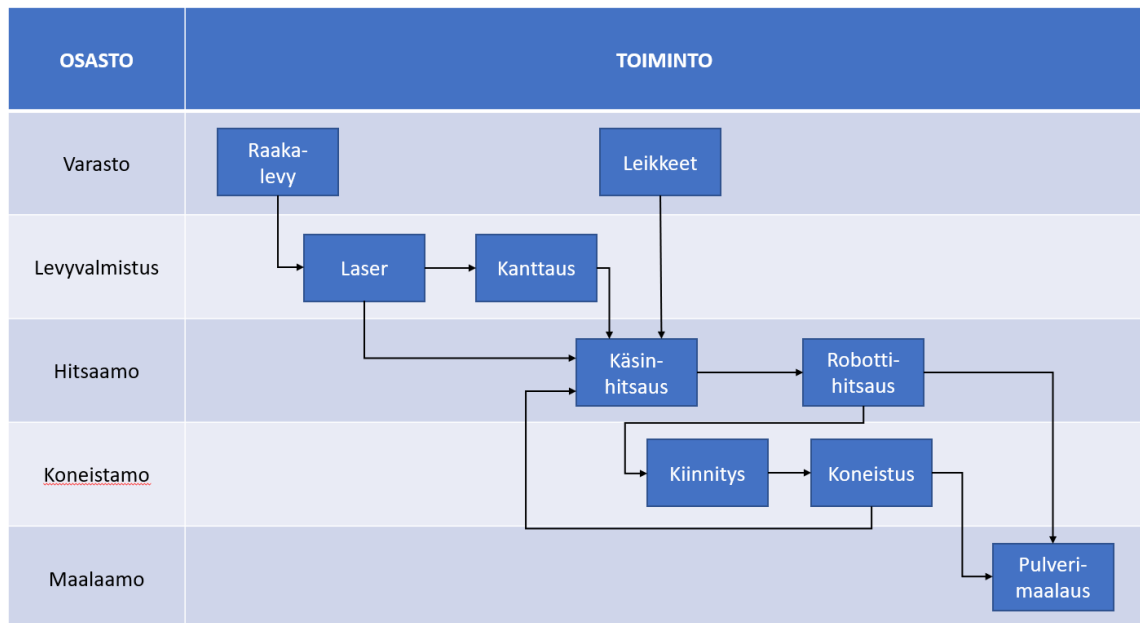
Hitsaus- ja koneistusvaiheessa 800-sarjan kärkipuomin etuosa valmistetaan kuitenkin hieman eri tapaan. Kärkipuomin etuosat hitsataan valmiiksi hitsauskokoonpanoiksi ennen koneistukseen toimittamista. Kärkipuomit toimitetaan hitsauksen jälkeen läheiseen koneistusyritykseen koneistettavaksi, jonka jälkeen ne kuljetetaan takaisin tehtaalle. Tehtaalla koneistettuun kärkipuomiin liitetään vielä teleskooppiputki, jonka jälkeen kärkipuomi on valmis maalattavaksi.

Runkovalmistuksen viimeinen vaihe on maalaus. Kaikki runkokomponentit maalataan tehtaalla kulutusta kestäväällä pulverimaalilla, jonka jälkeen komponentit toimitetaan kokoonpanolinjalle ja sieltä edelleen lopulta asiakkaalle.

4.2 Tavoiteprosessi

Tavoiteprosessissa merkittävin ero nykyiseen valmistusprosessiin on vaiheistuksen muuttaminen siten, että runkokomponentit koneistettaisiin hitsauksen jälkeen. Tavoiteprosessissa kaikki komponentit koneistettaisiin myöhäisemmässä

vaiheessa. Hitsauksessa aiheutuva välttämätön lämmöntuonti kappaleeseen saattaa aiheuttaa muodonmuutoksia, joten koneistus vasta hitsauksen jälkeen omaa suuren potentiaalisen hyödyn. Kärkipuomin etuosa koneistettaisiin kuitenkin myös tavoiteprosessissa ennen teleskooppiputken hitsausta.



KUVIO 3. Tavoiteprosessi

Tavoiteprosessissa koneistamon ja hitsaamon välistä toimintaa lukuun ottamatta pysyvät toiminnot samoina, kuin nykytilassakin. Tavoiteprosessissa kaikki runkokomponentit hitsattaisiin lähes valmiiksi ennen koneistusta. Tämä tarkoittaisi sitä, että komponentteja ei enää tarvitsisi kuljettaa tehtaalla edestakaisin hitsaamon ja koneistamon välillä nykyisessä mittakaavassa.

Valmiiden hitsauskokoospanojen koneistaminen vähentäisi tehtaan sisäistä kappaleiden siirtelyä tehden tuotannosta virtaviivaisempaa. Samanaikaisesti, kun tuotannosta häviää ylimääräisiä siirtoja, varmistetaan myös komponenttien parempi mittatarkkuus ja laatu.

5 KONEISTUS

5.1 Koneistuksen nykytilanne

Kohdeyrityksessä koneistetaan tällä hetkellä omalla tehtaalla osa 400–700 sarjan kuormaajien kärkipuomeista, sekä kaikkien konemallien eturunkojen kriittisimmät kohteet. Kärkipuomien tai eturunkojen koneistukseen täydellisinä hitsauskokoonpanoina ei nykytilanteessa ole kooltaan tai ominaisuuksiltaan soveltuvaa työstökeskusta. Eturunkojen ja kärkipuomien koneistuksessa on jouduttu priorisoimaan kriittisimmät kohteet tuotannon ja laadun kannalta.

Yrityksen koneistuskalustoon kuuluu tällä hetkellä yksi koneistuskeskus ja aarpora. Koneistuskeskuksessa koneistetaan kärkipuomien etuosat 400–700 sarjan kuormaajiin ja aarporalla avarretaan eturunkoihin liitettävät hitsatut osakokoonpanot oikeaan mittaan. Koneistuksen jälkeen niin eturunkojen, kuin kärkipuomienkin komponentit hitsataan lopullisiin kokoonpanoihinsa. Lopullisessa hitsauksessa syntyvä lämpö saattaa kuitenkin väänellä kokoonpanoja, joten tavoitilana olisi, että valmiit hitsauskokoonpanot voitaisiin koneistaa kokonaisina.

Tällä hetkellä käytössä oleva koneistuskeskus on Daewoo ACE VC500. Kyseessä on kolmiakselinen pystykarainen työstökeskus, jonka maksimiliikkeet ovat 760 mm x 510 mm x 570 mm (x, y, z). Keskuksen pöydän mitat ovat 860 mm x 560 mm. Valmiit hitsauskokoonpanot ovat kuitenkin kooltaan huomattavasti suurempia, joten niiden koneistus ei onnistu kyseisellä keskuksella. Tällä hetkellä Daewoolla voidaan koneistaa kahta kärkipuomia kerrallaan yhdellä kiinnityksellä.

800-sarjan kuormaajien kärkipuomin etuosa koneistetaan alihankintana läheisessä koneistusyrityksessä Ylöjärvellä. Kärkipuomin etuosa hitsataan kokoon Avant Tecnolla, jonka jälkeen se toimitetaan koneistukseen. Koneistuksen jälkeen etuosa liitetään vielä Avantilla kärkipuomin teleskooppiputkeen ja kärkipuomi kokonaisuutena maalataan ennen kokoonpanoa.

Alihankkijalla puomin koneistukseen käytetään Doosan DHF 8000 koneistuskeskusta. Kyseessä on viisiakselinen koneistuskeskus, jonka pöydän halkaisija on 800 mm ja työkappaleen maksimi mitat 1 400 mm x 1 400 mm. Koneistuskeskuk- sen akselien maksimiliikkeet ovat 1 450 mm x 1 200 mm x 1 500 mm (x, y, z).

800-sarjan kärkipuomin etuosan koneistuksen suurimpia haasteita nykytilan- teessa ovat holkkien otsapintojen koneistus ja kappaleen tuenta kiinnityksessä. Otsapintoja on vaikeaa lähestyä niiden sijainnin ja ahtaiden välien vuoksi. Lisäksi niin otsapintojen, kuin reikienkin koneistusta vaikeuttaa kappaleen rakenne. Ky- seessä on kohtalaisen suuri hitsattu kappale, joka tarkoittaa sitä, että kappaleen ja koneistuskohdeiden alkumitat vaihtelevat hitsauksessa syntyvien lämpövaiku- tusten takia. Kappaleen tukeva kiinnitys on myös havaittu hankalaksi sen kotelo- maisen hitsausrakenteen vuoksi. Ongelmat kiinnityksessä johtavat kappaleen vä- rinään, joka puolestaan vaikuttaa negatiivisesti kappaleen työstämiseen. Mitta- vaihteluiden ja värinöiden vuoksi kappaletta ei voida työstää optimaalisilla työs- töarvoilla ja -radoilla, joka tarkoittaa koneajan pidentymistä.

Koneistuksessa aiheutuviin värinöihin voidaan vaikuttaa valmistamalla tukevam- pia kiinnittimiä ja kappaleen väliin koneistuksen ajaksi asetettavia tukikappaleita. Kappaleen hitsauksessa syntyviä lämpömuodonmuutoksia puolestaan on vai- keaa ennakoida riittävällä tarkkuudella, joten koneistettaessa joudutaan työstö- radat asettamaan siten, että työstöliike aloitetaan kauempana kappaleesta, kuin normaalisti. Tästä aiheutuu luonnollisesti tappioita koneistusajassa, koska työs- töliikkeet, jotka ovat huomattavasti pikaliikkeitä hitaampia, joudutaan aloittamaan kauempaa kappaleen pinnasta. Tällöin esimerkiksi jokaisen reiän koneistettava matka pitenee noin kymmenen millimetriä reikää kohti.

5.2 Kohteet

5.2.1 Eturunko

Kuormaajan eturungossa koneistettavia kohteita ovat runkonivelen niveltappien reiät, puomin kiinnityksessä käytettävän niveltappien reiät, nosto- ja vakaajasylin-
terin kiinnityksessä käytettävien niveltappien reiät, sekä kaikkien reikien viistey-
tys.

Eturungosta koneistetaan siis yhteensä kymmenen reikää ja viisitoista viistettä. Reikien koneistuksessa tärkein asia on reikäryhmien kohtisuoruus ja ryhmien oi-
kea suuntaus toisiinsa nähden. Nämä asiat vaikuttavat eniten valmiin tuotteen
toimintaan loppukäyttäjällä. Lisäksi on tärkeää varmistaa reikien oikea halkaisija,
jotta kokoonpanossa niveltappien asentaminen onnistuisi mahdollisimman suju-
vasti. Niveltappien reikiin ei tulisi jäädä ylimääräistä välystä, mutta reiän ei tulisi
myöskään olla liian ahdas. Lisäksi niveltappien rei'issä juuri oikea sopivuus pi-
dentää tappien ja nivelten käyttöikä. Reikien viisteytys tehdään pääasiassa ko-
koonpanon helpottamiseksi.

5.2.2 Kärkipuomin etuosa

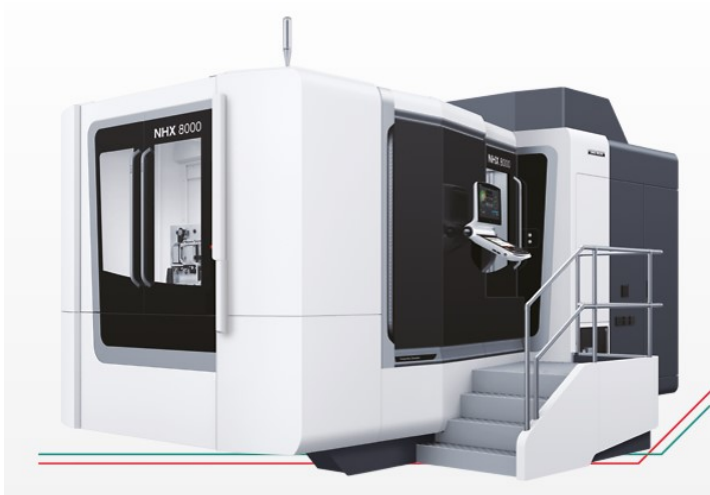
Kappaleesta koneistetaan yhteensä kymmenen reikää ja kahdeksan pyöreää ot-
sapintaa. Lisäksi kappaleeseen tehdään työstökeskuksessa yhdeksän kierre-
reikää ja viimeistelynä viisteet holkkien keskireikiin.

Koneistettavista rei'istä kuusi ovat hitsattujen holkkien keskireikiä ja neljä reikää
levyssä. Kaikki koneistettavat reiät ovat valmiiksi puhkaistuja, joten koneistusvai-
heessa ne porataan vain oikeaan mittaan. Koneistettavat otsapinnat ovat holk-
kien päätyjä, jotka oikaistaan loppukokoonpanon helpottamiseksi. Kuten eturun-
gonkin tapauksessa, myös kärkipuomin koneistuksessa tärkeimmät asiat ovat
reikien koko, reikäryhmien samankeskisyys, oikea suuntaus ja etäisyydet toi-
siinsa nähden.

5.3 Koneistuskeskukset

Kappaleiden koon ja koneistettavien kohteiden sijainnin puolesta tuotteiden koneistaminen onnistuu parhaiten vaakakaraisella työstökeskuksella. Kappaleita joudutaan lähestymään useasta suunnasta ja niiden kiinnittäminen luotettavalla tavalla voi osoittautua hankalaksi, tai johtaa useampaan kiinnitykseen pystykaraisessa keskuksessa. Vaakakaraisessa keskuksessa kappaleet voidaan kiinnittää tukevasti siten, että kaikki kohteet päästään työstämään yhdellä kiinnityksellä.

5.3.1 DMG MORI NHX 8000



KUVA 5. DMG MORI NHX 8000 (dmgmori.com)

NHX 8000 on vaakakarainen työstökeskus, joka on luotu suurten ja vaikeasti las-tuttavien työkappaleiden koneistamiseen erityisesti rakennuskone-, lento-, säiliö- ja energiateollisuuden tarpeisiin. Työstökeskus soveltuu nopeaan ja korkean tarkkuustason koneistukseen. (DMG Mori, 2019.)

Työstökeskus on varusteltu CELOS käyttöjärjestelmällä, joka hyödyntää kosketuspaneeleja ja optimaalisia valikkoja jokaista tuotantovaihetta varten. CELOS-järjestelmän avulla voidaan tasaisesti hallita, dokumentoida ja visualisoida tilaus-, prosessi- ja konedataa. (DMG Mori, 2019.)

NHX 8000 hyödyntää DCG (Driven at the Center of Gravity) teknologiaa, eli liikuvia yksiköitä kuten karaa ja työpöytää ajetaan niiden massakeskeispisteistä. DCG teknologia auttaa hallitsemaan värinöitä, jotka hallitsemattomina hankaloittavat nopeaa ja korkean tarkkuuden koneistusta. DCG:n avulla voidaan myös parantaa pinnanlaatua, akselien kiihtyvyyttä ja työkalujen käyttöikää. (DMG Mori, 2019.)

Työstökeskuksessa on vakiovarusteena 60 työkalun makasiini, joka on lisävarustelulla laajennettavissa aina 330 työkaluun asti. Työkalun maksimipituus makasiinissa on 800 mm, maksimihalkaisija 320 mm ja maksimimassa 30 kg. Automaattisella työkalunvaihtajalla lastusta lastuun ajassa päästään parhaimmillaan viiteen sekuntiin. Työkalunvaihto itsessään kestää 1.9 sekuntia. (DMG Mori, 2019.)

Työstökeskuksessa on vakiona kahden paletin vaihtaja, eli samalla kun yhtä kappaletta työstetään, voidaan edellinen kappale purkaa ja seuraava lastata koneeseen odottamaan. Lisävarusteluna työstökeskukseen on kuitenkin mahdollista liittää automaattinen palettivarasto, joka puolestaan mahdollistaa koneistussolun korkeatasoisen automatisoinnin. (DMG Mori, 2019.)

TAULUKKO 1. NHX 8000 tekniset tiedot (dmgmori.com)

NHX 8000	Sarake1
Työalue (mm)	
X-akseli	1 400
Y-akseli	1 200
Z-akseli	1 350
Kara	
rpm	10 000
Teho	37 kW
Pöydän koko (mm)	
Kappaleen max. Korkeus (mm)	1 450
Kappaleen max. Halkaisija (mm)	1 450
Ulkomitat (mm)	4963x79112

5.3.2 MAZAK HCN 8800



KUVA 6. MAZAK HCN 8800 (mazakeu.com)

HCN 8800 on vaakakarainen työstökeskus, jossa yhdistyy edistynyt teknologia ja loistava suorituskyky sekä tuottavuus lähestulkoon mitä tahansa materiaalia työstettäessä. Työstökeskuksessa on tilavat työalueet ja palettikoot, nopeat liikkeet, sekä jäykät ja luotettavat karavaihtoehdot. Vaihtoehtoisilla karoilla voidaan sovittaa kone juuri oikeaan tarpeeseen. Karavaihtoehtoina on peruskaran lisäksi korkeanopeuksinen tai korkeavääntöinen kara. (Mazak, 2020.)

Työstökeskukselle tyypillisiä ovat nopeat ja tarkat siirtymät, jotka vähentävät lastusta lastuun aikoja. Keskuksen rakenteet ovat suunniteltu siten, että ne vaimentavat värinää ja takaavat vakaat akselien liikkeet. Vakaat liikkeet ja minimoitu värinä parantavat tarkkuutta ja pinnanlaatua työstettäessä. (Mazak, 2020.)

HCN 8800 käyttää Mazatrol SmoothG käyttöliittymää, jota operaattori ohjaa kosketuspaneelin välityksellä. Käyttöliittymä tarjoaa helpon ja vuorovaikutteisen työstön ohjelmoinnin, sekä hienosäätötoimintoja, joilla voidaan helposti muuttaa työstöarvoja erilaisille työkappaleille. Kosketuspaneelin näytölle voidaan tuoda 3D malli työstettävästä kappaleesta, jossa nähdään reaaliajassa mitä kohdetta kappaleesta työstetään. Työkappale- ja koordinaattidata voidaan myös tuoda järjestelmään suoraan 3D malleista, jolloin voidaan vähentää näppäilyvirheitä ohjelmoinnissa. (Mazak, 2020.)

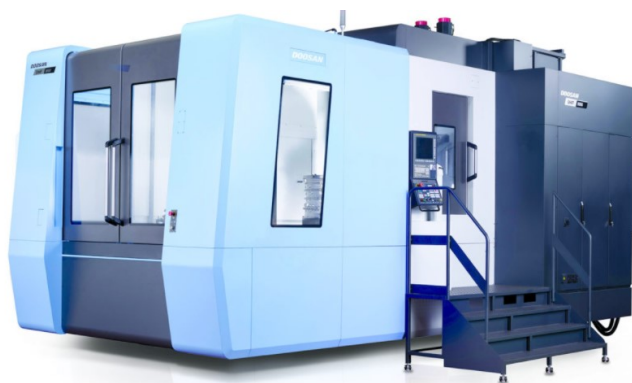
HCN 8800 sisältää vakiovarusteena 60 työkalun makasiinin, joka on lisävarustelulla mahdollista laajentaa 348 työkaluun. Makasiiniin on mahdollista ladata maksimissaan 630 mm pitkiä, 125 mm leveitä ja 30 kg painavia työkaluja. Mikäli vie- reiset työkalupaikat ovat tyhjiä, voidaan makasiiniin kuitenkin asettaa halkaisijal- taan enintään 250 mm työkaluja. Työkalun vaihtoaika lastusta lastuun on par- haimmillaan viisi sekuntia. (Mazak, 2020.)

Työstökeskuksessa on vakiovarusteena kahden paletin vaihtaja, eli samalla kun yhtä kappaletta työstetään, voidaan edellinen kappale purkaa ja seuraava lastata koneeseen odottamaan. Lisävarusteena keskukseen on mahdollista liittää laajo- jakin palettivarastoja. Palettivarastot alkavat 6 paletin varastosta ja jatkuvat aina 240 paletin varastoihin. Suuremmat varastot tosin vaativat useamman työstökes- kuksen. HCN 8800 malliin on saatavilla enintään kaksikerroksisia palettivaras- toja, jolloin yhdelle koneelle voidaan varastoida 12 palettia. Tämä mahdollistaa pidemmätkin miehittämättömän ajon jaksot. Työstökeskusta ja palettivarastoa ohjataan FMS järjestelmällä, joka tuo solun toimintaan joustavuutta. (Mazak, 2020.)

TAULUKKO 2. HCN 8000 tekniset tiedot (mazakeu.com)

HCN 8800	Sarake1
Työalue (mm)	
X-akseli	1 400
Y-akseli	1 200
Z-akseli	1 325
Kara	
rpm	10 000
Teho	30 kW
Pöydän koko (mm)	800x800
Kappaleen max. Korkeus (mm)	1 450
Kappaleen max. Halkaisija (mm)	1 450
Ulkomitat (mm)	4208x8186

5.3.3 DOOSAN DHF 8000



KUVA 7. Doosan DHF 8000 (doosan.com)

DHF 8000 on viisiakselinen vaakakarainen työstökeskus. Tukevan rakenteensa, alusta asti rakennetun tarkkuutensa ja minimoidun lattia-alansa ansiosta DHF 8000 menestyy suuressa osassa muun muassa lento-, öljykenttä- ja autoteollisuuden sovelluksista. Työstökeskus pystyy työstämään monimutkaisiakin kappaleita erittäin tehokkaasti. (Doosan, 2020.)

Työstökeskuksen tukevuutta ja jäykkyyttä pidetään työstön aikana yllä jäähdyttämällä akselien ajomekanismeja ja karaa. Tarkkuuden parantamiseksi etenkin viisiakselisessa työstössä on myös saatavilla lisävarusteena työstöradan kinemaattinen kompensointijärjestelmä. Kompensointijärjestelmä pitää työkalun kärjen oikeassa kulmassa työkappaleeseen nähden työstön aikana korjaamalla työstöraata tarvittaessa. (Doosan, 2020.)

Doosanin käyttöliittymään saatavilla oleva EOP (Easy Operation Package) lisäosa tukee operaattoria työkaluihin, help deskiin, työstötoimintoihin ja palettimaasiiniin liittyvien toimintojen kanssa. EOP:n avulla voidaan hallinnoida työkaluvarastoa, tarkkailla työkalujen tilaa, havaita poikkeamia työkalun käyttäytymisessä työstön aikana, sekä havaita mahdolliset tyhjät lastuamisliikkeet. Työstötoimintoihin liittyvät ominaisuudet EOP:ssa näyttävät operaattorille dataa työstökeskuksen tehokkuudesta. Näillä toiminnoilla myös tarkkaillaan ja kompensoidaan työkalujen kuormitusta, sekä johteiden ja karan lämpötilaa. Esimerkiksi työ-

kalujen kuormitusta voidaan kompensoida työstöarvoja muuttamalla, jolloin voidaan lennosta tehostaa koneistuksen tuottavuutta ja pidentää työkalujen käyttöikä. (Doosan, 2020.)

Työstökeskuksessa on vakiovarusteena 60 työkalun makasiini, joka on laajennettavissa lisävarustein aina 376 työkaluun. Makasiinissa työkalu voi olla enintään 125 mm halkaisijaltaan, pituudeltaan 550 mm ja painoltaan 30 kg. Mikäli makasiinissa on työkalun vieressä tyhjiä paikkoja, voidaan makasiiniin kuitenkin ladata enintään 320 mm halkaisijaltaan olevia työkaluja. Työkalun vaihto aika automaattisella työkalunvaihtajalla on kolme ja puoli sekuntia. (Doosan, 2020.)

Työstökeskuksessa on vakiovarusteena kahden paletin vaihtaja, eli samalla kun yhtä kappaletta työstetään, voidaan edellinen kappale purkaa ja seuraava lastata koneeseen odottamaan. Lisävarusteena keskukseen on mahdollista liittää palettivarasto. Doosan tarjoaa lisävarusteena työstökeskuksiinsa palettivarastoja, joiden koot alkavat kahdeksan paletin varastosta ja päättyvät 72 palettiin. (Doosan, 2020.)

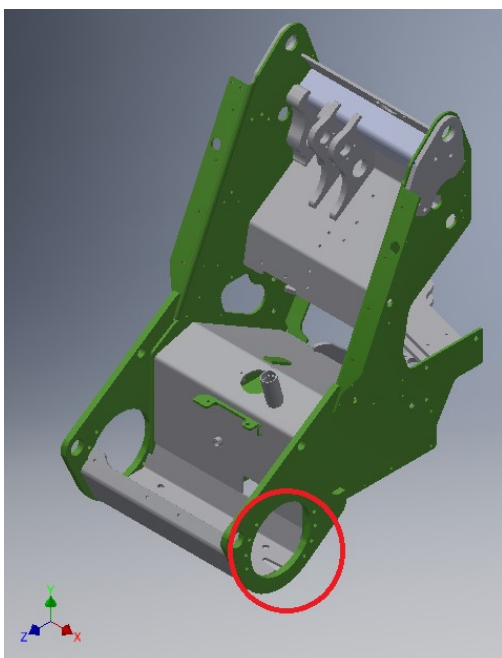
TAULUKKO 3. DHF 8000 tekniset tiedot (doosan.com)

DHF 8000	Sarake1
Työalue (mm)	
X-akseli	1 450
Y-akseli	1 200
Z-akseli	1 500
Kara	
rpm	6 000
Teho	22kW / 35kW
Pöydän koko (mm)	800x800
Kappaleen max. Korkeus (mm)	1 400
Kappaleen max. Halkaisija (mm)	1 400
Ulkomitat (mm)	11835x5830

5.4 Kiinnittimet

Kiinnittimien ensisijainen tarkoitus on estää työkappaleen irtoaminen tai liikkuminen työstön aikana. Mikäli kappale pääsee liikkumaan työstön aikana, voivat työkalut vaurioitua, mittatarkkuus kärsii ja työturvallisuus vaarantuu. Tämän takia työkappale tulee kiinnittää huolellisesti ja tukevasti. Työkappaletta kiinnitettäessä tulee ottaa huomioon kappaleesta työstettävät muodot, etteivät kiinnittimet ole työstön tiellä, sekä monimuotoisia kappaleita työstettäessä lastuamisvoimien kohdistuminen eri suuntiin. Kappaletta työstettäessä moniteräisellä työkalulla kappaleeseen kohdistuu epätasaisia ja iskeviä leikkuuvoimia, jotka tulee ottaa kiinnittäessä myös huomioon. (Maaranen, 2004, 190.)

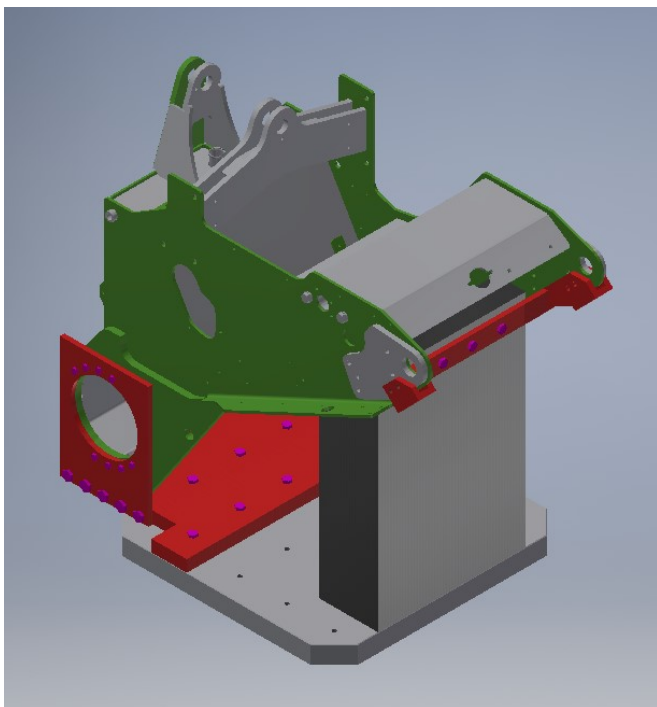
Työhön liittyvät koneistettavat kappaleet vaativat muotonsa ja rakenteensa puolesta niitä varten valmistettavat kiinnittimet. Kiinnittimien suunnittelu aloitettiin valitsemalla molemmista kappaleista asemointikohdat. Vakioitujen asemointikohdtien avulla kappale on helppoa kiinnittää joka kerta samaan kohtaan. Asemointikohdat kappaleista valittiin niiden tukevimmista ja keskeisimmistä piirteistä.



KUVA 8. Eturungon asemointikohta

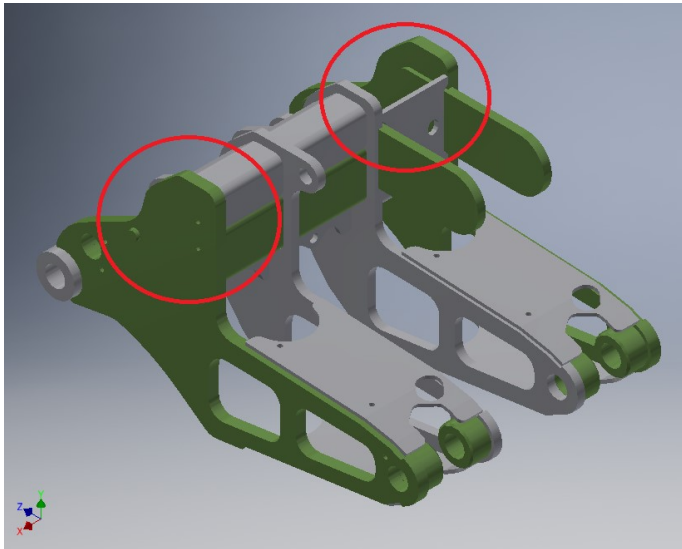
Eturungon asemointikohdaksi valittiin ajomoottorien kiinnityspaikat. Ajomoottorien kiinnityspaikat ovat rungon tukevin kohta, ja tarkasta reikäryhmästä saadaan

aseoitua kappale tiettyyn kohtaan työstökeskuksen paletille x-, y- ja z-akselien mukaan.



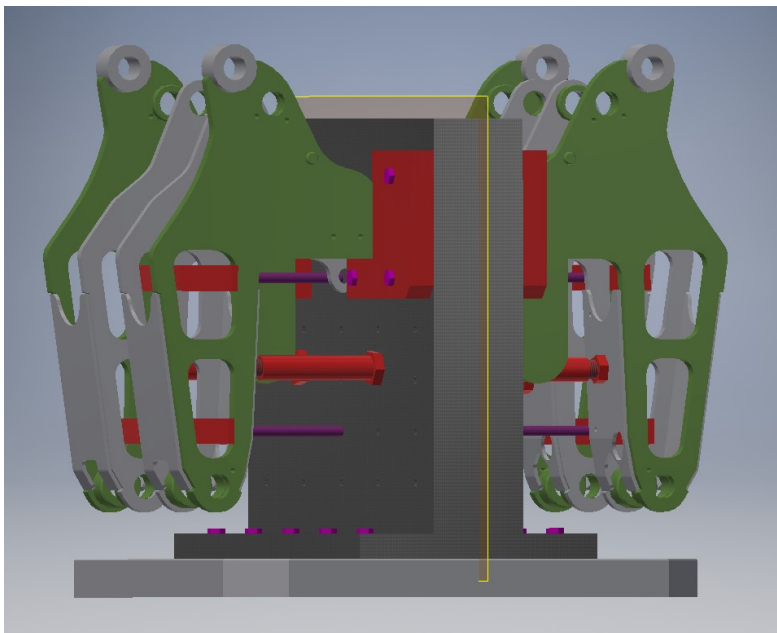
KUVA 9. Eturunko kiinnittimessä

Eturunko kiinnitetään pidikkeeseen ajomoottorien kiinnityspaikoista kahdeksalla M16 ruuvilla molemmin puolin. Pidike itsessään kiinnitetään palettiin kahdeksalla M16 ruuvilla. Kappaleita purettaessa tai kiinnittäessä ei pidikettä ole tarpeen irrottaa, joten se tarvitsee asemoida vain kertaalleen oikeaan kohtaan. Pidikkeen ollessa oikeassa asemassa, kohdistaa se myös työkappaleen oikeaan asemaan. Eturunko tarvitsee myös toisen tuentapaikan rungon yläpäähän, joka voidaan toteuttaa kiinnitintorniin asennettavalla kaksipäisellä ruuvipuristimella.



KUVA 10. Kärkipuomin asemointikohdat

Kärkipuomin etuosan asemointikohdaksi valittiin kappaleen rakenteen rungon ulkoreuna ja ulkoreunaan nähden kohtisuora sivu. Työkappaleen runko tuetaan paletilla vaaka- ja pituussuunnassa koneistettuja ohjaimia vasten, ja korkeussuunnassa paletin pintaa vasten. Kuten eturungon tapauksessa, myös kärkipuomin aseman ohjaimet voidaan kiinnittää kerralla oikeaan paikkaan, sillä niitä ei ole tarpeen siirtää tai irrottaa kappaletta vaihdettaessa.



KUVA 11. Kärkipuomit kiinnittimessä

Kärkipuomi on työkappaleena huomattavasti eturunkoa pienempi työkappale, joten kärkipuomeja on mahdollista koneistaa kaksi kappaletta kerrallaan. Kiinnityksessä käytetään apuna kiinnitintornia, jonka molemmille puolille voidaan kiinnittää yksi kärkipuomi. Kärkipuomit asemoidaan rungon tasopintoja hyödyntämällä samaan tapaan kuin ylempänä. Kärkipuomit kiinnitetään palettiin M16 pulteilla kahta poikittaista teräselementtiä hyödyntämällä. Kappaletta tuetaan alapuolelta kahdella portaattomasti säädettävällä tukitolpalla.

Kumpaankin työkappaleeseen voidaan kappaleiden rakenteiden väleihin lisätä kierteillä portaattomasti säädettäviä ja kiristettäviä tukielementtejä värähtelyjen hillitsemiseksi. Työkappaleita on erittäin hankalaa kiinnittää koneistettavien kohteiden läheltä, joten ylimääräisiä värinöitä kappaleiden rakenteessa syntyy helposti. Kappaleiden kiinnittimiä voidaan parannella myöhemmin, mikäli kappaleessa ilmenee työstöä vakavasti häiritsevää värinää.

5.5 Koneistusaika

Kappaleiden koneistusaikojen laskennassa hyödynnetään tämänhetkisen valmistusprosessin työstöarvoja. Näillä työstöarvoilla saadaan laskettua hyvä arvio siitä, kuinka kauan kärkipuomin tai eturungon koneistus kestää. Arviot työstöajoista vanhan keskuksen työstöarvoja käyttämällä sisältävät jo valmiiksi oman valmistuskertoimen, sillä uudella tehokkaammalla työstökeskuksella voidaan todennäköisesti käyttää korkeampia syöttöarvoja. Koneistettava matka lasketaan 3D mallista mitattujen tietojen mukaisesti. Reikien poraukseen ja viimeistelyyn kuluva aika lasketaan reikien pituuden ja syöttöarvojen mukaan. Holkkien päätyjen oikaisuun kuluva aika lasketaan niin ikään myös työstöliikkeen pituuden ja syöttönopeuden mukaan. Kappaleissa olevien kierrereikien ja viisteiden työstöaika on laskettu arvioimalla ensin yhden kierteen ja viisteen valmistusaika, jonka jälkeen aika kerrotaan viisteiden tai kierteiden määrällä.

Kappaleiden työstämiseen kuuluviin aikoihin lisätään vielä työkalunvaihtoista ja kappaleen käännoistä muodostuvat viiveet. Laskennassa ei ole huomioitu kohdistusaikoja, koska pikaliikkeellä siirryttäessä niiden merkitys kokonaisaikaan on arvioitu melko pieneksi.

5.5.1 Kärkipuomi

Kärkipuomissa koneistettavia kohteita on huomattavasti enemmän, kuin eturungossa, joten sen koneistusaika on myös huomattavasti suurempi. Kärkipuomista koneistetaan kymmenen läpireikää, joihin tehdään lisäksi viiste molemmin puolin. Lisäksi kärkipuomista oikaistaan kahdeksan tasoa ja koneistetaan yhteensä yhdeksän kierrettä.

Kärkipuomin koneistusajan laskennassa koneistettavien kohteiden määrä ilmoitetaan kaksinkertaisena, koska kappaleita pystytään kiinnittämään yhdelle paltille kaksi kerrallaan.

Läpireikien ja holkkien päätyjen oikaisun koneistusajaksi saadaan laskemalla koneistettavat matkat yhteen ja jakamalla se syöttönopeudella. Laskennassa käytetty kaava alla.

$$Koneistusaika = \frac{Koneistettava\ matka}{Syöttönopeus}$$

Ensimmäinen työvaihe kärkipuomin koneistuksessa on holkkien päätyjen oikaisu. Ulkosivujen oikaisu suoritetaan otsajyrsintä periaatteella ja sisemmät pinnat sivujyrsintänä. Otsajyrsintänä jyrsittäviä pintoja on neljä. Pinnoissa koneistettava matka on 180 mm, jolta otetaan rouhinnassa kaksi lastua. Rouhinnassa syöttönopeutena 500 mm/min.

$$t_{otsarouhinta} = \frac{4 \times 2 \times 180\text{ mm}}{500\text{ mm/min}} = 2,88\text{ min}$$

Otsapinnat viimeistellään yhdellä ohuemmalla lastulla ja suuremmalla syöttönopeudella. Syöttönopeus viimeistelyssä on 800 mm/min.

$$t_{Otsaviimeistely} = \frac{4 \times 180 \text{ mm}}{800 \text{ mm/min}} = 0,9 \text{ min}$$

Sisemmät tasopinnat jyrsitään sivujyrsintänä samaan tapaan ulkosivujen kanssa, rouhinnassa pinnoista otetaan kaksi lastua, jonka jälkeen pinnat viimeistellään ohuemmalla lastulla. Sivujyrsintänä oikaistavia tasoja on yhteensä 12 kappaletta. Sisäpinnoissa koneistettava matka yhdelle lastulle on 160 mm.

$$t_{Sisärouhinta} = \frac{12 \times 2 \times 160 \text{ mm}}{500 \text{ mm/min}} = 7,68 \text{ min}$$

Sisäpintojen viimeistelyssä käytetään ulkopintojen tapaan syöttöarvona 800 mm/min.

$$t_{Sisäviimeistely} = \frac{12 \times 160 \text{ mm}}{800 \text{ mm/min}} = 2,4 \text{ min}$$

Koneistettava matka kärkipuomien reikien koneistuksessa on yhteensä 1140 mm. Rouhinta-ajan laskennassa on käytetty syöttöarvona 360 mm/min. Kaavaan sijoittamalla saadaan;

$$t_{Rouhinta} = \frac{1140 \text{ mm}}{360 \text{ mm/min}} = 3,166667 \text{ min}$$

Kärkipuomien koneistettavat reiät on myös viimeisteltävä kalvimella, mutta kalvinta voidaan suorittaa suuremmalla syöttönopeudella. Kalvinnassa käytettiin syöttöarvona 800 mm/min.

$$t_{Viimeistely} = \frac{1140 \text{ mm}}{800 \text{ m/min}} = 1,425 \text{ min}$$

Koneistettujen reikien suuaukot viimeistellään tekemällä niihin pieni viiste. Viisteiden tekemiseen kuluva aika arvioitiin tämänhetkisten työmenetelmien mukaan olevan noin seitsemän sekuntia per viiste.

$$t_{\text{viisteet}} = 40 \times \left(\frac{7s}{60s} \right) \times \text{min} = 4,666667 \text{ min}$$

Viimeisenä työvaiheena kärkipuomeihin tehdään vielä yhdeksän M10 kierrettä kumpaankin, eli yhteensä 18 kappaletta. Kierteiden valmistukseen kuluva aika on viisteiden tapaan arvioitu olevan noin 20 sekuntia per kierre aikaisempien menetelmien perusteella.

$$t_{\text{Kierteet}} = 18 \times \left(\frac{20s}{60s} \right) \times \text{min} = 6 \text{ min}$$

Kokonaisaikaan lisätään vielä työstövaiheiden lisäksi työkalunvaihtoajat ja kappaleen kääntöajat. Työkalunvaihtoja kärkipuomien koneistuksessa on kymmenen ja yksi työkalun vaihto kestää noin kuusi sekuntia. Koneistuksen aikana kärkipuomia käännetään kahdeksan kertaa ja yksi kääntö kestää noin kuusi ja puoli sekuntia.

$$t_{\text{vaihto}} = 10 \times \left(\frac{6s}{60s} \right) \text{min} = 1 \text{ min}$$

$$t_{\text{Kääntö}} = 8 \times \left(\frac{6,5s}{60s} \right) \text{min} = 0,866667 \text{ min}$$

Kahden kärkipuomin koneistusaika saadaan laskemalla yllä lasketut ajat yhteen. kokonaisajaksi saadaan täten noin 31 minuuttia.

Kahden kärkipuomin asetusajan arvioitiin olevan noin 20 minuuttia. Tässä ajassa tulisi pystyä kohdistamaan ja kiinnittämään kaksi kärkipuomia paletille. Taulukoon neljä on koostettu kaikkien koneistussolussa tapahtuvien operaatioiden tarvitsema aika. Lisäksi taulukossa esitetään koneistuksen kokonaisaika, joka on kaikkien operaatioiden summa.

TAULUKKO 4. Kärkipuomien koneistusaika

Operaatio	Aika (min)
Rouhinta (Tasot)	10,56
Viimeistely (Tasot)	3,30
Rouhinta (Reiät)	3,17
Viimeistely (Reiät)	1,43
Viisteytys	4,67
Kierteitys	6,00
Työkalun vaihdot	1,00
Pöydän käännöt	0,87
Asetusaika	20,00
Kokonaisuus	50,99

5.5.2 Eturunko

Eturungosta koneistetaan kymmenen vapaareikää ja neljä kierrettä. Eturungon reikien koneistusajat lasketaan samalla kaavalla, kuin kärkipuomissa ylempänä. Eturungon reikien yhteenlaskettu koneistusmatka on 365 mm. Myös eturungon reiät koneistetaan kahdessa vaiheessa ensin rouhimalla ja viimeistellään kalvimella. Rouhinnassa työstöarvona 360 mm/min ja viimeistelyssä 800 mm/min.

$$t_{Rouhinta} = \frac{365 \text{ mm}}{360 \text{ mm/min}} = 1,013889 \text{ min}$$

$$t_{Viimeistely} = \frac{365 \text{ mm}}{800 \text{ mm/min}} = 0,45625$$

Viisteiden työstöajassa hyödynnetään samaa arviota, kuin kärkipuomienkin tapauksessa.

$$t_{Viisteet} = 15 \times \left(\frac{7s}{60s} \right) \times \text{min} = 1,75 \text{ min}$$

Kokonaisaikaan lisätään vielä työstövaiheiden lisäksi työkalunvaihtoajat ja kappaleen kääntöajat. Työkalunvaihtoja eturungon koneistuksessa on yksitoista ja

yksi työkalun vaihto kestää noin kuusi sekuntia. Koneistuksen aikana eturunkoa käännetään seitsemän kertaa ja yksi kääntö kestää noin kuusi ja puoli sekuntia.

$$t_{Vaihto} = 11 \times \left(\frac{6s}{60s}\right) \text{min} = 1,1 \text{ min}$$

$$t_{Kääntö} = 7 \times \left(\frac{6,5s}{60s}\right) \text{min} = 0,758333 \text{ min}$$

Eturungon koneistusaika saadaan laskemalla yhteen kaikki yllä lasketut vaiheet. Kokonaisuutena eturungon koneistus kestää noin viisi minuuttia. Yhden eturungon koneistus on siis huomattavasti nopeampaa, kuin kärkipuomien.

Eturungon asetusajan arvioitiin olevan noin kymmenen minuuttia. Tässä ajassa tulisi pystyä kohdistamaan ja kiinnittämään eturunko palettiin. Alla olevaan taulukkoon on koostettu kaikkien koneistussolussa tapahtuvien operaatioiden tarvitsema aika. Lisäksi taulukossa esitetään koneistuksen kokonaisaika, joka on kaikkien operaatioiden summa.

TAULUKKO 5. Eturungon koneistusaika

Operaatio	Aika (min)
Rouhinta	1,01
Viimeistely	0,46
Viisteytys	1,75
Työkalun vaihdot	1,40
Pöydän kääntö	0,54
Asetusaika	10,00
Kokonaisuus	15,16

5.6 Panostusjärjestelmä

Koneistettavien kappaleiden työstöaikoja on hankalaa pienentää, mutta tehokkaalla työstön ympärille rakennettavalla toiminnalla voidaan koneistusta tehostaa merkittävästi.

Työstökeskuksen toimintaa voidaan tehostaa merkittävästi ottamalla käyttöön automaattinen paletinvaihtojärjestelmä. Automaattisella paletinvaihtojärjestelmällä mahdollistetaan työstökeskuksen miehittämätön ajo, jolloin työstökeskusta voidaan ajaa kellon ympäri. Paletinvaihtojärjestelmä ja siihen liittyvä palettivarasto mahdollistavat useiden kappaleiden kiinnittämisen valmiiksi omille paletteille, jolloin työstökeskuksen toiminnassa ei aiheudu ylimääräisiä taukoja kappaleiden irrotuksesta, tai kiinnittämisestä. Työstökeskuksen ja palettivaraston operaattorit voivat samalla irrottaa edellisiä ja kiinnittää seuraavia kappaleita paletteille, kun varastossa olevia kappaleita koneistetaan. Edellisen kappaleen valmistuessa paletin vaihtaminen toiseen kestää vain noin kuusitoista sekuntia, joka on huomattavasti lyhyempi aika, kuin kappaleen vaihtaminen paletille.

Kaikkiin kolmeen tässä raportissa aiemmin esiteltyihin työstökeskuksiin on mahdollista integroida palettivarasto. Eri valmistajien tarjoamien palettivarastojen kapasiteetit vaihtelevat, mutta eivät merkittävästi. Lisäksi saman varaston yhteyteen voidaan lisätä useampi työstökeskus tarpeen vaatiessa.

Kahden kärkipuomin työstöajan ollessa noin 30 minuuttia ja yhden eturungon työstöajan ollessa noin viisi minuuttia saadaan yhden kuormaajan tarpeiden koneistusajaksi noin 20 minuuttia. Yhden kappaleen kiinnityksen kestäessä noin kymmenen minuuttia, saadaan kokonaisajaksi yhden kuormaajan tarpeisiin 40 minuuttia. Tällöin kahdeksan tunnin vuoron aikana pystytään koneistamaan 12 kärkipuomia ja eturunkoa.

Palettivaraston avulla kappaleiden kiinnitysaika työstöjen välissä voidaan korvata paletin vaihtoihin kuluvalle ajalle. Paletinvaihtoja yhden kokonaisuuden koneistamiseksi joudutaan tekemään kaksi. Vaihdot yhteensä kestävät 32 sekuntia, eli

noin 0,53 minuuttia. Palettivarastoa käyttämällä pystytään kahdeksan tunnin vuoron aikana koneistamaan 23 kärkipuomia ja eturunkoa. Tässä tapauksessa työkeskuksen tuottavuus voidaan miltei kaksinkertaistaa automaattisten paletinvaihtojen avulla.

5.7 Riskit

Työvaiheeseen liittyviä riskejä ja mahdollisuuksia arvioidaan SWOT-analyysityökalua käyttämällä. SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) on Albert Humphreyn johtaman ryhmän kehittämä työkalu, jota käytetään pääasiassa strategian laatimiseen ja ongelmien tunnistamiseen. SWOT on hyödyllinen ja yksinkertainen työkalu yrityksen toiminnan, hankkeiden ja projektien suunnittelussa. (Manoharan, 2008.)

Tässä tapauksessa SWOT-analyysia on sovellettu kuvaamaan koneistustyövaiheen positiivisia (hyödyt) ja mahdollisia negatiivisia (riskit) tekijöitä. Jokainen tekijä on taulukossa pisteytetty sen arvioidun merkityksen mukaan asteikolla 1–5, jossa yksi ei merkitse juuri lainkaan ja viisi merkitsee erittäin paljon. Pisteytyksen jälkeen positiivisten ja negatiivisten tekijöiden pisteet on laskettu yhteen kuvaamaan niiden yhteisvaikutusta työvaiheessa.

Taulukko 6. Koneistuksen SWOT-analyysi

SISÄISET TEKIJÄT			SISÄISET TEKIJÄT		
VAHYUDET (+)		MERKITYS	HEIKKOUEDET (-)		MERKITYS
1	Koneistus kokonaisuudessaan omilla tiloissa	3	1	Täysin uusi työvaihe	3
2	Tuotantovaiheen tarkempi valvonta	3	2	Tuotannon riippuvuus työstökeskuksesta	3
3	Helppo vaikuttaa laatuun ja tehokkuuteen	4	3	Suuri investointi	2
4	Tuodaan lisää tietotaitoa yritykseen	2	4	Kiinnittimien toiminta	2
5	Virtaviivaisempi tuotanto	4	5	Haastavat kappaleet	3
6			6		
ULKOISET TEKIJÄT			ULKOISET TEKIJÄT		
MAHDOLLISUUDET (-)		MERKITYS	UHKAT (-)		MERKITYS
1	Omavaraisuus koneistuksen suhteen	3	1	Konerikko	5
2	Tuotteiden laadun parantuminen	3	2	Työkalujen rikkoutuminen	2
3	Tuotannon kehittyminen	2	3		
4			4		
Positiiviset tekijät Yht. 24			Negatiiviset tekijät Yht. 20		

Taulukosta voidaan lukea erilaisten tekijöiden vaikutuksia koneistussolun toimintaan. Ainoa tekijä, jolle on annettu viisi pistettä taulukossa, on mahdollinen koneerikko, koska työstökeskuksen rikkoutuessa koko tuotanto solussa pysähtyy. Koneerikkoja voidaan kuitenkin ennaltaehkäistä suorittamalla kaikki huollot ja muut pienemmät korjaukset ajallaan ja huolellisesti, jolloin yllättävien koneerikkojen todennäköisyys pienenee merkittävästi. Koneerikkojen lisäksi myös muut riskit ovat hallittavissa.

Työkalujen rikkoutumisesta aiheutuvaa riskiä voidaan hallita käyttämällä oikeanlaisia työkaluja oikeilla työstöarvoilla, sekä pitämällä varastossa varatyökaluja, mikäli käytössä oleva työkalu rikkoontuu. Kiinnittimien toiminnasta aiheutuvaa riskiä puolestaan voidaan hallita jatkuvasti parantamalla koneistuskiinnittimiä muokkaamalla niitä tukevammiksi ja varmemmiksi. Kiinnittimiä tulisi myös olla varastossa yllättäviä tilanteita varten.

Työstökeskusta, työkaluja ja kiinnittimiä huoltamalla ja kehittämällä luodaan myös helpottava vaikutus tuotannon riippuvuuteen työstökeskuksesta. Huolto- ja kehitystoimenpiteet edesauttavat työstökeskuksen toimintaa, jolloin riippuvuudesta aiheutuvaa riskiä voidaan hallita. Täysin uuden työvaiheen lisäämiseen liittyviä riskejä voidaan hallita järjestämällä työntekijöille huolellinen perehdytys työvaiheeseen, sekä aloittamalla työvaihe nykyhetken työvaiheiden kanssa rinnakkain pienemmällä kapasiteetilla, jolloin mahdolliset ongelmat työvaiheessa havaitaan ja voidaan korjata ennen kuin tuotanto on täysin riippuvainen uudesta menetelmästä.

Koneistettavat komponentit ovat rakenteensa puolesta hankalia koneistaa. Tästä voi muodostua suuriakin riskejä koneistuksen laadun puolesta. Kappaleet ovat rakenteeltaan kotelomaisia hitsauskokoontajia, joten niissä esiintyy helposti mittavirheitä hitsauksen lämmöntuonnin takia. Lisäksi kotelomainen rakenne saattaa aiheuttaa ylimääräistä ei-toivottua värinää koneistettaessa. Yrityksessä on jo monen vuoden ajalta koneistuskokemusta pienempien konemallien runkokomponenteista, jotka ovat osittain samankaltaisia rakenteita. Näiden konemallien runkokomponentit kuitenkin koneistetaan osina, jolloin koneistustapahtumaa on helpompaa hallita. Komponentit on helpompaa kiinnittää tukevammin kokonsa

ja yksinkertaisemman rakenteensa puolesta. Runkokomponenttien koneistus täydellisinä hitsauskokoonpanoina vaatii täten suuremman panostuksen koneistusprosessiin kokonaisuudessaan.

Komponenttien koneistuksessa kappaleiden kiinnitys, asemointi ja mahdollisten mittavirheiden kompensointi ovat kaikki avainasemassa. Kappaleiden kiinnitystä ja koneistuksen aikaista tuentaa on kehitettävä jatkuvasti tarkkailemalla koneistustapahtumaa. Asemointi paletille on tehtävä jokaisella kertaa täysin samalla tavalla. Mahdollisten mittavirheiden kompensointiin on mahdollista luoda koneistusohjelmaan aliohjelma, jossa kappaleen reunat käydään mittaamassa mittapäällä ennen koneistusta. Tällaisella ohjelmalla voidaan koneistuksen nollapistettä siirtää kappaleen mahdollisten hitsausmuodonmuutosten mukaan. Nollapisteen ollessa kappaleen todellisen muodon mukainen, saadaan kaikki koneistettavat muodot oikeaan paikkaan. Kappaleiden haastavan rakenteen tuomia riskitekijöitä voidaan hallita koneistusprosessin jatkuvalla parantamisella, sekä lisäämällä ja ylläpitämällä koneistussolun operaattorien tietotaitoa ja osaamista.

Kokonaisuudessaan SWOT-analyysi osoittaa, että koneistustyövaihe olisi kannattava hanke. Työvaiheeseen liittyvät riskit ovat melko hyvin hallittavissa ja positiivisia vaikutuksia on paljon. Työstökeskuksen äkillisestä rikkoutumisesta aiheutuva riskiä ei kuitenkaan voi koskaan hallita täysin muulla keinolla, kuin hankkimalla kaksi keskusta, jolloin toisella keskuksella voitaisiin koneistaa ainakin osa rikkoutuneen koneen kappaleista.

6 LOPPUTULOKSET

Työn tavoitteena oli löytää kohdeyritykselle soveltuvia ratkaisuja pienkuormaajan runkovalmistusprosessin kehittämiseen komponenttien koneistuksen osalta. Komponenttien koneistus on alun perin suoritettu hitsausvaiheiden välissä. Koneistus kuitenkin olisi lopullisen tuotteen kannalta parempi suorittaa vasta hitsauksen jälkeen hitsauksen aiheuttaman lämmöntonnuin vuoksi.

Tässä työssä on esitelty kolme mahdollista työstökeskusta, joilla runkokomponenttien koneistus täydellisinä hitsauskokoontoina voidaan toteuttaa. Työstökeskuksen valintaan loppuvaiheessa vaikuttaa keskeisesti keskuksen hankintahinta, luotettavuus ja huollettavuus, sekä keskuksen liitettävyyys olemassa oleviin tuotannonohjausjärjestelmiin. Raporttiin koottujen tietojen ja yrityksessä käytyjen keskustelujen perusteella Mazak HCN 8800 vaikuttaa parhaalta vaihtoehdolta hankittavaksi työstökeskukseksi, mikäli komponenttien koneistus päätetään toteuttaa omalla tehtaalla. Mazak vaikuttaa vertailussa olleista keskuksista helppokäyttöisimmältä ja tarjoaa loistavia lisävarusteita, sekä ominaisuuksia keskuksen toiminnallisuuden räätälöintiin yrityksen tarpeisiin. Yrityksessä käytyjen keskusteluiden yhteydessä kävi myös ilmi tämänhetkisen keskuksen huoltomiehen mielipide, joka oli huoltotoimenpiteiden ja koneen luotettavuuden suhteen erittäin positiivinen Mazakista.

Kaikissa keskuksissa on käytössä samankokoinen paletti, joten tässä työssä esitellyt kiinnitinmallit niin eturungolle, kuin myös kärkipuomille ovat yhteensopivia kaikkien keskusten kanssa. Työssä suunniteltiin 800-sarjan eturungolle ja kärkipuomille erilaiset kiinnitinratkaisut. Eturungon kiinnitinratkaisu on helposti sovellettavissa muidenkin konemallien eturunkojen koneistamiseen muuttamalla reikien ja puristimien etäisyyksiä. Muiden konemallien kärkipuomeille puolestaan on luultavasti suunniteltava uudenlainen kiinnitysratkaisu kappaleiden merkittävän muotoeron vuoksi, mikäli kärkipuomeja koneistettaisiin kokonaisina. 400–700 sarjan kuormaajien kärkipuomien osahitsauskokoontoinen koneistaminen nyky muodossaan onnistuu kiinnittämällä komponentit kiinnitintorniin, johon 800-sarjan kärkipuomitkin kiinnitetään.

Työstökeskusten ja kiinnittimien lisäksi työssä arvioitiin keskusten yhteyteen saatavilla olevien automaattisten palettivarastojen tuomaa lisäarvoa koneistukseen. Automaattisen palettivaraston tuoma hyöty osoittautui merkittäväksi, joten järjestelmän hankinta olisi erittäin suositeltavaa. Laskennallisten koneistusaikojen mukaan koneistuksen tahtiaika riittäisi tämänhetkisen tuotannon vaatimaan tahtiaikaan ilman automaattista palettivarastoa. Tuotantomäärien tasainen kasvu jo vuosien ajan viittaisi kuitenkin siihen, että tuotantomääriä tullaan nostamaan tulevaisuudessa reilustikin, jolloin automaattinen varasto tulisi olemaan erittäin tarpeellinen lisä koneistuskapasiteetin kannalta. Työssä aiemmin on arvioitu automaattisen palettivaraston miltei kaksinkertaistavan koneistuskapasiteetin.

Koneistussolun perustamiseen ja koneistuksen suorittamiseen omalla tehtaalla liittyy runsaasti erilaisia riskejä. Toisaalta myös saavutettava hyöty koneistuksen uudistamisella on merkittävä. Omalla tehtaalla suoritettava koneistus takaa yritykselle täyden päätösvallan koneistukseen liittyen, sekä työn laadun valvonta on merkittävästi helpompaa. Lisäksi koneistus omissa tiloissa kasvattaa yrityksen tietotaitoa tuotannossa. Koneistukseen liittyvistä riskeistä suuri osa on melko hyvin hallittavissa luomalla huolellisia ja turvallisia toimintatapoja koneistuksen ympärille. Työstökeskuksen ja kaikkien toimilaitteiden, sekä työkalujen asianmukaisella huollolla, valvonnalla ja kunnossapidolla on suuri merkitys vakavimpien riskien hallinnassa. Koneistusvaiheen vakavimmiksi riskeiksi on aiemmin arvioitu mahdolliset konerikot, sekä tuotannon riippuvuus työstökeskuksesta.

Yllä mainittujen riskien vaikutus suoraan yrityksen toimintaan voidaan kuitenkin väistää teettämällä koneistus alihankintana, jolloin koneistuksen riskit ovat alihankkijan vastuulla. Alihankkijaksi koneistukseen tulisi löytää erittäin luotettava toimija mahdollisimman läheltä tehdasta. Alihankkijaan kohdistuvat vaatimukset toimitusvarmuudesta ja kapasiteetista ovat korkeat. Koska koneistukseen menevät kappaleet ovat kuormaajan runko-osia, ovat ne erittäin kriittisiä komponentteja tuotannossa. Mikäli koneistettavia tuotteita ei saada toimitettua tehtaalle riittävästi, on tuotanto jopa vaarassa pysähtyä kokonaan. Koneistuksen teettäminen alihankintana aiheuttaa koneistustyön lisäksi myös lisäkustannuksia komponenttien kuljetuksesta alihankkijalle ja takaisin muodostuvista kuljetuskustannuksista.

Nämä asiat ovat merkittäviä tekijöitä valittaessa alihankinnan ja oman tuotannon välillä.

7 POHDINTA

Pienkuormaajan runkovalmistuksen kehittäminen koneistuksen osalta oli mielenkiintoinen projekti. Projektin tavoitteena oli löytää uusia tapoja koneistaa pienkuormaajan runkokomponentteja. Projektin lopputuloksena saatiin kattava kuva siitä, mitä runkokomponenttien koneistus täydellisinä hitsauskokoontoina vaatii. Koneistuksen raja-arvoina toimi tässä tapauksessa kappaleiden rakenne, koko ja tuotannon kasvavien vaatimusten asettama tahtiaika. Projektissa selvitettiin kyseiseen viitekehykseen sopivat ratkaisut työstökeskuksen, kappaleen kiinnityksen ja panostusjärjestelmän osalta. Projektin haastavimmat osat olivat kiinnittimien suunnittelu, sekä riskien arviointi ja riskitekijöiden hallintaan liittyvien toimien määrittäminen.

Runkokomponenttien koneistusaika on automaattisen palettivaraston avulla tehostettavissa merkittävästi. Automaattisella palettivarastolla koneistussolussa on mahdollista koneistaa yhdellä työstökeskuksella jopa 200 kuormaajan rungot viikon aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että viitekehyksen vaatima tahtiaika alittuu reilusti.

Koneistamalla runkokomponentit täydellisinä hitsauskokoontoina voidaan tuotannon laatuun luoda merkittävä positiivinen vaikutus. Koneistus täydellisinä kokoontoina vaikuttaa tuotantoon myös muilta osin positiivisesti. Positiivisia vaikutuksia voidaan nähdä virtaviivaisemman alkutuotannon muodossa laadun ohella. Täydellisten runkokokoontojen koneistaminen vähentää puolivalmiiden komponenttien määrää ja eliminoi tarpeen kuljettaa osahitsauskokoontoina hitsaamosta koneistukseen ja takaisin. Puolivalmiiden komponenttien ja niiden ylimääräisen siirtelyn karsimisella voidaan luoda positiivinen vaikutus runkovalmistuksen kokonaisläpimenoaikoihin.

Komponenttien laadun parantuessa myös niiden kokoonpantavuus paranee, koska komponentit on helpompi liittää toisiinsa. Kuten virtaviivaisemmalla alku-

tuotannolla, myös kokoonpantavuuden helpottamisella voidaan vaikuttaa positiivisesti läpimenoaikaan koneistuksen ulkopuolella. Kokoonpanolinjalla kuormaajien kokoonpanon helpottuessa voidaan linjan läpimenoaikaa parantaa.

Eturungon koneistusaikaa laskettaessa havaittiin, että eturungon koneistuksessa kappaleen kiinnitykseen kuluu enemmän aikaa kuin itse koneistukseen. Eturungossa koneistettavia kohteita on melko vähän verrattuna kärkipuomiin, joten rungon koneistuksen kannattavuus nousee kysymykseksi. Eturungon osalta kuitenkin yllä mainitut koneistuksen uudistuksen tuomat hyödyt koneistuksen ulkopuolella tekevät eturungon koneistuksesta kannattavaa. Koneistuksen lyhentäessä läpimenoaikaa alkutuotannossa ja kokoonpanossa voidaan kuormaajan valmistusaikaan tehdä parannuksia. Samanaikaisesti komponenttien koneistus täydellisinä hitsauskokoonpanoina parantaa tuotteiden laatua.

LÄHTEET

Avant Tecno Oy. 2020. Historia. Luettu 7.11.2020.
<https://www.avanttecno.com/fi/tietoa-meista/historia>

Avant Tecno Oy. 2020. Tietoa meistä. Luettu 7.11.2020.
<https://www.avanttecno.com/fi/tietoa-meista>

Business Dictionary. 2020. Manufacturing lead-time. Luettu 20.10.2020.
<http://www.businessdictionary.com/definition/manufacturing-lead-time.html>

Coala Oy. 2020. Prosessikehittäminen. Luettu 11.11.2020.
<https://coala.fi/palvelut/prosessikehittaminen>

DMG Mori. 2019. NHX 8000 Brochure.

Doosan. 2020. DHF 800 Brochure

Iloranta, K. & Pajunen-Muhonen, H. 2008. Hankinnan johtaminen: ostamisesta toimittajamarkkinoiden hallintaan. Helsinki: Tietosanoma.

Jackson, T., Iloranta, K. & McKenzie, S. 2001. Profits or Perils? The bottom Line on Outsourcing. Arlington: Booz Allen Hamilton Inc.

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta JUHTA. 2008. JHS152. Prosessien kuvaaminen.

Logistiikan Maailma. 2020. Läpäisyajan lyhentäminen. Luettu 11.11.2020.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lapaisyajan-lyhentaminen/>

Maaranen, K. 2004. Koneistustekniikat. 5. painos. Helsinki: WSOY.

Manoharan, P. 2008. Krishnan: "20 SWOT Analysis", Education and Personality Development. New Delhi: APH Publishing Corporation.

Mazak. 2020. HCN 8800 Brochure.

Mclvor, R.T. & Humphreys, P.K. 2000. A case-based reasoning approach to the make or buy decision. Integrated manufacturing systems 11.5.200, 295–310.

OAMK. 2008. Pk-yritysten johtamis- ja kehitystyökalupakki.

Pajarinen, M. 2001. Ulkoistaa vai ei -Outsourcing teollisuudessa. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos ETLA. Sarja B: 181. Helsinki: Taloustieto Oy.

Wisner, J., Tan, K-C. & Keong Leong, G. 2019. Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach. 2.painos. USA: South-Western.