

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikka ja liiketoiminta, Teknologiateollisuus, Konetekniikka

2021

Jani Rikkonen

ALIHANKINTAYRITYKSEN KONEISTUSTOIMINNAN KEHITTÄMINEN

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Jani Rikkonen

ALIHANKINTAYRITYKSEN KONEISTUSTOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö käsittelee säskyläläisen metalliteollisuuden alihankintayrityksen, Tamminiitty Oy:n koneistustoiminnan kehittämistä. Työn tavoitteena oli selvittää keskeisimmät kehityskohteet yrityksen koneistustoiminnassa sekä tuotannon että tarjouslaskennan osalta, laatia suunnitelma niiden kehittämiseksi, ja toteuttaa kehitystyötä opinnäytetyön aikataulun puitteissa. Työssä pyrittiin myös löytämään keinoja jatkuvan kehittämisen ajattelumallin tuomiseksi osaksi yrityksen henkilöstön päivittäistä tekemistä.

Kehitystyö aloitettiin tutustumalla yleisesti yrityksen toiminnan kehittämiseen. Kehityskohteiden selvittäminen aloitettiin laatimalla tutkittavan yrityksen tilaus-toimitusprosessin kuvaus, jonka jälkeen selvitystyötä jatkettiin henkilöstöä haastatteleamalla ja eri toimintoja tarkastelemalla. Selvityksen perusteella kehitettävää löydettiin mm. koneistusaikojen arvioinnista, koneistusterien ja -työkalujen varastointiprosessista sekä yrityksen konekannasta.

Opinnäytetyössä laadittiin suunnitelmat eri toimintojen kehittämiseksi ja rakennettiin uusi laskentamalli koneistusaikojen arvioimiseksi. Työn aikana yritys teki hankintapäätöksen uudesta työstökeskuksesta, ja opinnäytetyön selvitystyön perusteella päädyttiin hankkimaan viisiakselinen Mazak VTC-800/30 SR -työstökeskus.

Osana jatkuvan kehittämisen ajattelumallia alettiin yrityksessä järjestää koneistuksen kehityspalavereita, jotka toimivat väylänä uusien kehitysideoiden esittämiseksi. Palaverien tarkoituksena on myös pitää henkilöstö ajan tasalla kehitysprosessien etenemisestä.

Suuri osa kehittämistyöstä jää opinnäytetyön ulkopuolelle, mutta opinnäytetyössä saatiin laadittua raamit ja suunnitelma yrityksen koneistustoiminnan kehittämiseksi ja kehitystyö saatiin aloitettua.

ASIASANAT:

koneistus, jatkuva kehittäminen, alihankinta, metalliteollisuus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Mechanical Engineering

2021 | 43 pages, 3 appendices

Jani Rikkonen

DEVELOPMENT OF SUBCONTRACTOR'S MACHINING OPERATIONS

The thesis examined the development of the machining operations of Tamminiitty Ltd, a subcontractor company of metal industry in Säkylä. The aim of the thesis was to find out the most essential development objects of machining operations in terms of offer calculation and production, make a plan for their development and fulfil the plan within the framework of the thesis schedule. The work also sought to find ways to include a constant development mindset into the daily work of the company's staff.

The development work began by exploring the development process of the company's operations in general. The examination of the development objects were started by preparing a description of the order-delivery process of the company, after which the investigation work was continued by interviewing the staff and evaluating various functions. The machining operations of the company were found to be developed, e.g. in approximation of machining times, storing of the machining tools and in the company's machining centers.

As a result of the thesis, plans for the development of various functions were made, and a new calculation model to estimate machining times was built. During the making of the thesis, the company made a procurement decision for a new machining center. Based on the thesis study, a five-axis Mazak VTC-800/30 SR machining center was decided to be acquired.

As part of the constant development mindset, machining development meetings were begun to be organized in the company. The purpose of the meetings is to serve as a channel for presenting new development ideas and to keep the staff informed about the progress of the development processes.

A lot of the development work was left out of the thesis, but the thesis provided a framework and a plan for the development of the company's machining operations, and the development work was started.

KEYWORDS:

machining, constant development, subcontracting, metal industry

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Toimeksiantaja	7
1.2 Opinnäytetyön tausta	8
1.3 Opinnäytetyön toteutus	8
2 YRITYKSEN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN	9
3 TILAUS-TOIMITUSPROSESSIN KUVAUS	12
3.1 Tilaus-toimitusprosessi	12
3.1.1 Tarjouslaskenta ja myynti	13
3.1.2 Tuotannonsuunnittelu	15
3.1.3 Valmistus	17
3.2 Työskentely-ympäristö	18
4 KEHITYSKOhteiden SELVITTÄMINEN	21
4.1 Henkilöstön haastattelut	21
4.2 Tarjouslaskennan ja myynnin kehityskohteet	23
4.3 Tuotannon kehityskohteet	23
5 KEHITYSTYÖ JA TULOKSET	26
5.1 Koneistusaikojen arviointi	26
5.1.1 Asetustyöajan arviointi	27
5.1.2 Koneen tekemän työn arviointi	29
5.1.3 Kappaleiden vaihtoajan arviointi	29
5.1.4 Muuhun työhön kuluvan ajan arviointi	30
5.1.5 Uuden laskentamallin kuvaus ja toteutus	31
5.2 Tuotannonsuunnittelun kehittäminen	31
5.3 Uuden työstökeskuksen hankinta	32
5.4 Terien varastointi ja terätietokanta	35
5.5 CAM-ohjelmiston hankinta	37
5.6 Muu tuotannon kehittäminen	38
6 YHTEENVETO JA POHDINTA	41

LIITTEET

- Liite 1. Tuotantotyöntekijän haastattelulomake.
Liite 2. Toimihenkilön haastattelulomake.
Liite 3. Työkalukortti – kovametallipora.

KUVAT

Kuva 1. Leikkuusuunnitelma eli nesti.	14
Kuva 2. Kuormitusnäky.	16
Kuva 3. Yleisnäky koneistusosastolta.	19
Kuva 4. Mazak VCN-530C.	19
Kuva 5. Mazak FJV-35.	20
Kuva 6. Teräpalavarasto.	24
Kuva 7. Viisiakselisen työstökeskuksen akselit (ResearchGate).	32
Kuva 8. Mazak VTC-800/30 SR (Wihuri).	33
Kuva 9. DMG Mori 300 8 (DMG Mori).	34
Kuva 10. Työkaluhakemiston prototyyppi.	36
Kuva 11. Aura eBox työkaluautomaatti (Aura).	37
Kuva 12. Kappaleet välileukojen avulla kiinnitettynä (Kuva: Ilkka Koivumäki).	39
Kuva 13. Renishaw OMP60 kosketusanturi (Renishaw).	39

KUVIOT

Kuvio 1. Demingin laatuympyrä (Borgman & Packalén 2002).	9
Kuvio 2. Yrityksen tilaus-toimitusprosessi.	13
Kuvio 3. Koneistusprosessin vaiheet.	26
Kuvio 4. Uusi laskentamalli.	31

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)
CAM	Tietokoneavusteinen valmistaminen (Computer Aided Manufacturing)
CNC	Numeerinen ohjaus (Computer Numerical Control)
Layout	Pohjaratkaisu ja järjestys. Esimerkiksi tuotannon laitteiden ja työpisteiden sijoittelu tuotantotilassa.
Nesti	Tietokoneella laadittava leikkuusuunnitelma joka sisältää esimerkiksi laserleikattavien osien sijoittelun leikattavalle levyille, sekä leikkuujärjestyksen.
Tälli	Koneistuksessa asetustyö, sisältäen koneistettavan kappaleen kiinnityksen, terien asettamisen ja työstöratojen ohjelmoinnin.
Vesti	Kiinnitysrauta, jota käytetään esimerkiksi koneistettavien kappaleiden kiinnittämiseen

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan metalliteollisuuden alihankintayrityksen koneistustoimintaa ja pyritään kehittämään sitä sekä tuotannon että tarjouslaskennan osalta. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää keskeisimmät kehityskohteet yrityksen koneistustoiminnassa, laatia suunnitelma niiden kehittämiseksi, ja toteuttaa kehitystyötä opinnäytetyön aikataulun puitteissa.

Työ aloitetaan teoriaosuudella, jossa perehdytään yleisesti yrityksen toiminnan kehittämiseen. Kehityskohteiden kartoittaminen aloitetaan tekemällä yrityksen tilaus-toimitusprosessin kuvaus, jonka jälkeen kehityskohteita pyritään löytämään henkilöstöä haastatteleamalla ja toimintoja tarkastelemalla.

Kehityskohteiden selvittyä laaditaan alustava suunnitelma toimintojen kehittämiseksi ja lähdetään toteuttamaan kehitystyötä. Koska katsaus on laaja ja kehitystyö pitkä prosessi, jää iso osa kehitystyöstä tulevaisuuteen. Tärkeimpänä tavoitteena onkin luoda impulssi kehitystyölle ja lähteä viemään koneistustoimintoja oikeaan suuntaan. Opinnäytetyössä pyritään myös löytämään keinoja kannustaa henkilöstöä jatkuvan kehittämisen ajattelumalliin.

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja Tamminiitty Oy on vuonna 2014 perustettu metalliteollisuuden sopimusvalmistus-, esikäsittely- ja osavalmistuspalveluita tuottava alihankinta- ja asiantuntijayritys. Yrityksen ydintoimintaa ovat metallin laserleikkaus, särmäys, koneistus, hitsaus, sekä muut esikäsittelypalvelut. Vuonna 2021 yritys työllistää yli 30 henkilöä ja yrityksen liikevaihto on yli viisi miljoonaa euroa. Yritys toimii Säkylän Köyliön Ristolan teollisuusalueella vuonna 2017 valmistuneissa noin 2 500 m²:n tuotantotiloissa. (Tamminiitty 2021.)

Yritys toimii ISO 9001:2015 -laatujärjestelmän mukaan, jonka keskeisiin periaatteisiin kuuluvat muun muassa asiakaskeksisyys ja jatkuva toiminnan kehittäminen (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2015).

1.2 Opinnäytetyön tausta

Koska metallin alihankintateollisuus on hyvin kilpailtu teollisuuden ala, tulee keinoja erottua kilpailijoistaan etsiä jatkuvasti. Yleinen alan kehityssuunta tuntuukin olevan, että yritykset haluavat keskittää ostonsa pienemmälle määrälle toimittajia, jolloin alihankintayrityksen on pyrittävä tarjoamaan yhä monipuolisempia ja laadukkaampia palveluja. Mitä pidemmälle jalostettuna ostaja saa osansa samalta toimittajalta, sitä kilpailukykyisempään hintaan ja nopeampaan toimitusaikaan yleensä päästään.

Metallin laserleikkaus on lähivuosina nostanut suosiotaan metalliteollisuuden valmistusmenetelmänä, ja laserleikkauspalveluja tarjoavien yritysten määrä on kasvusuuntainen. Tämän kehityksen myötä muut valmistuspalvelut, kuten koneistus, särmäys, sekä hitsaus, ja niiden laadukkuus näyttelevät yhä suurempaa roolia asiakkaan ostopäätöksessä.

Tamminiitty Oy:n koneistustoimintojen kehittämisen tarve on ollut osaltaan tiedossa jo pidemmän aikaa. Koneistusresurssien toistuva ylikuormittuminen, ja siitä aiheutuva ylitöiden tarve on ollut yrityksessä kasvusuuntaista, mikä kertoo joko resurssien puutteesta, niiden huonosta suunnittelusta tai tehottomasta tuotantotoiminnasta. Toteuttaakseen laatujärjestelmänsä ja vastatakseen paremmin asiakkaidensa tarpeisiin on yrityksen koneistustoimintaa kehitettävä.

1.3 Opinnäytetyön toteutus

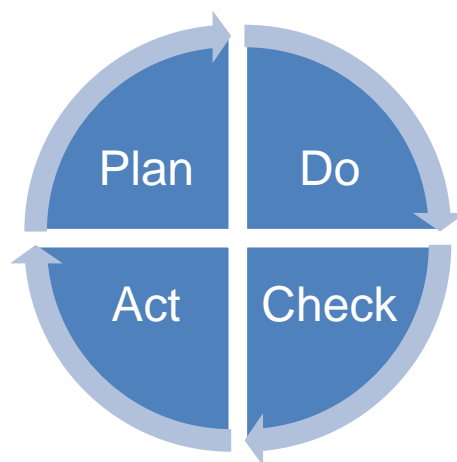
Opinnäytetyö toteutettiin työaikana muiden töiden ohella. Olen itse työskennellyt yrityksessä 2016 maaliskuusta alkaen toimien ensin tuotannossa laserleikkaajana ja myöhemmin koneistajana. Nykyisin toimenkuvaani kuuluu myynnin sekä tuotannonsuunnittelun tehtävät sekä erilaiset projektityöt. Työ aloitettiin joulukuussa 2020 ja saatettiin päätökseen keväällä 2021, jonka jälkeen kehitystyö yrityksessä jatkuu.

2 YRITYKSEN TOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Koska yritysten toimintaympäristöt muuttuvat jatkuvasti, on yritystenkin pyrittävä jatkuvasti kehittämään toimintaansa täyttääkseen asiakastarpeet ja menestyäkseen kilpailussa. Kehityksellä pyritään yleensä tehokkuuteen, tuottavuuden, laadun ja/tai asiakastyytyvyyden parantamiseen. Tehokkuudella tarkoitetaan toteutuneita tuotoksia suhteessa odotettuihin tuotoksiin, ja tuottavuudella toteutuneita tuotoksia suhteessa panoksiin. Laadulla tarkoitetaan sitä, missä määrin palvelu tai tuote täyttää asiakastarpeet ja on toteutettu spesifikaation mukaisesti. Asiakastyytyvyydellä tarkoitetaan palvelun tai tuotteen ostajan tai käyttäjän kokemusta hankkimastaan tuotteesta tai palvelusta. Kehittämisen keinoja ovat mm. hyvien käytäntöjen kehittäminen, automaatio, tiedonhallinta ja laadunhallinta. (Martinsuo, ym. 2016, 301.)

Laatujohtamisella (Total Quality Management, TQM) tarkoitetaan laadun ja organisaation jatkuvaan parantamiseen perustuvaa johtamismallia ja laatufilosofiaa. Perustana laatujohtamiselle on asiakaslähtöinen toiminta ja asiakkaiden tarpeisiin vastaamalla saavutettava menestys. (Borgman & Packalén 2002.)

Jatkuva kehittäminen on keskeinen periaate laatujohtamisessa ja laadunhallinnassa. Demingin laatuympyrä, PDCA, kuvaa jatkuvan kehittämisen syklistä luonnetta neljällä toistuvalla vaiheella; suunnittelu (Plan), toteutus (Do), tarkastelu (Check) ja toiminnan korjaaminen (Act). Kehitystyö nähdään siis jatkuvana prosessina, jossa ei pyritäkään heti täydelliseen muutokseen, vaan parannetaan toimintaa teko teolta ja tehdään korjaavia toimia tarpeen mukaan. (Borgman & Packalén 2002.)



Kuvio 1. Demingin laatuympyrä (Borgman & Packalén 2002).

Lähtökohtana yrityksen toiminnan kehittämiseksi on kokonaisvaltainen käsitys organisaatiosta ja sen työjärjestelmästä. Kehittämisen tulisi olla tavoitteellista ja perustua jollain tavalla yrityksen strategiaan. Kehittämisen tavoitteen tulisi samanaikaisesti pyrkiä sekä tuottavuuden ja asiakastyytyväisyyden, että henkilöstön hyvinvoinnin parantamiseen. Parhaimmillaan kehitysprosessissa aktivoidaan ja osallistetaan henkilöstöä niin, että kehityksen kohteena olevan työn tai toiminnon toteuttajat pääsevät itse vaikuttamaan kehittämisen sisältöön ja toteuttamiseen. Kehitysprosessi vaatii johtamista, sekä johdon sitoutumista. (Martinsuo, ym. 2016, 314.)

Työntekijöiden kehitysprosessiin sitoutumisen varmistamiseksi tulee yrityksen laatia suunnitelma kehittämiseksi, jota toteutetaan ja jonka toteutumaa arvioidaan jatkuvasti kehitysprosessin aikana. Jatkuvan kehitysprosessin vaiheiksi voidaan tunnistaa seuraavat (Borgman & Packalén 2002, 30–31.):

- Sitoudutaan
- Arvioidaan nykytila
- Suunnitellaan
- Toimitaan
- Arvioidaan
- Korjaavat toimenpiteet
- Lähdetään seuraavalle kehittämiskierrokselle

Sitoutuminen alkaa ylimmän johdon henkilökohtaisesta sitoutumisesta, ja se ”valuu” päälliköihin ja esimiehiin ja sitä kautta jokaiseen organisaation jäseneseen. Johdon on sitouduttava panostamaan työntekijöiden osaamiseen, sekä taattava tarvittavat työvälineet ja resurssit kehitysprosessin tavoitteiden saavuttamiseksi. (Borgman & Packalén 2002.)

Kehittäminen perustuu aina olemassa olevaan, ja siksi nykytilan arvioiminen on tärkeä osa kehitysprosessia. Nykytila-arviota voidaan lähteä toteuttamaan tutkimalla arkea sen sujumisen tai sujumattomuuden kannalta: toimitaanko niin kuin pitäisi toimia, mitkä ovat ongelmakohtia ja mikä työssä toteutetaan hyvin. (Borgman & Packalén 2002.)

Hyvä suunnittelu on lähtökohtana toimivalle prosessille. Kun on tiedossa selkeä päämäärä ja tavoitteet, voidaan laatia suunnitelma niiden toteuttamiselle. Suunnitelmat on myös tärkeä kirjata niin, että jokainen voi ne ymmärtää. Osallistavassa kehittämisessä

henkilöt joita kehittäminen koskee, otetaan mukaan myös kehitystyön suunnitteluprosessiin. Osallistava johtamistapa kehitysprosessissa pienentää muutosvastarintaa, kun kehityksen tuomat muutokset eivät ole vain jonkun ulkopuolisen sanelemia päätöksiä, vaan yhdessä mietittyjä parannuksia. (Borgman & Packalén 2002.)

Kun kehitystyötä lähdetään toteuttamaan, tärkeimpinä menestystekijöinä voidaan pitää selkeää määrätietoista johtamista, sekä yhteistoiminnallisuutta ja vuorovaikutusta. Johdon on pidettävä huolta, että kehitystyön tavoitteet ovat työntekijöille selkeät, jotta muutos on perusteltua. Johdon on myös taattava työntekijöille resurssit muutoksen toteuttamiseksi. Jatkuvan kehittämisen ajatusmallin luominen vaatii johdolta vahvaa sitoutumista ja panostusta. Henkilökunnan itsearvostuksen kohottamiseksi on johdon mm. luotava järjestelmä, jossa henkilökunnan parannusehdotukset tulevat esiin ja ne aiheuttavat myös ansaitsemansa toimenpiteet. Tämän järjestelmän luominen ei itsessään riitä, vaan järjestelmää on tulee myös toteuttaa johdonmukaisesti. (Borgman & Packalén 2002.)

Tärkeänä osana jatkuvan kehittämisen periaatetta on myös jatkuva toiminnan arvioiminen ja siitä aiheutuvat korjaavat toimenpiteet. Useimmat ammattilaiset arvioivat omaa tekemistään jatkuvasti ja korjaavat tekemistään arvioinnin perusteella, mutta tämä arviointi on sattumanvaraista, ja arviointia tulee toteuttaa myös systemaattisesti. Hyvään ja menestykselliseen toimintaan kuuluu systemaattinen arvioiminen kaikkien tiedossa olevilla mittareilla, sekä toiminnan korjaaminen. Näin arvioiminen toimii tärkeänä johtamisen työkaluna. (Borgman & Packalén 2002.)

Ehkäpä tärkeimpänä osana jatkuvan kehittämisen mallissa on toistuvuus. Kun yksi kehitysprosessi on viety läpi, ei kehittäminen suinkaan jää siihen. Kun jatkuva toiminnan arvioiminen ja kehittämisen halu on osana henkilöstön päivittäistä tekemistä, voidaan todeta, että jatkuvan kehittämisen malli toteutuu. (Borgman & Packalén 2002.)

3 TILAUS-TOIMITUSPROSESSIN KUVAUS

Yrityksen koneistustoimintaa ohjataan Oscar Softwaren Ventus-toiminnanohjausjärjestelmällä. Toiminnanohjausjärjestelmällä toteutetaan yrityksen tarjouslaskenta, tilauskäsittely, tuotannosuunnittelu, sekä tuotannonohjaus. Tuotanto yrityksessä on suurelta osin itseohjautuvaa, johon yritys käyttää hyväksi tuotannonohjausjärjestelmää.

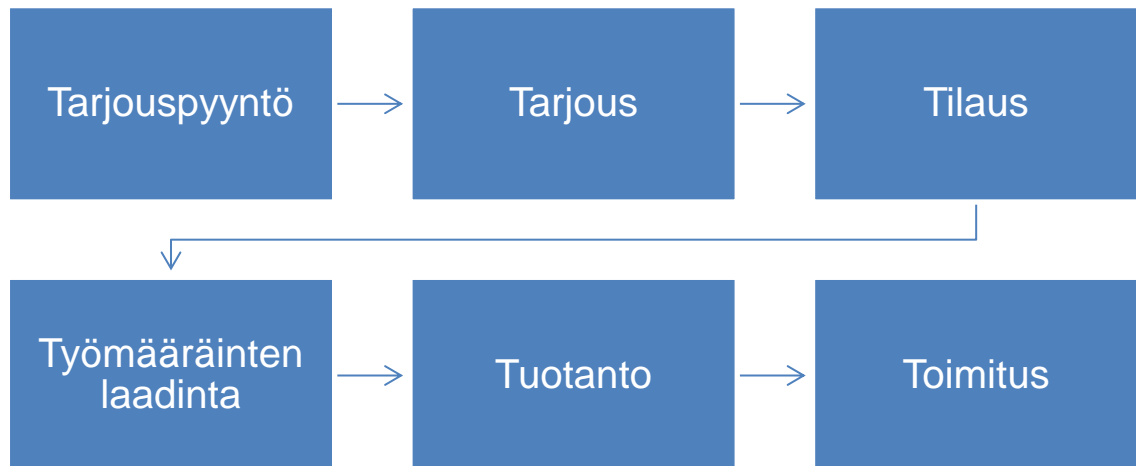
3.1 Tilaus-toimitusprosessi

Tilaus-toimitusprosessi yrityksessä saa alkunsa asiakkaan tarpeesta. Asiakas lähettää tarjouspyynnön sekä valmistuspiirustukset tarvitsemistaan osista myynnille. Tarjousvaiheessa myynti hinnoittelee osat, luo niistä tuotteet toiminnanohjausjärjestelmään, listaa osat tarjoukselle ja lähettää tarjouksen asiakkaalle. Mikäli tarjous päättyy tilaukseen, myynti laatii tilauksen järjestelmään, ajoittaa toimituspäivän sopimuksen mukaan ja laatii tuotteista työmääräimet tuotantoa varten. Työmääräimillä ajoitetaan tuotteiden kunkin työvaiheen suunniteltu tekopäivä. Kun työmääräimet on laadittu, ovat tuotteet valmiita tuotantoon.

Tuotannosuunnittelu ajoittaa ja nestaa tuotteet laserleikkaukseen, ja seuraa ja ohjaa tuotantoa muiden työvaiheiden osalta. Koneistuksen osalta tuotannosuunnittelun tehtävänä on lähinnä seurata työlistaa, ja tarpeen mukaan ajoittaa uudelleen myynnin määrittelemiä tekopäiviä.

Tuotanto ajoittaa toimintansa tuotannonohjausjärjestelmän perusteella. Työt listautuvat järjestelmään työvaiheittain, suunnitellun tekopäivän perusteella aikajärjestykseen. Tarpeen mukaan tuotannosuunnittelu muuttaa suunniteltuja tekopäiviä myynnin luomilta työmääräimiltä. Käytännössä siis myynti hoitaa karkean tuotannosuunnittelun yrityksessä. Koneistaja aloittaa työlistalta seuraavaksi suunnitellun työn, hakee koneistettavan aihion, sekä tekee osalle tarvittavat koneistustyöt valmistuspiirustuksen mukaan. Työn valmistuttua koneistaja kuittaa työn tehdyksi tuotannonohjausjärjestelmään, sekä ohjaa osat odottamaan seuraavaa työvaihetta tai tilauksen valmistumista. Tilauksen valmistuttua tuotantotyöntekijä keräilee ja pakkaa tilauksen, sekä laatii toimituksen järjestelmään.

Yrityksen kuljetusvastaava ilmoittaa asiakkaalle tilauksen valmistumisesta, sekä sopii noudon tai tilaa kuljetuksen toimitukselle.



Kuvio 2. Yrityksen tilaus-toimitusprosessi.

3.1.1 Tarjouslaskenta ja myynti

Tutkittavalle yritykselle tyypillinen tarjouspyyntö tulee sähköpostilla. Tarjouspyyntö sisältää valmistuspiirustukset PDF-muodossa, mahdolliset CAD-kuvat laserleikkausta varten, eräkoot, sekä muut tarvittavat tiedot tarjouksen laatimiseksi. Yritys ei varsinaisesti tarjoa suunnittelupalveluja, vaikka niitä pienessä määrin saatetaan joutua tekemään, vaan osat valmistetaan asiakkaan piirustusten mukaan.

Tyypillinen asiakkaalle tarjottava kappale on 0,5–25 mm vahvuisesta teräslevystä leikattava, äärimitoiltaan alle 1,5 x 3 m osa, jota tarpeen mukaan taivutetaan, koneistetaan, hitsataan ja/tai pintakäsitellään. Pintakäsittelypalvelut yritys toteuttaa alihankintaverkostonsa kanssa, mutta muut toiminnot tehdään yrityksen tuotannossa.

Tarjouslaskentaprosessi aloitetaan tallentamalla tarjouspyynnön kuvat yrityksen verkkoasemalle, josta sähköiset leikkuukuvat tuodaan yrityksen käyttämään leikkuusuunnitteluohjelmaan. Leikkuusuunnitelmien eli nestien luomiseen yritys käyttää Bysoft 7 CAD/CAM -ohjelmistoa. Bysoft 7 -ohjelma optimoi automaattisesti leikkausprosessin, sekä valitsee sopivimman leikkausteknologian osille (Bystronic

2021). Kun tarjouspyynnön osat on tallennettu leikkuusuunnitteluohjelmaan, niistä tehdään laskentaa varten nestit kullekin materiaalille ja materiaalivahvuudelle. Nestistä saadaan selville vaadittava materiaalmäärä, sekä osien leikkuuajat kätetyn laserleikkauksen parametrien perusteella.



Kuva 1. Leikkuusuunnitelma eli nesti.

Leikkuusuunnitteluohjelmasta nesti muutetaan CSV-tiedostomuotoon, joka on taulukkomuotoisen tiedon tekstitiedostoon tallentamiseen käytetty tiedostomuoto (IETF 2005). CSV-tiedostoa saadaan hyödynnettyä yrityksen tarjouslaskentaohjelmassa.

Varsinainen hinnoittelu tapahtuu yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän tarjouslaskentaohjelmalla. Tarjouslaskennalle haetaan kyselyn lähettänyt asiakas asiakasrekisteristä, sekä käytettävä materiaali materiaalirekisteristä. Tämän jälkeen tallennettu CSV-tiedosto tuodaan tarjouslaskennalle, mistä ohjelma hakee nestissä olevat kappaleet, kappalemäärät, sekä osien leikkuuajat. Käytettävä levymäärä syötetään käsin tarjouslaskentaohjelmaan. Ohjelma hinnoittelee tuotteiden laserleikkauksen näiden tietojen perusteella.

Mikäli osissa on laserleikkauksen lisäksi muita työvaiheita, ne lisätään laskentaan työvaiherekisteristä, sekä syötetään työvaiheen takaa löytyvään kaavaan tarvittavat tiedot, jonka perusteella ohjelma hinnoittelee työt. Työvaiheesta riippuen kaavaan syötetään eri tietoja, joiden perusteella työstöaika lasketaan. Eri työvaiheille on myös eri

tuntihinnat, perustuen työkoneiden hankintahintoihin ja takaisinmaksuaikoihin, työntekijöiden palkkoihin, sekä muihin yrityksen kuluihin.

Koneistuksen laskentakaava on hyvin yksinkertainen, perustaen laskennan kahteen tietoon: asetusaikaan, eli aikaan joka koneistajalla menee tällin tekoon, sekä koneistusaikaan, eli aikaan, joka koneistajalla menee yhden kappaleen valmistamiseen. Asetusaika jaetaan siis kokonaiskappalemäärän kesken, ja koneistusaika lisätään jokaiselle tuotteelle.

Nämä arvioidut työstöajat tallentuvat tuotteen taakse, ja kappaleiden siirtyessä tuotantoon näitä aikoja käytetään tuotannosuunnitteluun.

Kun vaadittavat työvaiheet on lisätty, osat voidaan syöttää tarjoukselle, ja halutessa myös tallentaa tuoterekisteriin. Kun laskennat on tehty kaikille eri materiaaleille ja vahvuuksille, ja osat syötetty tarjoukselle, lähetetään tarjous asiakkaalle PDF-muotoisena.

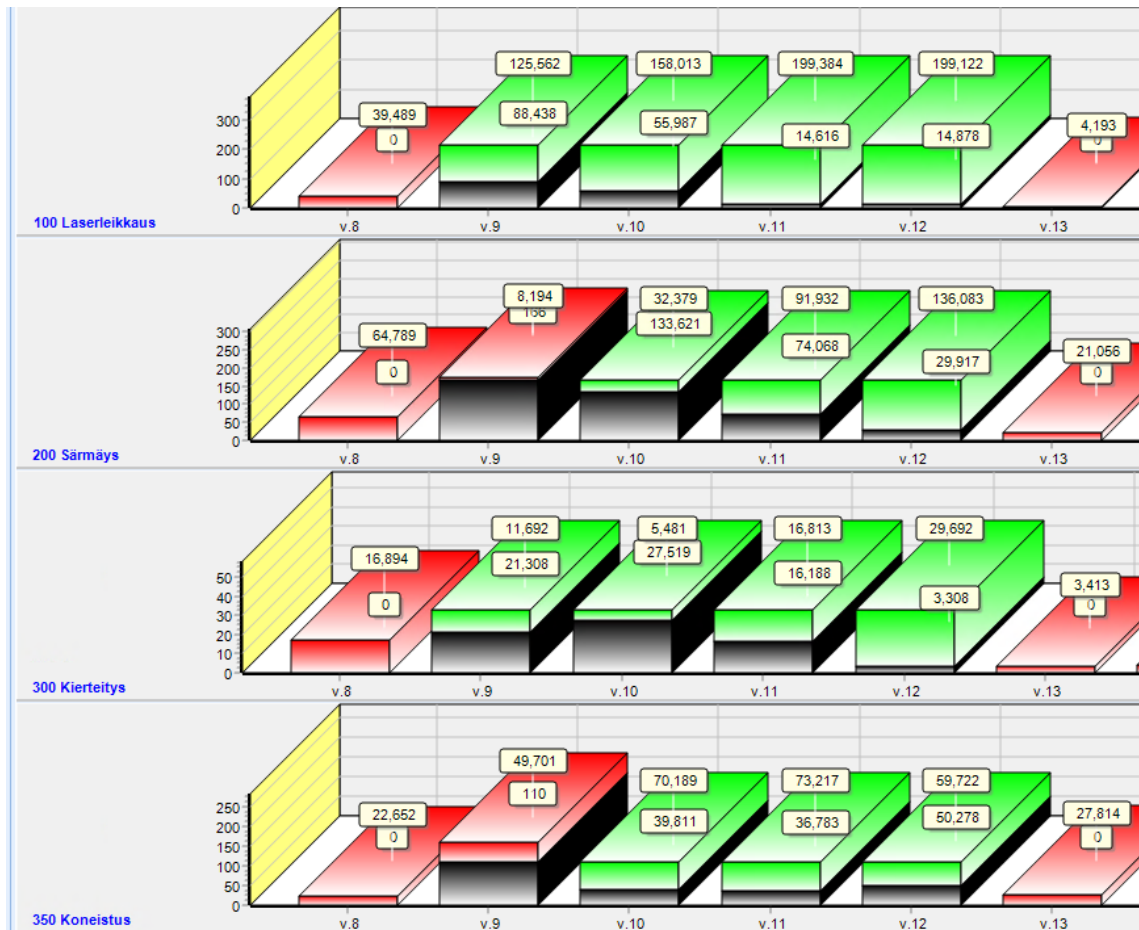
Vaikka yrityksen tarjouslaskentaprosessi on melko raskas, on siinä puolensa. Kun osat viedään tarjouslaskentaprosessin läpi, on hinta aina perusteltu, ja tarjouksen päätyessä tilaukseksi on osat käytännössä valmiita tuotantoon.

3.1.2 Tuotannosuunnittelu

Yrityksen tuotannosuunnittelu on suurilta osin automatisoitu tuotannonohjausjärjestelmällä, mutta se vaatii kuitenkin päivittäistä työtä tuotannosuunnittelulta. Tuotannosuunnittelu yrityksessä on tällä hetkellä muutosvaiheessa edellisen tuotannosuunnittelijan työsuhteen päätyttyä. Vastuu tuotannosuunnittelusta jakautuu tällä hetkellä kolmelle henkilölle. Päävastuu tuotannosuunnittelusta on tuotannosuunnittelijalla, jonka tehtävänä on ollut vastata tuotannon sujuvuudesta kokonaisuutena. Laserleikkauksen suunnittelun ja laserleikkauksen nestien tekemisen on hoitanut pääsääntöisesti tuotannosuunnittelun tukihenkilö, sekä ajoittain myös toimitusjohtaja. Tuotannosuunnittelun vastuualueet ja toimintatavat ovat tällä hetkellä muotoutumassa uudelleen. Vastuualueisiin ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa, vaan viitataan yleisesti tuotannosuunnittelun tehtäviin.

Tuotannosuunnittelu määrittää järjestelmään kullekin työvaiheelle ja päivälle käytettävissä olevat resurssit työntekijätilanteen mukaan. Myynnin laatiessa

työmääräimet, siirtyy työvaiheiden kuormitus järjestelmään, myynnin arvioimien työstöaikojen mukaan. Järjestelmästä seurataan kuormitusilannetta päivittäin, yleensä viikkotasolla, ja kuormitusnäytön perusteella saadaan hyvä kuva nykyisestä työtilanteesta. Kuormitus määrittää myös mahdolliset toimitusajat myynnille.



Kuva 2. Kuormitusnäkömä.

Tehtävien tuotteiden lista listaa kaikki laserleikattavat tuotteet suunniteltujen tekopäivien perusteella. Tämän perusteella ajoitetaan osat laserleikkaukseen. Kun osa on lisätty laserin työjonoon, poistuu se tehtävien tuotteiden listalta.

Tuotannonkin käyttämän työjonokuittausohjelman tilausnäkömä on myös tärkeä apuväline tuotannosuunnittelussa. Se listaa kaikki järjestelmän avoimet tilaukset, sekä näyttää kunkin tuotteen tuotannon tilan. Tätä ohjelmaa tarkastellaan päivä- ja viikkotasolla, ja sillä saadaan tarkempi käsitys tuotannon tilasta.

Järjestelmään on määritetty kullekin työvaiheelle, kuinka monta tuotantopäivää sille varataan. Esimerkkinä laserleikkaukselle varataan tuotantoon yksi työpäivä, kun taas koneistukselle varataan kaksi työpäivää. Näin ollen tuote jolla on työvaiheena pelkkä laserleikkaus, ajoittuu leikattavaksi yhden päivän ennen toimituspäivää, ja tuote jolla on työvaiheina laserleikkaus sekä koneistus, ajoittuu leikattavaksi kolme päivää ennen toimituspäivää ja koneistettavaksi kaksi päivää ennen toimituspäivää.

Myyntiin laatiessa tilaukselle työmääräimen järjestelmä määrittää suunnitellut tekopäivät kunkin tuotteen kullekin työvaiheelle, tilauksen toimituspäivän sekä työvaiheiden perusteella. Myynti pystyy myös muuttamaan suunniteltuja tekopäiviä, mikäli kokee sen tarpeelliseksi. Alustava tuotantosuunnitelma on siis jo tehty myynnin toimesta.

Tuotannosuunnittelu tekee laserleikattavien tuotteiden tuotantonestit ja ajoittaa ne leikkuuseen parhaan harkintansa mukaan. Muiden työvaiheiden, kuten särmäyksen, koneistuksen tai hitsauksen osalta noudatetaan suurelta osin myynnin määrittelemää tuotantosuunnitelmaa, mutta tuotannosuunnittelu kuitenkin uudelleenjärjestelee tuotantosuunnitelmaa näiden työvaiheiden osalta, mikäli kokee sen tarpeelliseksi. Tuotannon itseohjautuvuudesta ja järjestelmän tuotantosuunnitelmasta huolimatta tarvitaan tuotannosuunnittelulta myös päivittäistä tuotannon työntekijöiden ohjausta tuotannon sujuvuuden varmistamiseksi.

3.1.3 Valmistus

Yrityksen tuotanto toimii koneistuksen osalta kahdessa vuorossa, neljän täysipäiväisen koneistajan voimin. Pääsääntöisesti koneistus tapahtuu kahdella pystykaraisella työstökeskuksella.

Koneistajien toimintaa ohjaa suuresti työjonokuittausohjelma, joka näyttää kaikki avoinna olevat koneistustyöt. Ohjelma näyttää kunkin koneistustyön suunnitellun tekopäivän mukaan aikajärjestyksessä. Ohjelmasta nähdään myös mm. asiakas, tehtävä kappalemäärä, suunniteltu työn kesto, työn tilanne, sekä valmistuspiirustus.

Koneistaja katsoo listalta seuraavaksi suunnitellun työn ja etsii tuote- ja tilausnumeroiden perusteella koneistusaihiot keskeneräisten tuotteiden hyllystä. Koneistaja kuittaa työn aloitetuksi työjonokuittausohjelmaan, ja varmistaa valmistuspiirustuksen perusteella,

että aihiot täyttävät niille määritetyt vaatimukset. Pääsääntöisesti valmistuspiirustuksessa ei ole erityisiä työohjeita, vaan on koneistajan tehtävänä selvittää piirustuksesta, mitä tuotteeseen koneistetaan. Yleensä tämä onkin melko hyvin nähtävissä, kun verrataan aihiota ja valmistuspiirustusta. Toisinaan myynti lisää työohjeita tai huomioita suoraan valmistuspiirustukseen.

Kun koneistaja on selvittänyt mitä tuotteeseen koneistetaan, hän suunnittelee osan koneistustyön. Ennen varsinaisen ohjelman kirjoittamista mietitään yleensä valmiiksi osan kiinnitys/kiinnitykset, sekä käytettävät terät. Kun kappale on kiinnitetty työstökoneeseen, laaditaan ohjelma työstökeskuksen näyttöpäätteellä. Toistuvissa tuotteissa ohjelma saattaa olla tallessa työstökeskuksen muistissa, mutta useimmiten työn teko vaatii uuden ohjelman kirjoittamista.

Laadittuaan ohjelman koneistaja varmistaa että suunnitellut terät ovat paikallaan koneessa, ottaa kappaleen nollapisteet, sekä tekee koneistustyön tuotteelle. Koneistaja varmistaa mitat valmiista tuotteista, suuremmissa sarjoissa sovituin mittaväleihin. Työn tullessa valmiiksi koneistaja kuittaa työn valmistuneeksi työjonokuittausohjelmaan ja ohjaa koneistetut tuotteet eteenpäin; odottamaan seuraavaa työvaihetta tai tilauksen valmistumista. Tilauksen valmistuessa koneistaja kerää mahdolliset muut tilauksen tuotteet, pakkaa tilauksen, laatii siitä toimituksen, ja vie lähettämöön odottamaan kuljetusta.

3.2 Työskentely-ympäristö

Yritys toimii Säkylän Köyliön Ristolan teollisuusalueella vuonna 2017 valmistuneissa n. 2500 m² tuotantotiloissa. Tästä alueesta n. 90 m² on varattu koneistustoiminnoille. Koneistusosaston keskiössä ovat kaksi työstökeskusta, sekä niiden väliin jäävä työtila. Työtilasta löytyy leimauspääte, hyllyjä ja vetolaatikostoja koneistustarvikkeille sekä -terille, ja liikuteltavia tasoja lavoille.



Kuva 3. Yleisnäkymä koneistusosastolta.

Pääsääntöisesti yrityksen koneistus tapahtuu kahdella pystykaraisella CNC-työstökeskuksella. Lisäksi yrityksellä on yksi CNC-sorvi, manuaalisorvi, sekä pylväsporakoneita, yms. manuaalisia koneistuslaitteita. Yrityksen ydinliiketoimintaa on laserleikatut tuotteet ja niiden jatkojalostaminen, joten sorvien käyttö yrityksessä on vähäistä, eikä siihen paneudutakaan opinnäytetyössä syvemmin.

Mazak VCN-530C on vuosimallia 2017 ja yrityksen uusin työstökeskus. Se on CNC-ohjattu pystykarainen kolmiakselinen työstökone 1300 x 550 mm työpöydällä ja 1050/530/510 mm X/Y/Z-liikkeillä. Kone on varustettu 30 työkalun automaattisella työkaluvaihtajalla.

VCN-530C on käytössä todettu hyväksi laitteeksi, mutta pienehkö työalue on jokseenkin rajoittava tekijä.



Kuva 4. Mazak VCN-530C.

Mazak FJV-35 on yrityksen ensimmäinen ja vanhin työstökeskus, vuosimallia 1998. Se on myös kolmiakselinen ja pystykarainen CNC-työstökeskus. Koneessa on 1740 x 860 mm työpöytä, ja 1500/800/585 mm X/Y/Z-liikkeet, sekä 30 työkalun automaattinen työkalunvaihtaja.

Jykevän rakenteen ja suuren työpöytänsä ansiosta tällä koneella tehdään pääsääntöisesti suuremmat ja raskaampia koneistusta vaativat kappaleet. Kone on tietyissä koneistustöissä loistava, mutta tekniikaltaan hieman vanhentunut. Ikä on alkanut näkyä myös koneen huoltotarpeessa – kone ei siis ole kovin luotettava toimivuudeltaan.



Kuva 5. Mazak FJV-35.

4 KEHITYSKOYTEIDEN SELVITTÄMINEN

Henkilöstö haluttiin pitää kehitysprosessin alusta alkaen tiiviisti mukana hankkeessa.

Kun toimintatapoja lähdetään muuttamaan, on tärkeää kuulla henkilöitä, joita muutos koskee. Näin muutos ei ole vain ulkopuolisen tekemä päätös, vaan yhdessä mietitty hanke, joka pyrkii sekä yrityksen että työntekijöiden parhaaseen. (Borgman & Packalén 2002.)

4.1 Henkilöstön haastattelut

Kehityskohteiden selvittäminen haluttiin aloittaa henkilöstön haastatteluilla – mikä nykyisessä toiminnassa koetaan toimivaksi ja mihin kaivattaisiin parannusta. Haastateltaville laadittiin kaksi erilaista haastattelulomaketta – toinen tuotannon työntekijöille (liite 1) ja toinen taas toimihenkilöille (liite 2). Tuotannon työntekijöiden haastattelulomakkeessa paneuduttiin enemmän tuotantoon liittyviin asioihin, kuten työskentely-ympäristöä ja työkaluja, sekä ohjeistusta ja tiedonkulkua koskeviin kysymyksiin. Toimihenkilöiden haastattelulomakkeessa pääpainona oli koneistustöiden tarjouslaskennassa. Mihin lasketut ajat perustetaan, koetaanko nykyinen toimintamalli toimivaksi, ja kaivataanko tähän esimerkiksi lisätyökaluja? Molemmissa lomakkeissa tiedusteltiin myös arviota siitä, kohtaavatko laskennalliset koneistusajat toteutuneita koneistusaikoja. Loppuun jätettiin myös vapaa sana -kenttä, johon työntekijät voivat antaa omia ehdotuksiansa kehityskohteisiin tai kehitysprosessiin liittyen.

Lomake annettiin täytettäväksi yhteensä 10 työntekijälle, jotka ovat koneistustoiminnan kanssa tekemisissä – neljälle koneistajalle, sekä kuudelle toimihenkilölle, joiden tehtäviin kuuluu koneistustöiden hinnoittelu tai tuotannonsuunnittelu. Kaikki 10 henkilöä vastasivat kyselyyn, ja vastauksista koostettiin yhteenveto, jota käsiteltiin palaverissa kaikkien lomakkeeseen vastanneiden kesken.

Vastauksien perusteella myynti perusti laskemansa koneistusajat joko omaan tai koneistajilta kysytyyn arvioon työstäajoista. Myynnin ja tuotannon yhteistyö onkin yrityksessä esimerkillistä. Koneistustöitä ja -aikoja mietitään yhdessä tuotannon työntekijöiden kanssa usein jo tarjousvaiheessa. Yrityksen kaikki toimihenkilöt tekevät jossain määrin myyntityötä, ja sitä myöden myös koneistustöiden hinnoittelua. Koska

koneistustöiden työstöaikojen arviointi ja hinnoittelu on haastavaa verrattuna esimerkiksi laserleikkauksen hinnoitteluun, pohdittiin lomakkeessa ja palaverissa myös sitä vaihtoehtoa, että koneistustöiden hinnoittelu olisi vain yhden tai kahden koneistukseen enemmän perehtyneen myyjän vastuulla. Tässä vaihtoehdossa yrityksen joustavuus kuitenkin kärsisi, eikä tähän toimintamalliin haluttu lähteä. Nykyisinkin haastavampia koneistustöitä pohditaan usein yhdessä sekä toimihenkilöiden, että koneistajien kesken, ja tämä toimintamalli on koettu toimivaksi.

Koneistusaikojen arvioiden, sekä toteutuneiden koneistusaikojen kohtaamisesta oli hieman eriäviä mielipiteitä toimihenkilöiden ja tuotannon työntekijöiden välillä. Myynnin käsityksen mukaan arvioidut koneistusajat ovat pääsääntöisesti kohdanneet toteutuneiden koneistusaikojen kanssa, kun taas tuotannon työntekijöiden mukaan arvioiduissa koneistusajoissa on usein heittoa. Näistä eriävistä mielipiteistä voidaan todeta, että ainakin tiedonkulussa on parantamisen varaa. Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä saadaan kerättyä dataa arvioitujen ja toteutuneiden koneistusaikojen erotuksesta. Näitä aikoja verrattiin keskenään kuukausi- sekä vuositasolla. Näiden tietojen perusteella huomattiin, että koneistustöihin oli viimeisen kuukauden aikana kulunut 23 %, sitä edeltävänä kuukautena 16 %, vuoden alusta 13 % ja vuonna 2019 22 % enemmän aikaa kuin oli arvioitu. Todettakoon kuitenkin, että nämä luvut eivät ole täysin totuudenmukaisia. Järjestelmään tallentuva tieto toteutuneista koneistusajoista perustuu työntekijöiden työkuittauksiin. Näin ollen esimerkiksi vahingossa auki jäänyt työ vääristää tuloksia. Yleisellä tasolla voidaan kuitenkin nähdä, että toteutunut työaika on usein suurempi, kuin arvioitu työaika. Koneistajien mukaan varsinkin pienissä sarjoissa asetustyön arviointi on usein alakanttiin.

Lomakkeessa kysyttiin myös myynnin mahdollisesta lisäkoulutuksen tai aputyökalujen tarpeesta koneistusaikojen arviointiin. Lisäkoulutus koettiin tervetulleeksi, mutta suoraan ei osattu sanoa minkälaista lisäkoulutus voisi olla. Myös aputyökaluja laskentaan toivottiin.

Tuotannonsuunnittelun tai tuotannon kehittämiseen liittyviin kysymyksiin vastauksia tuli melko vähäisesti, eikä niiden pohjalta pystytty kehityskohteita rajaamaan.

4.2 Tarjouslaskennan ja myynnin kehityskohteet

Yrityksen koneistustöiden hinnoittelun prosessi noudattaa samaa kaavaa kuin muidenkin työvaiheiden hinnoittelussa, eikä tätä haluttu lähteä muuttamaan. Koneistuksen tuntihinnoittelu on määritetty myyntipäällikön toimesta. Tuntihinta perustuu työstökoneiden hankintahintaan ja takaisinmaksuaikaan, työntekijöiden palkkoihin ja muihin yrityksen juokseviin kuluihin.

Kyselylomakkeiden vastauksien ja niitä käsittelevän palaverin keskustelujen pohjalta tarjouslaskennan ja myynnin osalta kehityskohteeksi muodostui koneistusaikojen arvioinnin parantaminen. Mitä lähemmäs totuutta myynti pystyy arvioimaan koneistustöihin kuluvan ajan, sitä sujuvampaa on yrityksen tuotannonsuunnittelu, ja sitä perustellumpaa on myös koneistustöiden hinnoittelu.

4.3 Tuotannon kehityskohteet

Tuotannonsuunnittelun kehittämistarvetta lähdettiin miettimään sen perusteella, kohtaako suunniteltu tuotanto toteutuvaa tuotantoa. Nyt tuotanto on noudattanut suurelta osin myynnin työmääräimille määrittämiä suunniteltuja tekopäiviä. Suunnitellut tekopäivät siis ajoittuvat tilauksen toimituspäivän ja muiden työvaiheiden perusteella. Tämä järjestelmä on sinänsä ihan toimiva, mutta tuotannon suunnitelma ei ole kovinkaan tarkka. Tehtäviä töitä saattaa esimerkiksi ajoittua samalle päivälle niin paljon, että niitä ei ehditä tekemään. Tuotannonsuunnittelu on saattanut jonkin verran korjata suunniteltuja tekopäiviä, mutta tämä on ollut melko vähäistä. Perustuen omaan kokemukseen ja tuotannon työntekijöiden näkemykseen, suunniteltu tekopäivä ei kovinkaan usein toteudu, vaan on lähinnä suuntaa antava.

Koneistajat seuraavat tehtävien töiden listaa ja miettivät tulevia töitä jonkin verran eteenpäinkin. Ison osan tuotannonsuunnittelusta hoitavat siis myös koneistajat itse. Tämä ei kuitenkaan ole ollut kovinkaan järjestelmällistä ja toisinaan on saattanut tulla tilanteita, joissa vasta työtä aloitettaessa huomataan, että työhön tarvittavia teriä tai teräpaloja ei olekaan varastossa ja työn aloitus lykkääntyy.

Valmistuksen kehittämisessä keskityttiin pääasissa tuotannon tehokkuuteen. Millä keinoin tuotannon läpimenoa voidaan nopeuttaa, kuluuko tuotannon työntekijöiden aikaa tarpeettoman paljon tuottamattomaan toimintaan, ja voidaanko nykyiset tuotannon työt

tehdä tehokkaammin, olivat keskeisiä kysymyksiä kehityskohteita selvittäessä. Tuotannon tehostaminen ei automaattisesti tarkoita, että työntekijän työkuorma kasvaisi. Työssä pyrittiinkin löytämään kehityskohteita, jotka palvelisivat samanaikaisesti sekä tuotantoa, että yritystä. Kehityskohteita selvitettiin yhdessä tuotannon työntekijöiden kanssa toimintaa tarkastelemalla.

Kehityskohteita lähdettiin selvittämään luomalla katsaus työskentely-ympäristöön. Työskentely-ympäristössä koettiin haastavaksi varsinaisten työtasojen puute. Työtasoina on käytetty liikuteltavien lavatasojen päällä olevia kuormalavoja. Kappaleita mitatessa kuormalava ei ole kovin tukeva alusta, ja pahimmillaan tämä voi vaikuttaa mittaustulokseen. Painavien kappaleiden käsittelyyn kaivattiin myös parempaa työvälinettä. Yrityksellä on koko hallin kattava siltanosturi kahdella nostimella, mutta nämä nostimet ovat pääsääntöisesti laserleikkureilla, joissa niillä nostellaan levyrankoja.

Koneistusterien ja -työkalun varastoinnissa ja tilausprosessissa todettiin myös olevan selkeästi parantamisen varaa. Yrityksellä ei ole olemassa mitään kirjanpitoa varastosta löytyvistä teristä ja työkaluista, ja niiden tilaaminen on ollut lähinnä koneistajien vastuulla. Koneistusterien varastointiin käytetty vetolaatikosto on terävaraston kasvettua käynyt pieneksi, jonka takia myös laatikoston järjestys on kärsinyt. Tarvittavan terän tai teräpalan etsimiseen saattaa kulua huomattavan kauan aikaa, tai pahimmassa tapauksessa terää tai teräpalaa ei ole edes varastossa.



Kuva 6. Teräpalavarastoa.

Tuotannon töitä seuraamalla todettiin, että varsinkin monimutkaisissa kappaleissa koneistajalla kuluu paljon aikaa ohjelman laatimiseen. Ohjelmat laaditaan suoraan

työstökeskuksen näyttöpäätteellä, ja kun kaikki koneistusratojen koordinaattipisteet täytyy syöttää käsin, se vie huomattavasti aikaa.

Yrityksen koneistustöistä merkittävä määrä on pienehköihin kappaleisiin tehtäviä yksinkertaisia koneistuksia. Laserleikattuun aihioon saatetaan koneistaa esimerkiksi viisteitä, mittatarkkoja reikiä, tai kierteitä. Näissä koneistustöissä varsinainen koneistusaika on usein pieni, ja merkittävä osuus kokonaiskoneistusajasta kuluu kappaleiden vaihtamiseen. Jos koneeseen saadaan useampi kappale kerralla, koneen käyntiaika ja myös kappaleiden vaihtoväli kasvaa. Työstä saadaan mielekkäämpää, kun kappaletta ei tarvitse olla jatkuvasti vaihtamassa, ja samanaikaisesti myös työhön kuluva kokonaisaika pienenee. Pieniä kappaleita onkin pyritty koneistamaan mahdollisimman monta kerralla. Ongelmaksi on kuitenkin muodostunut riittämättömät kiinnitysvälineet – kappaleita koneistettaisiin enemmän yhtäaikaisesti, mutta ei ole välineitä millä kiinnittää niitä.

Yrityksen suunnitelmissa on ollut uuden työstökeskuksen hankkiminen lähivuosina, mutta rajoittavana tekijänä on ollut tilan puute. Yritys on kuitenkin hankkinut lisää tuotantotilaa ostamalla yrityksen nykyisen kiinteistön naapurista FB Ketjutekniikka Oy:n tyhjilleen jäävät n. 3500 m² tuotantotilat. Tilat jäävät tyhjilleen FB Ketjutekniikka Oy:n siirtäessä tuotantotoimintansa Rauman Lappiin, ja tilat vapautuvat Tamminiitty Oy:n käyttöön kevään 2021 aikana.

Painetta uuden työstökoneen hankintaan on luonut myös nykyisen Mazak FJV-35 työskoneen jatkuvat rikot ja, yritys onkin päättänyt hankkia uuden työstökoneen vuoden 2021 alkupuolella. Uuden työstökoneen tulisi palvella nykyistä koneistettavien tuotteiden kantaa ja mahdollistaa myös uudentyyppisten koneistustöiden tekemisen.

Opinnäytetyössä tarkastellaan vaihtoehtoja uudeksi työstökoneeksi. Muu hankintaan liittyvä toiminta, kuten layoutsuunnittelu ja aikataulutus jätetään työn ulkopuolelle.

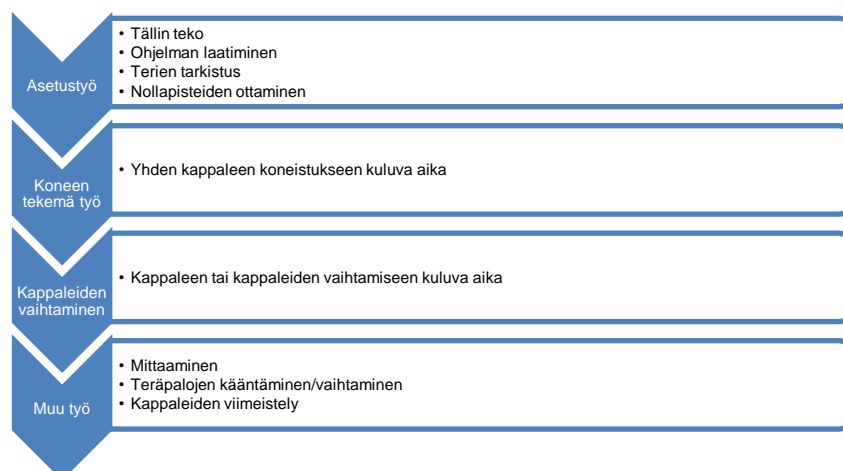
5 KEHITYSTYÖ JA TULOKSET

Osana opinnäytetyötä ja jatkuvan kehittämisen periaatetta, on yrityksessä alettu järjestää viikoittain koneistuksen kehityspalavereita. Palaverien tarkoituksena on pitää henkilöstö perillä kehitysprosessin etenemisestä, sekä toimia väylänä uusien kehitysideoiden esittämiselle. Palavereissa myös tarkastellaan jo tehtyjen kehitystoimien toteutumista ja tehdään niiden jatkuvaa arviointia. Palaverit on pääasiassa järjestetty koneistajien kanssa, mutta mikäli palavereissa on käsitelty myyntiä tai tuotannonsuunnittelua koskevia asioita, on myös myynnin ja tuotannonsuunnittelun henkilöstöä kehoitettu osallistumaan palavereihin.

5.1 Koneistusaikojen arviointi

Koneistusaikojen arvioimisen helpottamiseksi voidaan koneistustyö jakaa neljään eri vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on asetustyö, joka sisältää tällin teon, eli ohjelman laatimisen, työhön vaadittavien terien tarkistamisen ja mahdollisen koneeseen asettamisen, sekä kappaleen nollapisteiden ottamisen. Tämä on siis valmisteleva osuus ennen varsinaisen koneistamisen aloittamista.

Toinen vaihe sisältää koneen tekemän työn, eli ajan, jonka kone työstää kappaletta. Kolmas vaihe on kappaleen tai kappaleiden vaihtaminen työstökeskukseen. Neljännessä vaiheessa on kaikki muu työ, kuten kappaleen mittaaminen, teräpalojen kääntäminen/vaihtaminen ja kappaleiden käsin viimeistely.



Kuvio 3. Koneistusprosessin vaiheet.

Yrityksen koneistustyön laskentakaavassa työ on eritelty kahteen eri vaiheeseen, asetustyö sekä työstöaika. Tarjouslaskentaa tekevien henkilöiden kanssa käytyjen keskustelun pohjalta voidaan todeta, että kaavan käytössä on ollut erilaisia toimintatapoja. Yleisimmän toimintatavan mukaan asetusaikaan annetaan arvio asetustyöhön kuluva ajasta ja työstöaikaan syötetään yhden kappaleen koneistussykliin kuuluva aika, sisältäen kappaleen vaihdon sekä koneen tekemän työn. Tällä tavoin muuhun työhön kuuluva aika jää huomiotta. Toisen toimintatavan mukaan muuta työtä on saatettu huomioida asetusaikaan.

Jotta päästäisiin tarkempiin arvioihin koneistusajoista, tulisi yrityksen laskentakaavan pilkkomista pienempiin osiin tarkastella. Jos laskentakaava rakennettaisiin aiemmin mainitun neljän tekijän mukaan, pakottaisi se miettimään koneistustyötä hieman tarkemmin, jolloin päästäisiin todennäköisesti tarkempaan arvioon koneistusajasta. Kaava pyritään luomaan helppokäyttöiseksi, ns. kyseleväksi kaavaksi, mihin myynti syöttää erinäisiä tietoja kappaleen koneistusaikaan vaikuttavista tekijöistä, jonka perusteella kaava laskee koneistusajan.

Uuden kaavan rakentamiseksi vaaditaan jonkin verran tiedon keruuta toteutuneista koneistusajoista, eikä uutta kaavaa ehditä rakentamaan opinnäytetyön aikataulun puitteissa. Tarkastellaan kuitenkin jokaista koneistusprosessin vaihetta, pyritään löytämään keinoja kuhunkin vaiheeseen kuluva ajan arvioimiseksi, sekä pohditaan mitkä olisivat tietoja joita myynnin tulisi kaavaan syöttää. Lopuksi vielä havainnollistetaan uuden laskentamallin toimintaperiaate prosessikaaviolla.

5.1.1 Asetustyöajan arviointi

Asetustyöhön kuuluva aika on monen tekijän summa. Vaadittavaan aikaan vaikuttavat mm. koneistajan kokemus ja työmotivaatio, koneistustyön vaikeusaste ja se, onko koneistettavalle kappaleelle olemassa valmis ohjelma, vai täytyykö se laatia, sekä kappaleen kiinnittämiseen vaikuttavat tekijät, kuten kappaleen ulkomuoto ja koko. Kokemuksen mukaan myös sarjakoolla on suuri merkitys asetusaikaan. Suuremmalla sarjakoolla pyritään usein nopeuttamaan kokonaistyyä aikaa koneistamalla useampi kappale kerralla, mikä taas pidentää asetusaikaa, kun kiinnityksiä ja ohjelmaa joudutaan miettimään useammalle kappaleelle kerrallaan. Totuudenmukaisen asetusaajan arvioiminen on siis hyvin hankalaa, ja se vaatii tuntemusta yrityksen koneistuslaitteista, sekä koneistusprosessista.

Koneistajien kanssa käydyissä keskusteluissa kävi ilmi, että varsinkin pienissä sarjoissa asetustyön osuus oli usein arvioitu alakanttiin. Tästä keskusteltiin myynnin kanssa, ja yhdeksi selittäväksi tekijäksi nousi hintapaine. Pienissä sarjoissa tuotteiden kappalehinnan koettiin usein nousevan niin korkeaksi, että kauppaan ei päästä, mikäli asetusaikaan annettiin totuudenmukainen arvio. Koska asetustyössä aikaa kuluu moniin hieman epämääräisiin toimintoihin, ei asiakaskaan ole välttämättä valmis maksamaan siitä täyttä hintaa. Asetusaikaan pystytään myös merkittävästi vaikuttamaan omalla koneistusprosessilla. Suunnittelemalla koneistustöiden toteutus, ja mahdollisesti myös laatimalla ohjelmat etukäteen, pystytään asetusaikaa merkittävästi pienentämään. Asetustyö voitaisiinkin mahdollisesti hinnoitella eri perustein kuin varsinainen koneistustyö. Jos asetustyön tuntihinta olisi esimerkiksi 50% koneistustyön hinnasta, ei myynnillä olisi niin kovaa hintapainetta lähteä tinkimään asetustyön ajassa, ja arvioidut asetusaikat voisivat olla totuudenmukaisempia.

Ensimmäisenä askeleena kohti totuudenmukaisempia arvioita asetusaikoista on viikottaisiin myynnin kehityspalaveriin alettu laatia havainnollistavia esityksiä toteutuneista koneistustöistä. Esimerkeissä on havainnollistettu toteutuneiden asetustöiden eri vaiheet ja kuluneet ajat. Ihanteellinen ratkaisu myynnin kouluttamiseen olisi tutustumisjakso varsinaiseen tuotantoon. Tutustumisjakson tulisi olla kuitenkin riittävän pitkä, esimerkiksi viikon mittainen, jotta siitä olisi oikeasti hyötyä. Myynnin henkilöstön irrottaminen myynnin tehtävistä näin pitkäksi aikaa on kuitenkin työmäärän takia haastavaa, mutta tätä vaihtoehtoa tullaan myös tarkastelemaan tulevaisuudessa.

Arvioitujen asetusaikojen parantamiseksi olisi toteutuneita asetusaikoja hyvä tarkastella. Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään saadaan asetettua tuotaantoon oma kuittaus asetustyölle, mutta toteutuneita asetusaikoja ei päästä toiminnanohjausjärjestelmästä seuraamaan. Oscar Software Oy:lle on lähetetty selvityspyyntö toiminnanohjausjärjestelmän muutoksesta, jotta toteutuneita asetusaikoja päästäisiin jälkikäteen tarkastelemaan. Kun tämä on mahdollista, tullaan erilaisia koneistustöitä tarkastelemaan esimerkiksi kuukauden ajanjaksolta, ja pyritään löytämään kappaleista helposti tunnistettavia tekijöitä, jotka voitaisiin sijoittaa asetusaikaan. Näitä tekijöitä voisivat olla esimerkiksi kappaleen paino, sarjakoko, sekä koneistuksen vaikeusaste.

5.1.2 Koneen tekemän työn arviointi

Koneen työstöaika pystytään laskemaan usein hyvinkin tarkasti, kunhan on olemassa riittävä tietämys koneistusprosessista, sekä työhön käytettävistä työkaluista. CAM-ohjelmistolla pystytään helpottamaan koneistusaikojen arviointia ja CAM-ohjelmistolla todennäköisesti ottamaan käyttöön yrityksessä 2021 loppupuolella. CAM-ohjelmiston käyttöönottoon perehdytään opinnäytetyön myöhemmässä vaiheessa.

Todettakoon kuitenkin, että CAM-ohjelmiston käytön oppiminen vie aikaa, ja vaatii hyvää tietämystä koneistusprosessista. CAM-ohjelmiston käyttöä ei tullaan todennäköisesti kouluttamaan jokaiselle yrityksen myyntiä tekeväälle työntekijälle. Tästä syystä helppokäyttöisemmän esimerkiksi Excel-pohjaisen koneistusaikalaskurin rakentamista myynnin käyttöön tullaan myös harkitsemaan tulevaisuudessa. Koneistusaikalaskurista voisi löytyä esimerkiksi yksinkertaiset laskentataulukot poraukselle, kierteitykselle, sekä tasojyrsinnälle. Näin helpot koneistustyöt olisi hinnoiteltavissa, vaikka täyttä ymmärrystä koneistusprosessiin ei olisi.

Koneen työstöajan arvioiminen tullaan pitämään erillään muusta laskentakaavasta, sillä yksinkertaisen laskentakaavan liittäminen kaavaan on haastavaa. Koneen työstöaika saataisiin tulevaisuudessa työstä riippuen joko CAM-ohjelmasta, Excel-pohjaisesta koneistusaikalaskurista, tai omasta tai koneistajan arviosta.

5.1.3 Kappaleiden vaihtoajan arviointi

Kappaleiden vaihtoaikaan vaikuttaa pääasiassa kaksi tekijää – kappaleen paino, sekä kiinnitystapa. Kappaleen muoto, sekä vaadittavat koneistukset määrittävät kappaleen kiinnitystavan. Yleisin kappaleiden kiinnitystapa yrityksellä on koneruuvipuristin, jolloin vaihtoaika on kohtalaisen nopea. Muita kiinnitysmenetelmiä ovat esimerkiksi kolmileukaistukka, magneettipöytä, sekä vesteillä kiinnittäminen.

Laskentakaava voitaisiin siis perustaa näihin kahteen tekijään. Kaavasta voisi löytyä esimerkiksi viisi tai kuusi eri painoluokkaa, sekä eri kiinnitystyyppit, joiden perusteella kappaleen vaihtoaika laskettaisiin.

5.1.4 Muuhun työhön kuluvan ajan arviointi

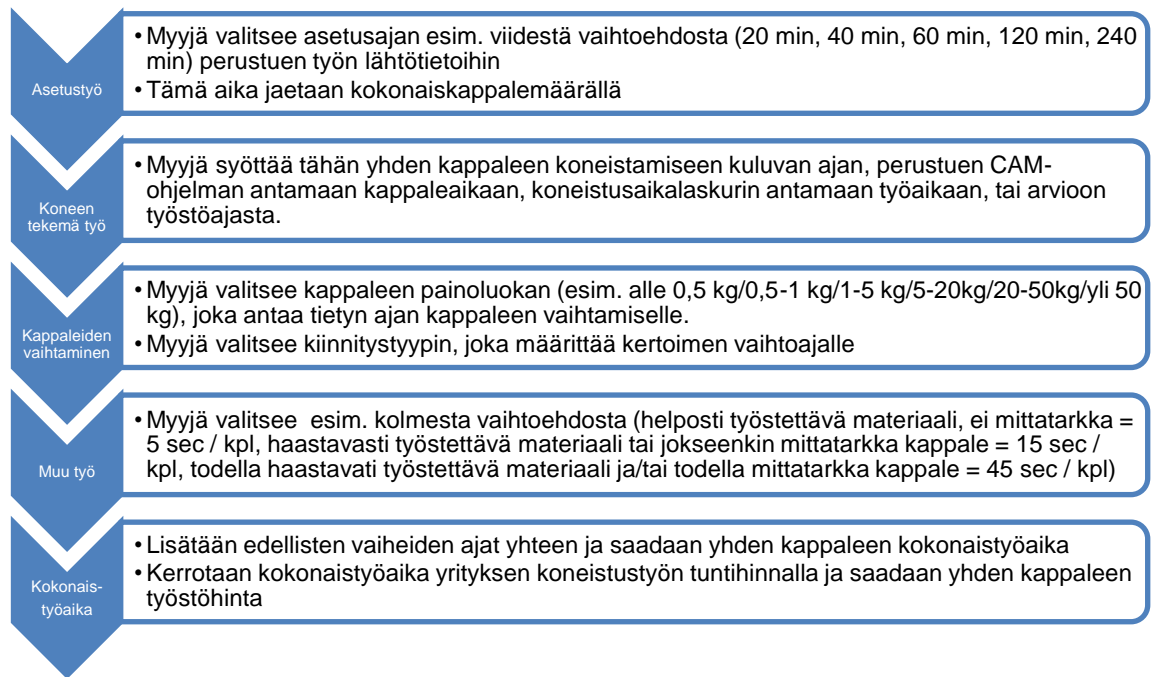
Muuhun työaikaan vaikuttavat useat eri tekijät, ja kaikkien niiden nimeäminen on haastavaa. Muuhun työhön saattaa sisältyä myös työtä, mikä ei ole riippuvaista varsinaisesta koneistustyöstä. Esimerkiksi terän hajoaminen saattaa aiheuttaa merkittävän määrän muuta työtä, mutta terän hajoamisen aiheuttaja saattaa olla normaali kuluminen. Tällainen hieman epämääräisen työajan arvioiminen on mahdotonta, eikä sen laskuttaminen asiakkaaltakaan olisi perusteltua. Selkeästi ennalta nähtäviä, muuhun työaikaan vaikuttavia tekijöitä löydettiin kokemuksen perusteella kaksi – koneistettavan kappaleen materiaali, sekä kappaleen mittatarkkuus.

Mikäli kappaleen materiaali on haastavaa koneistettavaa, esimerkiksi kulutusterästä tai ruostumatonta terästä, kuluu terät tai teräpalat koneistustyön aikana tavallista enemmän, jolloin myös terien tai teräpalojen vaihtoon kuluva aika on suurempi. Koneistettavan kappaleen ollessa hyvin mittatarkka, kuluu koneistajalla myös enemmän aikaa kappaleen mittaamiseen, sekä koneen säätämiseen. Myös kappaleen käsin viimeistelyyn kuluva aika on jossain määrin arvioitavissa ennen koneistustyötä, mutta tämän arvioimiseksi tulisi olla hyvin selkeä ajatus siitä, miten ja millä terillä kappale koneistettaisiin. Sarjatoissa edellisten kappaleiden viimeistely ehditään myös pääsääntöisesti tekemään seuraavien kappaleiden koneistuksen aikana, joten tämä ei vaikuta työn kokonaisaikaan.

Näiden tietojen perusteella muuhun työhön kuluva aika voitaisiin valita esimerkiksi kolmesta eri vaihtoehdosta. Ensimmäinen vaihtoehto olisi kappaleet, joiden materiaalia on helppo koneistaa, eivätkä ne ole kovinkaan mittatarkkoja. Näille kappaleille muuhun työhön kuluva aika olisi hyvin pieni, esim. 5 sec / kpl. Seuraavana vaihtoehtona olisi kappaleet, joiden materiaali on haastavaa työstettävää, tai kappale on jokseenkin mittatarkka, esim. 10–30 sec / kpl. Viimeisenä vaihtoehtona olisi kappaleet, joiden materiaali on todella haastavaa työstettävää ja/tai kappale on todella mittatarkka, esim. 30–60 sec / kpl.

5.1.5 Uuden laskentamallin kuvaus ja toteutus

Uusi laskentamalli toteutettaisiin kyselevällä kaavalla. Kunhan kaavan rakenne on täysin selvillä, selvitetään Oscar Softwarelta, vaatiiko tällaisen kaavan rakentaminen toiminnanohjausjärjestelmään päivityksiä.



Kuvio 4. Uusi laskentamalli.

Kun tarvittava selvitystyö uuden laskentamallin rakentamiseksi on tehty, rakennetaan alustava laskentakaava Excelillä, ja aloitetaan sen testikäyttö hinnoittelussa yhden tai kahden myyjän toimesta. Jos kaava todetaan toimivaksi, aloitetaan selvitystyö kaavan rakentamiseksi yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään.

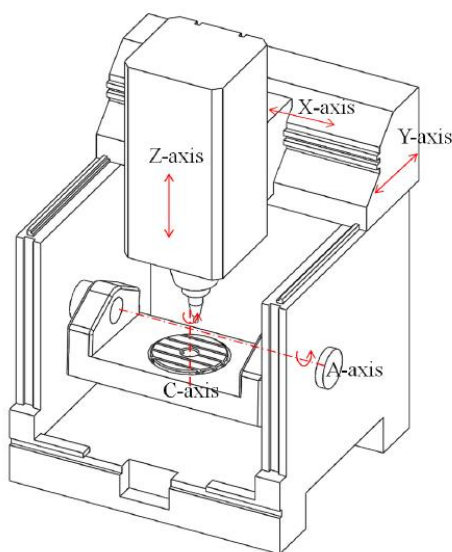
5.2 Tuotannosuunnittelun kehittäminen

Tuotannosuunnittelun perusmalli on koettu yrityksessä toimivaksi, eikä sitä haluttu lähteä muuttamaan. Koska koneistettavien tuotteiden osalta on noudatettu pitkälti myynnin tekemää alustavaa tuotantosuunnitelmaa, on suunnitelma kuitenkin epätarkka. Tästä johtuen tuotantosuunnitelma ei usein toteudu, mikä saattaa aiheuttaa toimitusten myöhästymisiä.

Koneistettaville tuotteille tulisi siis laatia tarkempi tuotantosuunnitelma, jotta mahdollisiin toimitusten myöhästymisiin voidaan reagoida ajoissa. Tarkempi tuotantosuunnitelma voitaisiin laatia esim. viikkotasolla, noin puolen tunnin palaverissa tuotannosuunnittelun ja koneistajien kesken. Palaverissa katsottaisiin viikon työt yhdessä läpi, ja ajoitettaisiin ne järjestelmään suunnitelman mukaan. Käymällä työt järjestelmällisesti läpi koneistajien kanssa havaitaan myös teräpuutteet, tai muut mahdolliset ongelmat töiden tekemiseksi ajoissa. Nämä tarkemmat tuotannosuunnittelupalaverit tullaan todennäköisesti ottamaan käyttöön tuotannosuunnittelun tehtävien ja vastuualueitten selvennyttyä.

5.3 Uuden työstökeskuksen hankinta

Uuden työstökeskuksen haluttiin palvelevan nykyistä tuotantoa, mutta myös mahdollistavan uudentyyppisten koneistustöiden teon. Tarkkaa budjettia työstökeskukselle ei oltu määritelty, vaan konetta lähdettiin miettimään tarpeen mukaan. Koneeseen haluttiin suurempi työpöytä kuin nykyisissä työstökeskuksissa, koska koko on ollut jokseenkin rajoittava tekijä nykyisissä työstökeskuksissa. Nykyisten työstökeskusten ollessa kolme akselisia koneita, haluttiin uuden työstökeskuksen olevan neljä- tai viisi akselinen. Tyypillisessä pystykaraisessa kolme akselisessä koneessa liikkeitä on toteutettu joko karan tai pöydän liikkeillä X-, Y- ja Z-suunnassa. Neljä- tai viisi akselisessä koneessa lisä akselit toteutetaan joko pöytää tai karaa kääntämällä. Lisä akselit mahdollistavat entistä vaativampien koneistusten tekemisen.



Kuva 7. Viisi akselisen työstökeskuksen akselit (ResearchGate).

Yrityksen kahden aiemman työstökeskuksen ollessa Mazakin valmistamia, oli luonnollinen tie uuden työstökeskuksen selvittämiseksi lähteä tutustumaan Mazakin tarjontaan. Mazakin tarjoamiin työstökeskuksiin tutustuttiin Mazakin maahantuojaan Wihuri Oy:n edustajan kanssa.

Parhaiten yrityksen tarpeisiin vastaavaksi koettiin VTC-sarjan liikkuvapylväinen työstökeskus. Kone on saatavissa 3500 x 820 mm työpöydällä, ja työtila on jaettavissa kahteen eri työtilaan väliseinän avulla. Työstökeskus on saatavilla sekä kolmiakselisena mallina, että kääntyvällä karalla varustettuna neliakselisena mallina. Koneeseen on myös saatavilla erillinen pyörityspöytä, jota voidaan käyttää viidentenä akselina. Koneessa on Mazak SmoothX CNC-ohjaus, joka on lähes vastaava, kuin yrityksen VCN-530C koneessa. (Wihuri 2021.)



Kuva 8. Mazak VTC-800/30 SR (Wihuri).

Vertailuksi haluttiin ottaa myös kilpailevan laitevalmistajan työstökeskus. Kilpailevaksi laitevalmistajaksi valittiin DMG Mori Oy, joka on myös tunnettu laadukkaista työstökeskuksistaan. Laittevaihtoehtoa selvitettiin DMG Mori Finland Oy Ab:n edustajan kanssa. Vertailtavan laitteen haluttiin olevan mahdollisimman samankaltainen Mazakin vaihtoehdon kanssa, koska sen koettiin vastaavan hyvin yrityksen tarpeisiin. Vertailukoneeksi valittiin DMF 300 | 8 kone, joka on myös liikkuvapylväinen työstökeskus 3300 x 850 mm työpöydällä. Kone on viisiakselinen, varustettuna kääntyvällä karalla,

sekä kiinteällä tai irrallisella pyörityspöydällä. Työstökeskukseen on valittavissa Siemensin tai Heidenhainin CNC-ohjaus. (DMG Mori 2021.)



Kuva 9. DMG Mori 300 | 8 (DMG Mori).

Molemmista työstökeskuksista pyydettiin tarjoukset vastaavilla varustetasoilla, ja niistä lähdettiin selvittämään käyttökokemuksia yritysten antamilta yhteyshenkilöiltä. Käyttökokemukset kummastakin koneesta olivat hyviä, eikä negatiivista palautetta kummastakaan koneesta ollut. DMG Morin tekemä tarjous koneesta oli jonkin verran Mazakin tarjoustaan kalliimpi, mutta hintaeroa ei nähty ratkaisevaksi tekijäksi. Mazakin koneen etuna oli tuttu ohjelmointi – käytön opettelu olisi huomattavasti nopeampaa, kuin DMG Morin koneen.

Yrityksen hyvien kokemusten, sekä tutun ohjelmoinnin takia valinta kohdistui Mazak VTC-800/30 SR koneeseen, ja tämä ehdotus uudeksi työstökeskukseksi vietiin eteenpäin yrityksen toimitusjohtajalle. Yrityksen hallitus myöntyi koneen ostopäätökseen, ja koneesta solmittiin kaupat. Työstökeskuksen on tarkoitus tulla yrityksen käyttöön 2021 kesäkuussa. Layoutsuunnittelu ja muu työstökeskuksen

käyttöönottoon liittyvä toiminta on jo aloitettu, mutta ne rajataan opinnäytetyön ulkopuolelle.

5.4 Terien varastointi ja terätietokanta

Ensimmäisenä askeleena kohti sujuvampaa terien varastointiprosessia tulee yritykselle laatia jonkinlainen tietokanta, joka sisältää tiedot yritykseltä löytyvistä koneistusteristä. Tietokanta haluttiin rakentaa aputyökaluksi sekä terien tilaukseen, että koneistajien työhön. Tietokannan rakentaminen on osaltaan myös valmistelemaa työtä CAM-ohjelmiston käyttöönottoa varten.

Terätietokannan rakentaminen aloitettiin selvittämällä mitä tietoja mistäkin työkalusta halutaan terätietokantaan tallentaa. Työkalusta riippuen siitä kiinnostavat hieman eri tiedot, ja tästä syystä päädyttiin laatimaan jokaiselle eri työkalutyypille oma työkalukorttipohja. Tallennettavia tietoja ovat mm. työkalun tyyppi, toimittaja, tuotenumero, halkaisija, teräpalat, sekä työstöarvot. Näin työkalukortti auttaa sekä koneistajan asetustyössä ja ohjelmoinnissa, että terien tai teräpalojen tilausprosessissa. Työkalukorttipohjia laadittiin yhteensä 10 erilaista (U-pora, kovametallipora, pikateräspora, kierretappi, kalvain, varsijyrsin, teräpää, viistejyrsin, kärkiupotin, sekä muu terä), yrityksen käyttämien työkalutyypien perusteella. Näistä kovametalliporan työkalukortti on liitteenä kolme. Yrityksen koneistustyökalujen läpikäynti, ja työkalukorttien täyttäminen jää opinnäytetyön ulkopuolelle, ja se tullaan tekemään yhdessä koneistajien kanssa kevään/kesän 2021 aikana.

Terätietokanta tullaan aluksi rakentamaan kansioon, jossa tulostetut työkalukortit on lajiteltu työkalutyypeittäin. Työkalukortit tallennetaan kuitenkin myös yrityksen verkkoon, jolloin niiden pohjalta pystytään myöhemmin rakentamaan esimerkiksi Microsoft Accessilla oma SQL-tietokanta, joiden pohjalta voidaan tehdä työkaluhakemisto. SQL-tietokannan ja työkaluhakemiston rakentamista aloitettiin jo opinnäytetyön aikana, ja siitä saatiinkin tehtyä toimiva prototyyppi. Työkaluhakemisto vaatii kuitenkin vielä kehittämistä.

TYÖKALUTIETOKANTA

Työkalutyyppi

U-pora

Työkalun tunnistus

U-pora 32

Näytä työkalukortti

Työkalu: U-pora 32				Varastopaikka:	
Valmistaja:				Toimittaja:	
					
Tuotenumero:					
Halkaisija:					
Teräpala(t):					
Ruuvi:					
Kiinnitys:					
Pituus karalla:					
MAX Poraussyvyys:					
		FE	RST	Kulutusteräs	
Lastuamisnopeus:					
Syöttö (mm/r):					
Lisätiedot:					

Kuva 10. Työkaluhakemiston prototyyppi.

Kun selvitys yrityksen koneistustyökaluista on tehty, tullaan varastointiprosessiakin kehittämään. Kulutustavara, kuten teräpalat ja kovametalliset varsijyrsimet tullaan keskittämään yhteen varastokaappiin, ja laittamaan ne varastoseurannan alle. Varastoseuranta tullaan toteuttamaan joko yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän avulla, tai valmiilla työkaluautomaatilla. Asettamalla varastotuotteille hälytysrajat ja kertatilauksmäärät saadaan varastointiprosessia helpotettua, ja varmistetaan, että tarvittavat terät tai teräpalat eivät pääse loppumaan. Keskittämällä kulutustavaran yhteen kaappiin, saadaan myös koneistuksen työkalovarastoon kaivattua lisätilaa.

Mikäli varastoseuranta tullaan toteuttamaan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmällä, vaatii se oman työkaluvarasto-ohjelman tekoa, sekä selvitystyötä siitä, miten järjestelmä olisi järkevintä toteuttaa. Valmiissa työkaluautomaatissa varastojärjestelmä on valmiiksi suunniteltu terille ja teräpaloille, joten käyttöönotto olisi nopeampaa. Työkaluautomaatista pyydettiin tarjous yrityksen koneistustyökalujen toimittajalta.

Tarjottu työkaluautomaatti on Aura eBox, joka sisältää 10 vetolaatikkoa tilanjakajin, sekä varastojärjestelmän. Työkaluautomaatti toimitettaisiin "avaimet käteen" periaattella, eli toimittaja määrittäisi varastoitavat työkalut valmiiksi automaattiin, sekä hoitaisi järjestelmän käyttövalmiiksi.



Kuva 11. Aura eBox työkaluautomaatti (Aura).

Työkaluautomaatti on investointina melko suuri, mutta päätöstä tehdessä tulee huomioida, että mikäli varastointi tullaan toteuttamaan yrityksen omaan toiminnanohjausjärjestelmään, vaatii se ohjelmointi- sekä suunnittelutyötä, mikä aiheuttaa myös kuluja. Päätös varastointijärjestelmän toteutustavasta tullaan tekemään kevään 2021 aikana.

5.5 CAM-ohjelmiston hankinta

CAM-ohjelmistolla pystytään luomaan työstökeskukselle NC-koodia CAD-mallin muotoja hyödyntäen. Varsinkin monimutkaisissa kappaleissa tämä nopeuttaa

ohjelmointiprosessia, sekä pienentää käyttäjän ohjelmointivirheen mahdollisuutta. (Mercer 2000.)

CAM-ohjelmiston hankkiminen tuli ajankohtaiseksi, kun yritys teki hankintapäätöksen viisiaksellisesta työstökeskuksesta. Monimutkaisten viisiaksellisesta työstöä vaativien kappaleiden koneistuksen ohjelmointi työstökeskuksen CNC-ohjauksella on haastavaa, ellei jopa mahdotonta. Jotta viisiaksellisesta työstökeskuksesta saadaan täysi hyöty irti, vaatii se myös erillistä CAM-ohjelmistoa. CAM-ohjelmistolla saadaan myös tarkka arvio koneistukseen kuluva ajasta, ja ohjelmisto tulee toimimaan myös tarjouslaskennan tukena.

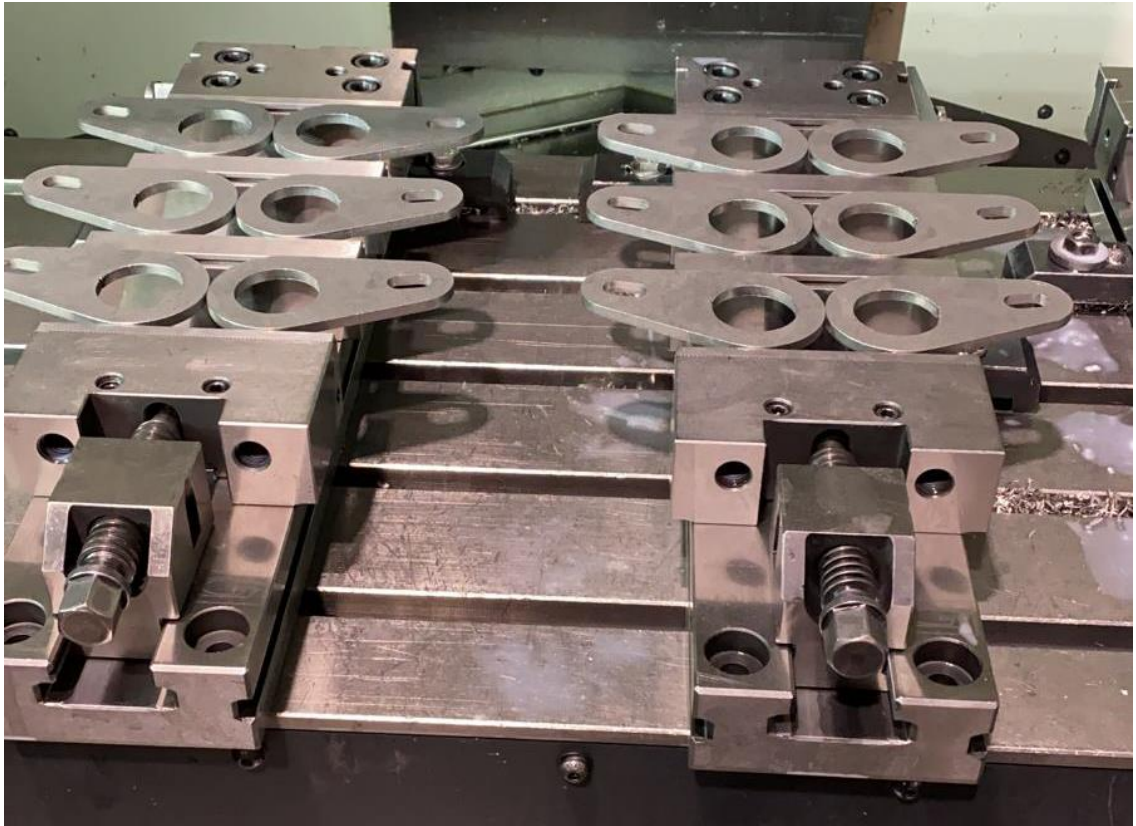
CAM-ohjelmiston käyttö vaatii myös CAD-osaamista, ja valmistelevana työnä CAM-ohjelmiston hankintaa varten on aloitettu koneistajien CAD-koulutus yritykseltä löytyvän Solidworks-ohjelmiston avulla. Koulutusta pyritään järjestämään kerran viikossa kaksi tuntia kerrallaan. CAM-ohjelmistolla ohjelmoitaessa tulee käytössä olevat koneistustyökalut olla tiedossa, joten terätietokannan rakentaminen on myös osa valmistavaa työtä.

CAM-ohjelmiston valinta toteutetaan syksyn 2021 aikana. Koska yrityksestä ei juuri löydy kokemusta CAM-ohjelmiston käytöstä, tulee ohjelmiston valinnassassa painottumaan koulutuksen ja tuen laatu. Ohjelmiston käyttö tullaan ensin kouluttamaan kaikille koneistajille, sekä yhdelle tai kahdelle myyntityötä tekeväälle työntekijälle.

5.6 Muu tuotannon kehittäminen

Tuotannon työntekijöillä on ollut paljon ideoita tuotantotoiminnan kehittämiseksi ja erinäisiä aputyökaluja ja laitteita on esitetty hankittavaksi jo aiemminkin. Syystä tai toisesta nämä hankinnat ovat jääneet kuitenkin tekemättä. Esimerkkejä opinnäytetyön aikana tehdyistä aputyökalu- ja laitehankinnoista ovat mm. koneruuvipuristimien välileuat, sekä Renishaw-kosketusanturi.

Koneruuvipuristimen välileukoja avulla mahdollistetaan useamman kappaleen kiinnitys yhtäaikaaisesti yhteen puristimeen. Mitä useampi kappale työstökeskukseen saadaan samanaikaisesti kiinnitettyä, sitä suuremmaksi saadaan koneen käyntiaika. Kun koneen käyntiaika kasvaa, ei kappaleitakaan tarvitse olla yhtä usein vaihtamassa, jolloin työstä saadaan mielekkäämpää ja tehokkaampaa.



Kuva 12. Kappaleet välileukojen avulla kiinnitettynä (Kuva: Ilkka Koivumäki).

Renishaw-kosketusanturin avulla pystytään suurelta osin automatisoimaan kappaleiden nollapisteiden haku. Kosketusanturilla pystytään myös helposti ohjelmoimaan monimutkaisiakin mittaustoimintoja, kuten kappaleen vinouden kompensointi, joka olisi perinteisellä mittakellolla haastavaa. Perinteiseen mittakelloon verrattuna nollapisteiden hakeminen kosketusanturilla on huomattavasti nopeampaa. (Renishaw 2021.)



Kuva 13. Renishaw OMP60 kosketusanturi (Renishaw).

Tuotannon työskentelytiloja tullaan myös parantamaan päivittämällä kaapistoja, työtasoja, sekä nostovälineitä. Mittauksia varten tullaan todennäköisesti hankkimaan graniittinen mittataso, joka toimii tukevana mittausalustana. Nostoja helpottamaan hankitaan työstökeskuksille puominosturit. Nämä hankinnat tullaan tekemään kunhan uuden työstökeskuksen aiheuttama layoutmuutos on selvillä.

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kehityskohteita yrityksen koneistustoiminnasta sekä tuotannon että tarjouslaskennan osalta, laatia suunnitelma kehitystyölle sekä toteuttaa kehitystyötä opinnäytetyön aikataulun puitteissa. Työ aloitettiin joulukuussa 2020 perehtymällä yrityksen kehittämistä käsittelevään kirjallisuuteen, josta pyrittiin löytämään keinoja ja apuvälineitä työn toteuttamiseksi. Jatkuvan kehittämisen ajatusmalli oli yksi esille nouseva teema, jota haluttiin lähteä opinnäytetyössä toteuttamaan.

Kehityskohteiden selvittäminen aloitettiin laatimalla yrityksen tilaus-toimitusprosessin kuvaus. Osana hyvää kehittämisen käytäntöä yrityksen henkilöstö haluttiin pitää mukana kehitysprosessissa, joten tilaus-toimitusprosessin kuvauksen laatimisen jälkeen kuultiin yrityksen henkilöstöä koneistustoiminnan kehittämistarpeista. Henkilöstölle laadittiin haastattelulomakkeet, joilla kerättiin ajatuksia ja ideoita koneistustoimintojen kehittämistarpeista. Kehityskohteiden selvittämistä jatkettiin tarkastelemalla koneistustoimintoja ja keskustelemalla henkilöstön kanssa. Kehityskohteiden selvittämisessä hyödynnettiin omaa ja muun henkilöstön työkokemusta, ja yrityksen toiminnan tunteminen olikin suuri apu opinnäytetyötä tehdessä.

Kehityskohteita selvittäessä kävi ilmi, että henkilöstöllä, varsinkin tuotannon työntekijöillä, oli paljon ajatuksia ja ideoita koneistustoimintojen kehittämiseksi, ja niitä oli jo aiemminkin tuotu esille. Nämä ajatukset ja ideat olivat kuitenkin syystä tai toisesta jääneet huomiotta. Osana jatkuvan kehittämisen periaatetta ja väylänä näiden ideoiden ja ajatusten esiin tuomiseksi alettiin pitää viikottaisia kehityspalavereja koneistajien ja tarpeen mukaan myös muiden työntekijöiden kesken. Kehityspalavereissa tarkastellaan myös kehitysprosessien toteutumista ja tarpeen mukaan korjataan toimintaa.

Opinnäytetyön tuloksena selvitettiin keskeisimmät kehityskohteet yrityksen koneistustoiminnassa sekä tarjouslaskennan että tuotannon osalta. Kehityskohteita selvittäessä parannettavaa löydettiin muun muassa koneistusaikojen arvioimisesta, työkalujen varastoinnista sekä yrityksen työstökoneista. Näiden kehittämiseksi laadittiin suunnitelma, ja kehitystyötä lähdettiin toteuttamaan. Jo opinnäytetyön alussa oli selvää, että kehitysprosessi on niin laaja ja aikaa vievä, että sitä ei tulla saamaan loppuun opinnäytetyön aikana. Jatkuvan kehittämisen ajattelumallin mukaan kehitysprosessi ei myöskään ole koskaan valmis, vaan kehitystyötä tehdään päivittäin toimintoja

tarkastelemalla ja etsimällä parannettavaa tekemisessä. Opinnäytetyössä saatiin kuitenkin mielestäni laadittua hyvä perusta yrityksen koneistustoiminnan kehittämiseksi.

Yksi keskeisiä opinnäytetyön teemoja oli jatkuva kehittäminen, ja sitä ajatusmallia haluttiin tuoda myös muulle yrityksen henkilöstölle. Kun henkilöstön kehitysideoita ja ajatuksia kuultiin ja lähdettiin toteuttamaan, se aiheutti mielestäni myös positiivisen vaikutuksen työntekijöiden työmotivaatioon. Varsinkin koneistajien päivittäisessä tekemisessä on nähtävillä jatkuva kehittymisen halu, ja asioita pyritään tekemään aina vain paremmin ja tehokkaammin. Osana jatkuvaa kehittämistä tulisi jatkossa myös erilaisten kannustimien käyttöönottoa tarkastella. Yrityksellä on aiemmin ollut käytössä palkitsemisohjelma erilaisille toimintaa tehostaville kehitysideoille, mutta nykyisin tämän järjestelmän käyttö on hieman unohtunut. Tämän järjestelmän elvyttäminen olisi mielestäni luontainen jatkumo kehitystyölle ja kannustaisi henkilöstöä jatkuvan kehittämisen ajatusmalliin. Yksinään tämä järjestelmä ei kuitenkaan toimi, vaan se vaatii myös johdon sitoutumista sekä henkilöstön ohjausta. Kokemuksen mukaan kehitysideoita on, mutta niitä ei tuoda esille, ellei niiden esiintuomiseksi ole olemassa toimivaa kanavaa.

Opinnäytetyön suurimmaksi haasteeksi tuli ajan puute. Kun opinnäytetyötä tehtiin työaikana muiden töiden ohella, oli haastavaa tehdä riittävästi aikaa kehitysprosessille. Opinnäytetyön valmistumisen takaamiseksi minulle myönnettiin lupa tehdä opinnäytetyötä ylitöinä työajan ulkopuolella, sekä pitää myös ajoittain etätyöpäiviä, jolloin keskityn vain opinnäytetyön tekemiseen. Ilman näitä myönnytyksiä opinnäytetyö ei todennäköisesti olisi valmistunut ajallaan. Haasteista huolimatta opinnäytetyö saatiin valmiiksi aikataulun puitteissa, ja sen tuotoksena saatiin laadittua yrityksen koneistustoimintojen kehittämiseksi suunnitelma, jota lähdettiin toteuttamaan. Varsinainen kehitysprosessi on kuitenkin vasta aluillaan, ja se vaatii vielä paljon työtä sekä sitoutumista.

LÄHTEET

Aura 2021. Viitattu 17.4.2021. <https://www.aura-tools.de/en/tools/ebox>

Borgman, M. & Packalén, E. 2002. Parhaat käytännöt työyhteisen kehittämiseen. Helsinki: Tammi.

Bystronic 2021. Viitattu 20.2.2021 <https://www.bystronic.fi/fi/tuotteet/Ohjelmistot-ja-valvonta/BySoft-7.php>

DMG Mori 2021. Viitattu 7.4.2021 <https://fi.dmgmori.com/products/machines>

Martinsuo, M.; Mäkinen, S.; Suomapa, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Helsinki: Edita.

Mercer, T. 2000. CAD/CAM selection for small manufacturing companies. Tutkielma. Viitattu 17.4.2021 <http://www2.uwstout.edu/content/lib/thesis/2000/2000mercet.pdf>

Renishaw 2021. Viitattu 9.4.2021. <https://www.renishaw.com/>

ResearchGate 2021. Viitattu 7.4.2021. https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-view-of-the-Hermle-C600U-five-axis-machine-tool-structure_fig1_283884961

SFS ISO 9001:2015. Laadunhallintajärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

The Internet Engineering Task Force (IETF) 2005. Viitattu 21.2.2021 <https://www.ietf.org/rfc/rfc4180.txt>

Tamminiitty 2021. Viitattu 4.2.2021 <https://www.tamminiitty.fi/>

Wihuri 2021. Viitattu 7.4.2021 <https://www.tekninenkauppa.fi/tuoteryhmat/tyostokoneet>


LIITTEET

Tuotantotyöntekijän haastattelulomake

1. Onko työskentely-ympäristö ja työkalut (työpöydät, käsityökalut, mittalaitteet jne.) kunnossa, mihin toivoisit parannusta?
2. Kiinnittimet ja asetus: Onko yrityksen koneistuskiinnitinvalikoima riittävän laadukas ja monipuolinen? Koetko, että erityyppisillä kiinnittimillä (esim. hydraulinen tai pneumaattinen 0-pistekiinnitys) pystyttäisiin tehostamaan koneistuksen asetustyötä?
3. Koneistusterät/teräpalat: Löytyykö yritykseltä tuotannon tarvitsemat koneistusterät? Onko varastointi-/tilausprosessi toimiva?
4. Laitteet ja koneet: Onko yrityksen koneistus- ja oheislaitteet kunnossa? Puuttuuko yritykseltä olennaisia tuotannossa tarvittavia/tuotantoa helpottavia laitteita?
5. Tulevaisuuden laitehankinnat: Minkälaisia suurempia laitehankintoja yrityksen tulisi mielestäsi tulevaisuudessa tehdä kehittäääkseen koneistustoimintaansa?
6. Onko nykyinen toimintatapa yrityksen koneistusprosessin osalta mielestäsi toimiva? (Tuotannonohjaus, laskennalliset koneistusajat, yms.)
7. Onko koneistustöiden ohjeistus riittävän selkeää?
8. Onko tiedonkulku tuotannosuunnittelun/myynnin ja tuotannon välillä selkeää/riittävää?
9. Koetko kaipaavasi työhösi liittyvää lisäkoulutusta? Jos kyllä, niin mitä?
10. Muita ideoita/ajatuksia koneistusprosessin kehittämiseksi, vapaa sana.

Toimihenkilön haastattelulomake

- 1.** Laskiessasi koneistusaikoja, mihin perustat laskentasi? Onko tämä tapa mielestäsi toimiva? Kaipaisitko laskennan tueksi lisätyökaluja?
- 2.** Kohtaavatko mielestäsi tuotteiden laskennallinen ja todellinen koneistusaika sekä koneistustyön hinta pääsääntöisesti?
- 3.** Kumpi vaihtoehdoista kuulostaa mielestäsi toimivammalta, perustele:
 - 1.** Koneistusaikojen laskenta on jokaisen myyjän vastuulla
 - 2.** Koneistusaikojen laskenta on esim. 1-2 työntekijän vastuulla
- 4.** Koetko tarvitsevasi lisäkoulutusta liittyen koneistukseen? Jos kyllä, minkälaista?
- 5.** Onko tiedonkulku myynnin, tuotannosuunnittelun ja tuotannon välillä mielestäsi riittävää?
- 6.** Onko yrityksen koneistus- ja oheislaitteet mielestäsi kunnossa? Puuttuuko yritykseltä olennaisia tuotannossa tarvittavia/tuotantoa helpottavia laitteita?
- 7.** Tulevaisuuden laitehankinnat: Minkälaisia suurempia laitehankintoja yrityksen tulisi mielestäsi tulevaisuudessa tehdä kehittääkseen koneistustoimintaansa?
- 8.** Muita ideoita/ajatuksia koneistusprosessin kehittämiseksi, vapaa sana.

KOVAMETALLIPORA			
Työkalu:		Varastopaikka:	
Valmistaja:		Toimittaja:	
			
Tuotenumero:			
Halkaisija:			
Kiinnitys:			
Pituus karalla:			
MAX Poraussyvyys:			
	FE	RST	Kulutusteräs
Lastuamisnopeus:			
Syöttö (mm/r):			
Lisätiedot:			