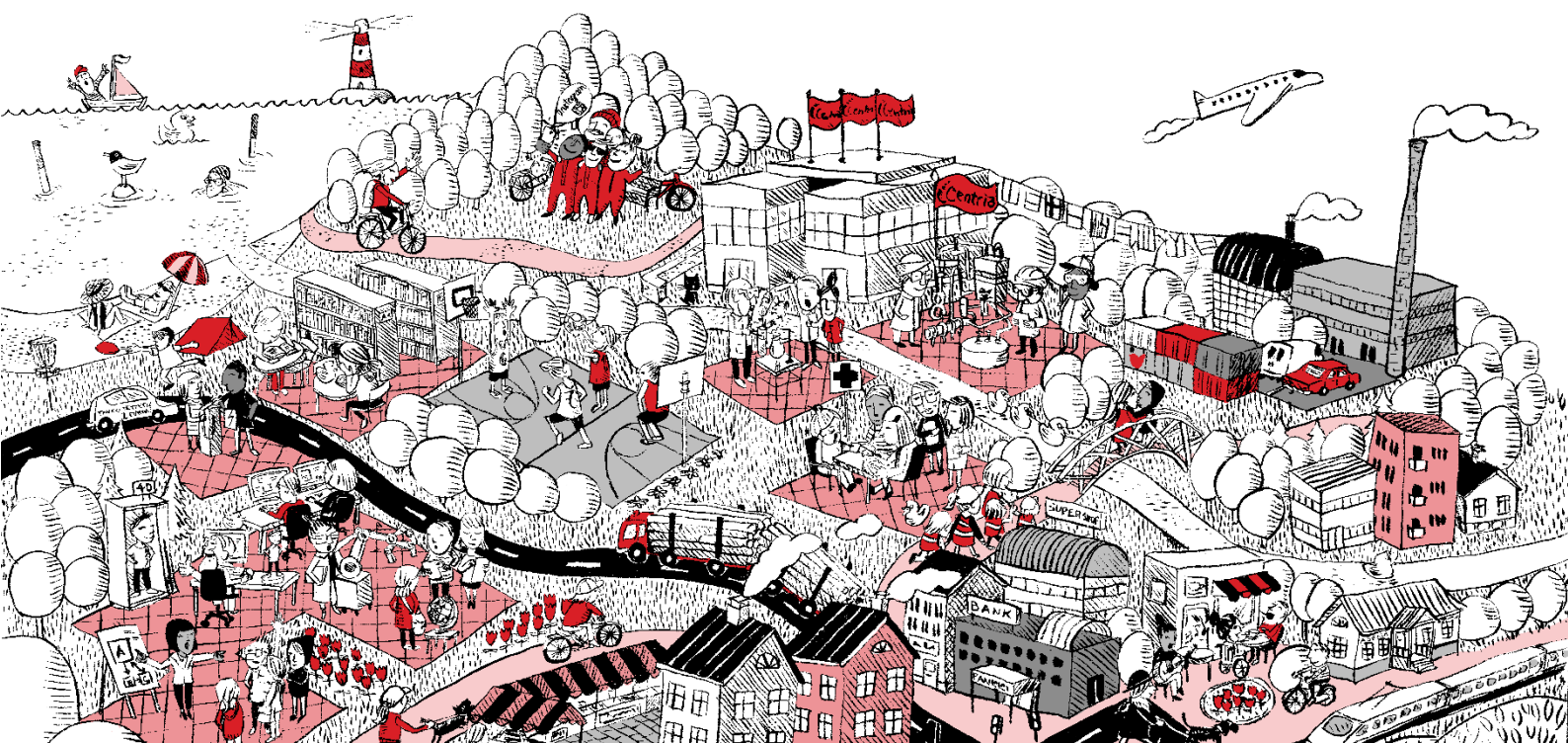


**Sami Nummikorpi**

# **OHUTLEVYTUOTANNON KEHITTÄMINEN**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutus  
Joulukuu 2020**



<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Joulukuu 2020	<b>Tekijä/tekijät</b> Sami Nummikorpi
<b>Koulutus</b> Tuotantotalous		<input checked="" type="checkbox"/> AMK  <input type="checkbox"/> YAMK
<b>Työn nimi</b> OHUTLEVYTUOTANNON KEHITTÄMINEN		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 32
<b>Työelämäohjaaja</b> Mauri Karvonen		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Opinnäytetyössä kehitettiin Tateka Metalli Oy:n ohutlevytuotantoa keskittymällä levyn lävistyksen ja taivutukseen. Yrityksen tiloihin asennettiin vuonna 2019 Finn-Power F6-25-levytyökeskus, jonka oli määrä korvata kaksi vanhempaa Euromac-merkkistä levytyökeskusta.</p> <p>Ongelmina olivat lävistyksessä ja särmäyksessä aiheutuneet laadunvaihtelut, joiden vuoksi valmistus-erien korjaamiseen kului ylimääräistä aikaa. Euromac-levytyökeskuksista lähtöisin olleet mittapoikkeamat vaikeuttivat särmäysvaihetta, koska tuotteiden reunojen pinnanlaatu ei ollut riittävän hyvällä tasolla. Kappaleet asettuivat huonosti särmäyspuristimen takavasteeseen, minkä vuoksi taitoksien ulkomitat eivät olleet täsmällisiä.</p> <p>Yrityksen henkilöstöllä ei ollut osaamista Finn-Powerin käytöstä, koska laitteiston asennuksen yhteydessä saatu koulutus oli liian suppea vasta-alkajia ajatellen. Levytyökeskusta varten hankittiin SolidWorks 3D- suunnitteluohjelma, jolla voitaisiin tehdä kätevästi levityskuvia työstöratojen ohjelmointia ajatellen.</p> <p>Korjaavina toimenpiteinä levytyökeskus ja 3D-suunnitteluohjelma otettiin virallisesti käyttöön. Opinnäytetyön tuloksena tuotannon kapasiteetti kasvoi, tuotteiden laatu parani ja tuotteiden kehitys helpotui. 3D-suunnittelun myötä huomattiin asiakastöiden määrän kasvaneen ja asiakastyytyväisyyden parantuneen.</p>		
<b>Asiasanat</b> Levytyökeskus, ohutlevy		

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> December 2020	<b>Author</b> Sami Nummikorpi
<b>Degree programme</b> Industrial management		
<b>Name of thesis</b> DEVELOPMENT OF SHEET METAL PRODUCTION		
<b>Instructor</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Pages</b> 32
<b>Supervisor</b> Mauri Karvonen		
<b>Abstract</b> <p>In the thesis sheet metal production of Tateka Metalli Ltd was developed by focusing on sheet metal punching and bending. In 2019, a Finn-Power F6-25 CNC-punching machine was installed in the company's premises, which was to replace two older Euromac CNC-punching machines.</p> <p>The problems were the quality fluctuations caused by punching and bending, and it took extra time to repair the batches. Dimensional deviations from Euromac punching machines made the bending phase more difficult, as the surface quality of the edges of the products was not at a sufficiently good level. The pieces did not fit well in the back gauge of the press brake, which made the main dimensions of the bends inaccurate.</p> <p>The company's personnel did not have knowledge of the use of Finn-Power, because the training received in connection with the installation of the equipment was too limited for beginners. A So-lid-Works 3D design program was acquired for the newer punching machine, which could be used to conveniently make flat pattern images for toolpath programming.</p> <p>As corrective measures, the punching machine and the 3D design program were officially introduced. As a result of the thesis, production capacity increased, product quality improved and product development was facilitated. The advantages of 3D design were the increased number of customer jobs and improved customer satisfaction.</p>		

<b>Key words</b> Punching machine, sheet metal
---

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

**Bombeeraus** Särmän kulman korjaus, millä särmästä saadaan mahdollisimman tasalaatuinen

**CAD** Tietokoneavusteinen suunnittelu

**CAM** Tietokoneavusteinen valmistus, työstöratojen ohjelmointi

**DIN 41494-8** Standardi 19” laitetelineelle eli räkille. 1 U (unit) = 44,45 mm

**Dropbox** Pilvipalvelu, jossa voidaan jakaa tiedostoja käyttäjien kesken

**DXF** Tiedostoformaatti 2D-mallille

**Jetcam** CAM-ohjelma laserleikkureille ja levytyökeskuksille

**NC** Numeraalinen ohjaus

**Nestaus** Levyosien sijoittelu levyarkille

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 YRITYKSEN ESITTELY .....</b>	<b>3</b>
2.1 Varhaishistoria .....	3
2.2 Teho Filter omistajaksi .....	4
<b>3 OHUTLEVYTUOTTEIDEN VALMISTUSMENETELMIÄ .....</b>	<b>6</b>
3.1 Ohutlevy käsitteenä .....	6
3.2 Leikkausmenetelmät .....	6
3.2.1 Mekaaninen leikkaus levytyökeskuksella .....	6
3.2.2 Terminen leikkaus laserilla .....	9
3.3 Taivuttaminen .....	10
3.3.1 Särmäys .....	11
3.3.2 Taivutuskoneella taivuttaminen .....	13
<b>4 SOLIDWORKS JA SUUNNITTELU .....</b>	<b>15</b>
4.1 Ohjelmiston opettelu ja osaamisen kehittäminen .....	15
4.2 SolidWorksin optimointi Tatekan tarpeisiin .....	16
4.2.1 Levitysmitan määrittäminen teoriassa .....	16
4.2.2 Levitysmitan määrittäminen käytännössä .....	17
4.3 Huoltoautokalusteet .....	18
4.3.1 Aika ennen 3D-järjestelmää .....	18
4.3.2 3D-järjestelmä ja kalustusprosessi .....	18
4.4 Alihankinnan osuus .....	20
4.4.1 Asiakastapaus 1 .....	20
4.4.2 Asiakastapaus 2 .....	21
4.5 3D-suunnittelun hyödyt .....	22
<b>5 FINN-POWER JA OHJELMOINTI .....</b>	<b>23</b>
5.1 Koneen valintaperusteet .....	24
5.2 Käytön aloitus .....	24
5.2.1 Työkalut .....	25
5.2.2 Koulutus .....	27
5.2.3 Ohjelmointi ja tuotannossa havaittu kehitys .....	27
<b>6 YHTEENVETO .....</b>	<b>30</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>32</b>

**KUVIOT**

KUVIO 1. Pistintyökalun rakenne .....	8
KUVIO 2. Periaatekuva laserleikkauksesta (Havas ym. 2010, 158) .....	10
KUVIO 3. Vapaataivutus ja pohjaaniskutaivutus (eFunda 2020) .....	12
KUVIO 4. Ohjelmoitava takavaste (Tateka 1990) .....	12

KUVIO 5. Kyltti .....	16
KUVIO 6. Vaikeasti särmättävä kappale (Tateka Metalli 2020).....	17
KUVIO 7. Huoltoautokalusteiden suunnitelma (Tateka Metalli 2020).....	19
KUVIO 8. Centrialla suunnitellut työkalut .....	26
KUVIO 9. Uusi layout-suunnitelma .....	30

## KUVAT

KUVA 1. Tatekan edelliset toimitilat Sääksjärvellä (Tateka 1990) .....	3
KUVA 2. Teho Filterin ilmansuodattimia (Teho Filter 2020).....	5
KUVA 3. Levytyökeskus (Prima Power 2020) .....	7
KUVA 4. Kuitulaser (Mazak 2020).....	9
KUVA 5. Servotoiminen särmäyspuristin (CoastOne 2020).....	12
KUVA 6. CNC-ohjattu taivutuskone (ERBEND 2020) .....	13
KUVA 7. Kokoonpanonäkymä SolidWorks 3D -suunnitteluohjelmistossa.....	22
KUVA 8. Levytyökeskus asennettuna .....	23
KUVA 9. Vian paikannusta .....	25
KUVA 10. Jetcamin talletusnäkyvä.....	28
KUVA 11. Asetustaulu .....	29

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä pääpaino oli ohutlevyn työstössä ja tuotteiden suunnittelussa. 3-ulotteisesta tietokone-mallista tehtyä 2D-levityskuvaa hyödynnetään modernimmalla levytyökeskuksella, mikä helpottaa ja nopeuttaa tuotteiden valmistusprosessia. Yrityksen tuotantoa nykyaikaistetaan.

Työ sai alkunsa tuotannon tarpeesta, kun yrityksen toimintaa haluttiin kehittää nopeuden ja laadun osalta. Uuden omistajatahon myötä liikevaihto kasvoi nopeasti, eivätkä vanhat tuotantolaitteet pysyneet mukana kehityksessä. Kasvanut kapasiteetti ja nykyaikaisemmat toimintatavat mahdollistavat uusia asiakkaita.

Aikaisemmin käytössä olleet Euromac-levytyökeskukset korvattiin suuremmalla ja modernimmalla Finn-Powerilla. Euromac-levytyökeskusten työkalurevolverit ja työalueet ovat nykytuotannon vaatimukseen nähden auttamattoman pienet eikä niiden ohjauksessa ole tukea etäohjelmoinnille. Ohjauksen päivittäminen uudempaan ei ole kannattavaa, koska käytetyllä rahalla saatu hyöty jää pienemmäksi kuin modernimman koneen hankinnassa.

Tuotteet on tavanomaisesti suunniteltu ruutupaperille, jonka jälkeen on määritelty suurpiirteiset levitysimitat. Saadut dimensiot on ohjelmoitu käsin Euromacin ohjaukseen, josta ne on tallennettu 3,5” diskeille eli korpuille. Tallennustilaa itse pc:ssä on niukasti ja vanhojen levykkeiden toiminta epävarmaa. Varmuuskopioita ei ole tehty.

Osat on tehty lävistämällä, jonka jälkeen ne on särmätty. Useita kertoja on kuitenkin huomattu, etteivät lopulliset mitat pidä paikkaansa, ja koko prosessi on jouduttu aloittamaan alusta. Tästä on aiheutunut turhia kustannuksia, minkä vuoksi menetelmä haluttiin korvata vaivattomammalla ja toimintavarmemmalla ratkaisulla.

Modernimpi teknologia mahdollistaa sekä monimutkaisempien tuotteiden valmistuksen että paremman laadun. Tuotesuunnittelussa voidaan käyttää entistä enemmän mielikuvitusta, ja tuotteita voidaan personoida suhteellisen pienessä ajassa. Näin saadaan myyvämpiä ja laadukkaampia kokonaisuuksia aikaiseksi, jotka täyttävät vaativimpienkin asiakkaiden vaatimustason.

Työn lähdemateriaalina on käytetty suurilta osin oman työkokemuksen kautta kertynyttä tietoa, opiskelun aikana tehtyjä tutkielmia ja Tateka Metallin arkistoista löytyneitä esitteitä. Teoriaosuuden päämateriaalina ovat toimineet ohutlevyalan oppikirjat ja laitevalmistajien verkkosivustot. Opinnäytetyö sisältää katsauksen Tatekan historiasta yrityksen perustamisesta nykypäivään saakka. Tämän lisäksi on syvennyt 3D-suunnitteluun ja ohutlevyn työstöön teorian ja käytännön tasolla. Lopuksi on pohdittu, miten työssä on onnistuttu ja millä osa-alueilla yritys kaipaisi kehitystä tulevaisuutta ajatellen.



## 2 YRITYKSEN ESITTELY

Tateka Metalli Oy on Pirkanmaalla, Pirkkalassa sijaitseva metallialan yritys. Yritys on ollut sieviläisen Teho Filter Oy:n omistuksessa vuodesta 2017. Tateka Metalli valmistaa muun muassa huoltoautokaluksia ja prototyyppisarjoja, minkä lisäksi se toimii alihankkijana. Asiakaskuntaa on pienistä yrityksistä aina miljardiluokan toimijoihin, jotka sijoittuvat suurilta osin Pirkanmaan alueelle.

### 2.1 Varhaishistoria

Toivo Tähtivuori ja Olavi Kivistö perustivat Tateka Oy:n 14.3.1945 Tampereella. Toimitilat sijaitsivat Tammelan puistokadulla olleen talon kellarissa, entisen leipomon tiloissa. Toiminta alkoi pienimuotoisena, sota-ajan aikaansaaman materiaaliapulana pakottamana. Uusien tuotteiden raaka-aineiksi kelpasivat kaikenlaiset esineet armeijan kenttäkamiinoista vanhoihin tynnyreihin. Metallin saatavuuden haasteet tekivät tuotevalikoimasta kysynnän ja tarjonnan mukaisia. (Tateka 1990.)

Yritys kasvoi, ja vuonna 1952 tuotanto siirtyi Lempäälän Sääksjärvelle. Rautatien varressa sijainnut tehdas hyötyi Suomen jälleenrakennuksen tarpeista, ja laajensi toimintaansa myös sähköjakelussa tarvittaviin laitteisiin. Ajan tunnettuja tuotteita olivat sähkövalaisimet, joille on kysyntää edelleen. Tatekanpolulla sijainneen vanhan kiinteistön rinnalle rakennettiin uusi, huomattavasti suurempi halli (KUVA 1) vuonna 1985. (Tateka 1990.)



KUVA 1. Tatekan edelliset toimitilat Sääksjärvellä (Tateka 1990)

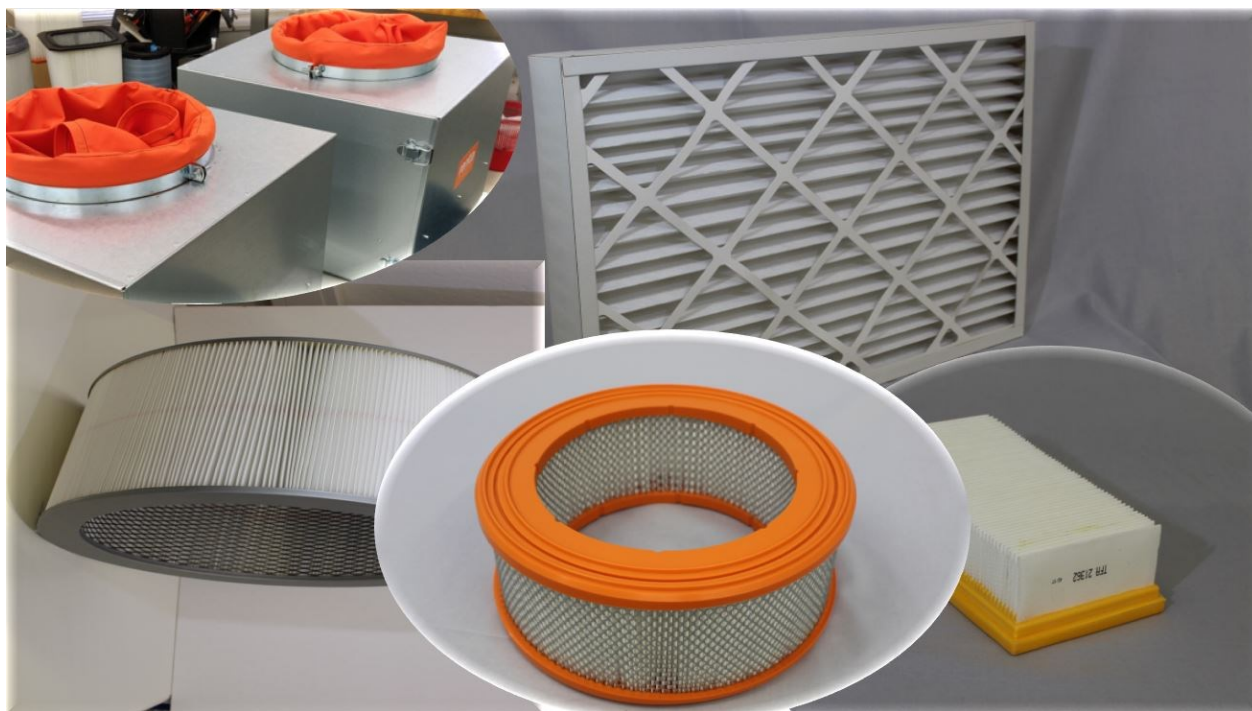
Vuonna 1986 yrityksen uudeksi toimitusjohtajaksi astui insinööri Matti Hyytiäinen. Hänen johdollaan yrityksen 4000 m<sup>2</sup>:n tuotantotilat jaettiin sähkötuotteiden, keittiökaapistojen erikoisvarusteiden ja särmäyspuristimien hallintalaitteiden valmistusosastoihin. 1990-luvun vaikuttanut lama-aika vaati veronsa myös Tatekasta. Vuonna 1991 päätettiin sekä lomautuksista että irtisanomisista, minkä jälkeen Tateka Oy ajautui konkurssiin vuoden 1992 loppupuolella. Vuonna 1993 yrityksen nimi vaihtui Tateka Oy:stä Tateka Metalli Oy:ksi, kun Matti Hyytiäinen ja Arto Oinonen ostivat konkurssipesästä tuotantolaitteita ja tuoteoikeuksia. Toiminta jatkui vuokralaisena samassa Tatekanpolku 2:n kiinteistössä, jonka omistajana toimi nyt Tampereen seudun Osuuspankki. (Tateka Metalli 2020.)

Uudella nimellä toimiva yritys alkoi keskittyä yhä enemmän tietotekniikan oheistuotteisiin laitteiden hintojen laskettua. Se merkitsisi tietokoneiden määrän nopeaa kasvua, joka vaikuttaisi myös oheistarvikkeiden myyntiin. Kysyntään vastattiin, ja ajan suosituimpia tuotteita olivatkin keskusyksikkötelineet, näppäimistöalustat sekä atk-suojakaapit. Niitä myytiin sekä omalla nimellä että kalusteliikkeiden kautta erilaisilla tuotemerkeillä. (Tateka Metalli 2020.)

Matti Hyytiäisen poika, Antero Hyytiäinen otti vastuun yrityksen johtamisesta, ja lopulta siirsi sen toiminnan nykyisiin Pirkkalan toimitiloihin kesällä 2008. Hänen hallussaan Tateka Metalli oli vuoteen 2012 saakka, kunnes hän myi yrityksen kuljetusyrittäjä Mika Kangasaholle. Kangasaho kehitti huolto-autokalusteet kuljetusalaalta saamansa kokemuksen avulla, ja aloitti niiden myynnin muun toiminnan ohella vuonna 2013. Tuotteet olivat yksikertaisia ja kestäviä. (Tateka Metalli 2020.)

## **2.2 Teho Filter omistajaksi**

Kangasaho myi yrityksen koneineen ja tuoteoikeuksineen vuonna 2017 sieviläiselle Teho Filter Oy:lle. Uusi omistajataho muutti Tateka Metallin toimintatapoja, minkä lisäksi se teki investointeja. Osana toimintatapojen muutosta oli olemassa olevien asiakkuuksien uudelleenarvointi. Hinnottelun muutoksilla on pyritty karsimaan kannattamattomia töitä pois, mikä on vapauttanut kapasiteettia uusille ja paremmin kannattavimmille työsarjoille. Emoyrityksen ja sen asiakkaiden metallitarpeet ovat vaikuttaneet Tateka Metallin liikevaihtoon varsin positiivisesti. Pirkkalassa valmistuukin muun muassa levyosia, jotka jatkjalostetaan Sievin tehtaalla lopulliseen muotoonsa ilmansuodattimiksi (KUVA 2). (Tateka Metalli 2020.)



KUVA 2. Teho Filterin ilmansuodattimia (Teho Filter 2020)

### 3 OHUTLEVYTUOTTEIDEN VALMISTUSMENETELMIÄ

#### 3.1 Ohutlevy käsitteenä

Ohutlevyksi määritellään levy, joka on metallia ja jonka paksuus on väliltä 0,35-3 mm. Yleisimmin materiaali on joko terästä tai alumiinia. Ohutlevyn etuna voidaan pitää hyvää muokattavuutta, ja leikkaus, taivutus ja muovaus voidaankin suorittaa monin eri tavoin. Ohutlevystä valmistettu tuote on sekä hinnaltaan että ominaisuuksiltaan kilpailukykyinen vaihtoehto. Esimerkiksi kotelomaiset rakenteet säästävät materiaalia ja vähentävät komponentin painoa, kuitenkin kestävyydestä tinkimättä. (Havas, Hiihtelä, Hultin, Matilainen & Parviainen 2010, 3-7.)

#### 3.2 Leikkausmenetelmät

Ohutlevykomponentti saa alkunsa levyaihiosta, joka leikataan joko mekaanisesti tai termisesti. Mekaaninen leikkaus tapahtuu yläterällä ja alaterällä, jolloin karkeasti kuvattuna ensimmäiset 1/3 ainevahvuudesta leikkautuu ja loput 2/3 murtuu. Levyn alapintaan muodostuu jäystettä, jonka määrä riippuu esimerkiksi käytetystä teräyhdistelmästä. Menetelmän huonoja puolia ovat laitteiden kallis hinta, kun materiaalivahvuus ylittää 10 mm, sillä laitteen tulee olla entistä tukevampi leikkausvoiman kasvaessa. (Havas ym. 2010, 170.)

Termisessä leikkauksessa materiaali sulaa, palaa tai höyrystyy. Menetelmän etuina ovat kappaleen muodon vapaus ja mahdollisuus leikata vaivattomasti yli 10 mm:n vahvuista materiaalia ilman, että laitteen paino ja ulkomitat kasvaisivat suuresti. Huonona puolena on, ettei kaikki materiaalit ole leikattavissa termisesti ominaisuuksiensa vuoksi. (Havas ym. 2010, 142.)

##### 3.2.1 Mekaaninen leikkaus levytyökeskuksella

Levytyökeskukset (KUVA 3) luovat nykyään perustan ohutlevytuotteiden valmistukselle. Levytyökeskus on korvannut monia epäkesko -ja hydraulipuristimia monipuolisuutensa vuoksi. Sillä voidaan sekä lävistää että nakertaa, mutta myös tehdä matalia muovauksia ja taivutuksia. (Havas ym. 2010, 180.)

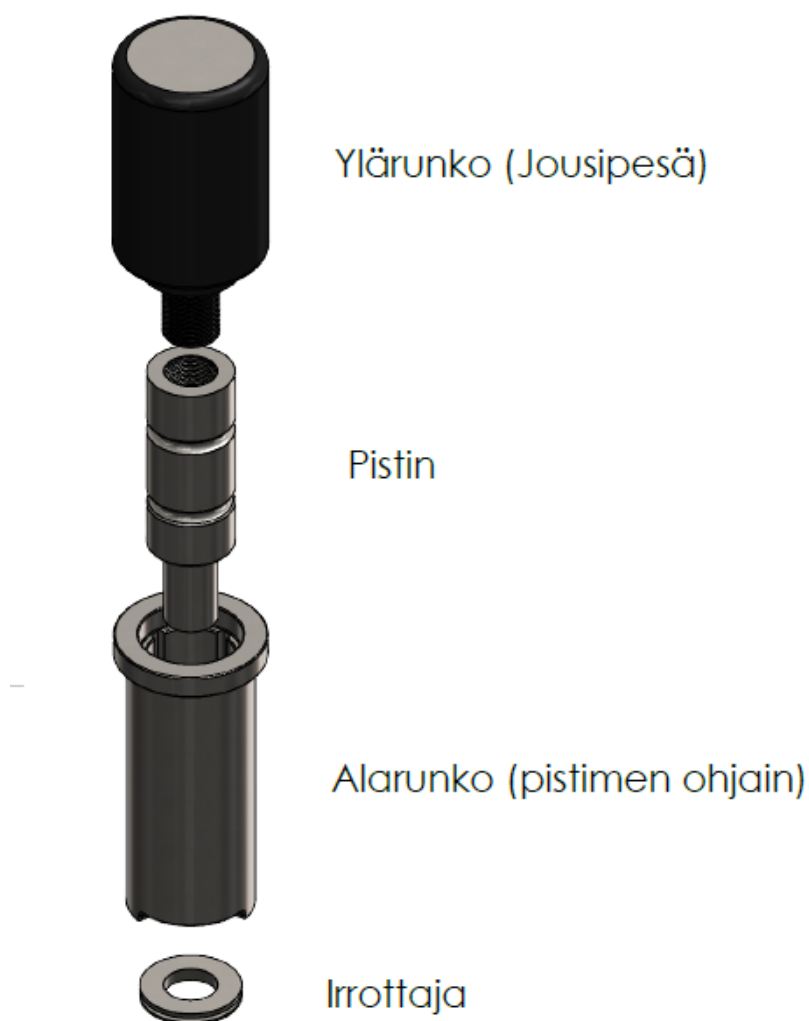


KUVA 3. Levytyökeskus (Prima Power 2020)

Toiminta perustuu CNC-ohjaukseen, jolla keskuksen kynsiin kiinnitetty levy viedään NC-ohjelmassa olevaan X,Y-pisteeseen, jossa suoritetaan G-koodilla määrätty toiminto. Oli kyseessä sitten lävistys tai muovaus, liikkuu ylätökalu Z-akselin suhteen alaspäin, kunnes se saavuttaa määrätyn raja-arvonsa. Ylätökalua liikuttaa painin eli puskin, joka saa voimansa joko hydraulisylinteristä tai jatkuvasti yleistyen kuularuuvivälitteisestä servosta. Servotekniikan etuina ovat pienempi energian kulutus, tarkempi paikoitus ja laitteiston pienempi koko verrattaessa perinteisempään hydraulijärjestelmään. Hydraulisen järjestelmän haittapuolia ovat suurempi vikaherkkyys ja iskunpituuden muutos öljyn lämpötilan muuttuessa.

Laitteisto pystyy käsittelemään jopa 3000x1500 mm:n kokoisia levyarkkeja, joiden vahvuus on 0,5-8 mm, riippuen rungon koosta ja puristusvoimasta. Yleisimmin puristusvoima on 200-300 kN, vahvimpien laitteiden pystyessä jopa 600 kN:iin. Leikkauksessa käytetty terä määrittää kappaleeseen syntyvän reiän muodon, eli yleensä jokaista eri muotoa kohden tulee olla erilainen terä. Poikkeuksena on nakerrus, jolloin esimerkiksi neliötökalulla vierä vieräen lävistäen saadaan aikaiseksi alkuperäistä suurempi muoto. Levytyökeskus voidaan myös varustaa erilaisin lisälaittein, kuten laserilla, kulmaleikkurilla tai lastaus -ja purkulaitteella. Ne nopeuttavat ja monipuolistavat koneen käyttöä. Laserilla varustettua levytyökeskusta kutsutaan kombikoneeksi. (Havas ym. 2010, 180-181.)

Mekaaninen leikkaus, tässä tapauksessa lävistys suoritetaan pistimellä, joka lävistää levyn tyynyä vasten. Levytyökeskuksessa oleva puskin painaa pistintyökalun (KUVIO 1) ylärunkoa, jolloin sen sisällä oleva jousi puristuu. Ylärunkoon kiinnitetty pistin painautuu levyn ja tyynyn lävitse jättäen jälkeensä mittatarkkuudeltaan noin  $\pm 0,1$  mm:n reiän, kun materiaalivahvuus on 5 mm tai vähemmän. Lävistyksessä leikattu materiaali putoaa onton tyynyn läpi koneen jätekuljettimelle. (Havas ym. 2010, 181-185.)



KUVIO 1. Pistintyökalun rakenne

Lopuksi puskin palautuu takaisin lähtöasemaansa, jolloin myös jousikuormitettu pistin vetäytyy alkupe-  
räisen muotoonsa. Lävistetty levy pyrkii irrotusprosessin aikana jäämään pistimeen kiinni, kunnes se  
vastaa irrotinlevyn alapintaan ja sallii pistimen vetäytyä takaisin ylä-asentoonsa. Erityisen tärkeää on,  
että tyynyn sisähalkaisija on suurempi kuin pistimen ulkohalkaisija. Ero on materiaalista ja sen vahvuus-  
desta riippuen noin 10-30%. (Havas ym. 2010, 181-185.)

### 3.2.2 Terminen leikkaus laserilla

Laserleikkaus on viime vuosikymmenten aikana saanut merkittävästi jalansijaa teollisessa valmistuksessa. Se mahdollistaa nopean ja laadukkaan työstön. Laserilla (KUVA 4) voidaan leikata levyä ja tehdä sen pintaan merkintöjä, kuten numeroita ja kirjaimia. Menetelmällä voidaan leikata useita metallilaatuja. Materiaalin perusominaisuuksien tulee kuitenkin olla sellaisia, että lasersäde voi absorboitua materiaaliin ja sulavan materiaalin tulee voida virrata leikkausrailosta pois sinne syötetyn kaasun voimasta. (Havas ym. 2010, 158-163.)



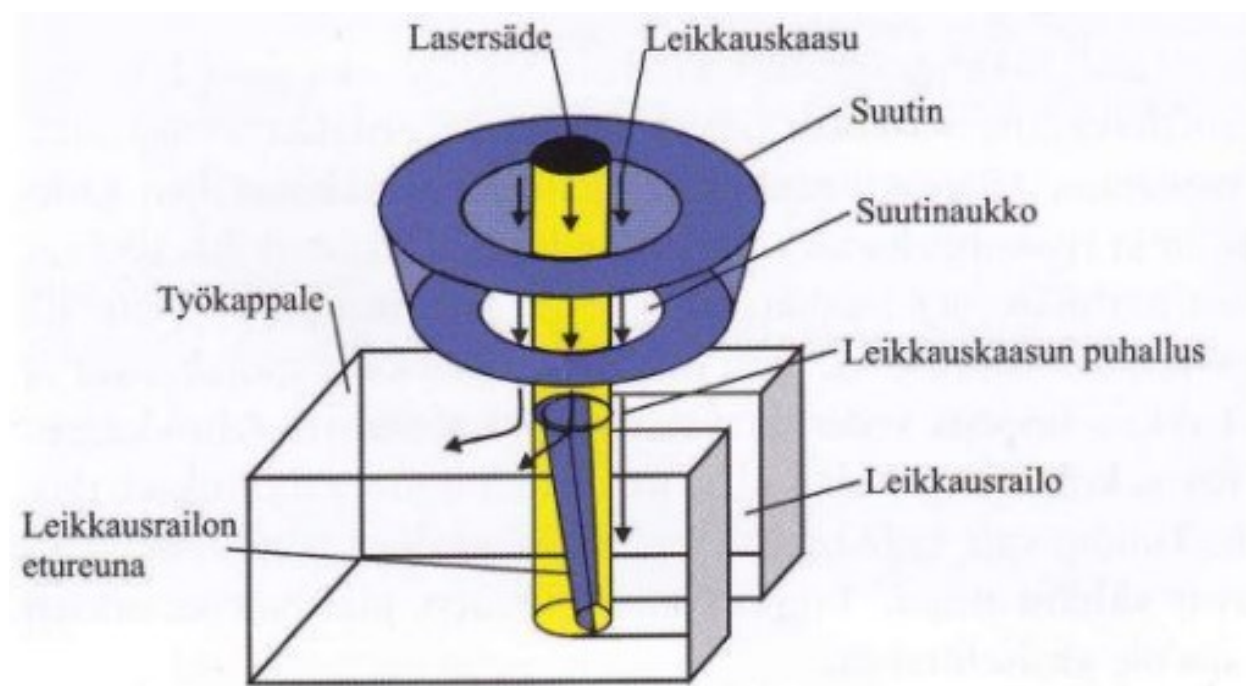
KUVA 4. Kuitulaser (Mazak 2020)

Levytyökeskuksen tapaan laite on CNC-ohjattu. Tässä tapauksessa levy pysyy paikoillaan, mutta leikkauspää liikkuu X-, Y- ja Z- suunnissa lineaariservojen avustuksella. CAM-ohjelmistolla CAD-mallista tehty leikkausrata siirretään koneen ohjaukseen NC-ohjelmanä, josta kone lukee tarvitsemansa tiedot, kuten koordinaatit.

Materiaalin leikkauksen kannalta tärkeät parametrit, kuten suuttimen etäisyys levystä, suojakaasun määrä sekä tarvittava teho määrittyvät yleensä automaattisesti. Parametrit ovat materiaali -ja ainevahvuuskohtaisia. 10 kW:n tehoisella kuitulaserilla voidaan leikata jopa 30 mm:n vahvuista teräslevyä, mihin mekaanisella leikkausmenetelmällä olisi haastavaa päästä.

Suurin osa käytössä olevista laserleikkureista on 2D-tasolasereita. Moderni Neondinium-YAG, lyhyemmin Nd:YAG, yleistyy, sillä siinä lasersäde voidaan johtaa joustavan optisen kuidun kautta leikkauspäähän. Tämä mahdollistaa muun muassa 3-ulotteisen leikkauksen, koska leikkauspäätä voidaan kääntää. (Havas ym. 2010, 158-163.)

Laserleikkaus perustuu (KUVIO 2) tarkoin kohdistettuun lasersäteeseen, jota ympäröi leikkauskaasu. Tehokas lasersäde sulattaa tai höyrystää leikattavan materiaalin, ja leikkauskaasun tehtävänä on poistaa ylimääräinen materiaali leikkaurailosta. Kaasulla on myös toinen tehtävä sulattavassa leikkauksessa, sillä se suojaa materiaalia ilman hapettavalta vaikutukselta. (Havas ym. 2010, 158-163.)



KUVIO 2. Periaatekuva laserleikkauksesta (Havas ym. 2010, 158)

### 3.3 Taivuttaminen

Taivuttaminen on avaintekijöitä ohutlevykappaleen jäykistämisessä, ja se voidaan suorittaa monin tavoin. Pää tarkoituksena on muuttaa levyosan ulkomuotoa. Itse taivutustapahtuma voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen, plastiseen, elastis-plastiseen ja täysin plastiseen. (Havas ym. 2010, 239.)



Elastisessa taivutuksessa materiaalin myötölujuus ei ylitä, eli se palaa alkuperäiseen muotoonsa, kun siihen kohdistettu ulkoinen voima poistetaan. Jouston määrä riippuu materiaalin ominaisuuksista. Elastis-plastisessa taivutuksessa kappaleen elastisten osuukien määrä pienenee ja sen pintakerroksissa tapahtuu muodonmuutoksia. Materiaali venyy, eikä palaa enää ennalleen. Täysin plastinen taivutus on hyvin yleisesti käytetty tapa. Siinä materiaalin myötölujuus ylitetään, ja materiaali venyy. Muodonmuutos on pysyvä, koska pienentynyt sisäsäde vähentää elastisten osuukien määrän minimiin. Plastisten osuukien suurempi määrä verrattuna elastisiin osuukiin estää muodon palautumisen alkuperäiseksi. (Havas ym. 2010, 239.)

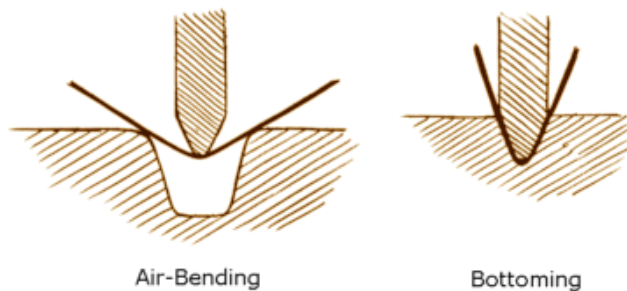
### 3.3.1 Särmäys

Särmäys on käytetyimpiä tapoja taivuttaa ohutlevyä. Se suoritetaan särmäyspuristimella (KUVA 5), joka saa puristusvoimansa yleisimmin joko hydraulikasta tai servomootoreista. Laitteen käyttö vaatii operaattorilta vahvaa osaamista, sillä erilaisia säätömahdollisuuksia ja teräyhdistelmiä on huomattavan paljon. Yleisimmillään puristin on työleveydeltään 2-4 metriä, ja sen puristusvoima vaihtelee 100-25000 kN:n välillä. Työleveys voi olla suurimmillaan yli 10 metriä, kun kaksi puristinta on kytketty sarjaan eli asetettu vierekkäin. (Havas ym. 2010, 240.)



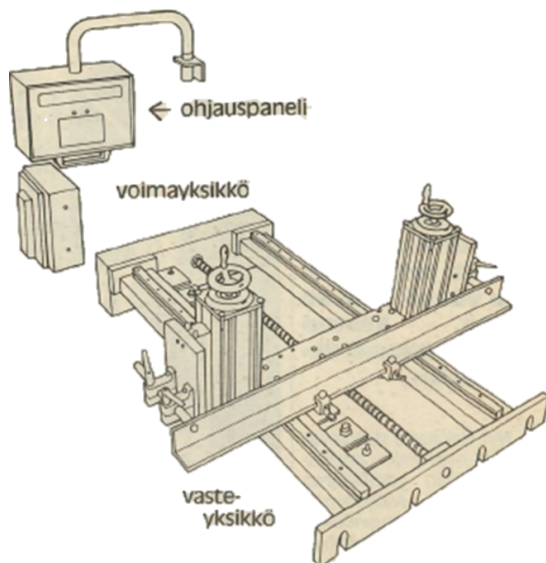
KUVA 5. Servotoiminen särmäyspuristin (CoastOne 2020)

Särmättävä kappale asetetaan ylä- ja alaterän eli painimen ja vastimen väliin, minkä jälkeen se työnnetään takavasteseen kiinni. Takavasteen asema määrittää, mihin kohtaan särmättävää kappaletta taitos muodostuu. Taitoksia voidaan tehdä joko vapaataivutuksena tai pohjaaniskutaivutuksena (KUVIO 3). Kuviossa 3 nähdään ylimmäisenä painin, keskimmäisenä työkappale ja alimmaisena vastin. Vapaataivutus vaatii vähemmän voimaa, mutta sen aikaansaama taitos ei ole yhtä luja kuin pohjaaniskutaivutukseen verrattuna, mikä johtuu suuremmista plastisista muutoksista.



KUVIO 3. Vapaataivutus ja pohjaaniskutaivutus (eFunda 2020)

Vasteita on sekä manuaalitoimisia että automaattisia (KUVIO 4), joista jälkimmäinen on yleisempi vaihtoehto. Automaattista vastetta liikutetaan yleisesti servomootoreilla, joita ohjaa tietokoneyksikkö. CNC-ohjaukseen ohjauspaneelin kautta syötetty paikkatieto määrää vasteen etäisyyden terien keskilinjasta.



KUVIO 4. Ohjelmoitava takavaste (Tateka 1990)

Tatekalla kehitettiin 1990-luvun vaihteessa kuvion 4 mukainen särmäyspuristimen ohjelmoitava takavaste, jonka tarkoituksena oli nopeuttaa läpimenoaikaa ja helpottaa työskentelyä. Automaattinen paikoitus, 99 ohjelmapaikkaa ja helppokäyttöisyys tekivät tuotteesta kilpailukykyisen, ja se oli aikaansa edellä. Myytyjen tuotteiden määrä ei ole tiedossa, mutta kuvion 4 mukainen järjestelmä löytyy muun muassa Tatekalla edelleen käytössä olevasta Amada-särmäyspuristimesta. (Tateka 1990.)

### 3.3.2 Taivutuskoneella taivuttaminen

Taivutuskone (KUVA 6) on yksinkertaisin koneellinen tapa taivuttaa ohutlevyä. Se saa yleisimmin voimansa joko ihmisen käyttämästä vipuvarresta tai hydraulikasta, riippuen laitteen koosta. Kun laite on manuaalinen ja toimii lihasvoimalla, kutsutaan sitä kansan kielellä kanttikoneeksi. (Havas ym. 2010, 239.)

Menetelmä eroaa särmäyksestä siten, ettei taivutettava levy liu'u työkalun pintaa vasten. Levy puristetaan ylä- ja alapalkkien väliin, minkä jälkeen taivutuspalkkia kääntämällä tehdään halutun suuruinen kulma. Koska levyn ja materiaalin välistä liukumista ei tapahdu, on menetelmä särmäystä hellävaraisempi, ja soveltuu täten erityisen hyvin pinnoitettujen levyjen taivutukseen. (Havas ym. 2010, 239.)



KUVA 6. CNC-ohjattu taivutuskone (ERBEND 2020)

Kone on yksinkertainen, ja se voi olla CNC-ohjattu. Se on parhaimmillaan ohuiden ja suurien levyosien, kuten paneelien taittamisessa, koska suurin osa levyn painosta jakautuu koneen pöytäpinnan varaan. Operaattorilta ei vaadita pitkää käyttäjäkokemusta. (MachineMFG 2020.)

Menetelmän suurimpia heikkouksia ovat mittatarkkuus, saavutettava taitoksen maksimikulma ja taitokseen kuluva aika, kun sitä verrataan särmäyspuristimeen. Laitteen hankintahinta on kuitenkin varsin kohtuullinen, ja siksi laite on varteenotettava vaihtoehto, kun valmistettavan tuotteen toleranssit eivät ole liian tarkkoja. (MachineMFG 2020.)

## 4 SOLIDWORKS JA SUUNNITTELU

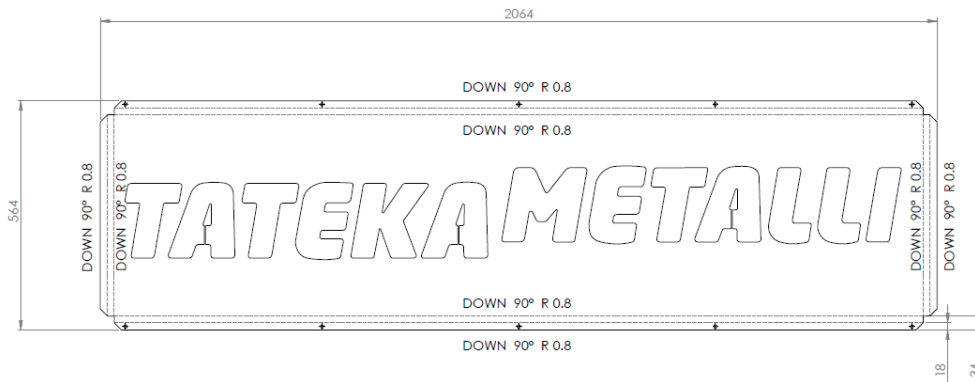
SolidWorks on nykyaikainen 3D-suunnitteluohjelma, joka on hankittu yritykseen 3 vuoden lisenssillä AipWorksilta. Sopimukseen sisältyy ilmaisten päivitysten lisäksi etätuki, mikäli ohjelman käytössä esiintyy ongelmia. Leasing-tyyppinen lisenssi sopi hyvin yrityksen käyttöön, koska suuria kertainvestointeja ei tarvittu.

### 4.1 Ohjelmiston opettelu ja osaamisen kehittäminen

Kipinä SolidWorksin käyttöön syttyi Centriassa, kun vuorossa oli 3D-mallinnuksen kursseja. Kiinnostuin aiheesta, erityisesti ohutlevytuotteiden suunnittelusta. Minulla oli eräältä sieviläiseltä ohutlevyvalmistajalta hankittua käytännön kokemusta levytyökeskusten käytöstä, joka auttoi hahmottamaan, mitä ohutlevystä voitaisiin valmistaa. Oppituntien lisäksi suoritin suuren osan tarjolla olleista lisätehtävistä, jotta oppisin tekemään entistä haastavampia malleja. Suunnittelu tuntui mielekkäältä, joten siinä halusi kehittyä.

Olin nyt oppinut mallintamisen perusteet, ja oli aika alkaa etsiä alan töitä koulunkäynnin tueksi. Kävin työhaastatteluissa muutamassa alan yrityksessä, mutta kaipaamaani 3D-suunnittelijan paikkaa heillä ei suoraan ollut tarjolla. Vaatimuksena olisi ollut osaamisen osoittaminen ensin levytyökeskuksen käytöllä, jonka jälkeen suunnitteluun ja ohjelmointiin siirtyminen olisi ollut mahdollista. Kieltäydyin tarjouksista, koska halusin päästä suunnittelukuvioihin mukaan niin nopeasti kuin se olisi mahdollista.

Minuun otti yhteyttä Tateka Metallin edustaja, joka oli kuullut työnhaustani sieviläisen Teho Filterin työntekijältä. Sen tytäryhtiö Tatekalla haluttiin uudistaa tuotantoa, joka aloitettaisiin etsimällä jonkin 3D-järjestelmän tunteva henkilö. Sovimme osaamisen näyttämisestä, minkä jälkeen työpaikka olisi mahdollinen. Suunnittelin ja mallinsin muutamia koetuotteita (KUVIO 5) yritykselle kotoa käsin, minkä tuloksena solmittiin työsopimus vuoden 2019 alussa. Samoihin aikoihin yrityksen käyttöön hankittiin SolidWorks Professional -lisenssi, jolla varsinainen, kaupalliseen tarkoitukseen suunnattu mallintaminen aloitettiin.



KUVIO 5. Kyltti

## 4.2 SolidWorksin optimointi Tatekan tarpeisiin

Kesti aikansa, että juuri Tatekan tuotantoon soveltuvat venymät saatiin hyödynnettyä SolidWorksissa. Ennen opinnäytetyön aloitusta venymien suuruudet ja särmien minimi- ja maksimimitat eivät olleet kunnolla tiedossa, mistä seurasi ongelmia särmäyksessä ja kokoonpanossa. Mallinnuksessa tarvittavien työkalujen käyttö oli sekin epävakaalla pohjalla.

### 4.2.1 Levitysmitan määrittäminen teoriassa

Ohutlevykomponenttien särmäystä varten on laskettava materiaalin venymä, jotta voidaan laskea oikaistu pituus. Kun tiedetään oikaistu pituus, voidaan valmistaa mittatarkka aihio särmäystä varten. Nykyaikana oikaistu pituus määrittyy yleensä automaattisesti, kun venymän arvo on asetettu esimerkiksi SolidWorksiin. Laskemiseen käytetyt matemaattiset kaavat on silti syytä tuntea.

Levyosan levitetty mitta L lasketaan kaavalla:

$$L = a + b - BD \quad (1)$$

missä L on oikaistu pituus, a on Y-akselin suuntaisen särmän pituus, b on X-akselin suuntaisen särmän pituus ja BD on bend deductionin eli venymän arvo.

Bend deduction voidaan laskea esimerkiksi ilmaiseksi saatavissa olevalla BendWorks-ohjelmalla.

#### 4.2.2 Levitysmitan määrittäminen käytännössä

Levitysmitan todellista pituutta määritettäessä käytetään apuna särmäyspuristinta ja mittatarkkaa levynpalaa. Täysimittaisesta levystä, kuten 3000 x 1500 mm, leikataan sopivan pieni pala, esimerkiksi 50 x 50 mm. Seuraavaksi särmäyspuristimeen asennetaan haluttu teräyhdistelmä, ja asetetaan takavasteen etäisyydeksi 25 mm, jolloin särmä tulee kappaleen keskelle. Sivujen dimensiot mitataan työntömittaa käyttäen, ja lasketaan yhteen. Sivujen summasta vähennetään alkuperäinen mitta, tässä tapauksessa 50 mm. Saatu erotus on venymän määrä.

Venymä määräytyy särmättäessä käytettyjen ylä- ja alaterien suhteen, sekä käytetyn materiaalin, materiaalihyvyyden ja valssaussuunnan mukaisesti. Mittavaihtelua esiintyy aina, mutta siitä ei ole käytännön kannalta haittaa, mikäli poikkeaman suuruus säilyy kappaleelle asetettujen toleranssien rajoissa. Oikean levitysmitan määrittäminen voi osoittautua haastavaksi, kun kappaleessa olevien särmien määrä on suuri (KUVIO 6). Yksittäisissä särmissä esiintyvät, harmittoman suuruiset mittapoikkeamat kertaantuvat, mistä aiheutuu ongelmia. Niitä voidaan korjata hienosäädöllä, joka toteutetaan särmäyspuristimen asetusten muutoksella. Esimerkiksi puristusvoiman, takavasteen aseman ja puristussyvyyden muutoksella saatetaan välttyä ahiomitan uudelleen laskennalta.



KUVIO 6. Vaikeasti särmättävä kappale (Tateka Metalli 2020)

Käytännössä tehdyn mittauksen tulos on todettu olevan varmempi kuin teoreettisesti määritellyn verrokin. Teoriassa määritelty arvo on suuntaa antava, koska siinä ei oteta huomioon koneesta aiheutuvia mittaheittoja. Opinnäytetyön tekemisen myötä Tatekalla on nyt haettu venymät yleisimmille materiaali – teräyhdistelmille.

### 4.3 Huoltoautokalusteet

Huoltoautokalusteet ovat Tatekan tunnetuimpia tuotteita. Ne valmistetaan alusta loppuun yrityksen toimitiloissa, ainoastaan kiinnitystarvikkeet, kuten pultit, joudutaan hankkimaan muualta. Kalusteita myydään sekä suoraan Tatekalta että isojen tukkukauppojen välityksellä heidän omilla tuotemerkeillään.

#### 4.3.1 Aika ennen 3D-järjestelmää

SolidWorksin käyttöä edeltävänä aikana asiakkaan täytyi käydä Tatekalla autonsa kanssa mittojen ottamista varten. Odotellessaan asiakas saattoi tutustua kalusteiden mallikappaleisiin yrityksen aulassa saadakseen yleissilmäyksen niiden ominaisuuksista. Kalusteiden täsmällisestä sopivuudesta auton tavaratilaan ei voitu saada täyttä varmuutta. Mahdollisia kalustusvariaatioita on suuri määrä, mittatilaustyönä tehdyistä komponenteista puhumattakaan. Täten asiakas joutui ostamaan tuotteet näkemättä niiden lopullista ulkomuotoa tai väritystä. Ongelmatapauksissa osia jouduttiin muokkaamaan tai valmistamaan uusiksi, jolloin kalustuksen yleisilme ja laatuvaikutelma laskivat.

#### 4.3.2 3D-järjestelmä ja kalustusprosessi

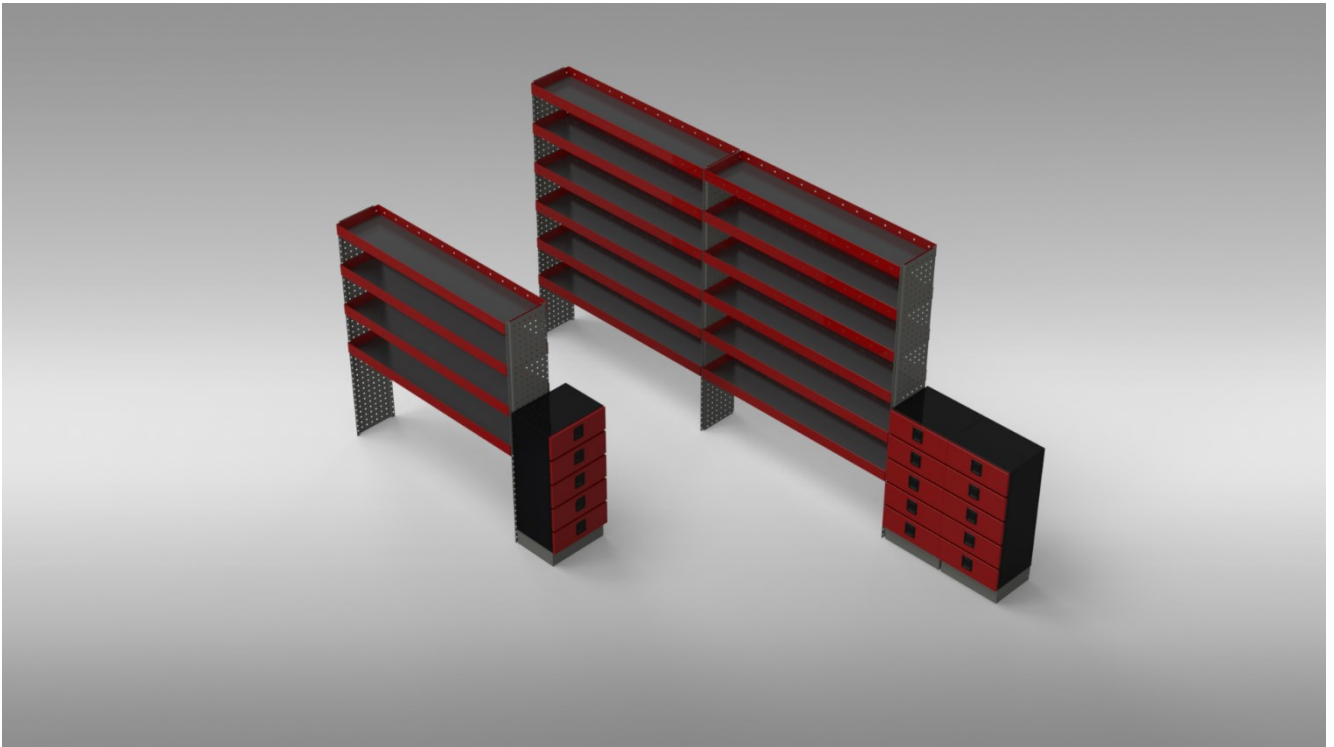
Huoltoautokalusteista tehtyjä malleja (KUVIO 7) on nyt helppo käyttää tarjousten yhteydessä. Vakio-  
kokoisten hyllyjen ja päätyjen komponentit löytyvät helposti ja nopeasti mallikirjastosta. Tuotteiden ulkonäköä voidaan personoida jo suunnitteluvaiheessa RAL-värikartan asettamin ehdoin. Vakiovärit RAL 5010/9006 ja RAL 9005/9006 kuuluvat perushintaan, muiden värien käytöstä peritään värinvaihtolisä.

Auton kalustussuunnitelma saa alkunsa potentiaalisen asiakkaan lähettämästä tarjouskyselystä. Hän kertoo pakettiautonsa mallin ja käyttötarkoituksen. Internettiä hyödyntäen selvitetään tavaratilan päämittojen lisäksi pyöräkoteloiden ja ovien sijainnit. Näillä dimensioilla auton tavaratilasta voidaan tehdä 3D-malli, jonka avulla hyllyjen sijoittelu on helppoa ja reaaliaikaista ja muutoksien tekeminen käy nopeasti ja joustavasti.

Kun auton ominaisuuksien ja asiakastarpeen mukaan asetellut hyllyt, vetolaatikostot ja lisävarusteet on saatu malliin, voidaan se lähettää asiakkaan tarkasteltavaksi yleensä jo samalla viikolla tarjouskyselyn vastaanottamisesta. SolidWorksin mukana tulevalla eDrawings-ohjelmalla se saadaan muutettua html-



muotoon eli verkkopohjaiseksi malliksi, jota kuka vain voi tarkastella pelkkää internet-selainta käyttäen. Tilanteen mukaan mittatyökalun käyttö voidaan estää, ja tiedosto lukita salasanalla.



KUVIO 7. Huoltoautokalusteiden suunnitelma (Tateka Metalli 2020)

Pdf-mittapiirros ja SolidWorks Visualizella renderöity valokuva auttavat asiakasta hahmottamaan lopputuloksen. Kuvien käyttötarkoituksen mukaan määritellään, laitetaanko niihin tarkat mitat vai ainoastaan suuntaa antavat tasamitat. Luonnoskuvien on todettu lisäävän tuotteiden myyntiä ja asiakastyytyväisyyttä merkittävästi.

#### 4.4 Alihankinnan osuus

Tehtaan omien tuotteiden lisäksi mukaan tuli alihankinta, jonka suunnittelutyöstä laskutetaan tuntihinnalla. Mallinnettavat tuotteet ja tuotekokonaisuudet ovat pääosin teollisuuden ja automaation tarpeisiin. Lääketieteellisen alan tarvikkeiden suunnittelutyötä on myöskin jonkin verran.

Tuote voidaan räätälöidä alusta alkaen asiakkaan tarpeisiin, tai ainoastaan muokata asiakkaan tekemää mallia, jolloin hinta pysyy alhaisempana. CAD-ohjelmiston uusimman version hankinta on välttämättömyyden ja yhteensopivuuden ja päivitysten vuoksi, koska vuoden vanha ohjelmistoversio ei tue uusimmalla versiolla tehtyä mallia. Lisenssin hankinta osamaksulla on osoittautunut parhaaksi vaihtoehdoksi, koska kausimaksu on hinnaltaan sopiva ja ohjelmistoon voidaan hankkia lisäominaisuuksia tarpeen vaatiessa.

##### 4.4.1 Asiakastapaus 1

Tatekalla on suunniteltu ja valmistettu lämmityselementtien ohjausjärjestelmä asiakkaalle, jonka liikevaihto on yli 10 miljardia euroa. Tilaus tuli tuotannon tarpeesta, koska aiemmin käytössä ollut järjestelmä aiheutti työläitä ongelmia. Heidän automaattilinjalleen vaadittiin laite, joka pystyisi nostamaan lämmityselementin kohteen pinnan tuntumaan, kuitenkin polttamatta siihen jälkiä. Elementti täytyisi myös pystyä laskemaan ala-asentoon nopeasti linjan pysäyttämisen takia.

Ongelmana olivat sähkökatkosten aiheuttamat vikatilanteet. Niiden takia yhä tavoitelämpötilassa olleet elementit jäivät yläasentoon, mikä johti lämmitettävän kohteen vaurioitumiseen. Elementit eivät kyenneet jäähtymään riittävän nopeasti, kun lämmitettävän materiaalin kulku pysähtyi.

Tatekan edustajat kävivät tutkimassa yrityksen toimipaikalla olevaa laitteistoa, ja sen pohjalta saatiin määriteltyä tarvittava sylinterin liikematka sekä järjestelmän maksimimitat. Tuotteeseen päätettiin tehdä vikatilanteilta suojaava ominaisuus, eli lämmityspaketti laskisi automaattisesti virtojen katkettua.

Tarvittavat levyosat suunniteltiin, ja niiden tueksi mallinnettiin käytettävät sylinterit ja muut komponentit. Toteutukseen tarvittiin 5/2-pneumatiikkaventtiili, paineilmasylinteri, muutama levyosa ja kiinnitystarvikkeita. Yksinkertaistamalla tuotteesta pyrittiin saamaan kustannustehokas ja toimintavarma. Olimme asiakkaan kanssa yhteydessä koko kehitysprosessin ajan, jolloin tuotekehittämisen tukena voi-

tiin käyttää SolidWorksilla tehtyä CAD-mallia. He esittivät muutaman kehitysehdotuksen, joiden perusteella mallia päivitettiin. Loppusilauksena sylinterin korkeussäätöä varten teetettiin erivahvuisia koro-kepaloja laserleikkaamalla. Näin järjestelmää voidaan mukauttaa tuotantolinjan muuttuviin tarpeisiin.

Asiakas oli lopputulokseen hyvin tyytyväinen, ja heiltä onkin tullut uusia projekteja Tatekan kehitettäväksi. Laite on toiminut odotetulla tavalla, eikä siitä ole tullut reklamaatioita. Laitteen rakenne on salattu, minkä vuoksi sitä ei voida opinnäytetyön tapauksessa esitellä.

#### **4.4.2 Asiakastapaus 2**

Kehitimme Tatekalla asiakkaan suunnittelemaan, modulaariseen sähköenergian varastointiyksikköön soveltuvat laitetelineet. Akkuyksiköt kiinnitetään ohutlevystä valmistettuun räkkiin, joka on saanut vaikutteita DIN 41494-8 standardin mukaisesta laitetelineestä. Muun muassa reikävälejä on muutettu, jotta saatiin varmistettua akustojen riittävä jäähdytys.

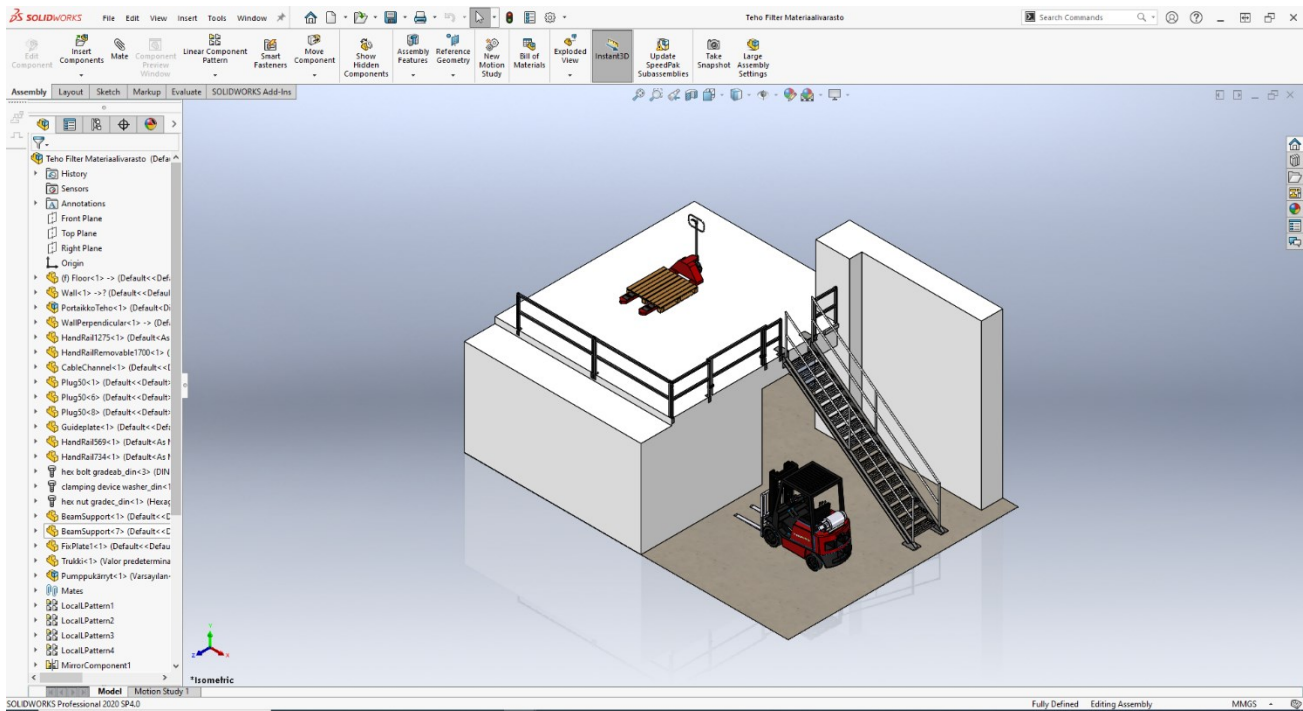
Kehitysprosessi tapahtui tiiviisti asiakkaan kanssa. Pidimme viikoittain yhteyttä sähköpostilla, ja SolidWorks-mallit jaettiin Dropboxia hyödyntäen. Aika ajoin pidetyissä välipalavereissa kuulumme kehitysehdotuksia, joiden mahdollistamisesta annoimme omat arviomme.

Tuote kehitettiin ja prototyyppisarja valmistettiin. Asiakas oli lopputulokseen tyytyväinen. Asiakas tilasi suunnittelutyön tuntiveloituksena ja omistaa tuotteen oikeudet, eli voi täten siirtää valmistuksen niin halutessaan suuremman volyymin mahdollistavaan tuotantolaitokseen.

Prototyyppien sijoituspaikaksi tuli japanilaisen autovalmistajan Euroopan pääkonttori, jonka vuoksi asi-akkuus nähdään hyvin potentiaalisena ja panostuksen arvoisena mahdollisuutena. He jatkavat edelleen Tatekan asiakkaina, joskin tuotteen saanti markkinoille on hidastunut koronaviruksen takia. Katsomme tulevaisuuteen ja toivomme lisätilausta, kun tuotteen myynti saadaan käyntiin.

## 4.5 3D-suunnittelun hyödyt

3D-järjestelmän (KUVA 7) tehokas hyödyntäminen on osoittautunut hyväksi tavaksi nopeuttaa tuotekehitystä. Sen seurauksena tuotteiden suunnittelu -ja kehitysprosessit ovat nopeutuneet huomattavasti eikä yrityksen ja erehdyksen taktiikkaa tarvitse juurikaan käyttää. On huomattu, että erityisesti suuret asiakasyritykset ovat hyötäneet Tatekan tarjoamasta 3D-suunnittelusta.



KUVA 7. Kokoonpanonäkymä SolidWorks 3D -suunnitteluohjelmistossa

## 5 FINN-POWER JA OHJELMOINTI

Tateka Metallille hankittiin Finn-Power F6-25 (KUVA 8) levytyökeskus käytettynä vuoden 2019 alussa. Kone oli ollut uudesta saakka samalla omistajalla, josta se päätyi FMS-Service Oy:lle. FMS-Service teki Finn-Poweriin tarvittavat huollot ja kohdistukset, jotta kone olisi hyvässä kunnossa Tateka Metallia varten.



KUVA 8. Levytyökeskus asennettuna

## 5.1 Koneen valintaperusteet

Samoihin aikoihin Tatekalla alettiin etsiä Euromac-levytyökeskuksille korvaajaa. Vaatimuksina olivat suuri työalue, kattava työkalurevolveri ja etäohjelmoinnin mahdollisuus. Muutamaa konetta kyseltiin, mutta niiden kunto suhteessa hintaan ei ollut riittävän hyvä, eikä niiden ohjauspaneeli vetänyt vertoja nykyaikaisemmalle vaihtoehdolle. FMS-Service kertoi varastossa olevasta koneesta, jonka hintaan sisältyisi takuu, Jetcam ja revolverin täydeltä työkaluja. Työalueen koko on 3000x1500 mm, ja työkalupaikkoja on 68 kappaletta.

Hankintapäätöstä vauhdittivat oma kokemukseni saman merkkisten levytyökeskusten käytöstä. Tämän lisäksi Tatekan projektipäälliköllä oli taustaa Jetcamilla ohjelmoimisesta. Tuttu konetyyppi vähentäisi tuotannon ylösajoon kuluva aikaa.

Kauppakirja tehtiin, ja kone asennettiin Tatekan tiloihin. Vanhat epäkeskopuristimet saivat väistyä uuden koneen tieltä. Opinnäytetyötä edeltävä ylösajoon valmistautuminen alkoi.

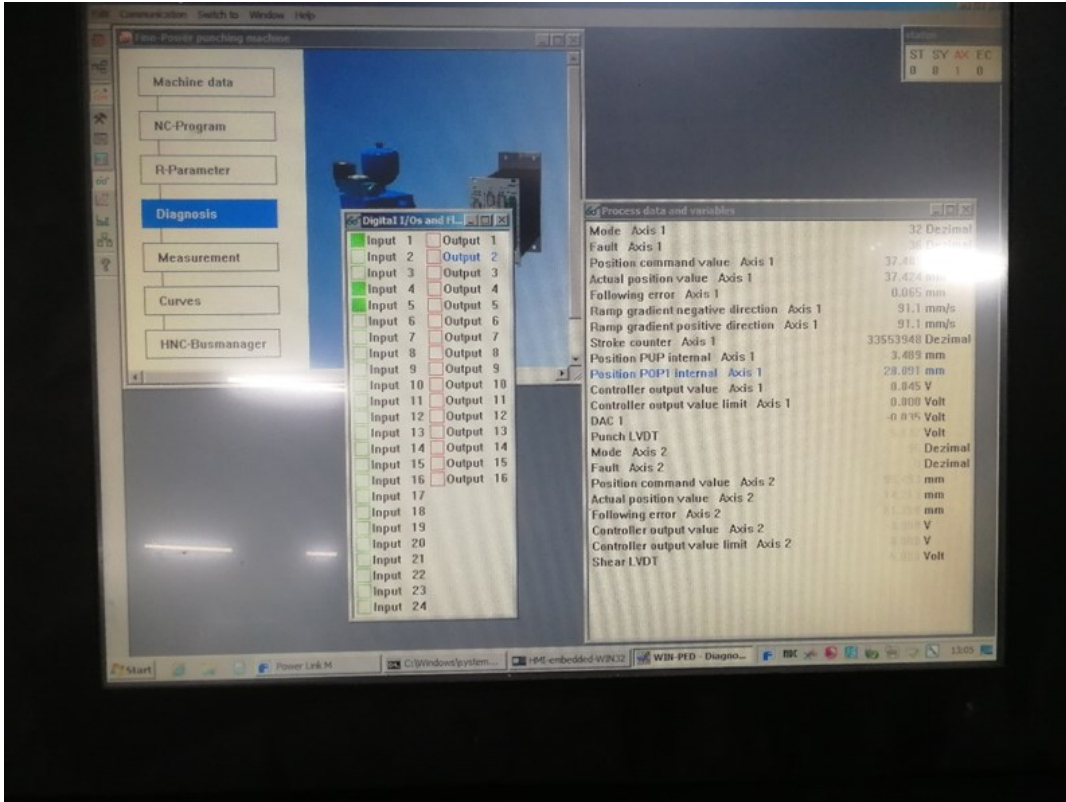
## 5.2 Käytön aloitus

Ongelmia kohdattiin hyvinkin nopeasti, sillä koneen hydraulikka ei aika ajoin suostunut käynnistymään. Vikaa paikannettiin (KUVA 9) myyjäyrityksen ja konevalmistajan tahoilta, ja syyksi epäiltiin viallista venttiiliä. Erikoisosan hinta olisi ollut lähes 10 000 euroa, minkä vuoksi päätettiin yrittää vianetsintää vielä kerran. Laitehan oli kuitenkin toiminut edellisellä omistajalla moitteetta.

Tuloksia saatiin, ja juurisyyksi paljastui pelkkä ohjelmistovika. Edellisellä omistajalla ollessaan levytyökeskuksessa oli ollut lisävarusteena hankittu lastaus -ja purkulaite. Tatekalla tälle lisäosalle ei ollut tarvetta, jonka takia ohjelmistoa oli jouduttu muuttamaan. Muutoksessa oli tapahtunut virhe, joka saatiin korjattua konevalmistajan varmuuskopioiden avulla.

Samantyyppisten laitteiden käyttökokemuksesta oli hyötyä, sillä se helpotti yleisten vikatilanteiden selvittämistä. Esimerkiksi päävirtojen katkeaminen työstön aikana aiheutti tilan, jossa akseleita ei voitu ajaa automaattisesti referenssi- eli nollapisteeseen. Laitteen ohjaus ikään kuin unohtaa paikoituksen. Siksi akseleita onkin käännettävä manuaalisesti eli käsivoimin, kunnes niiden asema on riittävän lähellä nollapistettä. Tämän jälkeen automaattinen paikoitus onnistuu. Asematiedon muutos näkyy reaaliajassa

koneen näytöltä. Uudemmissa laitteissa ongelmatilanteen syntyminen on estetty pienellä akustolla, joka pitää paikoituksen kannalta kriittiset komponentit päällä, vaikka päävirta katkeaisikin.



KUVA 9. Vian paikannusta

### 5.2.1 Työkalut

Hyväkuntoiset työkalut ovat tärkeä osa ohutlevymekaniikan valmistusprosessia. Oli aika hankkia Tatekan käyttöön parhaiten soveltuvat tyynyt ja pistimet. Toimittajaksi valikoitui CLE Finland Oy, joka toimii jälleenmyyjänä yhdysvaltalaisille Mate Tooling -lävistystyökaluille. Ne ovat käytössä varsin yleisesti ympäri maailman ja ovat tunnettuja laadustaan. Konekaupassa mukana tulleilla pistimillä ja tyynyillä päästiin alkuun, mutta tuotannon siirtyminen Euromaceilta yhä enemmän Finn-Powerin varaan tarkoitti hankintojen tekemistä.

Vanhat alatyökalut, toisin sanoen tyynyt oli teroitettu kulmahiomakoneella, minkä vuoksi niiden pinta oli päässyt kieroksi. Pistimet eli toisin sanoen ylätyökalut olivat myöskin suhteellisen loppuun käytettyjä. Niiden pituus ei enää riittänyt paksumman levyn lävistykseen, ja tästä seurasi monta kertaa ongelmia.

Työkalun jumituessa pohjaan on varsin yleistä, että sekä työstetty levy että työkalut vaurioituvat käytökelvottomaan kuntoon. Koneen 300 kN:nin puristusvoima takaa sen, että erityisesti isommat työkalut jumittuvat kiinni toisiinsa hyvin tiukasti. Irrottaminen vaatii kokemusta ja järeiden työkalujen, kuten sorkkaraudan käyttöä.

Olemassa olevissa tyynyissä oli 0,70 mm:n välys, joka on tarkoitettu yli 2 mm:n teräslevyn lävistykseen. Tateka Metalli kuitenkin valmistaa tuotteitaan monen vahvuudesta ja laatuudesta levystä, alkaen 0,75 mm. Työkaluvalmistajan mukaan lävistyksessä käytettävän tyynyn välys tulee olla 20 % ainevahvuudesta. Tatekalle hankittiin 0,15 mm:n, 0,25 mm:n ja 0,5 mm:n välyksillä olevia tyynyjä sekä uusia pistimiä.

Suunnittelin digitaalisen valmistustekniikan kurssilla tyynyjen teroituslevyjä (KUVIO 8), jotka mahdollistaisivat tasaisen hiontajäljen ja helpon kiinnityksen hiomakoneen magneettipöytään. Ylätyökaluja varten suunniteltiin avaustyökalu, jolla D- ja C- asemien pistimet olisi saanut avattua vaivattomasti. Osat oli tarkoitus valmistaa Centrialla olevalla 5-akselisella koneistuskeskuksella, mutta käytännön toteutus jäi odottamaan parempaa hetkeä koronaviruksesta aiheutuneen etäopetukseen siirtymisen vuoksi.



KUVIO 8. Centrialla suunnitellut työkalut



### 5.2.2 Koulutus

Laitetta ei juurikaan käytetty ennen opinnäytetyön aloittamista, koska henkilöstöllä ei ollut riittävästi käyttökokemusta, saati aikaa muilta työtehtäviltä. Myös tuotteiden siirtäminen erilaiseen järjestelmään vei aikansa, sillä kaikkea ei voitu laskea yhden koneen varaan. Finn-Power tulisi ensin todeta luotettavaksi, ja sillä tulisi olla useampi kuin yksi operaattori.

Finn-Power F6-25-koneen asennuksen jälkeen jouduin itsekin opettelemaan uutta, vaikka koneessa käytettiin Siemensin ohjausta, kuten aiemmin toisessa yrityksessä operoimissani Finn-Power E5 levytyökeskuksissa. E5 käytti Finn-Powerin Control Linkkiä toimintaansa, kun Tatekan koneessa ohjelmien tuontiin käytettiin Finn-Powerin Power Link M -ohjelmaa. F6-25-koneen muu käyttö tapahtui Siemensin HMI Advancedilla, jonka erilaisia variantteja on käytössä lähes kaikentyypisissä CNC-ohjatuissa laitteissa. HMI Advanced eroaa Control Linkistä esimerkiksi visuaaliselta ulkoasultaan, eikä sen toimintoja ole optimoitu yhtä hyvin levytyökeskusta ajatellen. Konevalmistajan oma ohjelmisto on helpommin opittava.

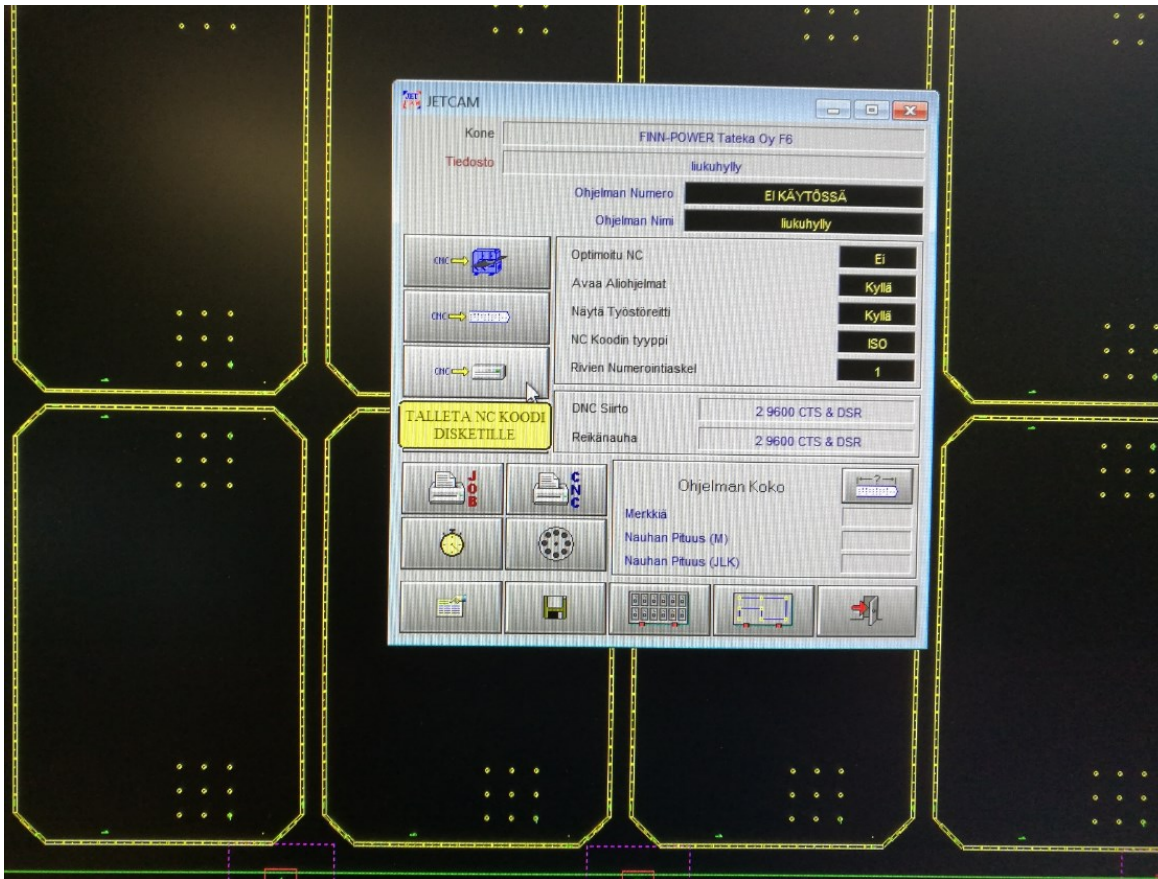
Kun ymmärsin F6-25-koneen toimintaa, aloin opettamaan sen operointia muille. Ensimmäiseksi oli perusteiden läpikäyntiä, kuten levyn lastaamista ja valoverhon kuittaamista. Koska levytyökeskuksen toiminta yleisellä tasolla oli monelle tuttua, oppivat koulutettavat työntekijät ne helposti. Sen sijaan yksityiskohtaisemmat toimenpiteet, kuten kynsien vapautus ja työkalujen vaihto olivat hieman haastavampaa opittavaa.

Referenssipisteeseen ajaminen oli välttämätöntä oppia, sillä kone vaatii sen aina, kun päävirtoja on käytetty pois päältä. Kun toiminto oli opetettu, oli jäljellä NC-ohjelmien tuonti ja parametrien muokkaus. Niiden oikeaoppinen hallinta on osoittautunut vaativaksi, eikä ongelmatilanteilta vältytä täysin. Voidaan silti sanoa, että operaattoreiden osaaminen on suhteellisen hyvällä tasolla. Ongelmatilanteen sattuessa ratkaisu on saatu joko minulta tai vaikeimmissa tapauksissa konemyyjältä.

### 5.2.3 Ohjelmointi ja tuotannossa havaittu kehitys

Levytyökeskus vaatii toimiakseen työstöradat, jotka se saa NC-tiedostosta. NC-tiedosto tehdään CAM-ohjelmalla, tässä tapauksessa Jetcamilla (KUVA 10). Jetcamiin tuotu 2D-tiedosto eli levityskuva asetellaan käytettävissä olevan levyarkin kokoiselle alueelle mahdollisimman tehokkaasti. Tarkoituksena on

hyödyntää mahdollisimman suuri prosentti levyn pinta-alasta samalla säilyttäen sen riittävä lujuus. Liian tehokkaasti hyödynnetty levy ei pysy koossa lävistysprosessin aikana, jolloin kappaleet irtoavat ja työstö epäonnistuu. Siksi ohjelmoijan tuleekin tuntea koneen ominaispiirteet hyvin, jotta tehty nestaus on käytökelpoinen ja mahdollisimman nopeasti valmistettava.



KUVA 10. Jetcamin talletusnäkymä

Finn-Powerin ja Jetcamin käyttö näkyy Tatekan tuotannossa selvänä kehityksenä. Tuotteiden valmistusvaiheet vähenivät, kun esimerkiksi levyleikkurin käyttö poistui. Levyleikkurilla suurempia aihioita pilkottaessa syntyi niin sanottuja hukkapaloja, jotka olivat liian pieniä hyödynnettäviksi. Tuotteiden reunojen laatu parani, eikä siitä ole enää ongelmaa särmäyksessä.

Suurena edistysenä on kasvanut työkalujen määrä ja monipuolisuus. Finn-Powerin revolverin 68 työkalupaikkaa riittävät useimpien tuotteiden valmistukseen. Vakiotyökalustuksen suunnittelulla on haettu mahdollisimman vähäistä työkalujen vaihtelun määrää. Työkalujen paikat ovat nähtävissä tätä varten suunnitellussa asetustaulussa (KUVA 11).



KUVA 11. Asetustaulu

Kappaleita mahtuu nyt enemmän yhdelle levyille, jolloin kone on pysähdyksissä osien irrottelu varten vähemmän tuotantosarjan aikana. Muuten hukkaan menevät palat hyödynnetään muun muassa kiinnityslaippoina, ja näin levyn käyttöaste saadaan entistä paremmaksi. Käytännössä on huomattu, että pääsääntöisesti laitteen kiihtyvyydet ja iskunopeudet voivat olla asetettuna maksimiin, ellei kyseessä ole 0,75mm ohuempi levy. Kiinnitysmikrojen koko on määritelty siten, että aihiot pysyvät riittävän lujasti levyssä kiinni työstön aikana, mutta pystytään irrottamaan kohtuullista voimaa käyttäen työstön loputtua.

## 6 YHTEENVETO

Tavoitteeseen päästiin kohtuullisella panostuksella niin ajallisesta kuin rahallisesta näkökulmasta katsottuna. Ylösajoprosessiin kuluva aika on lähestulkoon aina oletettua suurempi, kuten tässäkin tapauksessa. Levytyökeskuksen asentamisesta alkuvuodesta 2019 kului aikaa syksyyn 2020 saakka, että konetta osattiin käyttää kunnolla ja se toimi luotettavasti. Yhdessä koneinvestoinnin kanssa suureksi osaksi osoittautui myös lävistystyökalujen hankinta. Erikoislaatuisuutensa vuoksi niiden hinnat ovat korkeita, joten uusia hankitaan vain tarpeen vaatiessa.

Tuotannon kapasiteetti ja laatu paranivat, minkä avulla asiakkaita saatiin lisää. Yritys on nyt modernimpi ja kilpailukykyisempi vaihtoehto metallituotteita etsivälle asiakkaalle. Oman lisänsä tekee uusi layout-suunnitelma (KUVIO 9), jota ryhdyttiin toteuttamaan kesän 2020 aikana. Tuotantotilat ovat nyt järkevämmät ja siistimmät. Hallissa on ollut paljon tarpeettomaksi jääneitä osia, levynpalasia ja hyllyjä. Säilyttämällä vain tarpeellinen esineistö pysyy halli siistimpänä ja vapauttaa tilaa uusille investoinneille.



KUVIO 9. Uusi layout-suunnitelma

Tatekan tulevaisuutta ajatellen ryhtyisin tekemään lisäinvestointeja konekantaan. Mielestäni tärkein investointi olisi uuden ja isomman puristimen hankinta Promecam -merkkisen särmäyspuristimen rinnalle. Nykyinen puristin rajoittaa tuotannon mahdollisuuksia. Koneen kidan avauma ja työleveys eivät ole riittäviä isoja kappaleita ajatellen, eikä terävalikoima ole kovin kattava. Pitkiä kappaleita särmättäessä työn laatu kärsii, koska särmä voi jäädä hieman auki toisesta päästään etenkin paksummilla materiaaleilla. Syynä tähän on kulunut hydraulijärjestelmä, jota on ryhdytty kunnostamaan syksyn aikana. Myös bombeeraus tulisi suorittaa määräväliajoin. Mittaheittoa voi sen takia muodostua pahimmassa tapauksessa usean millimetrin verran. Luotettavuus, kapasiteetti ja työn jälki paranisivat entisestään, koska kyseessä on vanha ja paljon käytetty kone. Uudempaa konetta ei tarvitsisi korjata yhtä usein, jolloin tuotannosta tulisi entistä varmempaa.

Isompana investointina olisi hyvä harkita yhdistelmälaseria, jolla voidaan leikata sekä levyä että putkea. Tasolaserilla voitaisiin ajaa monimutkaisempia muotoja ja paksumpia levyjä levytyökeskukseen verrattuna, kun taas putkilaser hoitaisi hitsattavien putkiosien tarpeen. Kappaleet voitaisiin kohdistaa toisiinsa entistä tarkemmin, jolloin hitsausvaihe helpottuisi ja nopeutuisi. Lisäksi alihankkijoiden tarve, valmistuskustannukset ja toimitusaika pienenisivät. Emoyhtiön vuonna 2020 aloittama hengityssuojainten valmistus ja sen johdannaisten Tateka Metallille tulleet hitsaus -ja osavalmistustyöt parantavat yrityksen asemaa entisestään, mikä kasvattaa laiteinvestointien toteutumisen mahdollisuutta.

Kiitokseni työn mahdollistamisesta haluan esittää Tateka Metalli Oy:n henkilöstölle ja Mauri Karvoselle. Tämän lisäksi haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajina toimineita Jari Kaarelaa ja Sakari Pieskää. Opinnäytetyön suoritus ja sen mukana tulleet ideat ovat varmasti olleet mainio piristys pienelle yritykselle.

## LÄHTEET

CoastOne Oy. 2020. G-sarjan särmäyspuristimet. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://coastone.fi/fi/front-page-suomi/>. Viitattu 20.10.2020.

eFunda. 2020. Bending. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://www.efunda.com/processes/metal\\_processing/bending.cfm](https://www.efunda.com/processes/metal_processing/bending.cfm). Viitattu 15.10.2020.

ERBEND MAKİNA SANAYİ VE TİCARET A.Ş. 2020. MFC CNC Motorized Folder. Www-dokumentti. Saatavissa. <https://www.erbend.com/en/product-detail/mfc-cnc-motorized-folder/>. Viitattu 2.11.2020.

Machine Mfg. 2020. Press brake vs CNC folder. Saatavissa: <https://www.machinemfg.com/press-brake-vs-cnc-folder/>. Viitattu 1.10.2020.

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. 2011. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Teknologiainfo Teknova Oy Helsinki.

Mazak corporation. 2020. Optiplex 4020 fiber III. Saatavissa: <https://www.mazakeu.com/machines/optiplex-4020-fiber-iii/>. Viitattu 1.11.2020.

Prima Industrie S.p.A. 2020. Punch genius. Saatavissa: <https://www.primapower.com/fi/lavistyskone-punch-genius/>. Viitattu 17.10.2020.

Tateka. 1990. Esite.

Tateka Metalli. 2020. Esite.