

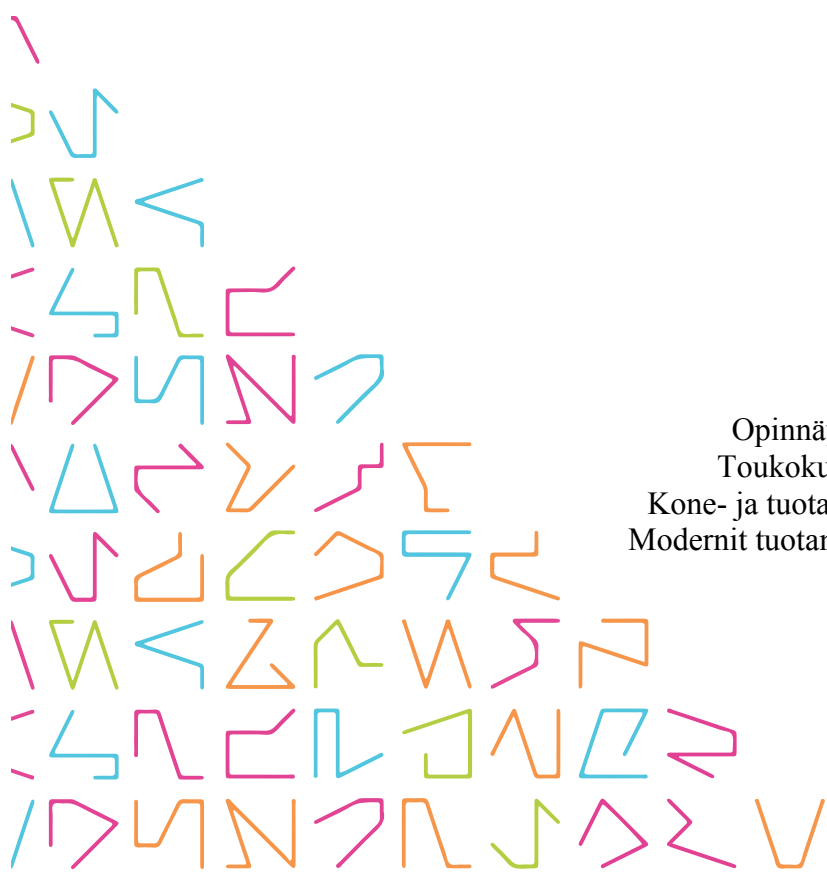


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# OPINTOMATERIAALI GIBBSCAMIN UUSIIN OMINAISUUKSIIN JA KÄYTÖN TEHOSTAMI- SEEN

Kaisa Hurske

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestelmät

KAISA HURSKE:

Opintomateriaali GibbsCAMin uusiin ominaisuuksiin ja käytön tehostamiseen

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 3 sivua  
Toukokuu 2016

---

GibbsCAM on teollisuudessa käytössä oleva CAD/CAM-ohjelma. Sitä käytetään CNC-ohjelmointiin, mallintamiseen ja simulointiin. Se on jatkuvasti kehittyvä ohjelma, josta tulee uusia versioita vuosittain ja päivityksiä tarpeen mukaan. Tässä opinnäytetyössä käsitellään ohjelman uusiin versioihin tulleita ominaisuuksia ja parannuksia. Cenic Finland Oy on ohjelmistoalan yritys, joka myy ja järjestää koulutuksia GibbsCAMistä. Asiakasmäärän kasvaessa yrityksen täysi huomio on kiinnittynyt asiakkaisiin ja heidän tarpeisiinsa, jolloin uusiin ominaisuuksiin keskittyminen on jäänyt vähemmälle. Tämän työn tarkoitus on toimia tietopakettina ja opintomateriaalina uusista ominaisuuksista niin vanhoille kuin uusillekin asiakkaille.

Työ rajattiin käsittelemään vuosina 2015 ja 2016 ilmestyneitä versioita. Niistä valittiin 10 toimintoa, joiden tuntemisesta koettiin olevan hyötyä asiakkaille. Vuoden 2015 versiosta tässä työssä käsitellään muodon seuranta, VoluMill, Adaptive pocketing, työkalujen tallennus, Universal Kinematic Machine sekä konesimuloinnin uudet toiminnot. Vuoden 2016 versiosta käsitellään sorvaustyökalun kääntöominaisuus, uudistunut profiilin työstö sekä kierteen jyrshintä. Lisäksi tehtiin lista näppäinoikoteistä.

Työn tekeminen aloitettiin perehtymällä ohjelmistoon. Perehtyminen toteutettiin osallistumalla asiakaskoulutuksiin. Huolellisen perehtymisen jälkeen suunniteltiin materiaalin runko. Materiaalista haluttiin yleispätevä ja selkeä kokonaisuus. Tässä työssä ei perehdytä ohjelman perusteisiin, vaan oletukseksi asetettiin, että materiaalin käyttäjällä on perusteet jo hallussa. Materiaali on tarkoitettu asiakaskoulutuksen läpikäyneille ohjelmiston käyttäjille.

Cenic Finland Oy:llä on usean vuoden kokemus ohjelmiston kouluttamisesta. Yrityksellä on monia aikaisemmin tehtyjä videoita muista ominaisuuksista. Se on hyväksi todettu tapa tiedottaa ja opettaa, kuinka käyttää uusia ominaisuuksia. Tämän takia tässä projektissa kirjallisen materiaalin lisäksi tuotettiin myös videoita.

---

Asiasanat: gibbscam, cam-ohjelmointi, jyrshintä, sorvaus, volumill

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Modern Production Systems

KAISA HURSKE:

Study Material for GibbsCAM's new properties and enhancing the usage

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 3 pages

May 2016

---

GibbsCAM is a CAD/CAM software used in industry. It is used for CNC-programming, modelling and simulation. It is a constantly evolving program, with new versions and updates coming on a yearly basis when necessary. This thesis contains properties and improvements, which the latest version contains. Cenic Finland Oy is a software business company that sells and arranges training about GibbsCAM. When the number of customers increases the full attention of the company is attached to the customers and their needs, in which case the focus in new features remains less important. The purpose of this thesis is to act as information packet and study material for old and the new customers.

The study material was limited to cover the versions which were released in 2015 and 2016. In those versions, 10 functions, which are useful to customers, were selected. This thesis covers the 2015 version contour trace, VoluMill, Adaptive pocketing, tool saving, universal kinematic machine and new functions in machine simulation. The 2016 version handles milling tool turnover, multiple contour control, thread milling and also a list of the keyboard shortcuts.

The work started by studying the software. Studying executed with customer trainings. After thorough studying the base of the material was planned. The material was wanted to be generally valid and explicit whole issue. This thesis did not cover the basics of the software, because it was assumed that the user of the material knows the basics of the software.

Cenic Finland Oy has many years of experience on educating the software. The company has many videos about the other functions. It is a good way to inform and teach how new functions are used. This project videos were made for to help customers to learn new functions.

---

Key words: gibbscam, cam-programming, milling, turning, volumill

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖN TAUSTAA .....	7
	2.1 Yritysesittely.....	7
	2.2 GibbsCAM-ohjelma .....	7
	2.3 Työn tavoite.....	8
3	CAD/CAM-OHJELMOINTI .....	10
	3.1 CAD-mallinnus.....	10
	3.2 CAM-ohjelmointi .....	12
	3.3 CAD/CAM-ohjelmoinnin historia.....	13
	3.4 GibbsCAMin historia .....	14
4	TYÖN TOTEUTUS .....	16
	4.1 Materiaalin suunnittelu .....	16
	4.2 Ohjelmistoon perehtyminen .....	17
	4.2.1 Ohjelman käytön perusteet .....	17
	4.3 Kirjallisen materiaalin tekeminen.....	20
	4.4 Esimerkkivideoiden tekeminen .....	21
5	VERSIO 2015 .....	23
	5.1 Muodon seuranta .....	23
	5.2 VoluMill .....	30
	5.2.1 Esimerkki VoluMillin käytöstä.....	32
	5.3 Advanced 3D – Adaptive pocketing.....	35
	5.4 MDD-Oletus: Työkalujen tallennus .....	38
	5.5 Konesimulointi: Uudet ominaisuudet.....	41
	5.6 Universal Kinematic Machine .....	45
6	VERSIO 2016 .....	47
	6.1 Sorvaustyökalun kääntö.....	47
	6.1.1 Esimerkki sorvaustyökalun käännöstä.....	50
	6.2 Kierteen jyrshintä .....	52
	6.3 Profiilit.....	55
	6.3.1 Esimerkki profiilivalinnan käytöstä.....	55
7	POHDINTA .....	59
	LÄHTEET.....	61
	Liite 1. Näppäinoikotiet.....	62



**ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)**

CAD	Computer Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacturing eli tietokoneavusteinen tuotanto
CNC	Computerized Numerical Control eli tietokoneohjattu numeerinen ohjaus

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään opintomateriaalin laatimista GibbsCAM:in uusiin versioihin perustuen. Kaikki ohjelman käyttäjäyritykset ovat käyneet läpi koulutuksen, jossa käydään läpi ohjelman käyttöä asiakkaiden tarpeiden mukaan. Suurimmalla osalla asiakkaista koulutus on perustunut ohjelman vanhempiin versioihin. Vuosien 2015 ja 2016 versiot ovat saaneet paljon uusia hyödyllisiä ominaisuuksia, joiden ohjeistaminen ei ole ollut mahdollista koulutuksissa. Opintomateriaalin on tarkoitus auttaa asiakkaita hyödyntämään ohjelmiston toiminnot kokonaisvaltaisesti.

Kirjallisen materiaalin lisäksi tullaan tuottamaan videomateriaalia. Videomateriaalin avulla pystytään luomaan helposti ymmärrettäviä ohjeita myös niistä asioista, joita kirjallisesti olisi vaikea tuoda ilmi. Videot ovat hyvä opetus- ja tiedotusväline uusista ominaisuuksista. Niistä käy ilmi ominaisuuksien hyödyt ja niiden avulla asiakkaat myös oppivat käyttämään kyseisiä ominaisuuksia. Tavoitteena on luoda kattava ja selkeä materiaali ohjelman uusista toiminnoista.

GibbsCAM on monipuolinen ohjelma, joka sisältää useita erilaisia toimintoja. Kaikkien toimintojen ohjeistaminen opinnäytetyössä olisi käytännössä mahdotonta, joten päädyimme rajaamaan työssä käsiteltävät aiheet. Aiheisiin päätimme ottaa pääasiassa ohjelman uusimpiin 2015 ja 2016 päivityksiin lisätyt ja muuttuneet ominaisuudet. Näistä ominaisuuksista valittiin asiakkaiden näkökulmasta kaikista hyödyllisimmät ja käytetyimmät, jotta materiaalista tulisi mahdollisimman hyödyllinen ja monikäyttöinen. Materiaalista tehdään yleisesti pätevä, jolloin se sopii kaikille käyttäjille yleisesti.

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Cenic Finland Oy:n kanssa. Yritys jälleenmyy GibbsCAM-ohjelmistoa ja järjestää siitä asiakkailleen ohjelman käyttökoulutuksia. Koulutukset järjestetään yksityiskohtaisesti asiakkaiden tarpeiden mukaan.

## 2 TYÖN TAUSTAA

### 2.1 Yritysesittely

Cenic Finland Oy on suomalainen toimialaltaan ohjelmistojen suunnitteluun ja valmistukseen perehtynyt yritys, joka on perustettu vuonna 1998. Konepaja-automaatioalan ohjelmistoihin, koulutukseen ja NC-ohjelmointiin erikoistuneella yrityksellä on laaja kokemus NC-koneistuksesta ja ohjelmoinnista erilaisilla järjestelmillä. (Niittyne, 2016)

Yritys myy useita eri ohjelmistoja, kuten Geomagic Design, RopeCAM, Fructus Tool-Manager, ProNC Edu ja GibbsCAM. Pääpaino tällä hetkellä myynnissä keskittyy GibbsCAM-ohjelmaan, jonka asiakkaille järjestetään myös paljon koulutuksia ohjelman käytöstä. Koulutus tapahtuu tarpeen mukaan asiakkaan luona tai yrityksen omissa tiloissa. Myynnin lisäksi Cenic Finland Oy kouluttaa eri CNC-ohjauksien käyttöä. (Niittyne, 2016)

### 2.2 GibbsCAM-ohjelma

GibbsCAM-ohjelmisto on 1980-luvulla Yhdysvalloissa kehitetty ohjelma. Se on yksi vanhimpia CAD/CAM-ohjelmistoja (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) maailmassa. Sen on suunnitellut Bill Gibbs ja nykyään sen omistaa Yhdysvaltalainen 3Dsystems. Suomessa maahantuojana toimii Cenic Finland Oy ja pohjoismaissa ruotsalainen Fructus Data AB. Suomessa lisensoijia on tällä hetkellä noin 100 ja uusia käyttäjiä tulee jatkuvasti. Koko pohjoismaissa lisensoijia on noin 1500. (Niittyne, 2016)

GibbsCAM:iä käytetään kappaleiden CNC-ohjelmointiin (Computerized Numerical Control) , simulointiin ja mallintamiseen. Se on tehokas ja monipuolinen ohjelma, joka tekee kappaleen haluamallasi tavalla. Ohjelman helppokäyttöisyys antaa mahdollisuuden monipuoliselle käytölle; ohjelman käyttöä koulutetaan lattiatasen työntekijöille saakka. Ohjelmaan pystyy luomaan yksilöllisesti yrityksen mukaisen työalustan, joka

sisältää konemallin, työkalut ja materiaalit. Tämä nopeuttaa ohjelmointia ja helpottaa työskentelyä. (Niittynen, 2016)

GibbsCAM-ohjelmalla pystytään ohjelmoimaan aina 2,5-akselisesta jyrinnästä nykyaikaisempaan 5-akseliseen jyrintään asti. Myös monikappalekoneistuksen ohjelmointi on mahdollista, joka säästää ohjelmointiaikaa jopa 80%. Sorvauspuolella sillä voidaan ohjelmoida aina 2-akselisista sorveista monitoimisorveihin asti. Näiden lisäksi ohjelma sisältää lankasahauspaketin, jolla voi helposti luoda ja editoida piirustuksia, ja se näyttää visuaalisesti kaikki geometriset virheet ennen työstöä. (3D Systems, 2016)

GibbsCAM:issa on konesimulointiominaisuus. Se tukee kaikki konetyyppejä kolmiakselisesta työstöstä aina monitoimisorveihin asti. Konesimulointia varten voidaan mallintaa työstökone työkaluineen ja kiinnittimineen ohjelmaan, jolloin se vastaa todellista työstökonetta. Tällöin koneen käyttäytyminen nähdään simuloinnissa ja voidaan välttää turhat kolarit. Erityisesti viisiakselisissa ja monikappaletyöstössä, sekä monitoimisorvin toiminnoilla konesimuloinnin merkitys korostuu. (3D Systems, 2016)

GibbsCAM on jatkuvasti kehittyvä ohjelma, joka pyrkii ohjelman parantamisen kautta tarjoamaan asiakkailleen yhä enemmän työkaluja työstöratojen suunnitteluun. Uusia päivityksiä tulee vuosittain, joka takaa sen, että ohjelma pysyy alan kehityksessä mukana ja pyrkii tarjoamaan asiakkailleen koko ajan parempaa kokonaisuutta.

Ohjelman etuja on laaja ja yksilöllinen asiakastuki. Jokaiselle asiakkaalle rakennetaan valmiiksi mahdollisimman toimiva paketti vastaamaan juuri heidän omia tarpeitaan. Kattavan koulutuksen avulla mahdollistetaan asiakkaalle ohjelman totaalinen hyödyntäminen. Asiakastuki on järjestetty niin, että kynnys avun pyytämiseen on pieni ja apu on aina saatavilla. Cenic Oy:n, Fructus Data Ab:n ja 3D Systemsin asiakastuki toimii 24 tuntia vuorokaudessa ympäri vuoden. Hyvien yhteyksien avulla asiakastuki on tehokasta ja nopeaa. (Niittynen, 2016)

### **2.3 Työn tavoite**

Uusien versioiden ilmestyessä ohjelmiin tulee usein paljon uusia ominaisuuksia. Uusien ominaisuuksien paketoiminen selkeäksi kokonaisuudeksi helpottaa niiden löytämistä ja

käyttöä. Selkeällä ohjeistuksella uutuuskien käyttöönoton kynnyks laskee. Sillä helpotetaan asiakasyritysten työtä löytää ja oppia käyttämään ominaisuuksia.

Ajatus tähän työhön heräsi uusien versioiden ilmestyttyä GibbsCAMista. Vuosina 2015 ja 2016 ilmestyneet versiot ovat sisältäneet useita uusia toimintoja, joista tiedottaminen on osittain jäänyt vähäiseksi ajanpuutteen ja muiden ”tärkeämpien” asioiden ohella. Uudet ominaisuudet on luotu ohjelmaan helpottamaan työskentelyä ja monipuolistamaan ominaisuustarjontaa. Niiden avulla ohjelman käyttäjä pääsee entistä parempiin lopputuloksiin pienemmällä vaivalla. Ne ovat erittäin hyödyllisiä ja toivottuja lisiä ohjelmaan ja kehitetty asiakkaiden avuksi, joten siksi niistä tiedottaminen on tärkeää.

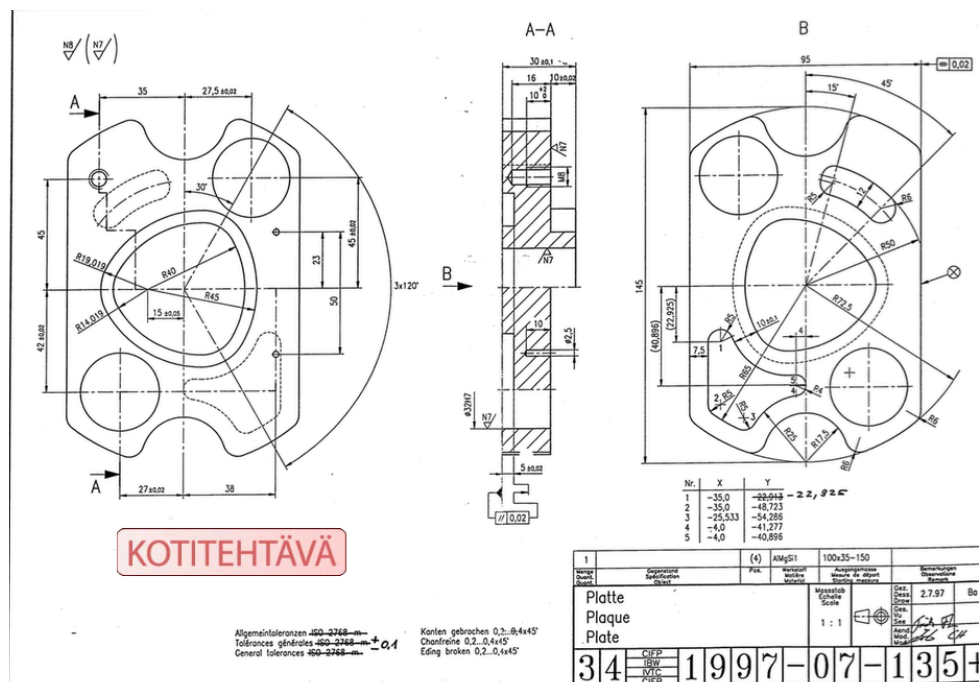
Työn aiheet rajautuivat Cenic Finland Oy:n toiveiden mukaan tiettyihin toimintoihin. Yritys on jatkuvasti tiiviisti yhteistyössä asiakkaisiin ja tuntee asiakkaiden tarpeet. Työ rajattiin käsittelemään kymmentä erilaista uutta ominaisuutta, joiden tuntemuksesta on asiakkaille hyötyä. GibbsCAM on laaja-alainen ja monimutkainen ohjelma, jonka kaikkia ominaisuuksia on hankala lähteä paketoimaan yhteen työhön. Usein ensimmäisissä koulutuksissa keskitytään perusasioihin, joten tiettyjen uusien ominaisuuksien kouluttaminen jää usein vähemmälle. Vanhoilla asiakkaille uusien ominaisuuksien löytäminen saattaa aiheuttaa pään vaivaa. Tämän takia päädyttiin tekemään selkeä paketti ominaisuuksista, jotka ovat hyödyllistä tietää uusien päivitysten tullessa. Näin maksimoidaan ohjelman hyöty kaikille käyttäjille.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda selkeä ja yksinkertainen tietopaketti, josta käy ilmi uudet toiminnot ja miten niitä käytetään. Materiaalin tavoite on antaa asiakkaille mahdollisuus uusien ominaisuuksien käyttöönottoon ja opetteluun.

### 3 CAD/CAM-OHJELMOINTI

#### 3.1 CAD-mallinnus

CAD-mallinnuksella tarkoitetaan tietokoneavusteista suunnittelua. Suunnittelijat tekevät kolmiulotteisia malleja ja kaksiulotteisia piirustuksia erilaisten suunnitteluohjelmien avulla. (Bryden, 2014, 11.) Aikaisemmin suunnittelu on toteutettu piirtämällä kynän ja paperin kanssa piirtopöydällä. Ensimmäiset CAD-mallinnukseen soveltuvat ohjelmat tulivat 1960-luvulla. Näissä oli 2D-piirto-ominaisuus. Tämän takia usein CAD-termi yhdistetään 2D-mallintamiseen. Myöhemmin 1980-luvulla ohjelmiin tuli 3D-ominaisuudet, jotka mahdollistavat kappaleen tarkastelun useasta eri kuvakulmasta. Ensimmäiset CAD-ohjelmat olivat joko pinnan mallinnukseen tai kappaleen mallinnukseen sopivia. Myöhemmin tuli ohjelmat, joilla pystytään mallintamaan molemmat, pinnat ja kappale. (Bryden, 2014, 13.) Ohessa Tampereen ammattikorkeakoulun CAD/CAM-mallinnus kurssilla käytetty 2D-mittakuva (kuva 1).



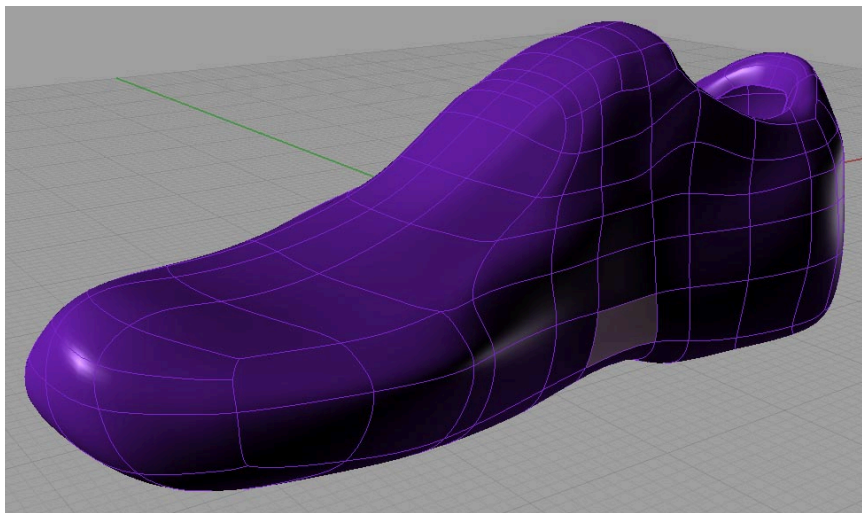
KUVA 1. Esimerkki 2D-mittakuvasta (TAMK)

Tietokoneavusteisen mallinnuksen avulla suunnittelija pystyy muodostamaan ja visualisoimaan mallin huomattavasti nopeammin, kuin kynän ja paperin avulla. CAD-ohjelmien avulla nähdään heti, sopiiko komponentit toisiinsa ja muodostaako ne halutun

kokonaisuuden. Suunnittelun eri vaiheet vievät vähemmän aikaa ja täten vähentävät myös kuluja. Tietokoneella toteutettu suunnittelu mahdollistaa nopeat muutokset ja jatkuvan kehityksen piirustuksissa ja malleissa. (Bryden, 2014, 13.)

Suunnittelijoiden välinen yhteistyö CAD-ohjelmien kanssa on tehty helpoksi, suunnittelijoiden on helppo jakaa näkemyksiä ja tehdä muutoksia ohjelman avulla. Ohjelmien avulla on mahdollistettu monen eri suunnittelijan työskenteleminen yhden kappaleen parissa. Jokaisella suunnittelijalla saattaa olla työn alla oma osa ja osien yhteen sovittaminen on CAD-ohjelmien avulla nopeaa ja yksinkertaista. Tarvittaessa muutosten tekeminen onnistuu helposti. Näin suunnittelijoiden työ nopeutuu.

CAD-mallinnuksessa voidaan käyttää kahta eri suunnittelutapaa: pinnan tai kappaleen mallinnus. Pinnan mallinnusta käytetään monimutkaisten, vapaamuotoisten, kaarevien pintojen mallintamiseen, jotka ovat välttämättömiä auto- ja ilmailuteollisuudessa (kuva 2). Kappaleen mallinnusta käytetään geometrinen kappaleiden luomiseen. (Bryden, 2014, 13.) Mitoiltaan ja muodoiltaan geometrisesti luotavia kappaleita on yksinkertainen mallintaa tätä tapaa käyttämällä. CAD-ohjelmia hyväksi käyttäen luodaan myös erilaisia animaatiohahmoja (Bryden, 2014, 60.).



KUVA 2. Esimerkki pintojen mallinnuksesta. (3D Modelling)

Tarvittaessa CAD-ohjelmilla saa hyvin todenmukaisen kuvan aikaiseksi. Kuvan luomisen avuksi pystytään luomaan pinta kappaleen alle, jotta tulee oikeanlaiset varjot, valitsemaan taustalle oikeanlainen väritys tai kuva, asettamaan kamera haluttuun paikkaan

luodakseen oikeanlaisen kuvakulman, asettamaan valotukset oikeisiin kohtiin ja valitsemaan kappaleeseen oikeat materiaalit ja värit. (Bryden, 2014, 40.)

CAD-ohjelmalla mallinnetun kappaleen tiedot voidaan siirtää CAM-ohjelmaan, jossa ohjelmoidaan kappaleen työstö. Luotu ohjelma voidaan sähköisesti siirtää esimerkiksi CNC-työstökoneelle, joka koneistaa halutun kappaleen. (Bryden, 2014, 19.)

Usein CAD-malli sisältää paljon enemmän tietoa, kuin koneistuksen ohjelmoimiseen tarvitaan. Mallista oleellisia tietoja on piirteet, jotka muodostavat kappaleen geometrian. Tätä kutsutaan CAD-tuotantomalliksi. Muodostuneen geometrian täytyy olla jatkuva, siinä ei saa olla epäjatkuvuuskohtia, reikiä pintojen välillä tai päällekkäisiä pintoja. Edellä mainitut epäkohdat geometriassa saattavat aiheuttaa ongelmia ohjelmoinnissa. (Höök T. & Tikka H.)

### 3.2 CAM-ohjelmointi

CAM eli Computer-aided Manufacturing tarkoittaa tietokoneavusteista tuotantoa. CAM-ohjelmointi on työstöratojen ohjelmointia tietokoneella CNC-koneelle. Aikaisemmin työstöradat on ohjelmoitu työstökoneen vieressä. Nykyään CAM-ohjelmat mahdollistavat etäohjelmoinnin, joka tehostaa suunnittelutyötä.

CAM-ohjelmistojen työalueita ovat 2,5-5 -akselisen jyrsinän ja 2-4 -akselisen sorvauksen lisäksi lankasahaus, lävistys ja taivutus, kappaleiden asettelu levyleikkauskoneita varten sekä koordinaattimittaus. Sorvaus ja jyrshintä kuuluvat usein samaan pakettiin. Meistotyökoneille, koordinaattimittakoneille ja levyleikkauskoneille on yleensä omat erikoisohjelmistonsa. (Höök T. & Tikka H.)

Ohjelmasta riippuen, CAM-ohjelmat sisältävät monipuolisesti erilaisia mahdollisuuksia kappaleiden työstöjen suunnitteluun. CAM-ohjelma ei ole automaatti, joka tekee työstöradat. Hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi sen käyttäjällä on hyvä olla laaja kokemus erilaisista työstömenetelmistä, sekä työstökoneilla työskentelemisestä. Tällöin hän osaa laatia ohjelmia, jotka tehostavat tuotantoa. Viimeistelytyökierron jälkeen kappaleen tulisi olla oikeissa mitoissa tavoitellulla pinnankarkeudella. Perustana tälle on CAM-ohjelmaan tuotu CAD data, mutta myös työkalut, työstökone, kiinnittimet ja työstöpro-



sessi vaikuttavat lopputulokseen. CAM-ohjelmilla ohjelmoidaan kappaleiden työstöradat tuotujen CAD-mallien perusteella. Jos mallin tiedot ovat puutteelliset, hankaloittaa se ohjelmoijan ja työstökoneen käyttäjän työtä saada kappale oikeanlaiseksi. Alla olevaan kaavioon on kuvattu CAM-ohjelmoinnin vaiheet (kaavio 1). (Höök T. & Tikka H.)



KAAVIO 1. CAM-ohjelmoinnin vaiheet (Höök T. & Tikka H.)

1. Siistitään CAD-mallista tuotantomalli poistamalla kaikki turhat tiedot ja merkinnät ja yhdistämällä epäjatkuvuuskohdat niin, että geometriasta tulee yhtenäinen.
2. Valitaan valmistukseen työstökone, ja kappaleen vaatimat työkalut, kiinnittimet, työkalupitimet sekä lasketaan työstöarvot.
3. CAM ohjelmistolla suunnitellaan ja mallinnetaan työkierrot ja työstöradat. Ohjelmilla on paljon yksityiskohtaisia asetuksia, joita muuttamalla pystytään vaikuttamaan työkalujen ylimääräisten liikkeiden minimoimiseen, työstöarvojen määrään sekä työkiertojen tehokkuuteen.
4. Simuloinnissa työstöradat mallintuvat CAD-mallin ympärille. Siinä näkee missä terä kulkee ja milloin se on vaarassa törmätä kiinnittimeen tai jyrsiä kappaletta vääristä kohdista. Tämän jälkeen työstöarvoja saa vielä muutettua ja korjattua oikeanlaiseksi.
5. Kun työstöradat ja muut asetukset on saatu halutuiksi, suoritetaan postprosessointi, joka muuttaa ohjelman NC-koneille sopiviksi G-koodeiksi. Jokaisella työstökoneella on oma postprosessori, joka kääntää CAM-ohjelmien tuottaman ”neutraalin” kielen juuri kyseiselle NC-koneelle sopivaksi g-koodiksi.

### 3.3 CAD/CAM-ohjelmoinnin historia

Kuten tietokonekin, CAD/CAM on saanut alkunsa armeijasta. 1950-luvulla Yhdysvaltojen ilmavoimat alkoivat testaamaan ilmatilan suojele ohjelma SAGE:a (Semi Automatic Ground Environment), joka sai alkunsa MIT:stä (Massachusetts Institute of Technolo-

gy). SAGE käytti useita tutkia ja muodosti niiden avulla yhden yhtenäisen kuva kokonaisuuden. Sittemmin 1960-luvulla MIT:n tutkijat kehittivät toisen ohjelman nimeltä Sketchpad. Sitä pidetään ensimmäisenä suunnitteluohjelmana teollisuudessa. Pian sen jälkeen saman kaltaisia ohjelmia alkoi tulla lisää. Tuohon aikaan keskustietokoneet saattoivat vallata kokonaisia huoneita. (Arabe, K. 2001)

Korkean hintansa takia CAD-ohjelmia oli 1960-luvulla vain maanpuolustus, ilmaliikenne- ja autoteollisuudella. Ensimmäisen sukupolven CAD-ohjelmat olivat yksinkertaisia 2D-ominaisuuden omaavia ohjelmia, jotka oli tarkoitettu pääasiassa autoteollisuuden samankaltaisten mallien toistuvaan tekemiseen. Vuosikymmenen aikana kiinnostus kaupallisia CAD-ohjelmia kohtaan oli noussut ja loppuun mennessä useat eri yhtiöt julkaisivat kaupallisia CAD-ohjelmistoja. (CADAZZ, 2004)

1970-luvulla CAD/CAM-ohjelmistoja käytettiin suunnittelemaan teollisuuden työkaluja. Vuosikymmenen edetessä tietokoneiden näytöt suurenivat 19-tuumaiseksi, joka mahdollisti kuvien ja suunnitelmien tarkastelun suuremmalta näytöltä. 1970-luvun lopulla ilmestyi kappaleen mallinnus ohjelmistoja. Ne mahdollistivat perus muotojen yhdistämisen Boolean-toiminnolla. Vuonna 1982 Autodesk teki historiaa, kun se julkaisi ensimmäisen version AutoCAD:sta, josta pian tuli laadukas ohjelmisto autoteollisuuteen. (Arabe, K. 2001)

1980-luvulta lähtien CAD/CAM ohjelmien kehitys on ollut jatkuvaa. Lähes vuosittain on ilmestynyt uusia ohjelmistoja uusine ominaisuuksineen, tai vähintäänkin päivityksiä parantamaan vanhoja, jo olemassa olleita ohjelmia. (Navdeeb, J.)

### **3.4 GibbsCAMin historia**

Gibs & Associates on Yhdysvaltalainen yritys, joka sijaistaa Californiassa. Se on osa Cimatron Groupia, joka on yksi kuudesta suurimmasta CAD/CAM-toimittajasta maailmassa. Bill Gibbs on perustanut yrityksen vuonna 1982. Hänen ensimmäinen CAM järjestelmä julkaistiin vuonna 1984 Macintosh Lisa:lle, joka oli maailman ensimmäinen graafinen PC (3D Systems, 2016).

Vuonna 1994 julkaistiin ensimmäinen versio Windowsille, mutta yritys jatkoi vielä Macintoshin käyttäjäasiakkaita (3D Systems, 2016).

Vuonna 1996 integroitiin Parasoli-pohjainen ydin GibbsCAMiin, jolloin siitä tuli ensimmäinen PC-perustainen järjestelmä, jolla voitiin generoida työstöradat suoraan solidi-malliin. Samalla vuonna 1996 Macintosh tuki lopetettiin (3D Systems, 2016).

Vuonna 1998 GibbsCAMiin tuli Solidworksin ja SolidEdge-formaattien täydellinen tuki (3D Systems, 2016).

Vuonna 2000 GibbsCAM julkaisi MTM –ominaisuudet (Multi Tasking Machines). Tämä mahdollisti monitoimityöstökoneiden ohjelmoinnin. Se oli uusi ja ennennäkemätön ominaisuus, joka mahdollisti monikanavaisten ja monikaraisten työstökoneiden ohjelmoinnin helposti ja joustavasti (3D Systems, 2016).

2015 julkaistiin useamman vuoden kehitystyön tulos, GibbsCAM UKM (Universal Kinematic Machine). UKM kehitettiin vastaamaan nykyaikaisia vaatimuksia työstökone-neratkaisujen ohjelmointiin. Universal Kinematic Machine mahdollistaa ohjelmoinnin joustavasti ja helposti perustyöstökoneista aina monikanavaisiin monitoimityöstökoneisiin saakka tarkalla simuloinnilla (3D Systems, 2016).

## 4 TYÖN TOTEUTUS

### 4.1 Materiaalin suunnittelu

On tärkeää, että materiaalista tulee selkeä ja ymmärrettävä. Sen takia suunnittelu on hyvin tärkeässä osassa työtä. Hyvällä suunnitelmalla pystytään välttämään turhia työvaiheita, sekä takaamaan materiaalin laatu. Materiaalin suunnittelussa lähdettiin liikkeelle perusasioista. Laadittiin lista asioista, joita materiaaliin halutaan Mitä, miten, miksi ja kenelle olivat apukysymykset, joiden avulla materiaalia lähdettiin kehittämään.

Materiaalin toteuttamisessa päädyimme kirjallisen materiaalin lisäksi tuottamaan videoita. GibbsCAM on ohjelmana niin monialainen, että videoiden avulla välttyään väärinymmärryksiltä ja pystytään havainnollistamaan ohjeistus selkeästi.

Materiaalin käyttötarkoitus rajattiin asiakkaiden omaan käyttöön. Ei ole tarkoitus tehdä laajaa koulutusmateriaalia korvaamaan yrityksen tarjoamaa koulutusta, vaan tukemaan koulutuksen jälkeistä käyttöä ja muistuttamaan tietyistä ominaisuuksista ohjelmassa. Samalla materiaali toimii tietopakettina vanhoille asiakkaille ohjelman uusista ominaisuuksista.

Materiaalin teossa perusoletukseksi asetettiin ohjelman perusteiden tuntemus. Koska materiaalissa keskitytään tiettyihin ominaisuuksiin, jätetään perusteiden ohjeistaminen kokonaan pois. Näin materiaalista saadaan tiivis ja yhtenäinen, uusiin ominaisuuksiin perustuva paketti.

Materiaalia tehtäessä on hyvä tarkistuttaa se riittävän usein työn teettäjällä. Näin välttytään isoilta virheiltä, joiden korjaamiseen kuluu turhaa aikaa ja varmistutaan siitä, että työ vastaa työn teettäjän toiveita. Yleisiä virheitä ovat asiavirheet, jotka tekijä on ymmärtänyt väärin tai kielioppivirheet, joita tulee pitkän kirjoittamisen tuloksena. Työ on hyvä tarkistuttaa kielenhuollon ammattilaisella, jotta siitä saadaan selkeä ja helposti ymmärrettävä.

Opinnäytetyön tekemiselle on varattu tietty aika. Tämä asettaa tiettyjä rajoja aiheen rajaukselle, sekä työn laajuudelle. Työn aikataulutuksessa kannattaa ottaa erityisesti

huomioon erilaiset työn edetessä ilmenevät ongelmakohdat. Niiden selvittämiseen kuluu yleensä enemmän aikaa, kuin on suunniteltu. Aikatauluttamisella pyritään saamaan selkeä suunnitelma työn etenemiseen ja välttämään loppuvaiheen kiire. Aikataulussa pysyminen on hyvä motivaatiokeino työn tekemiselle ja takaa sen etenemisen.

## 4.2 Ohjelmistoon perehtyminen

Työn toteuttaminen aloitettiin käytännön opetuksella GibbsCAM:in käytöstä. Aikaisempi kokemus ohjelman käyttämisestä koulussa järjestetyn CAD/CAM-ohjelmointikurssin myötä osoittautui hyödylliseksi. Ohjelman perusteet olivat jo hallussa, joten pystyttiin keskittymään hieman haastavampiin yksityiskohtiin miettimättä perusasioita. Ohjelma on monialainen ja sisältää useita yksityiskohtia, joten kaiken oppiminen vaatii paljon aikaa.

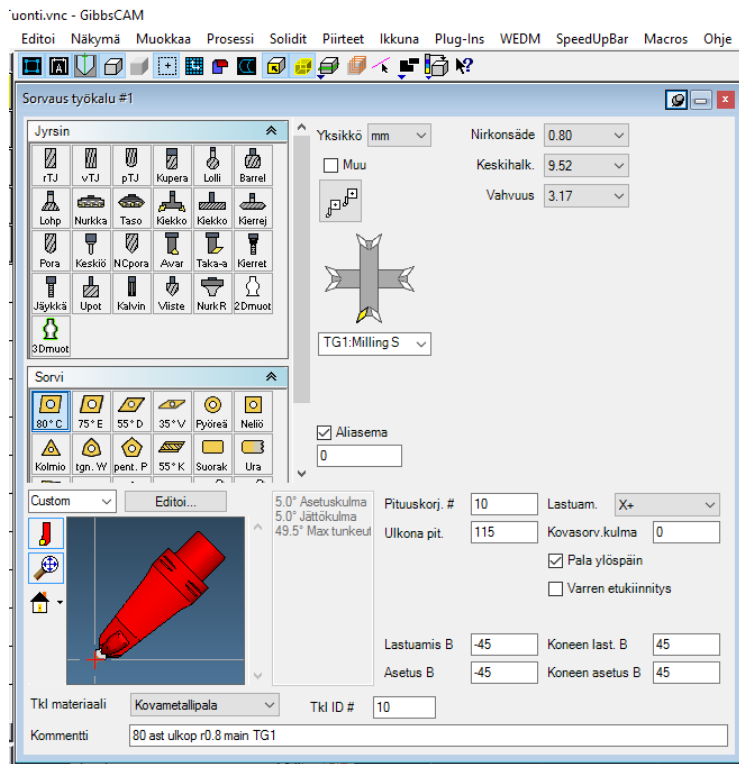
Käytännön opetus toteutettiin asiakaskoulutusten yhteydessä. Tämä osoittautui hyväksi vaihtoehdoksi, koska asiakkaille opetetaan ohjelman käyttö alusta alkaen ja niissä käytiin läpi monipuolisesti GibbsCAM:in eri toimintoja. Koulutusten lisäksi perehdyttämisessä käytettiin hyväksi jo olemassa olevaa materiaalia Cenic Finland Oy:ltä sekä yhdysvaltalaiselta 3D Systemsiltä.

### 4.2.1 Ohjelman käytön perusteet

Jotta työstöratujen ohjelmointi onnistuu, täytyy ensimmäisenä ohjelmaan tuoda solidi. Solidilla tarkoitetaan CAD-ohjelmalla mallinnettua kolmiulotteista kappaletta. CAD-mallista saattaa löytyä ylimääräistä tietoa, jota CAM-ohjelmassa ei tarvita. Nämä turhat tiedot karsitaan, jolloin jäljelle jää ainoastaan tuotantomalli, jonka perusteella lähdetään työstämään kappaleen ohjelmointia.

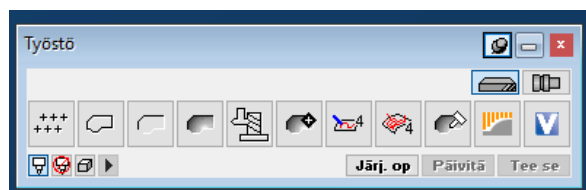
Ennen kuin GibbsCAM:llä voi alkaa tekemään työstöratuja, on hyvä selvittää mitä työkaluja ja kiinnittimiä tarvitaan. Ohjelmaan luodaan alussa jokainen työkalu erikseen. Työkalun luonti on tehty helpoksi ja selkeäksi hyvin havainnollistavien kuvakkeiden avulla (kuva 3). Samassa valikossa on jyrsin- ja sorvaustyökalun luonti. Kuvassa 3 näkyvässä valikossa työkaluihin pystytään valitsemaan työkalun mitat, pitimet, terän

suunnat ja työkalun paikka. Kun työkalut on luotu ensimmäisen kerran, ne voidaan tallentaa ja näin niiden käyttäminen on jatkossa helppoa ja ohjelmoinnin aloittaminen nopeaa.

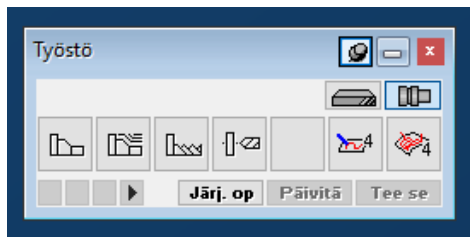


KUVA 3. Työkalun luominen.

Työkalun luomisen ja valinnan jälkeen valitaan haluttu prosessi millä kappaletta lähdeään työstämään. Prosesseja löytyy useita jyrsintään normaalista profiilijyrsinnästä 5- akseliseen jyrsintään saakka (kuva 4) ja sorvaukseen (kuva 5). Jokaisella prosessilla on omat vahvuutensa eri alueilla.

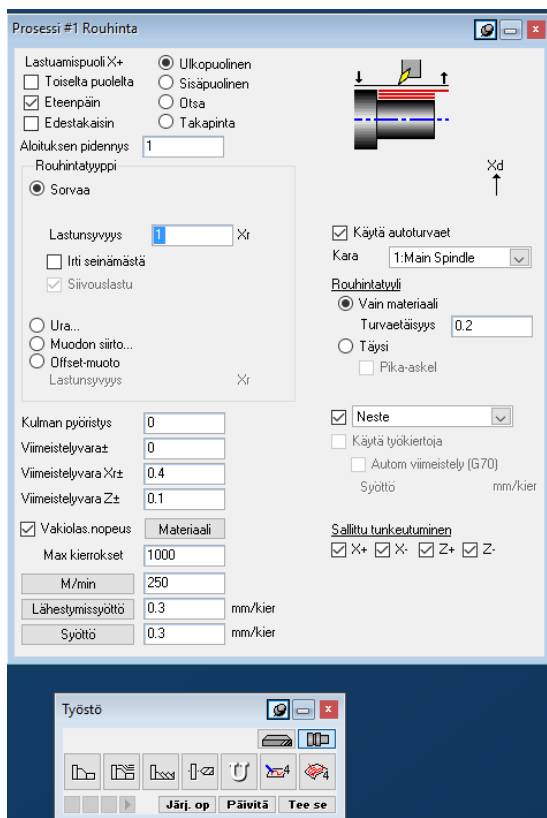


KUVA 4. Jyrsintä prosessit.



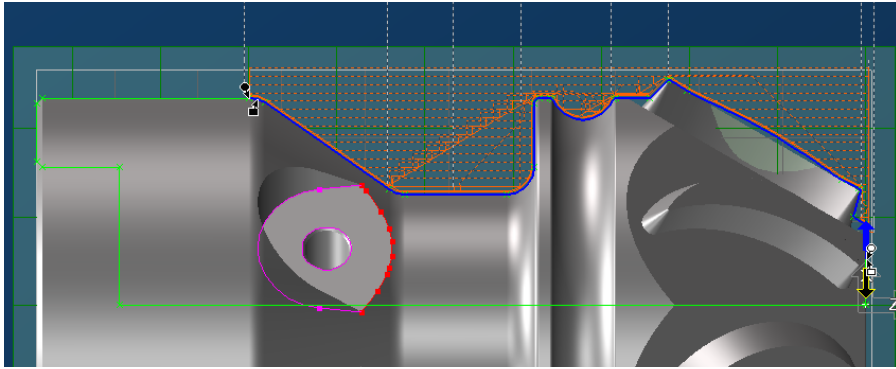
KUVA 5. Sorvaus prosessit.

Prosessin valinnan jälkeen päästään säätämään työstöarvoja. Työstöarvot riippuvat paljon prosessivalinnasta, työstettävästä materiaalista sekä terän materiaalista. Samalla välilehdellä (kuva 6) valitaan myös muun muassa työstätojen suunta, terän lähestymistapa, mihin korkeuteen työstetään ja lastun paksuus. Näiden tietojen lisäksi on mahdollista säätää useita yksityiskohtia, jotka ovat joskus tarpeellisia.

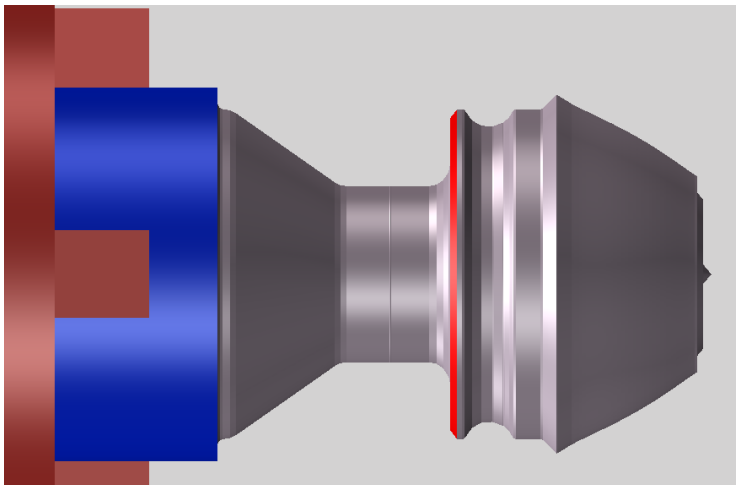


KUVA 6. Sorvauksen rouhinta-prosessin työstöarvojen säätö.

Kun edellä mainitut vaiheet on käyty läpi, valitaan muoto tai pinta, jota lähdetään työstämään. Tämän jälkeen ”Tee se” –painikkeella (kuva 6) saadaan työvaihe tehtyä ja nähdään tulevatko työstöradat haluamallamme tavalla (kuva 7). Työvaihe pystytään tarkistamaan simuloinnilla, joka havainnollistaa tarkasti työstöprosessin (kuva 8).



KUVA 7. Työstöradat näkyvät oranssina.



KUVA 8. Kappale simuloinnin jälkeen.

Jokaisen työvaiheen kohdalla käydään edellä mainitut vaiheet läpi. Jokainen vaihe on mahdollista toteuttaa usealla eri tavalla ja ne kaikki sisältää useita erilaisia yksityiskohtia, jotka mahdollistavat erilaisten mallien työstämisen ohjelmoiminnin.

### 4.3 Kirjallisen materiaalin tekeminen

Kirjallisen materiaalin tuottaminen on haasteellista ja aikaa vievää. Monimutkaisten yksityiskohtien ohjeistamisessa täytyy olla huolellinen ja tarkka. Työn eri vaiheet täytyy sisällyttää ohjeisiin täsmällisesti. Yhdenkin vaiheen väliin jättäminen saattaa aiheuttaa väärinkäsityksiä.

Materiaalin teko aloitettiin kirjallisen materiaalin suunnittelulla. Mietittiin mitä kaikkea materiaaliin kannattaa kirjoittaa ja millä tavoin. Erilaisten opintomateriaalien tekemisessä on tärkeää luoda selkeä ja johdonmukainen ohjeistus, jotta materiaalin lukijan ei tar-



vitse keskittyä mihinkään muuhun kuin itse ohjeisiin. Materiaalia tehdessä pitää huomioida ohjeiden yleisyys, miten ohjeista saadaan yleisesti päteviä niin, että ne käyvät monien eri tilanteeseen, eivätkä vain yksityiskohtaisesti johonkin tiettyyn tilanteeseen.

Paras havainnollistamiskeino on kuvat. Kuvien käyttö maksimoidaan, jotta ohjeista saadaan selkeät. Kuvissa tullaan käyttämään erilaisia merkitsemiskeinoja, joilla saadaan osoitettua tiettyjä asioita ja paikkoja kuvista. Kun on kyse tietokoneohjelmasta, niin kuvia tulee paljon. On hyvä havainnollistaa mahdollisimman monipuolisesti tilanteet kuvin, jotta välttyään sekaannuksilta ja epäselvyyksiltä.

Kirjallista materiaalia tehtäessä täytyy kiinnittää huomiota tekstin selkeyteen. Tekstin on hyvä tukea kuvia ja kertoa vain tarvittava tieto. Liikat yksityiskohdat ja lisätiedot saatavat aiheuttaa sekaannusta ja hämmennystä.

#### **4.4 Esimerkkivideoiden tekeminen**

Esimerkkivideoiden tekeminen toteutettiin CAMTASIA-ohjelmalla. Se on yrityksen aikaisemmassa käytössä todettu hyväksi ja toimivaksi tämänlaiseen käyttöön. Ohjelma on tarkoitettu tietokoneen ruudulla tapahtuvien tehtävien videointiin. Sitä käytetään opetusvideoiden lisäksi esimerkiksi erilaisten Power point-esitysten videoimiseen.

Ennen videoiden teon aloittamista on tärkeää suunnitella niiden sisältö tarkasti. Käsikirjoituksen tekeminen etukäteen on hyvä apu kuvaamisvaiheessa. Selkeä video kuvataan yhtenä pätkänä, jolloin virheitä kuvauksien aikana ei saisi tulla. Tämän takia sisällön suunnittelu ja kirjallinen ohje on hyvä olla ennen videon teon aloittamista. Tässä tapauksessa kirjallisena ohjeena toimii opinnäytetyön kirjallinen materiaali.

Videoita tehdessä on hyvä ottaa huomioon sen pituus. Pituus määräytyy pitkälti aiheen mukaan, mutta on hyvä pyrkiä tekemään selkeitä ja tiiviitä videoita. Täten katsojan mielenkiinto ja keskittyminen pysyy videossa koko sen ajan. Liian pitkän videon ongelmana on usein videon alussa esitettyjen asioiden unohtuminen lopun lähestyessä. Tällöin video menettää merkityksensä opetusmielessä ja on siksi hyödytön.

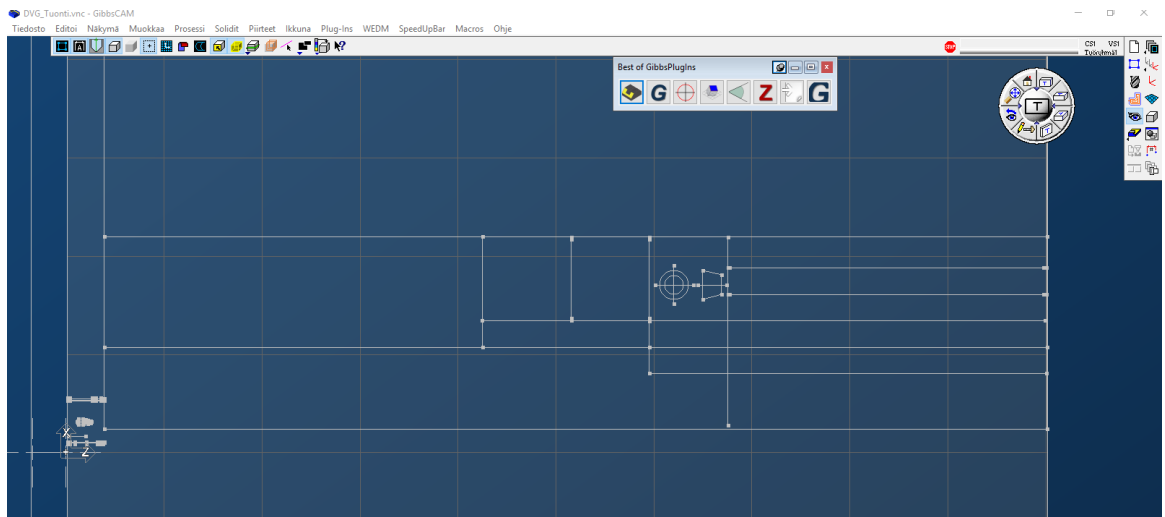
Vaikka videot pyritäänkin pitämään lyhyinä ja tiiviinä, on tärkeää että ruudulla näkyvät liikkeet ovat selkeitä ja rauhallisia. Näin niiden seuraaminen ja hahmottaminen on helppoa. Tarkoitus ei ole tehdä väkisin lyhyttä videota, vaan mahdollisuuksien mukaan välttää turhia pituutta lisääviä asioita.

## 5 VERSIO 2015

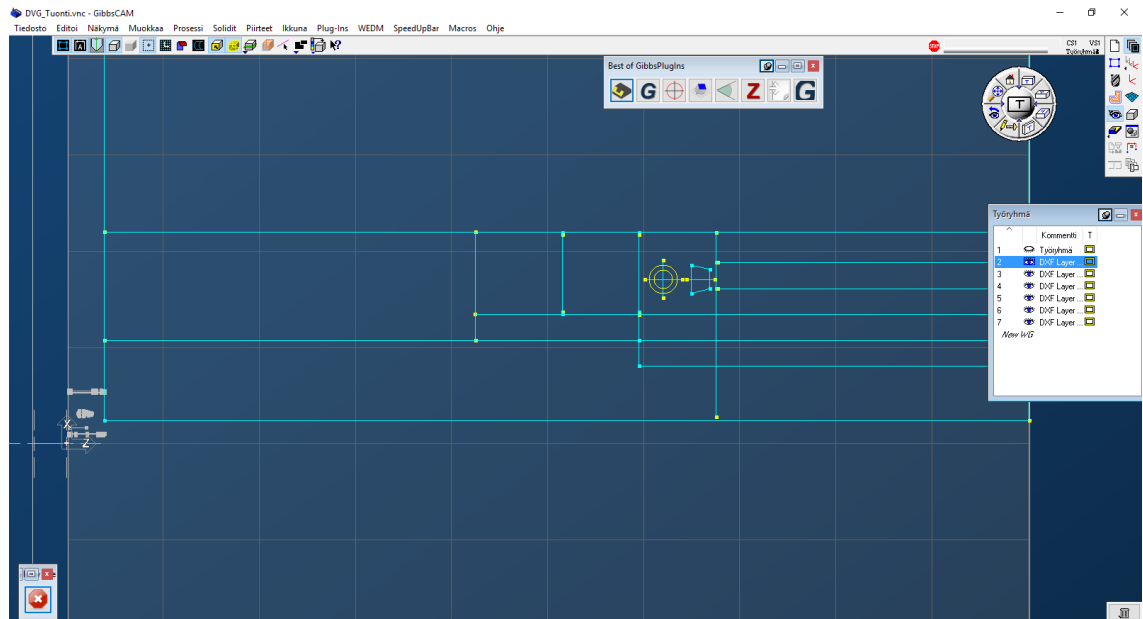
### 5.1 Muodon seuranta

Muodon seuranta on vuonna 2015 julkaistuun GibbsCAM versioon tullut toiminto. Siitä on apua CAD-ohjelmalla tehtyjen mallien kanssa, joiden geometria ei ole jatkuvaa. Epäjatkuvuuskohtat aiheuttavat hankaluuksia CAM-ohjelman käytössä, joten on tärkeää, että geometriasta saadaan yhtenäinen ilman epäjatkuvuuskohtia.

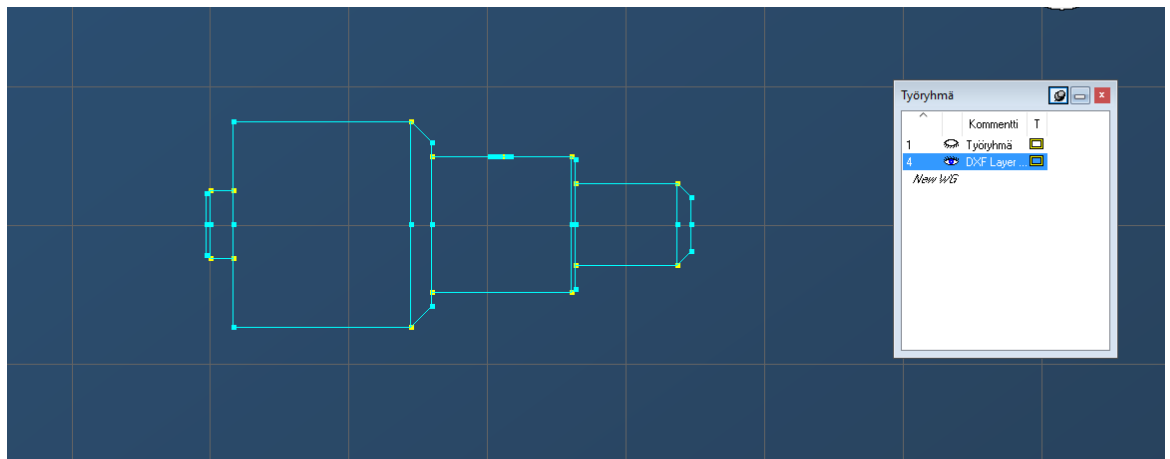
Tässä materiaalissa käsitellään esimerkki tapaus, jossa Muodon seurannasta on hyötyä. Esimerkki on CAD-ohjelmalla tehty piirustus, jonka tiedosto muoto on .dwg. Ensimmäisenä avataan tiedosto GibbsCAM:issä. Tässä on hyvä esimerkki siitä, kuinka CAD-mallin mukana tulee paljon turhaa, jotka täytyy poistaa niin, että jäljelle jää tuotantomalli (kuva 11). Poistaminen onnistuu helposti, koska jokainen kuvaan tullut piirros on mennyt eri työryhmään. Avataan Työryhmä-valikko (kuva 10) ja aktivoidaan työryhmä kerrallaan ja katsotaan mitkä kaikki pitää poistaa, jotta jäljelle jää vain kappaleen muoto (kuva 11).



KUVA 9. Tuotu .dwg malli.

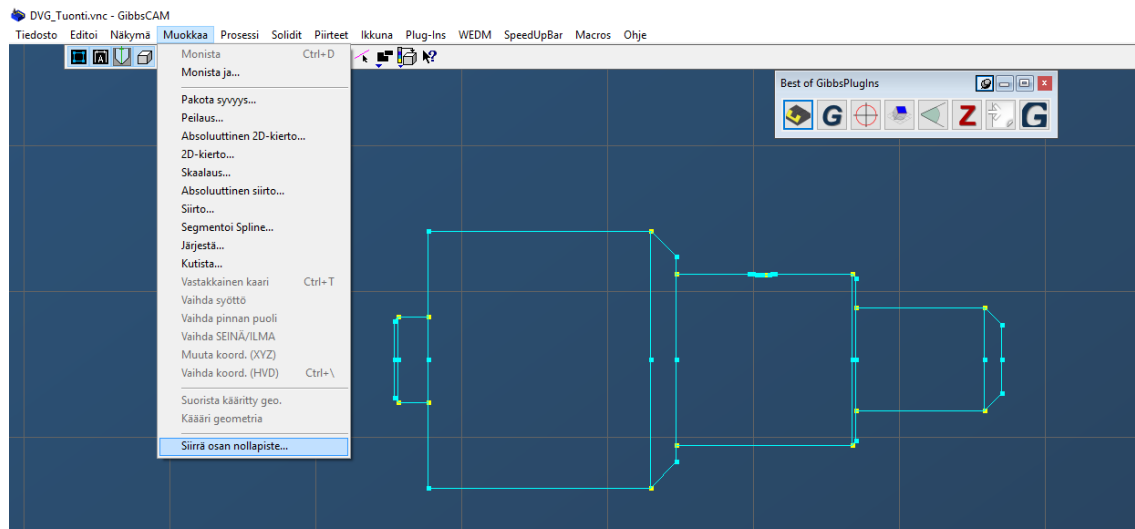


KUVA 10. Aktiivisena näkyvä työryhmä sinisellä.

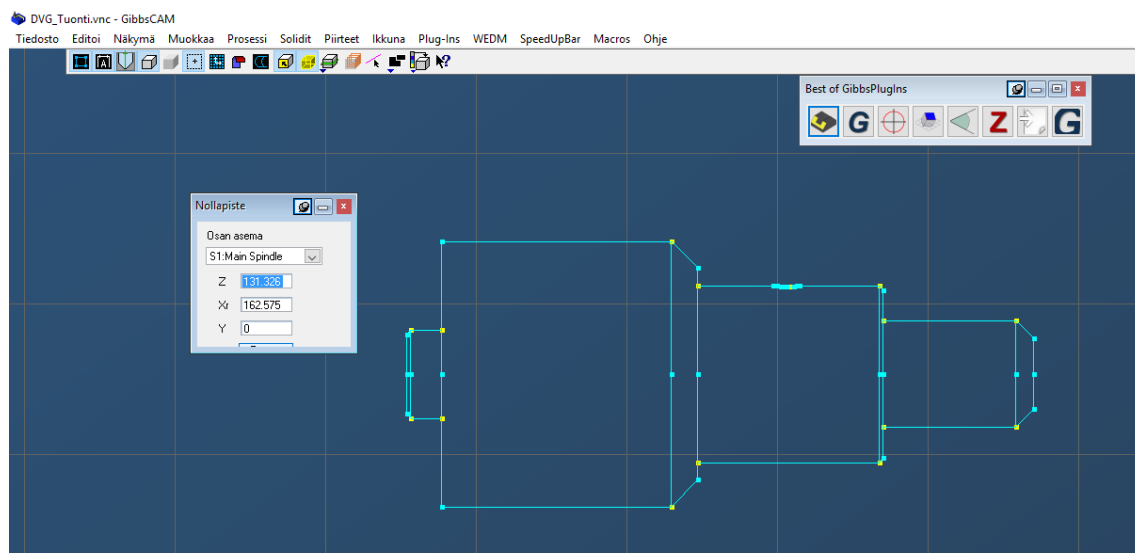


KUVA 11. Jäljelle jäävä työryhmä, jossa tuotantomalli.

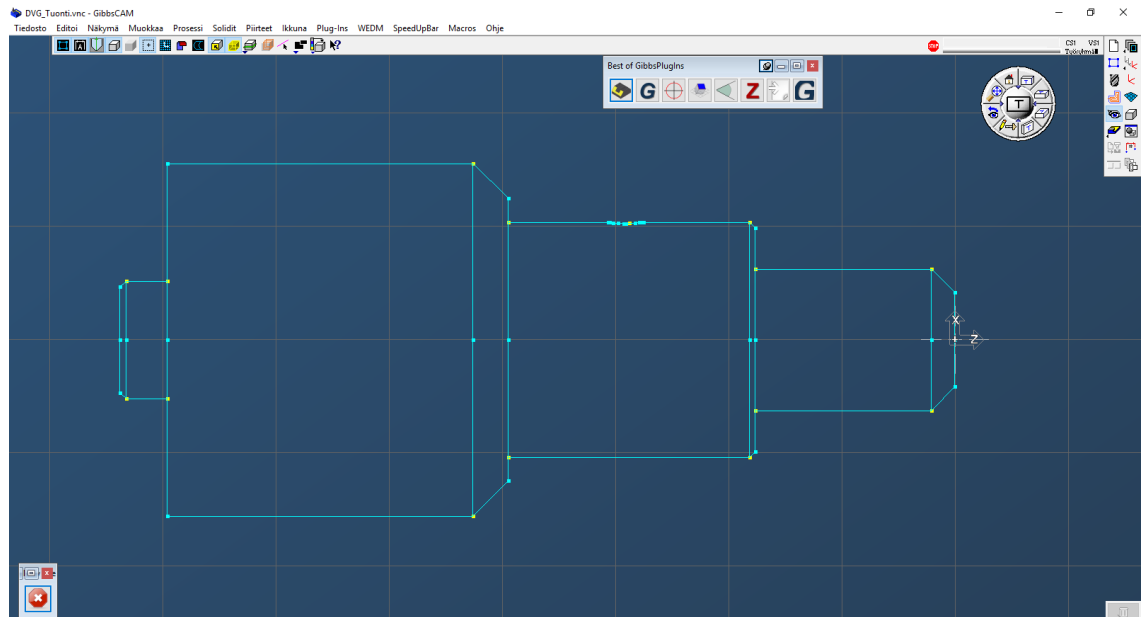
Siirretään nollapiste tuotantomalliin oikealle paikalle. Mennään ”Muokkaa”-valikkoon ja valitaan sieltä ”Siirrä osan nollapiste” (kuva 12). Painamalla Control+Shift –näppäimiä pohjassa ja klikkaamalla samalla hiirellä tuotantomallin kärjen keskipistettä saadaan valittua nollapisteen koordinaatit (kuva 13). Tämän jälkeen painetaan ”Tee se”-painiketta. Näin koordinaatisto siirtyy mallin nollapisteeseen (kuva 14).



KUVA 12. Reitti ”Siirrä osan nollapiste” kohtaan.

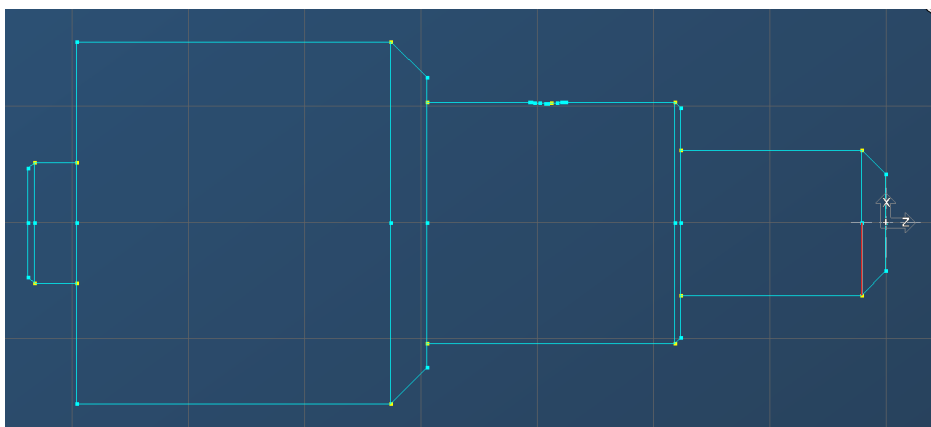


KUVA 13. ”Siirrä osan nollapiste” toiminto.

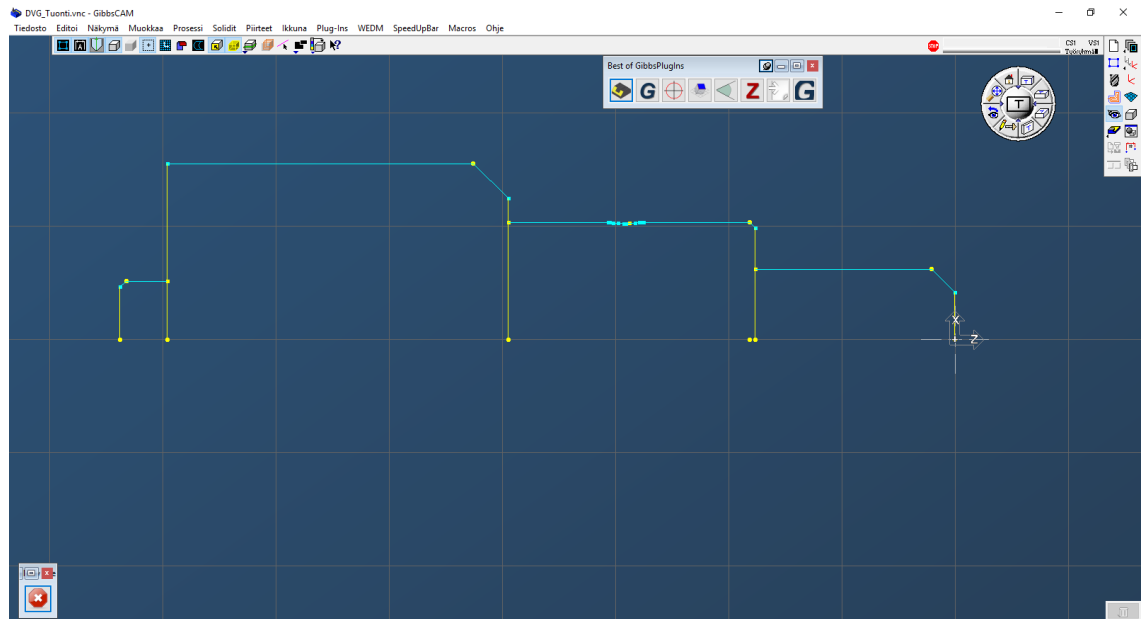


KUVA 14. Nollapiste oikeassa paikassa.

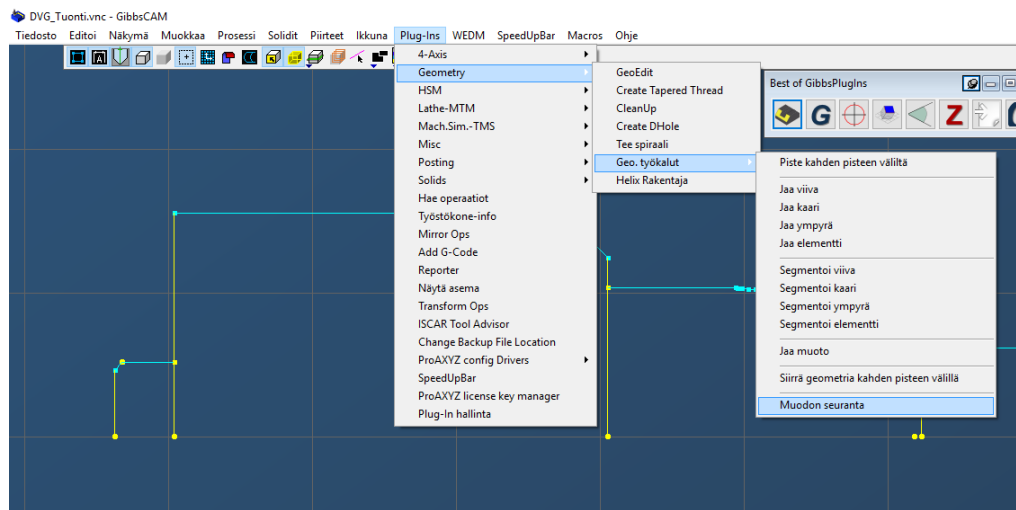
Jäljelle jäävästä geometriasta on tarkoitus saada yhtenäinen sorvausgeometria. Poistetaan alapuolen viivat yksi kerrallaan valitsemalla ne aktiiviseksi ja painamalla ”Delete” (kuva 15). Yläpuolelle jäävistä viivoista tehdään yhtenäinen geometria (kuva 16). Avataan Muodon seuranta seuraavaa reittiä: Plug-ins -> Geometry -> Geometry tools -> Muodon seuranta (kuva 17). Valitaan jäljelle jääneen muodon viivat järjestyksessä oikealta vasemmalle (kuva 18). Punaiseksi muuttuvat viivat jäävät geometriaksi. Kun kaikki viivat ovat valittu, painetaan painiketta ”Tee se” ja ilmestyvästä laatikosta painiketta ”Poista rakennusgeometria” (kuva 19). Näin jäljelle jää yhtenäinen geometria, jonka ympärille tehdään aihio Näkymä-valikon toiminnolla ”Tee aihio näkyviin” (kuva 20). Aihio on valmis työstettäväksi (kuva 21).



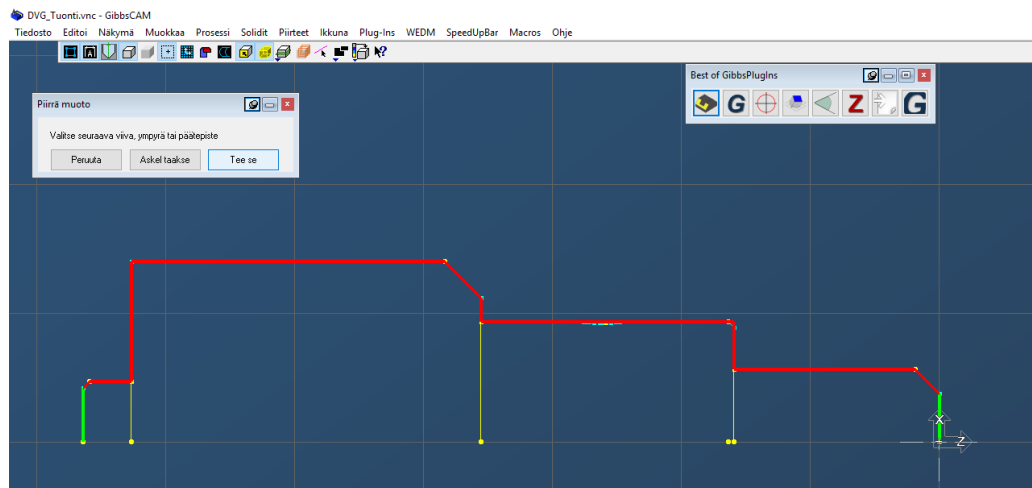
KUVA 15. Yksi viiva aktiivisena.



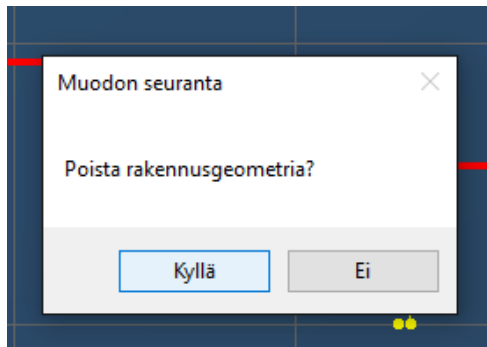
KUVA 16. Jäljelle jäävä geometria.



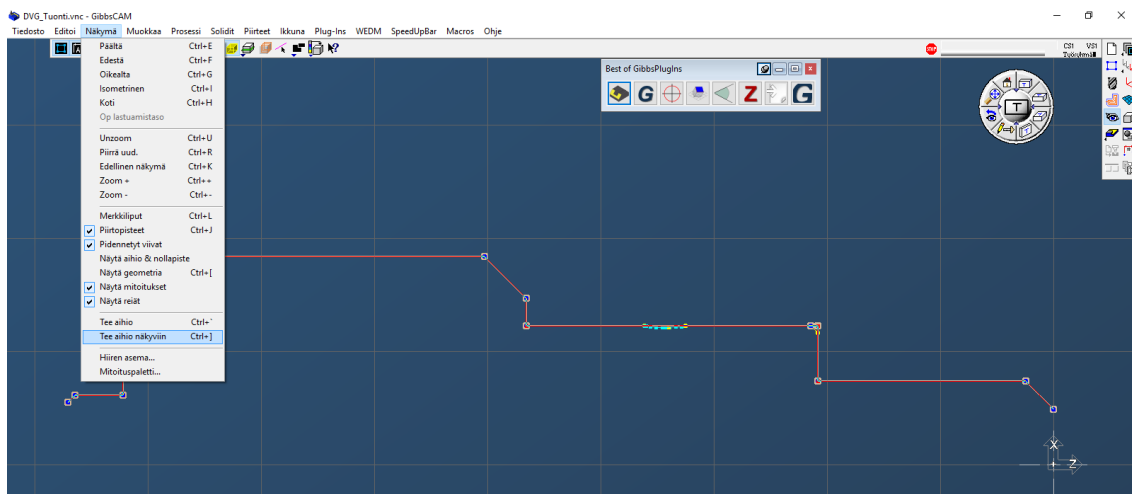
KUVA 17. Polku ”Muodon seuranta”-toimintoon.



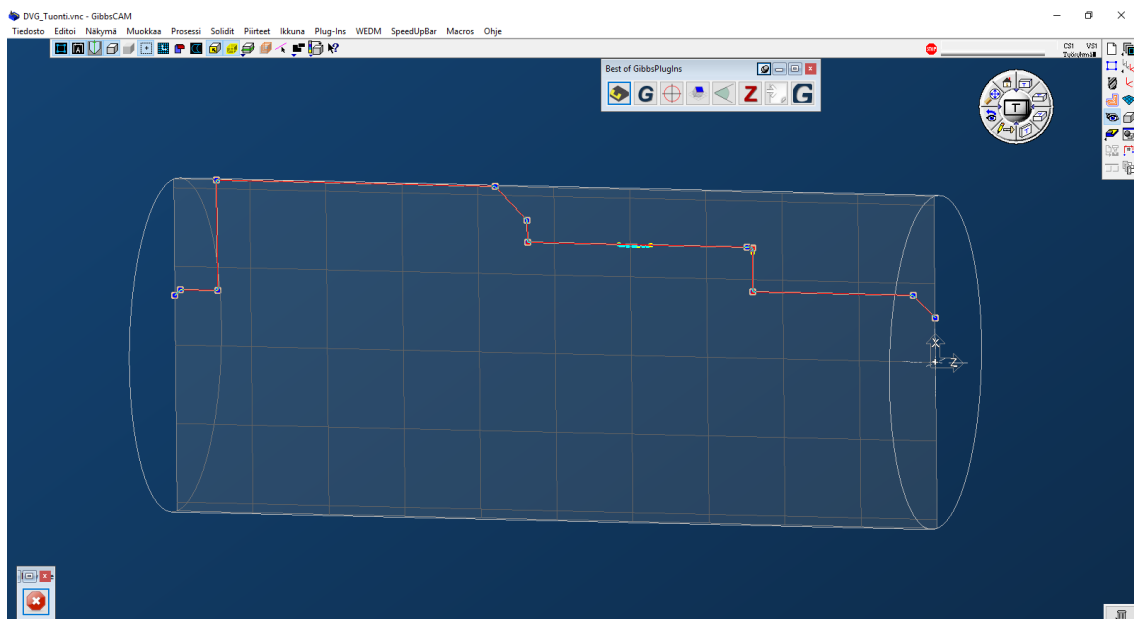
KUVA 18. Viivat valittuna ja ”Tee se” painike.



KUVA 19. Kuva ilmestyvästä laatikosta.



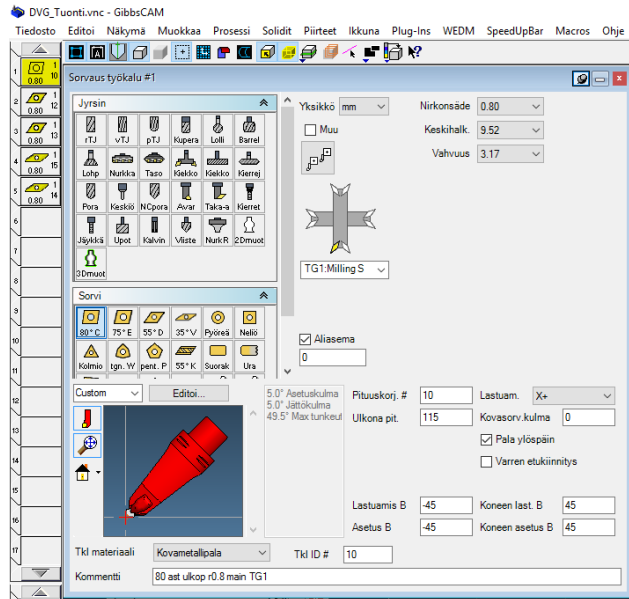
KUVA 20. Yhtenäinen geometria ja polku ”Tee aihio näkyviin”-toimintoon



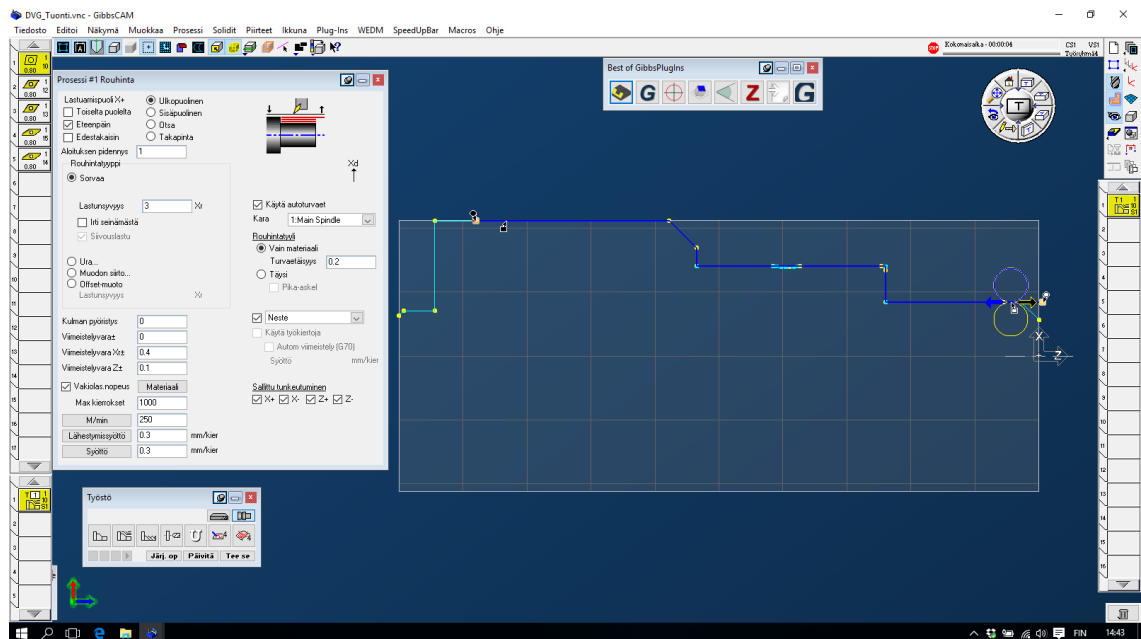
KUVA 21. Valmis aihio ja muoto työstettäväksi.



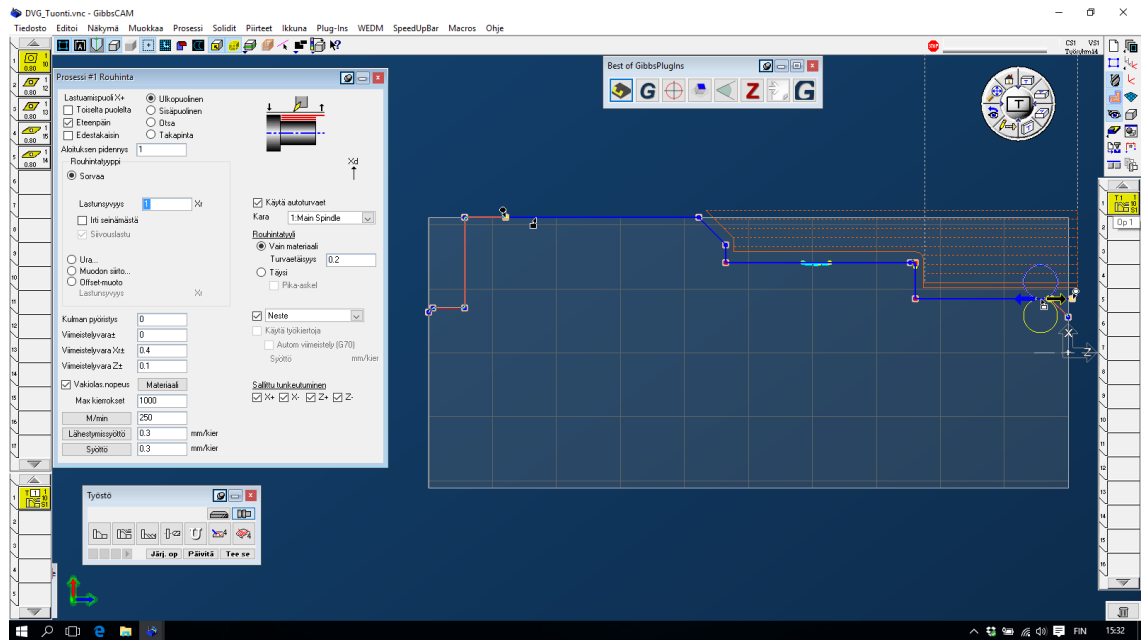
Aihion tekemisen jälkeen voidaan alkaa ohjelmoimaan työstöraitoja. Oikean työkalun luomisen jälkeen valitaan työstöprosessiksi rouhinta (kuvat 22 & 23). Kun lähdetään työstämään muotoa geometriasta, on tärkeää, että valitsee työstettäväksi puoleksi ulkopuolen (kuva 24). Kuvassa näkyvä sininen ympyrä osoittaa kumpaa puolta aletaan työstämään. Kun työstöarvot ovat kohdallaan painetaan ”Tee se” painiketta ja luodaan työstöradat (kuva 24). Tarkistetaan simuloinnilla onnistuuko sorvaus halutuilla asetuksilla (kuva 25).



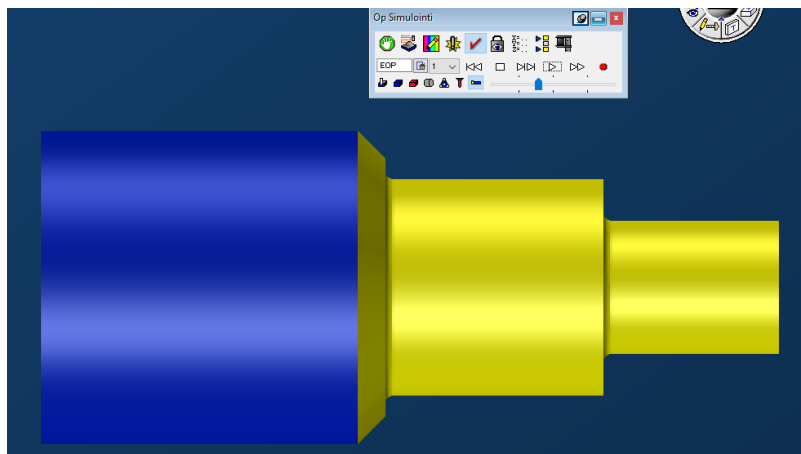
KUVA 22. Esimerkki työkalusta.



KUVA 23. Prosessin tiedot ja ajopinnan valinta.



KUVA 24. Valmiit työstöradat.



KUVA 25. Kappale simuloinnin jälkeen.

Toinen tapa Muodon seurannan käyttämiseen liittyy geometrian luomiseen GibbsCAM:illä. Tämän ominaisuuden avulla pystytään luomaan viivoista ja muodoista, jotka leikkaavat toisensa jossain kohdassa, yhtenäinen geometria. Tämän jälkeen geometrian pystyy pursottamaan 3D kappaleeksi, jonka jälkeen se on valmis ohjelmointia varten.

## 5.2 VoluMill

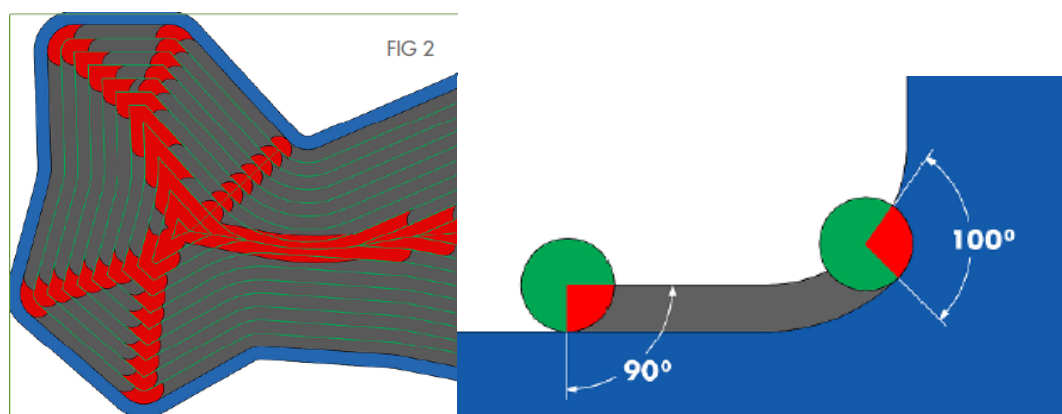
Nykyään pyritään jatkuvasti tehokkaampaan tuotantoon ja lyhyempiin läpimenoaikoihin. CAM-ohjelmien tavoite on vastata asiakkaiden tarpeisiin ja mahdollistaa tuotannon

tehostaminen erilaisin keinoin. VoluMill on vuoden 2015 päivitykseen tullut ominaisuus, joka mahdollistaa suurnopeusjyrsintäominaisuuksien ohjelmoimisen ja hyödyntämisen työstöissä.

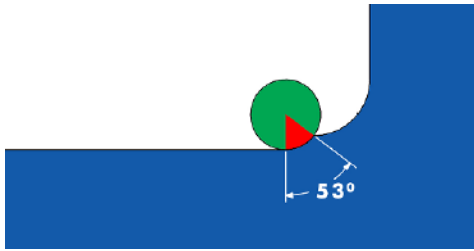
VoluMill on yksi jyrsinpuolen prosesseista. Se tarkoittaa dynaamista suurnopeusjyrsintää. Siinä käytetään korkeita työstöarvoja, jotka mahdollistavat tehokkaan materiaalin poiston. Korkeiden arvojen käyttö lisää suorituskykyä ja nopeuttaa työstöä, työstöön kuluva aika vähenee jopa 40-60% ja koko läpimenoaika nopeutuu huomattavasti. Sen käyttö on helppoa ja se vähentää kuluja. VoluMillin avulla tuotanto tehostuu huomattavasti.

VoluMill ei vaadi mitään erikoistyökaluja, joten sen käyttämät työkalut ovat edullisia. Siinä maksimoidaan työkalujen hyödyntäminen mahdollisimman suurella lastuamisnopeudella ja -syvyydellä. Mitä enemmän työkalu koskee kappaleeseen, sitä enemmän se leikkaa materiaalia. Esimerkiksi lastunsyvyys voi olla jopa 3 kertaa työkalun halkaisija, syöttö teräksellä 8000 millimetriä/minuutti ja sivulastun paksuus 10% työkalun halkaisijasta. Tämä tarkoittaa optimoituja työstöratoja ja työkalukosketuksia, jotka samalla säästävät työkalua.

VoluMillissä ilma virtaa karan läpi jatkuvasti. Se estää ylikuumentumista ja siksi voidaan käyttää aggressiivista syöttöä ilman työkalun rikkoutumista. VoluMill säästää konetta, koska sen kaikki liikkeet ovat suurnopeusjyrsintään soveltuvia ja jouheita. Dynaaminen suurnopeusjyrsintä pitää työkalun kehän kosketuskulman vakiona ja säätelee dynaamisesti syötön kaarissa. Kuvissa 26 ja 27 huomaa eron perinteiseen jyrsintään verrattuna.



KUVA 26. Perinteisen jyrsinnän ongelmakohdat.

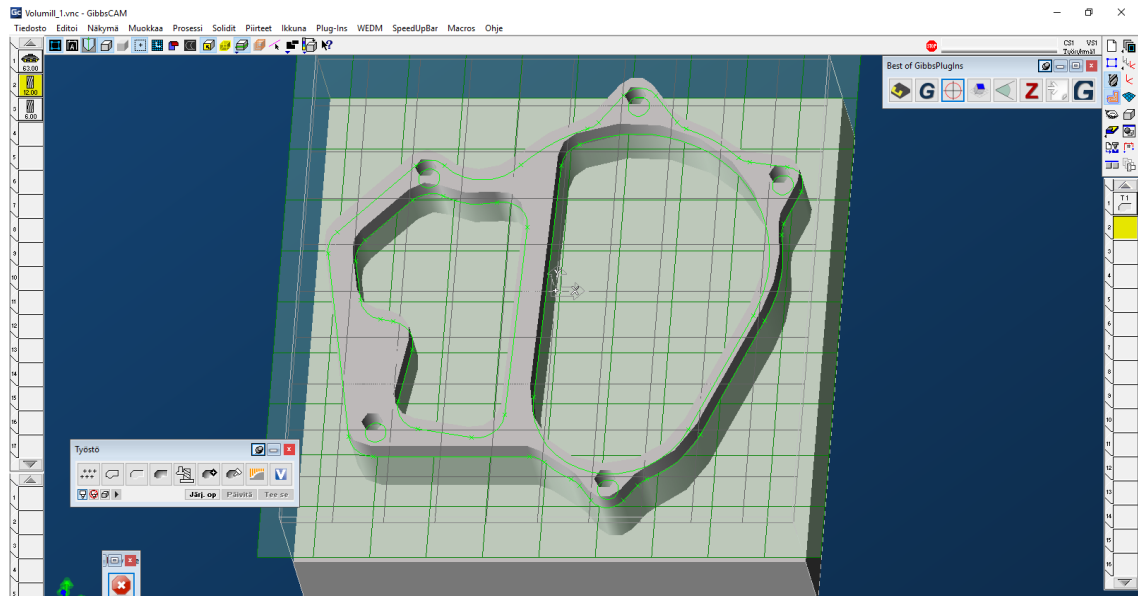


KUVA 27. VoluMill työkalun kehän vakio kosketuskulma.

### 5.2.1 Esimerkki VoluMillin käytöstä

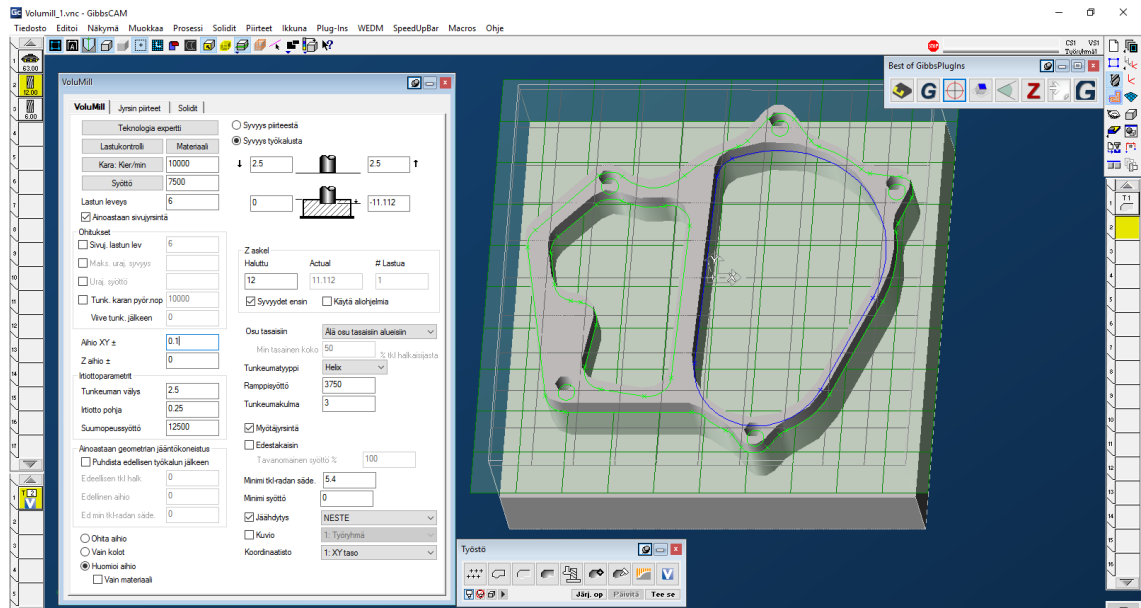
Seuraavaksi käydään läpi yksi esimerkki VoluMill ominaisuuden käyttämisestä. Kuten muissakin GibbsCAM:in toiminnoissa, myös tässä on useita erilaisia yksityiskohtia, jotka mahdollistavat ominaisuuden toimimisen useissa erilaisissa tilanteissa. Kaikkien eri vaihtoehtojen läpikäyminen ei ollut mahdollista, joten valittiin yksi kappale, jonka työstö toimii esimerkkinä tästä ominaisuudesta.

Jotta kappaleen työstöjen ohjelmoiminen voidaan aloittaa, täytyy ohjelmaan tuoda haluttu kappale ja luoda tarvittavat työkalut. Esimerkkiä varten pyrittiin valitsemaan kappale, joka tuo mahdollisimman hyvin esiin VoluMillin hyvät ominaisuudet. Tässä tapauksessa päädyttiin taskun jyrsintään VoluMillin avulla. Työkaluina esimerkissä käytetään rouhinnassa 12 millimetristä tappijyrsintä ja viimeistelyssä 4 millimetristä tappijyrsintä. Kappaleen pinta on oikaistu otsajyrsimellä ja ulkomuoto on rouhittu valmiiksi, joten voidaan alkaa työstämään taskuja. Jyrsin Profiler on päällä ja laskettu sellaiseen korkeuteen, että siitä saa valittua taskujen reunapinnat. Kuvasta 28 näkyy tilanne, josta lähdetään jatkamaan VoluMillillä.

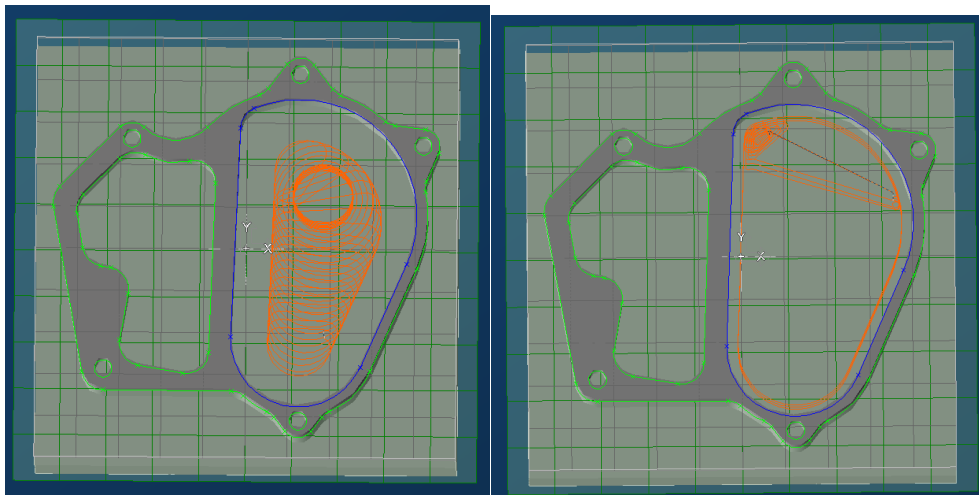


KUVA 28. Työkalut ja Profiler valmiina VoluMillille.

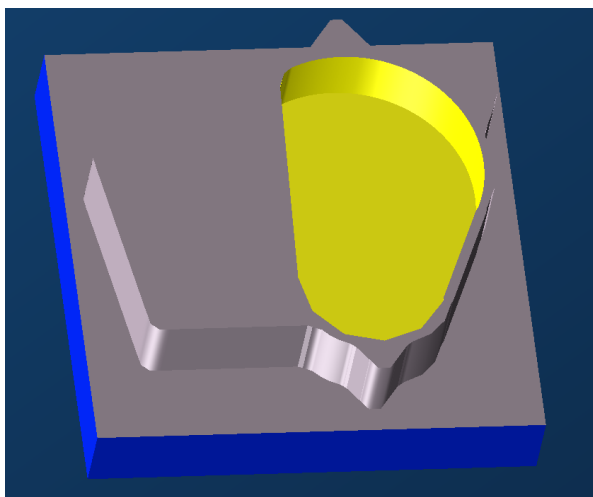
Valitaan siis 12 millimetrinen tappijyrsin työkaluksi, prosessiksi VoluMill ja raahataan ne prosessilaatikkoon, jolloin aukeaa valikko, johon saa säädettyä työstöarvot ja muut asetukset (kuva 29). Kun arvot ovat kohdallaan ja työstettävä tasku valittuna painetaan ”Tee se” ja katsotaan millaiset työstöradat ilmestyy (kuva 30). Tämän jälkeen tehdään samat uudestaan, mutta vain 4 millimetrisellä tappijyrsimellä, joka viimeistelee taskun. Suurnopeusjyrsintää käyttäessä lastun leveys on 10% työkalun leveydestä, joten radat tulevat tiheästi. Viimeistelyssä poistetaan vain jäljelle jäänyt materiaali, siksi työstörajoja on vähemmän ja vain reunoilla. Tämä vaikuttaa myös lopputulokseen. Usein näin tulee hyvä ja tasainen tulos. Osittain jo työstöradoista näkee meneekö kaikki niin kuin pitää ja viimeistään simulointi kertoo sen tarkemmin (kuva 31).



KUVA 29. Työstöarvot kohdallaan ja tasku valittuna.



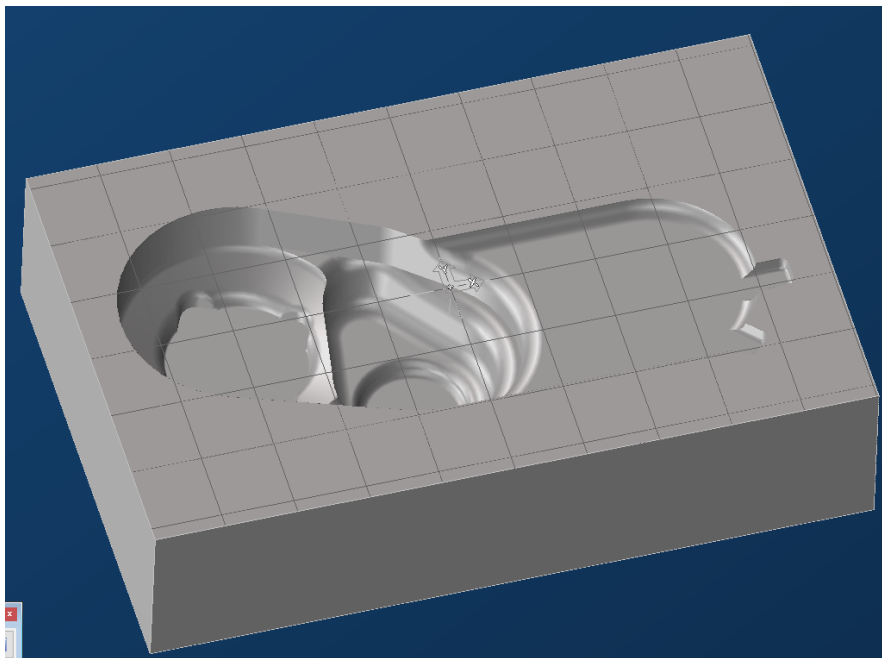
KUVA 30. Vasemmalla rouhinnan työstöradat ja oikealla viimeistelyn.



KUVA 31. Tasku simuloinnin jälkeen.

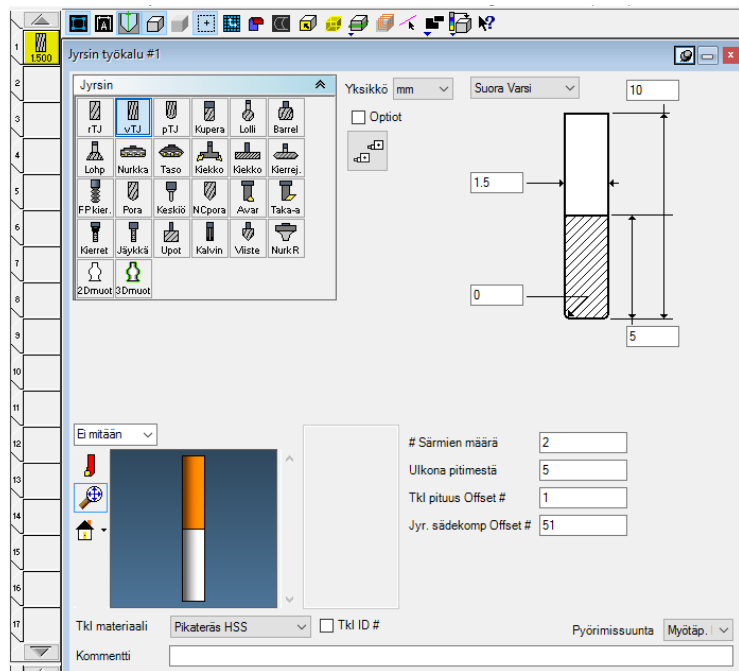
### 5.3 Advanced 3D – Adaptive pocketing

Advanced 3D on yksi jyrsinpuolen prosesseista. Adaptive pocketing on vuoden 2015 versioon tullut uusi ominaisuus taskujen jyrsintään. Se käyttää taskun työstössä suurnopeusjyrsintää, joten siinä on hyvin paljon samoja ominaisuuksia kuin VoluMillissä. Adaptive pocketing on 3D taskujen jyrsintään soveltuva ominaisuus. Se on erityisen hyvä työstämään taskuja, jotka eivät ole perinteisen lieriön muotoisia vaan kaarevien pintojen ja vinojen seinien muodostamia poteroja. Seuraavaksi ohjeistetaan Advanced pocketingin käyttöä esimerkkikappaleen avulla. Esimerkkikappaleessa on tasku, joka on hyvin monimutkainen syvyyksiltään ja muodoiltaan (kuva 32).



KUVA 32. Esimerkkikappale.

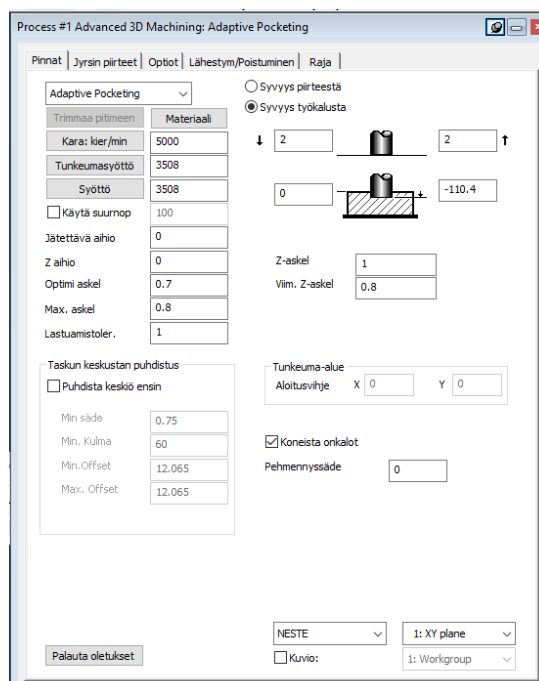
Kappaleen tuomisen jälkeen on tärkeää, että luodaan mitoiltaan oikeanlainen työkalu, joka soveltuu kuvassa näkyvän poteron työstämiseen. Tässä esimerkissä käytetään 1,5 millimetristä tappijyrsintä, jonka terän pituus on 5 millimetriä ja koko varren 10 millimetriä (kuva 33).



KUVA 33. Esimerkissä käytetty työkalu.

Advanced pocketing löytyy Advanced 3D machining prosessin valikosta (kuva 34).

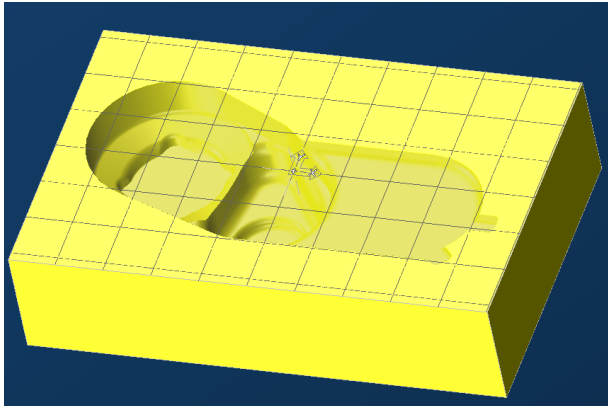
Kuvassa näkyvien työstöarvojen suuruudet vaikuttavat taskun muotoihin ja pinnan laatuun. Mitä pienemmäksi arvot laitetaan, sitä tarkempaa jälkeä työstöradat tekevät. Kuitenkin ensimmäisiä kokeiluja kannattaa tehdä karkeammilla työstöarvoilla, koska prosessin laskemisessa tarkoilla arvoilla kestää ohjelmassa kauan.



KUVA 34. Esimerkki työstöarvoista.

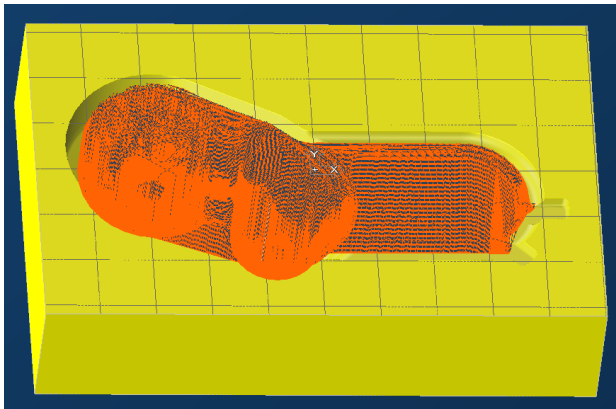


Kappaleesta ei tarvitse erikseen valita taskun pintoja tai geometrioita. Riittää kun valitsee koko kappaleen aktiiviseksi ja laittaa lopulliseen syvyyteen kappaleen kokonais-  
syvyyden, niin ohjelma laskee taskun syvyydet taskun muodon mukaan (kuva 35).

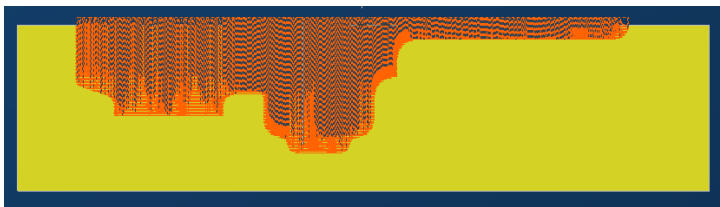


KUVA 35. Kappale aktiivisena.

Työstöradat ovat taskun jyrsimisessä melko tiheästi, koska siinä hyödynnetään suurnopeusjyrsintää ja lastutaan ohuita kerroksia kerrallaan muotojen säilyttämiseksi. Kuvista näkyy, kuinka tiheät työstöradat on ja kuinka ne tekevät pohjan muodot (kuvat 36 & 37)

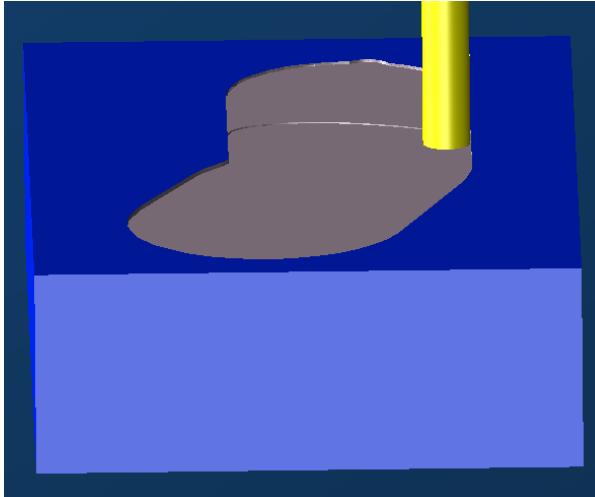


KUVA 36. Työstöradat yläviistosta.

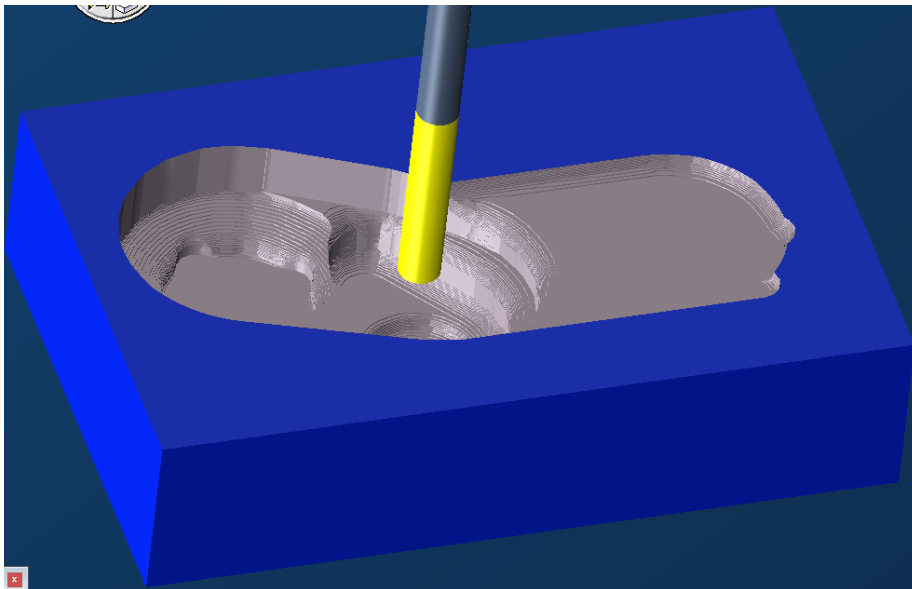


KUVA 37. Työstöradat sivusta.

Simuloinnissa näkee kuinka ohuita kerroksia kappaleesta jyrsitään kerralla (kuva 38). Kuten edellä mainittiin, tämä vaikuttaa myös lopputulokseen (kuva 39).



KUVA 38. Kuva simuloinnin alkuvaiheilta.



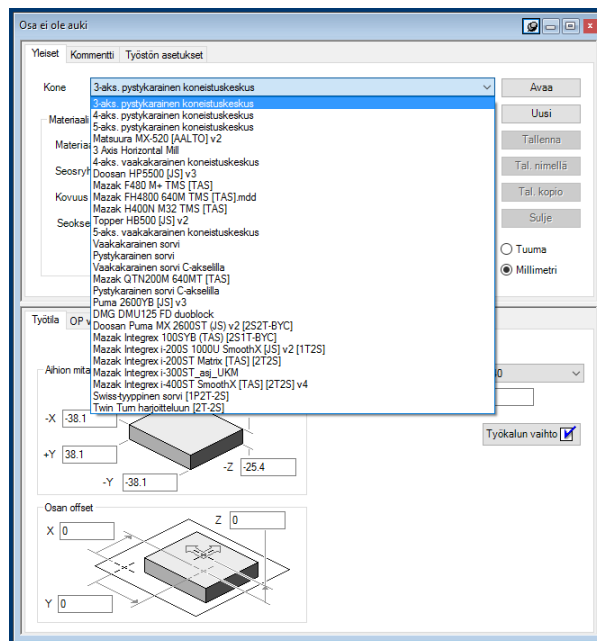
KUVA 39. Lopputulos simuloinnissa.

#### 5.4 MDD-Oletus: Työkalujen tallennus

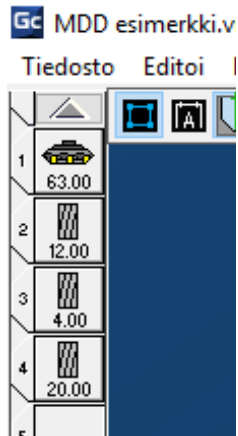
MDD (Machine data definition) on konetietotiedosto, joka on luotu jokaiselle konekokonaisuudelle. Se on vakio työskentely alusta, joka aukeaa joka kerta, kun ohjelman avaa. Jokaiselle koneelle luodaan oma MDD-tiedosto, johon sisällytetään kyseisen koneen työkalut, kiinnittimet, kiinnitin leuat ja työkalun pidikkeet. Se on perusteellinen luonnos kyseisestä koneesta, jossa on tarkat työkalunvaihtopaikat, akselien liikkeiden vaihteluvälit ja muut tiedot. On tärkeää, että siinä on tarkasti akselien määrät, sijainnit, nollakohtat ja akselien järjestykset.

GibbsCAM on monista yksityiskohdistaan huolimatta helppokäyttöinen ohjelma käyttää. Siinä on useita erilaisia ominaisuuksia, jotka on tehty helpottamaan ohjelman joka-päiväistä käyttöä. Esimerkkinä tästä on MDD alustan tallentaminen työkaluineen. Jokaisessa työstökoneessa on omat työkalunsa, joita niissä käytetään. Kun ensimmäisellä kerralla tekee työkalut huolellisesti kiinnittimiseen ohjelmaan, voi seuraavalla kerralla huoletta avata ohjelman ja haluamansa työstökoneen, jolloin avautuu valmiiksi myös työkalut, mahdollisesti kiinnittimet ja muut. Seuraavaksi käydään läpi MDD-tiedoston tallentaminen siten, että seuraavalla avauskerralla työalusta avautuu valmiiksi.

Ensimmäisenä valitaan koneluettelosta haluttu kone (kuva 40). Tämän jälkeen luodaan halutut työkalut työkalulistaan, tässä esimerkissä käytetään VoluMill-harjoituksessa käytettyjä työkaluja (kuva 41).

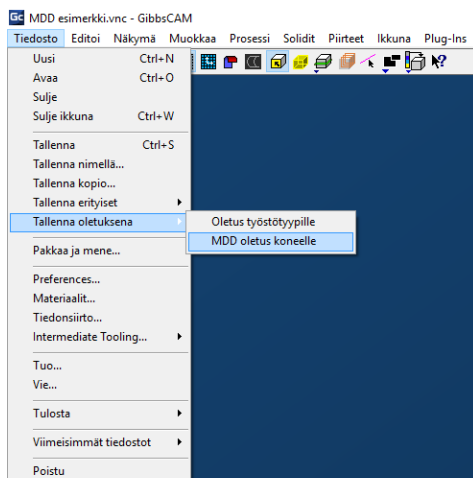


KUVA 40. Dokumentit valikon koneluettelo.

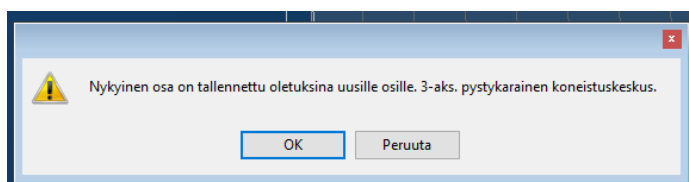


KUVA 41. Luodut työkalut.

Kun työkalut on luotu, mennään polkua Tiedosto-Tallenna oletuksena ja valitaan MDD oletus koneelle (kuva 42). Kuitataan ilmoitus painamalla ”Ok” ja näin työkalut ovat tallentuneet (kuva 43). Se voidaan testata vielä avaamalla Dokumentit-valikosta sama työstökone, jolloin huomataan työkalujen avautuvan automaattisesti. Näin saadaan luotua valmiita työalustoja, jotka nopeuttavat ohjelmointia huomattavasti.



KUVA 42. Polku MDD oletuksen tallentamiseen.

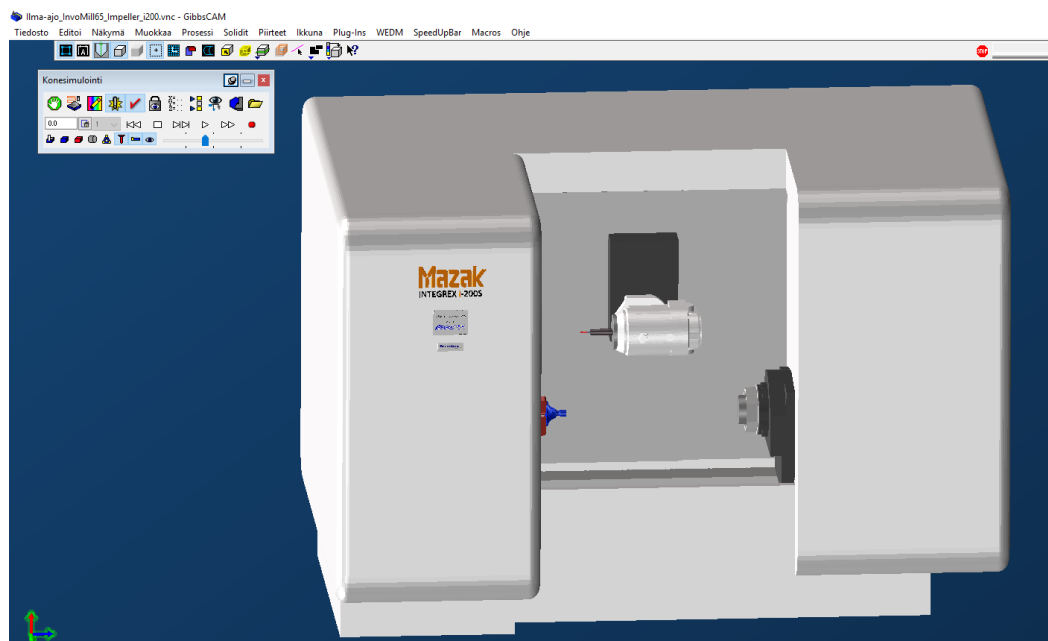


KUVA 43. Kuitataan ilmoitus painamalla ”Ok”.

## 5.5 Konesimulointi: Uudet ominaisuudet

Valmiiden ohjelmien tarkastamiseen käytetään GibbsCAMin ominaisuutta konesimulointi. Konesimuloinnissa näkee, kuinka kappaleen työstö konkreettisesti tapahtuu, onko työstöradat oikeita ja leikkaavatko terät kappaletta tarpeeksi. Siinä näkee miten työstökone käyttäytyy ohjelman edetessä ja tuleeko ohjelman aikana törmäyksiä tai muita ongelmia, jotka estävät ohjelman etenemisen loppuun. Simuloinnin jälkeen ja jopa sen aikana on mahdollista muuttaa ja parantaa ohjelmaa halutunlaiseksi.

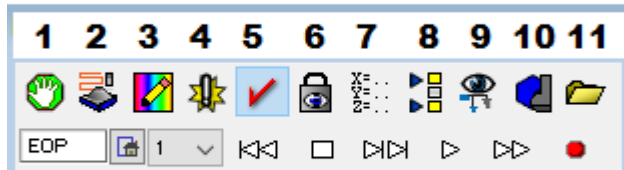
Halutessaan konesimulointiin saa integroitua työstökoneet, kiinnittimet sekä työkalut. Näin ohjelman hahmottaminen juuri sille tietylle työstökoneelle on helppoa ja vaivatonta. Integrointi helpottaa myös ohjelmoinnin aloittamista, koska avatessaan tietyn työstökoneen ohjelmaan, aukeaa myös työkalut, kiinnittimet, työkalupitimet ja muut valmiiksi. Etenkin haastavimmissa, kuten viisiakselisissa- ja monikappaletyöstöissä konesimuloinnin merkitys korostuu. Alla olevasta kuvasta näette GibbsCAMiin mallinnetun työstökoneen (kuva 44). Kuvassa näkyy tällä hetkellä valittuna oleva työkalu pitimineen, kiinnitin ja vastakara kiinnittimineen, jotka ovat mallinnettuina ohjelmaan.



KUVA 44. Konesimulointinäkymä työstökoneen kanssa.

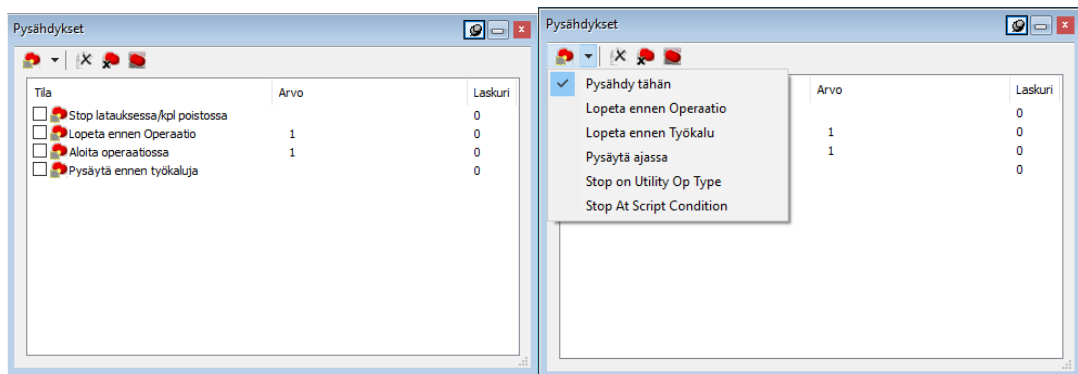
Konesimuloinnissa on useita erilaisia yksityiskohtia, joilla simulointia pystyy muuttamaan eri näköiseksi. Erilaisilla asetuksilla simuloinnissa pystyy tarkkailemaan eri asioi-

ta. Seuraavaksi käydään läpi simuloinnin eri ominaisuudet. Alla olevista kuvista näkyvät selitettävät symbolit (kuvat 45).



KUVA 45. Konesimuloinnin symbolit 1-11.

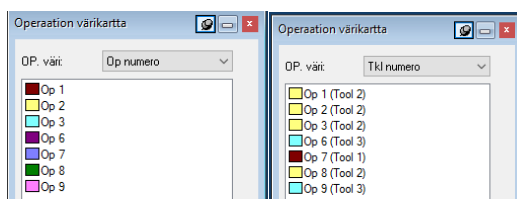
1. Pysäytykset. Valitsemalla listassa olevia komentoja pystyy vaikuttamaan, että mitä operaatiota ennen simulointi pysähtyy (kuva 46). Ylhäältä aukeavasta valikosta pystyy muokkaamaan luotavan pysäytyksen tyyppiä.



KUVA 46. Pysäytykset -välilehden valinnat.

2. Näyttää työkalujen liikkeitä simuloinnissa leikkaamatta solidia. Näin simuloinnin saa katsottua läpi nopeammin ja tarkasteltua työkalun liikkeitä.

3. Operaation värimoodilla saa asetettua operaatioille tai työkaluille eri värit. Tällöin simuloinnissa jäljelle jäävä materiaali muuttuu operaatioiden tai työkalujen vaihtuessa (kuva 47). Tämä auttaa näkemään, mitkä osat kappaleesta työstetään milläkin operaatiolla tai työkalulla.

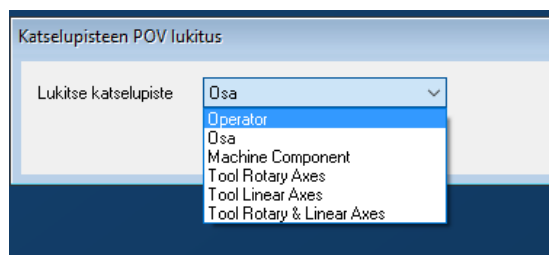


KUVA 47. Operaatioiden ja työkalujen värikarttavalinta.

4. Kolarin valvonnalla pystytään valvomaan törmäyksiä, joita saattaa tulla simuloinnin aikana.

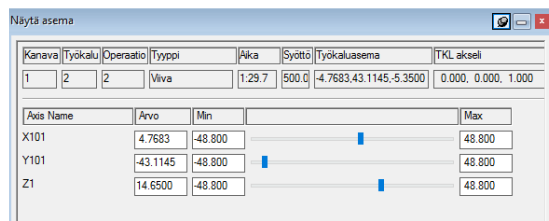
5. Ohjelman virhetarkastus kertoo ohjelman aikana ilmenevistä virheistä. Esimerkiksi aksiaalisista liikkeistä, joita on mahdoton toteuttaa asetettujen asetusten rajoissa.

6. Katselupisteen saa lukittua haluttuun paikkaan, jolloin koko simulointi katsotaan halutusta kohdasta. Esimerkiksi ”Operator” –valinnalla katsotaan simulointia koneen ulkopuolelta (kuva 48).



KUVA 48. Katselupisteen lukitus –valikko.

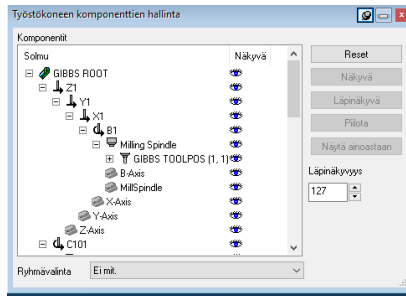
7. Näytä asema painikkeella pystyy seuraamaan terän asemaa työstön aikana (kuva 49).



KUVA 49. Terän aseman tiedot.

8. ”Ohittamalla ei valitut operaatiot” näkee simuloinnissa vain haluamansa operaation työstön. Esimerkiksi jos edellä on todella pitkiä työstöjä, joiden simulointi kestää kauan, pystyy kyseisellä ominaisuudella katsomaan vain haluamansa operaation työstön.

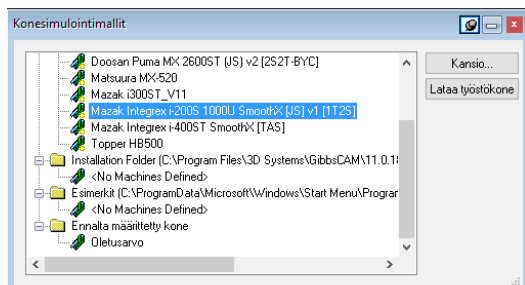
9. Koneen komponenttien näkyvyydellä pystyy säätämään mitkä koneen komponentit halutaan näkyväksi simuloinnissa. Osia pystyy piilottamaan joko yksittäin tai erilaisia kokonaisuuksia. Sulkemalla valikossa näkyvän silmän saa osat piiloon (kuva 50).



KUVA 50. Komponenttien hallinta –valikko.

10. Don't occlude Stock –painikkeella saa työstökoneen läpinäkyväksi.

11. Lataa työstökone –valikosta saa valittua haluamansa koneen simulointiin (kuva 51). Tarvittaessa valikosta saa valittua myös ”Oletusarvon”, jolloin konetta ei tule simulointiin ollenkaan.



KUVA 51. Konesimulointimallit –valikko.

Alapalkin ominaisuudet ovat yksinkertaisempia simuloinnin toimintoja ja ne on selvitetty seuraavaksi (kuva 52).



KUVA 52. Simuloinnin symbolit 12-19.

12. Työkalun läpinäkyvyys - jos työkalu häiritsee simuloinnin näkyvyyttä, sen saa läpinäkyväksi.

13. Aihion läpinäkyvyys. - jos aihio häiritsee simuloinnin näkyvyyttä, sen saa läpinäkyväksi.

14. Kiinnittimen läpinäkyvyys - jos kiinnitin häiritsee simuloinnissa näkyvyyttä, sen saa näin läpinäkyväksi.



15. Viipaloi sorvin aihio - pystyy tarkastelemaan esimerkiksi sisäsorvauksen simulointia paremmin.
16. Näytä geometria yli - saa geometrian näkymään simulointivaiheessa.
17. Näytä pikaliikkeet - näyttää pikaliikkeet, joilla työkalu mahdollisesti lähestyy aihiota.
18. Näytä työkalupidin.
19. Näytä työstökone.

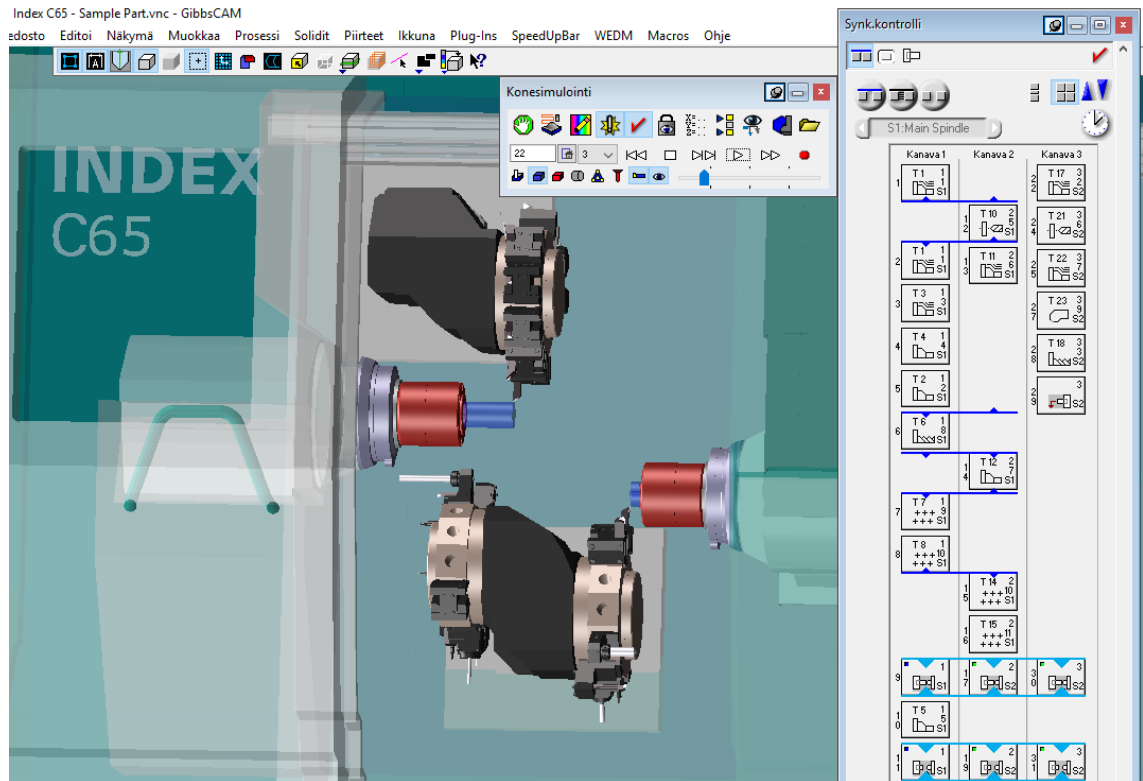
## 5.6 Universal Kinematic Machine

Nykyään työstökoneilta vaaditaan jatkuvasti tehokkaampaa ja nopeampaa toimintaa. Tämä vaikuttaa koneiden ominaisuuksien lisääntymiseen, sekä käytön monipuolistumiseen. Työstökoneiden kehittyessä myös CAM-ohjelmien täytyy pysyä kehityksessä mukana. GibbsCAM pyrkii olemaan jatkuvasti parempi ja monipuolisempi ohjelma ja nyt se on saanut uuden merkittävän ominaisuuden valmiiksi. Universal Kinematic Machine (UKM) on vuoden 2015 versioon tullut uudistus. Se on monen vuoden suunnittelun tulos, joka vastaa uusien monipuolisten työstökoneiden vaatimuksiin.

UKM:n kehittämisessä lähdettiin liikkeelle siltä pohjalta, että kaikki rajoitukset saataisiin poistettua. Tällä tarkoitetaan sitä, että akseleita voi olla rajattomasti ja useisiin suuntiin ja sitä, että useat työkalut pystyvät työskentelemään samanaikaisesti. Se mahdollistaa kaikkien koneiden ohjelmoimisen ja simuloimisen, myös sellaisten, joita ei ole kehitetty vielä. Erityisesti monimutkaisissa koneissa näistä muutoksista on hyötyä. Muutokset kuitenkin ulottuvat kaikkiin tuoteominaisuuksiin, ei pelkästään monimutkaisiin koneisiin.

Vaativat MTM-koneet (Multi Tasking Machine) saadaan tehokkaasti ohjelmoitua. Konesimuloinnin ja synkronisoinnin avulla voidaan toteuttaa tehokas ja turvallinen ohjelmointi haastaville koneille. Niitä hyväksikäyttäen saadaan optimoitua työstö helposti ja visuaalisesti. GibbsCAM UKM-ominaisuutta hyväksi käyttäen pystytään selvittämään, mitkä työkaluyksiköt voivat tehdä työstöä samanaikaisesti ja mitkä odottavat vuoroaan.

Alla olevasta kuvasta näkyy kolmikanavaisen Index C65 MTM-työstökoneen konesimulointi, sekä kanavien synkronisointi (kuva 53).

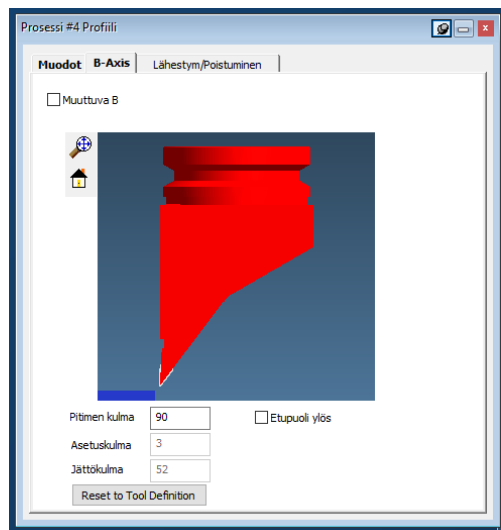


KUVA 53. Kolmikanavaisen työstökoneen konesimulointinäkökulma ja kanavien synkronisointi.

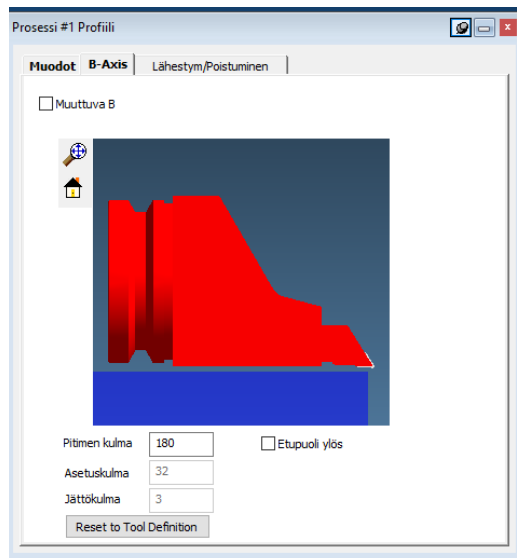
## 6 VERSIO 2016

### 6.1 Sorvaustyökalun kääntö

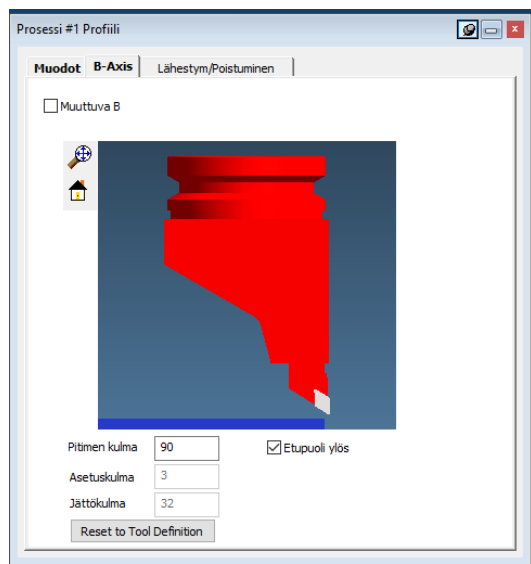
GibbsCAM pyrkii jatkuvasti parantamaan suorituskykyä ja helpottamaan ohjelman käyttöä. Sorvaustyökalun kääntö on jälleen yksi ominaisuus, jolla pystytään vähentämään työmäärää ja yksinkertaistamaan työkalukirjastoa. Aikaisemmissa versioissa työkalun kääntäminen ei ole ollut mahdollista, sen sijaan on luotu useita työkaluja, jotta tietyt pinnat ja muodot saadaan työstettyä. Uuden version myötä sorvaustyökalua pystyy kääntämään asteittain useisiin eri asentoihin (kuvat 54 & 55). Etupuoli ylöspäin tai vastaavasti alaspäin (kuva 56). Vanhoille käyttäjille tutut muuttuvan B-akselin valinnat ovat yhä olemassa kuvassa 57 näkyvän valinnan myötä.



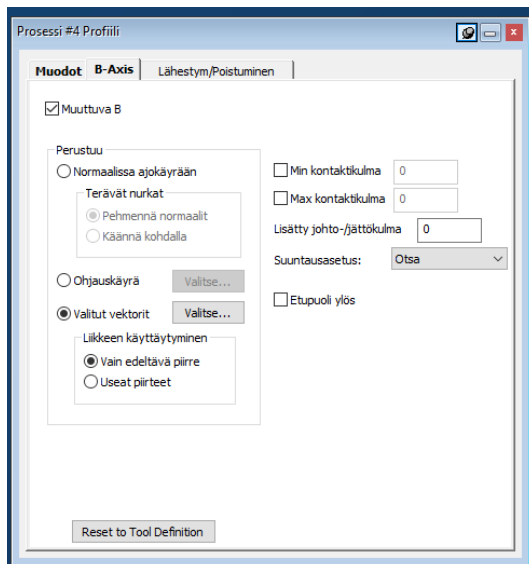
KUVA 54. Työkalu perusasennossa.



KUVA 55. Työkalu käännettynä 180 astetta.

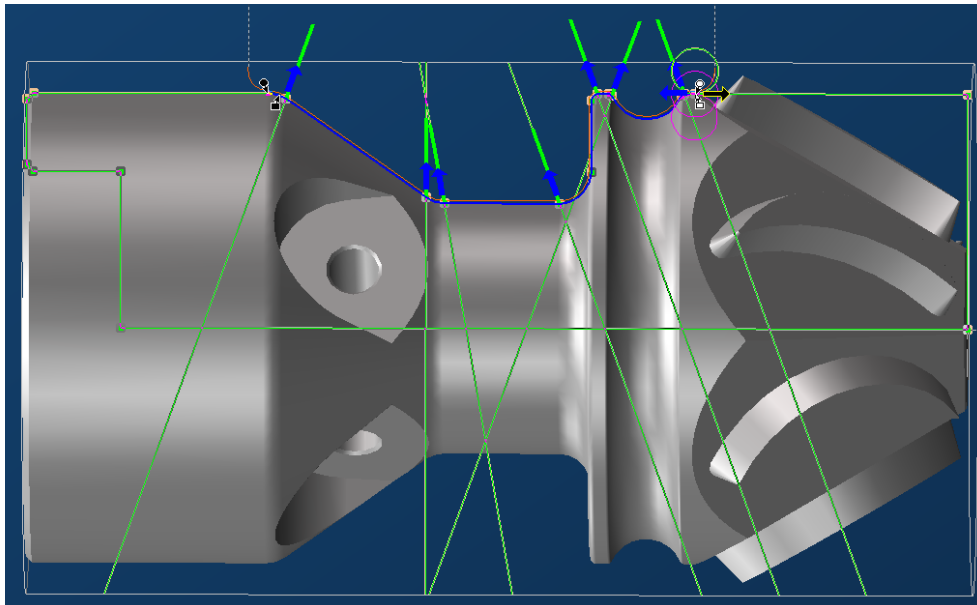


KUVA 56. Työkalu käännettynä etupuoli ylöspäin.



KUVA 57. B-akseli sorvaus.

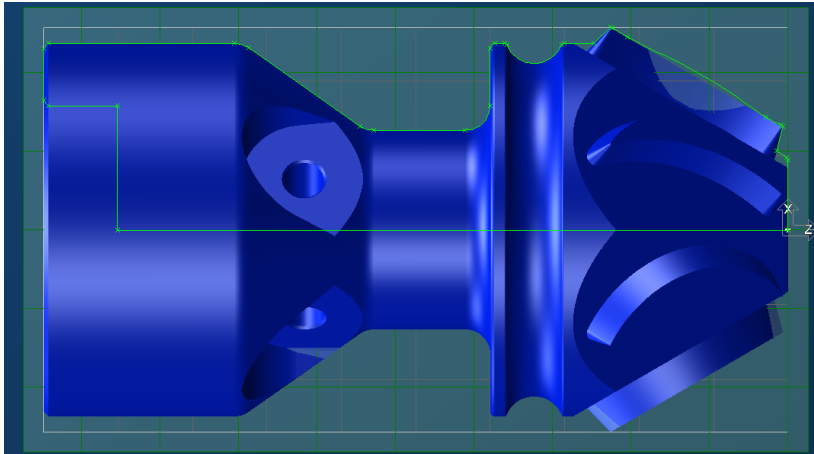
Alla olevassa kuvassa on esimerkki B-akselisorvauksesta (muuttuva B-akselin kulma sorvauksen aikana) (kuva 58). Siinä käytetään vektoreita, joiden osoittamissa kohdissa työkalu kääntyy. B-akselisorvaus mahdollistaa esimerkiksi hiontakevennyksen ilman turhia työkalunvaihtoja. Näin läpimenoaika lyhenee ja tarkkuus paranee.



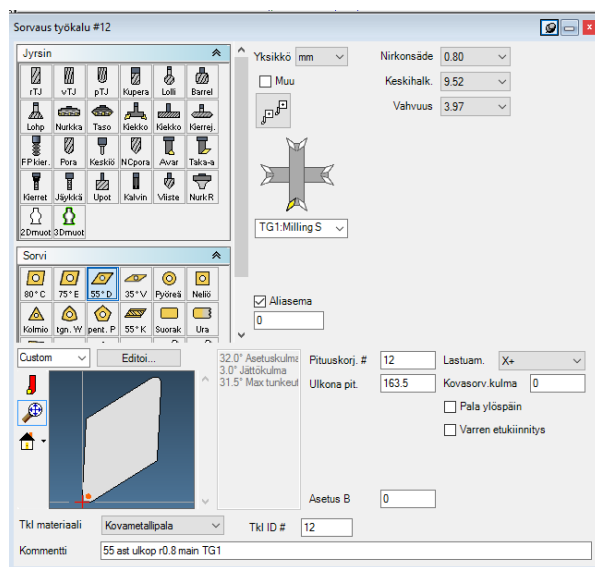
KUVA 58. Muuttuvan B-akselin käyttö.

### 6.1.1 Esimerkki sorvaustyökalun käännöstä

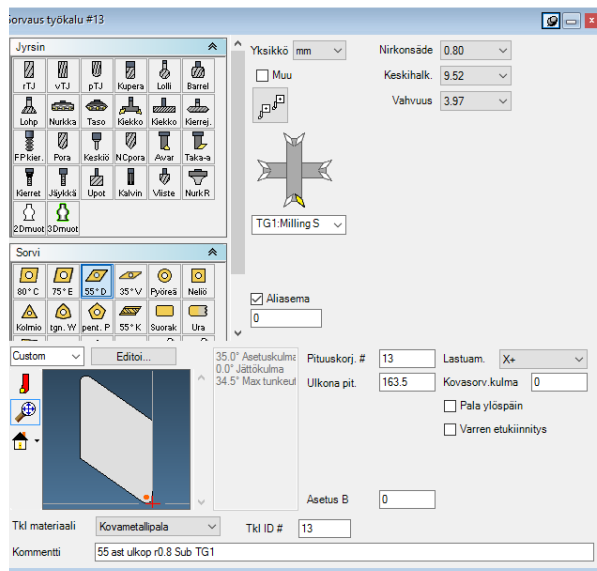
Seuraavaksi käydään läpi esimerkkikappale, jossa työkalun kääntöä hyödynnetään (kuva 59). Esimerkkikappaleen profiili oli aikaisemmin mahdoton sorvata kokonaan yhdellä työkalulla (kuva 60), koska siinä on suoraan alaspäin menevä seinämä. Tätä varten tehtiin toinen työkalu, joka pystyy sorvaamaan hankalan muodon (kuva 61). Nyt kuvan 61 työkalu pystytään korvaamaan ensimmäistä työkalua kääntämällä.



KUVA 59. Esimerkkikappale.

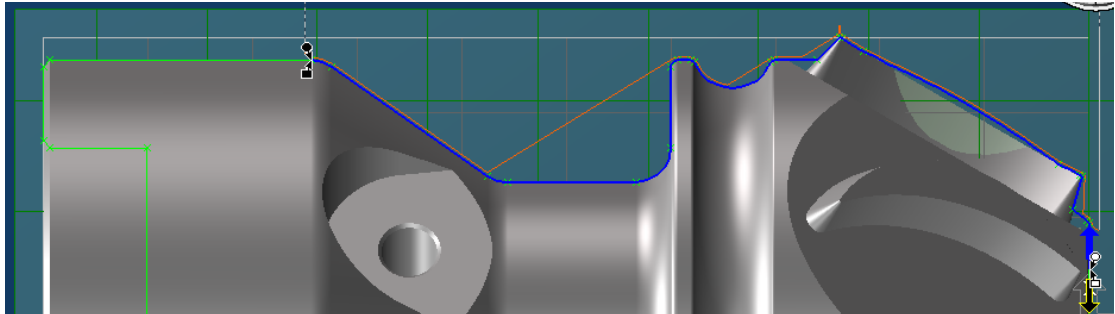


KUVA 60. Ensimmäinen työkalu.



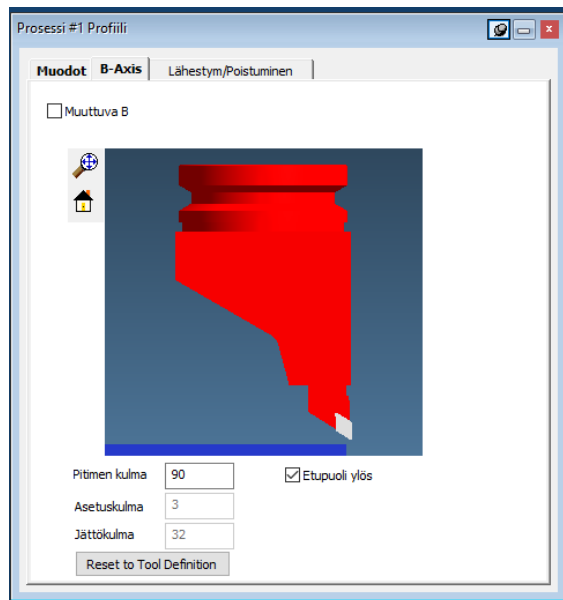
KUVA 61. Toinen työkalu muodon tekemiseen.

Kappaletta varten on valmiiksi luotu kuvassa 60 esiintyvä työkalu. Valitaan prosessiksi profiili ja valitaan sorvattavaksi alueeksi kappaleen ylämuoto (kuva 62). Ilmestyvistä työstöradasta nähdään, kuinka kyseisellä työkalulla koko muodon sorvaaminen on mahdollonta.

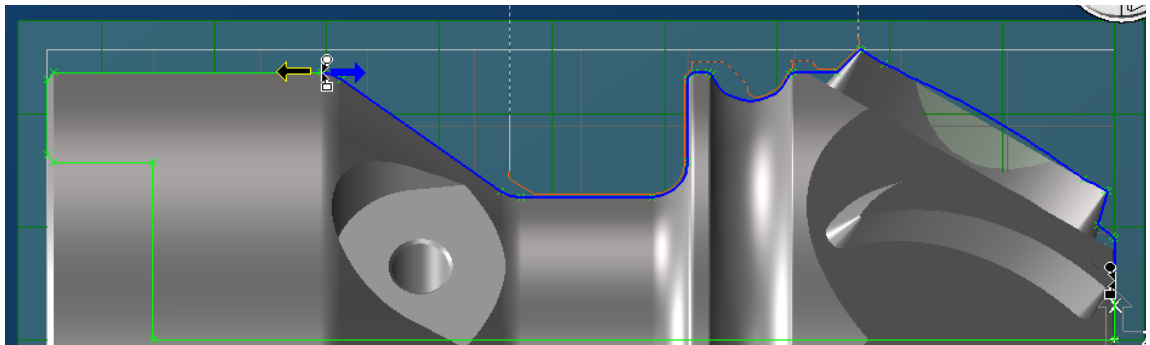


KUVA 62. Valittu muoto ja työstörata.

Tehdään uusi prosessi samalla työkalulla. Hyödynnetään toisella välilehdellä olevaa B-axis -valikkoa ja painetaan ”Etupuoli ylös” -valinta päälle (kuva 63). Työkalu kääntyy toiseen suuntaan (kuva 63). Valitaan sorvattavaksi sama muoto, sorvauksen suunta takaa eteenpäin, ja varmistetaan, että valittuna on ”Vain materiaali”, jolloin vältetään ylimääräinen työ. Työstöradasta näkyy, kuinka kappaleen hankalatkin paikat saadaan työstettyä (kuva 64).



KUVA 63. B-axis –valikko ja työkalu kääntyneenä.

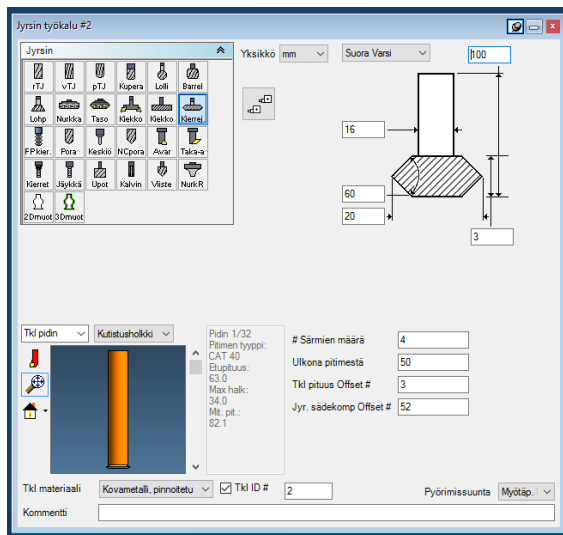


KUVA 64. Valittu muoto ja työstörata.

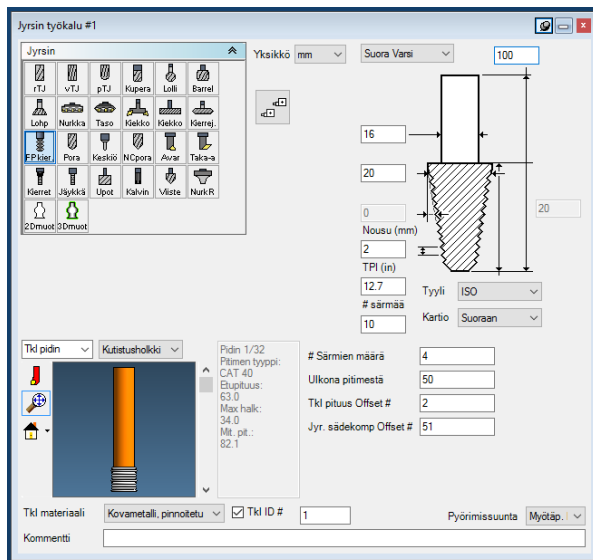
## 6.2 Kierteen jyrshintä

Kierteen jyrshintään on tullut muutoksia työkalusta lähtien. Aikaisemmin kierteen jyrshintä on käytetty yksipistekierrejyrshintä (kuva 65). Uudessa versiossa kierteen tekemiseen käytetään kampajyrshintä (kuva 66). Kampajyrshintä käyttämällä lastujen jako tapahtuu automaattisesti kamman korkeuden mukaan. Siinä missä yksipiste kierrejyrshintä tekee yhden kierteen yhdellä kierroksella, tekee kampajyrshintä niitä 10 (kuva 67). Työkaluun määritellään valmiiksi nousut ja särmien määrä. Uusi kampajyrshintä on mahdollista muotoilla kartion muotoiseksi, joka helpottaa kartion muotoisten kierteiden ohjelmointia.

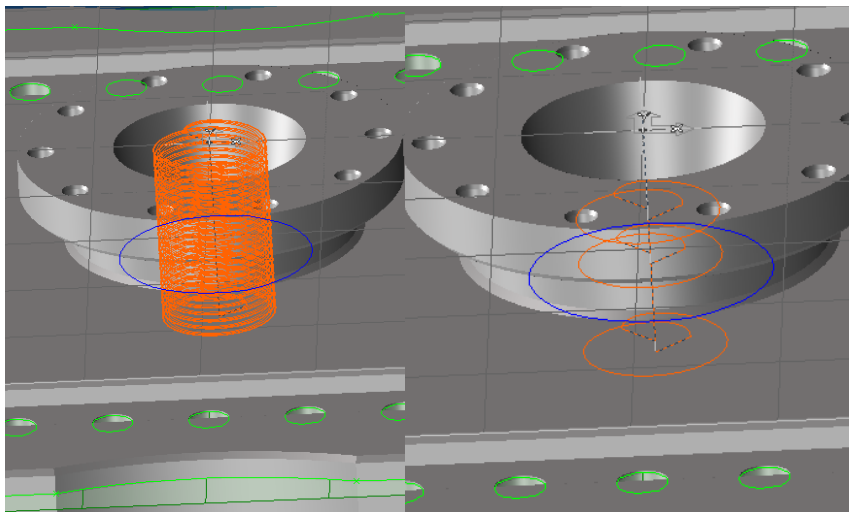




KUVA 65. Yksipiste kierrejyrsin.

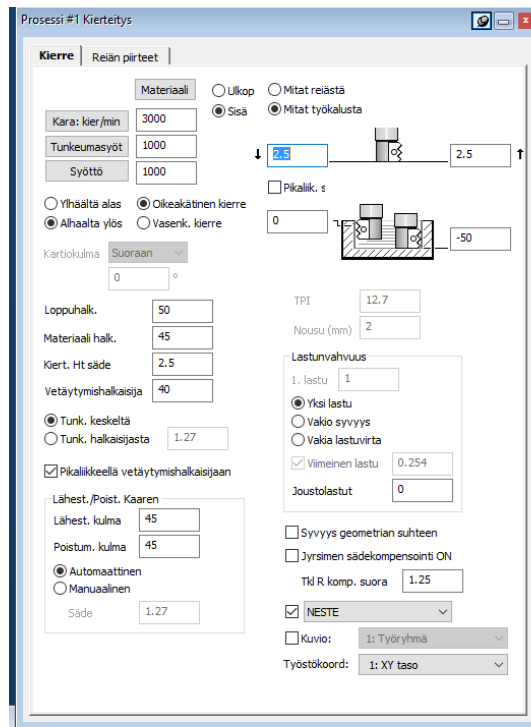


KUVA 66. Kampajyrsin.

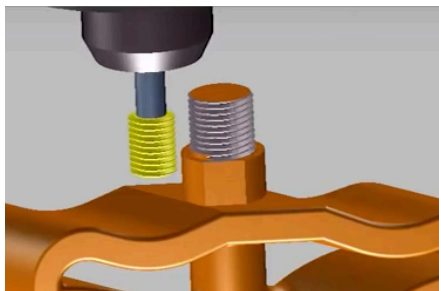


KUVA 67. Työstöradat yksipiste kierrejyrsimellä ja kampajyrsimellä.

Kierteen jyrshintään on tullut paljon lisää ominaisuuksia (kuva 68). Uudet ominaisuudet ovat erityisen hyödyllisiä kampajyrsimen kanssa. Uuden version kierrejyrsinässä on mahdollista käyttää geometriaa hyödyksi määrittelemään syvyyden. Se laskee automaattisesti, kuinka monta askelta tarvitsee jyrsiä kampajyrsimellä, jotta koko kierre saadaan tehtyä. Myös lastujen määrän määrittelyminen on mahdollista. Kuvasta 69 näkee, kuinka kierre tehdään yhdellä vedolla valmiiksi kampajyrsimen ansiosta (kuva 69).



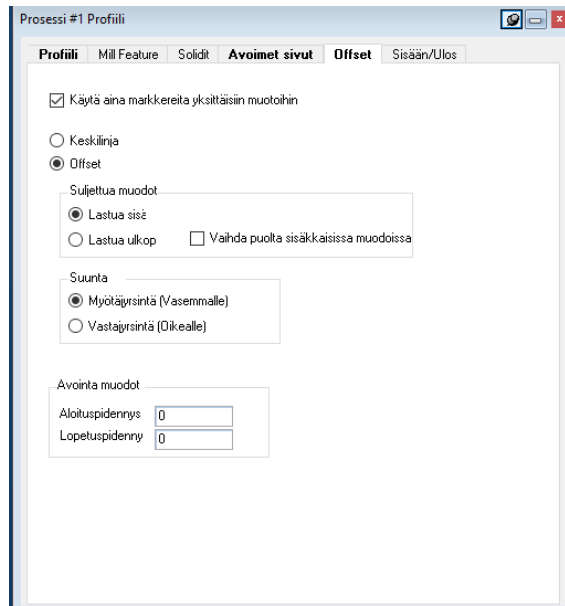
KUVA 68. Uusi kierteen jyrsinän valikko.



KUVA 69. Kierre valmiiksi yhdellä vedolla kampajyrsimellä.

## 6.3 Profilit

GibbsCAM 2016 tarjoaa käyttäjilleen parannetun usean profiilityöstön valintatyökalun. Käyttäjä voi aktivoida useita profiileja kerralla ja uudella Offset-välilehdellä asettaa tarvittavat parametrit (kuva 70).

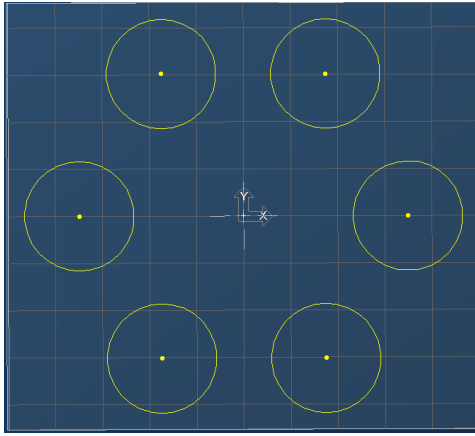


KUVA 70. Offset-välilehti.

Offset-valinnan kautta avautuu uusia mahdollisuuksia työstön muokkaamiseen. Sieltä löytyy omat säädöt suljettuun ja avoimeen muotoon. Suljetun muodon työstöstä pystyy valitsemaan joko sisäpuolisen tai ulkopuolisen lastuamisen. Myös lastuamisen suuntaa pystyy muuttamaan.

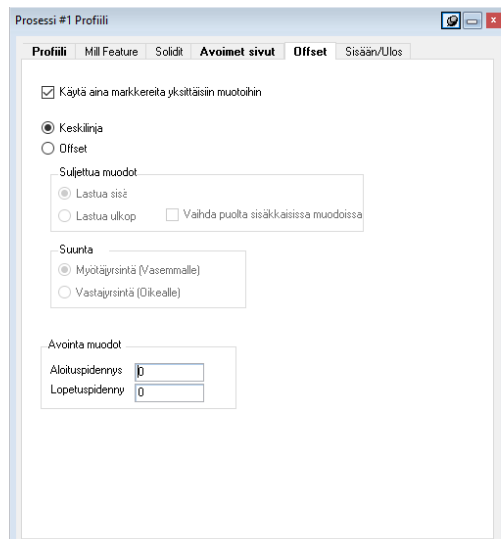
### 6.3.1 Esimerkki profiilivalinnan käytöstä

Seuraavaksi käydään läpi esimerkki. Esimerkkiin on luotu valmiiksi 6 ympyrää, joiden ääri viivoja käytetään (kuva 71). Kaikki ympyrät valitaan aktiiviseski painamalla Ctrl+jokainen ympyrä kerrallaan. Esimerkissä käydään läpi suljetun muodon kaikki eri mahdollisuudet eli keskilinjajyrsintä, ulkopuolinen jyrsintä ja sisäpuolinen jyrsintä. Esimerkkiä varten on luotu 12 millimetrinen tappijyrsin, jota esimerkissä käytetään.

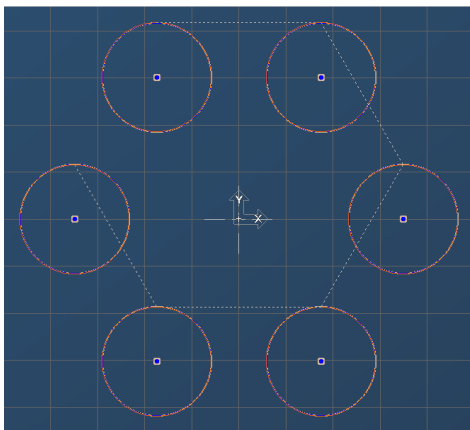


KUVA 71. Esimerkin ympyrät.

Keskilinjajyrinnässä Offset-välilehdeltä on valittuna ”Keskilinja” (kuva 72). Tällöin muita valintoja ei ole mahdollista tehdä ja työstöradat tulevat keskelle ääri viivoja (kuva 73).

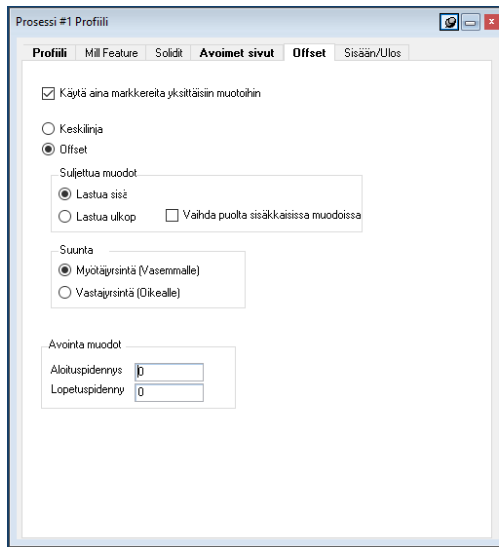


KUVA 72. ”Keskilinja” valittuna.

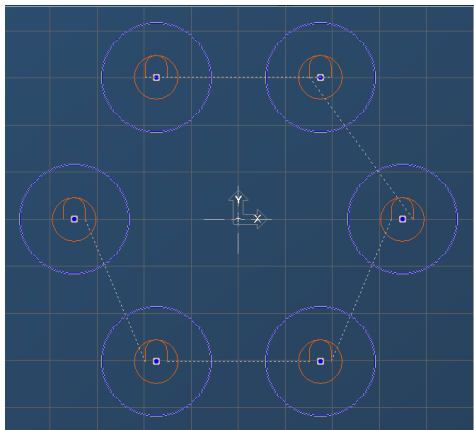


KUVA 73. Työstöradat ääri viivojen päällä.

Offset-valinnan kautta avautuu sisäpuolen lastuamisen mahdollisuus (kuva 74). Tällöin työstöradat tulevat muodon sisään (kuva 75).

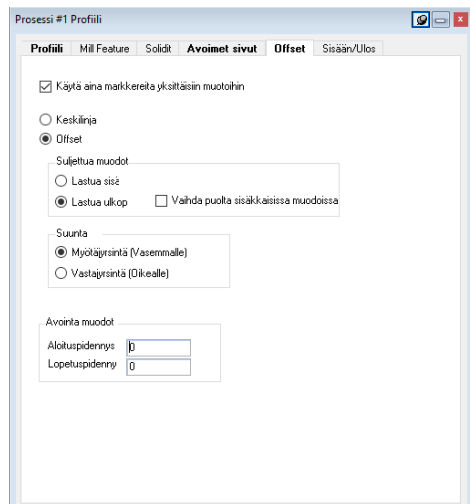


KUVA 74. Sisäpuolen lastuaminen valittuna.

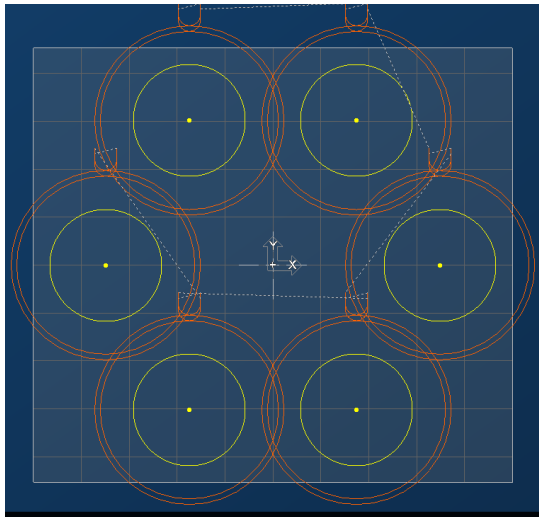


KUVA 75. Työstöradat muodon sisäpuolella.

Ulkopuolen lastuamisessa työstöradat tulevat muodon ulkopuolelle (kuvat 76 & 77). Työstöratojen määrään vaikuttaa ”Profiili”-välilehden asetukset.



KUVA 76. Ulkopuolinen lastuaminen valittuna.



KUVA 77. Työstöradat muodon ulkopuolella.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyöprojektin alussa aihe oli tiedossa, mutta aiheen rajaus oli vielä tekemättä. Aiheen rajauksessa käytettiin Cenic Finland Oy:n tuntemusta avuksi ja päädyttiin käsittelemään työssä tiettyjä toimintoja. Aiheiden rajaus auttoi huomattavasti projektisuunnitelman tekoa, sekä antoi selkeät raamit työn etenemiselle. Kokonaisuudessaan GibbsCAM on hyvin laajalle alueelle ulottuva ohjelmisto, joten selkeä eri toimintojen valitseminen työhön oli järkevä vaihtoehto.

Materiaalin tekeminen oli jaettavissa kolmeen eri osioon. Ensimmäisenä tärkeässä osassa oli ohjelmiston käytön opettelu. Siinä oli omat haasteensa, koska monipuolisessa ohjelmassa on paljon yksityiskohtia, joiden opetteleminen vaatii aikaa. Tässä kuitenkin auttoi erityisen paljon aiheen rajaus, sillä koulutuksissa pystyi keskittymään työhön valittuihin toimintoihin. Asiakaskoulutukset olivat hyvin erilaisia, sillä ne oli suunniteltu asiakkaiden toiveiden ja tarpeiden mukaan. Tämän takia jokaisessa koulutuksessa ei käyty läpi samoja asioita ja se toi omia haasteita ohjelmiston opetteluun. Kokonaisuudessaan koulutuksista sai kuitenkin hyvän pohjan ohjelmiston käyttöön, ja omalla harjoittelulla osaaminen kehittyi kevään aikana huomattavasti.

Ohjelmiston käytössä ja sen opettelussa yksi suurimmista haasteista oli kokemuksen puute lastuavasta työstöstä. Konkreettinen tuntemus työkaluista, teristä, erilaisista työmenetelmistä, työstöarvoista ja eri koneiden asetuksista olisi ollut hyödyksi tässä projektissa.

Seuraavaksi oli vuorossa kirjallisen materiaalin tekeminen. Tässä vaiheessa suurin haaste oli saada järjestelmällinen ja selkeä kokonaisuus kuvien avulla. Tekstin kirjoittaminen tukemaan kuvia oli osittain hankalaa, koska tekstistä täytyi saada yksinkertaista ja selkeää, mutta kuitenkin kuvia tukevaa. Osittain kuvissa olevat asiat ovat niin monimutkaisia, että niiden avaaminen kirjallisesti oli haasteellista. Omat haasteensa tuotti myös jokaisen vaiheen kuvaaminen ja avaaminen kirjallisesti. Yksikin unohdus saattaa aiheuttaa hämmennystä materiaalin käytössä.

Kolmas vaihe materiaalin teossa oli videoiden tuottaminen. Vaikka esimerkkikappaleet oli valittu huolellisesti ja niiden työstö suunniteltu ja harjoiteltu, oli videoiden tuottami-

nen haastavaa. Videoiden oli tarkoitus opettaa ja markkinoida uusia ominaisuuksia. Opetusvideoissa ei saa olla virheitä, joten niitä tehtäessä täytyi olla tarkka ja yhdenkin virheen takia koko video jouduttiin tekemään uudestaan. Markkinoinnissa täytyi tietää paljon kyseisistä ominaisuuksista. Vahvuudet täytyi tulla esiin videon aikana niin, että asiakkaat ymmärtävät sen hyödyt. Tämä osoittautui suureksi haasteeksi ja se on ehdottomasti yksi tulevaisuuden kehityskohteista.

Projektin alussa asetetut tavoitteet materiaalin laadusta täyttyivät suurilta osin hyvin. Kirjallisen materiaalin teossa oli haasteita ja niistä huolimatta materiaalista tuli tarkoitukseensa hyvin soveltuva. Siinä kerrotaan uusista toiminnoista tavoitteiden mukaisesti, opettaen ja tiedottaen. Videoiden teossa välittyi kokemattomuus ohjelman käytöstä ja tietotaidon puute. Kaikissa videoissa samaa ongelmaa ei kuitenkaan ollut, vaan osa ajaa hyvin asiansa ja toimii hyvänä opetus- ja tiedotusvälineenä toiminnoista.

Työn teoriaosuudessa käytettiin useita sekä koti-, että ulkomaisia kirjallisuuden lähteitä. Näin tietoa saatiin laaja-alaisesti useista eri näkökulmasta ja lähteestä. Työ toteutettiin tiiviissä yhteistyössä Cenic Finland Oy:n toimitusjohtajan Petri Niittysen kanssa, joka toimi kriittisenä asiantuntijana työn edetessä. Materiaali tarkistutettiin usein Niittysellä, jolloin siitä saatiin luotettava kokonaisuus.

Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö opetti paljon. Projektin kautta joutui käyttämään GibbsCAMiä paljon ja se tuotti myös tuloksia oppimisen suhteen. Oman oppimisen kannalta olisi tärkeää päästä jatkamaan GibbsCAMin käyttöä tasaisesti ja näin syventää osaamista. Jatkoa ajatellen olisi tärkeää myös mahdollisesti saada kokemusta lastuavasta työstöstä, jotta ohjelman käytön osaaminen voitaisiin hyödyntää mahdollisimman hyvin esimerkiksi yrityksen koulutustehtävissä.



## LÄHTEET

Petri Niittynen, toimitusjohtaja, Cenic Finland Oy. Haastattelu: 24.3.2016. Haastattelija Hurske, K. Tampere.

3D Systems, 2016. Luettu 23.2.2016, <https://www.gibbscam.com>

Cenic Finland Oy. Luettu 22.2.2016, <http://www.cenic.fi>

Höök T. & Tikka H., 2014. CAD/CAM perusteet ja muottien työstäminen, Valuatlas. Luettu 24.2.2016. [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/machining\\_milling\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/machining_milling_FI.pdf)

Bryden D. 2014. Cad and rapid prototyping for product desing. Laurence King Publishing Ltd.

Katrina C. Arabe, CAD/CAM: Past, present and future, 2001, Industry news. Julkaistu: 23.2.2001, luettu 9.3.2016. [http://news.thomasnet.com/IMT/2001/02/cadcam\\_past\\_pre](http://news.thomasnet.com/IMT/2001/02/cadcam_past_pre)

CADAZZ, 2004. CAD software – history of CAD/CAM. Luettu 9.3.2016, <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>

Navdeeb J. History of CAD/CAM, CAD/CAM Fundamentals. Luettu 11.3.2016, <http://cadcamfunda.com/history>

Documentation for GibbsCAM 2016, v11.3

Documentation for GibbsCAM 2015, v11

Celeritive Technologies, Inc, 2014-2015. Luettu 6.4.2016, <http://www.volumill.com/content/how-volumill-works>

3D Modeling, 2013. What is 3D modelling? Luettu 15.4.2016, <https://multim3dia3d.wordpress.com>

## Liite 1. Näppäinoikotiet

<b>Tiedosto-valikko</b>	
Ctrl+N	Uusi
Ctrl+O	Avaa
Ctrl+W	Sulje ikkuna
Ctrl+S	Tallenna
Ctrl+P	Tulosta

<b>Edit-valikko</b>	
Ctrl+Z	Käytä toista leikkauspistettä
Ctrl+Y	Poista rivi
Ctrl+X	Lisää rivi
Ctrl+C	Tämänhetkinen koordinaatisto
Ctrl+V	Valitse kaikki
Ctrl+A	Liitä
Ctrl+M	Kopioi
Alt+I	Leikkaa
Alt+K	Tee uudelleen
Alt+A	Kumoa

<b>Näkökulma-valikko</b>	
Ctrl+E	Ylhäältä
Ctrl+F	Edestä
Ctrl+G	Oikealta
Ctrl+I	Isometrisesti
Ctrl+H	Kotinäkymä
Ctrl+U	Ei zoomattu
Ctrl+R	Määritellä uudelleen
Ctrl+K	Edellinen näkymä
Ctrl++	Zoomaa lähemmäksi
Ctrl+-	Zoomaa kauemmaksi
Ctrl+J	Piirtpisteet
Ctrl+[	Näytä geometria
Ctrl+`	Tee aihio

<b>Modifointi-valikko</b>	
Ctrl+D	Kopioi
Ctrl+T	Käänteinen kaari
Ctrl+ \	Vaihda koordinaatisto

<b>Paletit</b>	
Ctrl+1	Dokumentin hallinta
Ctrl+2	Geometria työkalut
Ctrl+3	Työkalut
Ctrl+4	Työstöprosessit
Ctrl+5	Näkymän hallinta
Ctrl+6	Työstöradat
Ctrl+7	Postprosessointi

<b>Apu</b>	
Ctrl+B	Apu-puhekuplat päälle

<b>CAD-valikko</b>	
Enter/Paluu/Välilyönti	Luo piirteen geometria dialogiin
Alt+ Enter/Paluu/Välilyönti	Luo useita piirteitä geometria dialogiin
Alt+ Shift+ Hiirellä klikattu geometria	Kertoo pinnan korkeuden/mitan
Alt+ Hiirellä klikattu pinta	Kertoo pisteen koordinaatit (X,Y,Z)
Ctrl+ Hiirellä klikattu geometria	Valitse useita geometrioita
Shift+ Hiirellä tehty neliö	Valitsee kaikki neliön sisällä olevat piirteet
Alt+Napin klikkaus	CS-paletissa luo koordinaatiston valitun geometrian pintaan
Ctrl+Napin klikkaus	CS-paletissa luo uuden koordinaatiston

<b>Listojen hallinta</b>	
Shift+Valitse ryhmä	Valitse listalta ryhmä painamalla shift pohjassa ryhmän ensimmäistä ja viimeistä
Ctrl+Valitse osia	Valitse useita, ei peräkkäisiä osia
Shift+Tyhjä laatikko	Siirrä kaikki alemmat osat ylös yhtenäiseksi listaksi
Shift+Tuplaklikkaus laatikoiden välistä	Luo tyhjä laatikko listan keskelle

<b>Sorvausnäppäimet</b>	
Tuplaklikkaus mustasta pallosta	Valitsee vain halutun muodon (esimerkiksi pään oikaisu)
Ctrl+Shift+Klikkaus viivalta	Sorvauksen päätepiste siirtyy klikattuun kohtaan

<b>Geometria ekspertti</b>	
Alt+1	Macro
Alt+2	Sulje muoto
Alt+4	CCW arc
Alt+5	CW arc
Alt+6	Viiste
Alt+7	Viiva