



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Alexi Martansaari

---

## **CAM-ohjelmiston valinta Swiss-tyyppisten pitkäsorvausautomaattien ohjelmointiin ja simulointiin**

Opinnäytetyö

Kevät 2025

Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Aleksi Martansaari

Työn nimi: CAM-ohjelmiston valinta Swiss-tyyppisten pitkäsorvausautomaattien ohjelmointiin ja simulointiin

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2025

Sivumäärä: 31

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Trala Automaatio Oy. Tavoitteena oli valita CAM-ohjelmisto Swiss-tyyppisten työstökoneiden ohjelmointiin ja simulointiin. Yrityksellä on käytössä 25 kappaletta pitkäsorvausautomaatteja hienomekaanisten osien koneistukseen. Ohjelmat työstökoneisiin on aikaisemmin tehty pääasiassa manuaalisesti. Yrityksellä on ollut käytössä yleiskäyttöön soveltuva mallinnusohjelmisto, jolla pystyy tekemään pieniä työstöohjelmia. Tavoitteiden kehittymisen ja kasvaneen kysynnän myötä modernille CAM-ohjelmistolle on tullut tarve.

CAM-ohjelmisto on yritykselle suuri investointi ja teknologia-aloikka eteenpäin. Se lisää yrityksen tehokkuutta, parantaa tuotteiden laatua ja sen avulla työstökoneista saadaan koko potentiaali käyttöön. Lisäksi CAM-ohjelmisto lisää yrityksen houkuttelevuutta sekä työnantajana että työmarkkinoilla. Jotta ohjelmistosta saadaan paras mahdollinen hyöty, on yrityksen valittava ohjelmisto, joka sopii parhaiten heidän tarpeisiinsa. Valinnassa on otettava huomioon useita valintakriteereitä, ja ohjelmiston vaatimukset pitää määritellä tarkasti.

Opinnäytetyö aloitettiin selvittämällä, mitkä CAM-ohjelmistot soveltuisivat Swiss-tyyppisille koneille. Selvitystyön tuloksena valittiin kolme ohjelmistoa, jotka otettiin lähempään tarkasteluun. Opinnäytetyössä mainitaan ainoastaan toimeksiantajayritykselle valittu ohjelmisto. Kaikkien tarkasteltujen ohjelmistojen edustajat kävivät esittelemässä ohjelmistot, minkä jälkeen ne pisteytettiin vaatimusten perusteella. Pisteytysmenetelmän tuloksena eniten pisteitä keräsi Espritcam, joka lopulta valikoitui toimeksiantajayrityksen käyttöön.

<sup>1</sup> Asiasanat: CAM, CNC, koneistus, sorvaus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Aleksi Martansaari

Title of thesis: CAM software for the programming and simulation of a Swiss-type sliding head automatic lathe

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2025

Number of pages: 31

Number of appendices: 0

---

The thesis was made for Trala Automaatio Oy. The purpose of the thesis was to select CAM software for the programming and simulation of Swiss-type machines. The company had 25 Swiss-type sliding head automatic lathes for the machining of precision mechanical parts. The programs for the machines had been previously made mainly manually. The company had used general purpose modeling software, which could be used to make small machining programs. With the development of goals and increased demand, there had risen a need for modern CAM software.

CAM software was seen as a major investment and a technological leap forward for the company. It was aimed to increase the efficiency of the company, improve the quality of products and to allow the full potential of machine tools to be unleashed. In addition, CAM software was hoped to increase the attractiveness of the company both as an employer and in the labor market. In order to make the most of the software, the company had to choose the software that best suited their needs. For the selection, a number of selection criteria had to be considered, and the set requirements precisely defined.

The thesis was started by finding out which pieces of CAM software would be suitable for Swiss-type machines. As the result of the investigation, three pieces of software were selected and taken under a closer inspection. In the thesis only the software chosen for the company was mentioned by name. All the pieces of software were introduced by the sales representatives, after which they were scored based on the set requirements. As the result of the scoring method, most points were collected by Espritcam, which was eventually selected to be used by the company.

<sup>1</sup> Keywords: CAM, CNC, chip removal, turning

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Työn rakenne .....	7
1.4 Yritysesittely .....	8
2 KONEISTUS JA CAM-OHJELMOINTI.....	9
2.1 Sorvaus .....	9
2.2 Jyrsintä.....	10
2.3 Poraus.....	11
2.4 NC-työstö .....	12
2.4.1 NC-työstökoneet .....	13
2.4.2 NC-työstökoneen koordinaattijärjestelmä .....	14
2.5 CAM .....	14
2.6 Postproessori.....	15
2.7 Moniakselinen CNC-koneistus .....	16
2.8 Moniakselinen CNC-sorvaus.....	17
2.9 Swiss-type-työstökone .....	18
3 CAM-OHJELMISTON VAATIMUKSET JA VALINTA .....	25
3.1 CAM-ohjelmiston vaatimukset.....	25
3.2 Vaatimukset CAM-ohjelmistolle kohdeyrityksessä .....	26
3.3 Ohjelmistojen vertailu ja valinta.....	27
4 YHTEENVETO .....	29
LÄHTEET .....	30

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Citizen Cincom D25 -pitkäsorvausautomaatti. ....	20
Kuva 2. Citizen Cincom D25 sisältä. ....	21
Kuva 3. Citizen Cincom D25:ssä oleva tangonsyöttölaite FMB turbo 3–36. ....	21
Kuva 4. Citizen Cincom L32 sisältä. ....	22
Kuvio 1. Moniakselisen CNC-työstökeskuksen lineaariset ja kiertävät akselit. ....	16
Kuvio 2. Moniakselisen CNC-sorvin lineaariset ja kiertävät akselit. ....	17
Kuvio 3. Työkappaleen taipuminen perinteinen sorvi vs. Swiss-type-sorvi. ....	18
Taulukko 1. Ohjelmistojen pisteytys. ....	28

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>CAD</b>	Computer-Aided Design, Tietokoneavusteinen suunnittelu
<b>CAM</b>	Computer-Aided Manufacturing, Tietokoneavusteinen valmistus
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control, Tietokoneistettu numeerinen ohjaus
<b>NC</b>	Numerical Control, Numeerinen ohjaus, tietokoneen avulla tapahtuva työstökoneen ohjaustapa
<b>Postprosessori</b>	Ohjelma, joka kääntää CAM-ohjelmistolla luodut työstöradat työstökoneen ymmärtämäksi NC-koodiksi
<b>Swiss-type</b>	Sveitsissä kehitetty pitkäsorvausautomaatti

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Alahärmässä sijaitseva Trala Automaatio Oy. Opinnäytetyössä aiheena on selvittää ja valita yritykselle CAM-ohjelmisto, joka soveltuu parhaiten Swiss-tyyppisten pitkäsorvausautomaattien ohjelmointiin ja simulointiin. Yrityksellä on ennestään ollut käytössä yleiskäyttöön soveltuva mallinnusohjelmisto, jolla pystyy tekemään kevyitä työstöohjelmia Swiss-tyyppisille koneille. Pääasiassa työstöohjelmat on yrityksessä tehty tähän mennessä manuaalisesti, ja mallinnusohjelmisto on ollut apuna hieman vaativimmissa työstöradoissa. Yrityksen tavoitteiden ja kysynnän kasvaessa modernille ja laadukkaalle CAM-ohjelmistolle olisi tarvetta. Ohjelmistolla pitää pystyä tekemään vaativia ja monimutkaisia työstöjä, joita käsin ohjelmoimalla on hankala tehdä. Lisäksi siinä pitää olla hyvä työstöratojen konesimulointiominaisuus. Ohjelmistolle olisi tarvetta myös tarjouslaskennan avuksi monimutkaisia kappaleita valmistettaessa.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on valita CAM-ohjelmisto, joka sopii parhaiten Swiss-tyyppisten työstökoneiden ohjelmointiin ja simulointiin. Yrityksen nykyisellä yleiskäyttöön soveltuvalla mallinnusohjelmistolla Swiss-type-työstökoneelle saadaan tehtyä vain yksinkertaisia työstöohjelmia. Modernin ja laadukkaan CAM-ohjelmiston avulla työstökoneista saadaan koko potentiaali käyttöön, kun kaikki toiminnot ovat helposti käytettävissä. Tavoitteen saavuttamiseksi tehdään selvitys ja vertailu CAM-ohjelmistoista, jotta saadaan selville, mikä olisi kannattavin yrityksen käyttöön.

## 1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön rakenne muodostuu johdannosta, teoriaosuudesta ja käytännön osuudesta. Johdannossa kerrotaan työn taustaa, tavoite, työn rakenne ja esitellään opinnäytetyön toimeksiantajayritys. Teoriaosuudessa käydään läpi koneistuksen ja lastuavan työstön teoriaa. Lisäksi tarkastellaan CAM-ohjelmointia ja esitellään, minkälainen on Swiss-type-työstökone. Sovellusosuudessa esitellään vaatimuksia CAM-ohjelmistolle ja käydään läpi CAM-ohjelmiston valintaprosessi. Lopussa on yhteenveto ja opinnäytetyön tulokset.

## 1.4 Yritysesittely

Trala Automaatio Oy on 1996 perustettu hienomekaanisten osien koneistukseen keskittyvä yritys (Trala Automaatio, i.a.). Yritys on ensin aloittanut toimintansa Ylihärman Kankaankylällä. Yrityksen kasvaessa vuonna 2001 toiminta siirtyi ensin Ylihärman teollisuusalueelle ja sieltä edelleen nykyisiin toimitiloihin Alahärmään vuonna 2007. Lähes 30 vuoden aikana yritys on kehittynyt yhden miehen konepajasta 11 henkilöä työllistäväksi alihankintakoneistamoksi. Laadukkaiden osien valmistuksen taustalla ovat vankka osaaminen, nykyaikaiset CNC-työstökoneet sekä vastuullinen toiminta.

Trala Automaatio Oy on keskittynyt hienomekaanisten osien valmistukseen nykyaikaisilla Swiss-type-sorveilla (S. Kuivila, henkilökohtainen tiedonanto, 11.3.2025). Yrityksen konekanta sisältää 25 kappaletta sorveja. Kaikki yrityksen työstökoneet on varustettu tangonsyötöautomaateilla ja automaatioaste on korkea. Kaikki työstökoneet on varustettu 7–13 akselilla ja koneistushalkaisija on 3–40 mm. Yrityksellä on ollut jo kymmenisen vuotta käytössä erittäin moderni lastunkäsittelylinjasto, jolla saadaan koneistuksessa syntyvästä sorvauslastusta eroteltua leikkuuöljy ja kierrätettyä 98 % siitä takaisin käyttöön, tehden yrityksen toiminnasta ympäristöystävällisempää. Tulevaisuudessa yrityksen visio on kasvaa ja kehittyä koneinvestointien, koulutuksen ja modernin CAM-ohjelmiston avulla. Yrityksen tavoitteena on olla alalla merkittävä kumppani.

## 2 KONEISTUS JA CAM-OHJELMOINTI

Nykyaikaisessa konepajassa koneet ovat suurelta osin automaattisesti ohjattavia (Maaranen, 2012, s. 11). Koneistajat ohjaavat ja valvovat samanaikaisesti useampaa työstökoneita. Koneistuksella tarkoitetaan koneellista lastuavaa työstöä (Maaranen, 2012, s. 15). Lastuavalla työstöllä tarkoitetaan metallin muovaamista eri muotoihin. Metallin työstö voi olla muovaavaa, leikkaavaa tai lastuavaa. Lastuava työstö voidaan tehdä käsin tai koneellisesti. Keskeisimmät lastuavan työstön menetelmät ovat sorvaus, jysintä, poraus, NC-työstö, avartaminen, aventaminen, sahaus ja hionta. Lastuavan työstön menetelmistä tässä opinnäytetyössä käsitellään sorvausta, jysintää ja porausta.

Nykypäivänä olennainen osa modernia tuotantoa ja koneistusta on NC-työstö eli osavalmistus numeerisen ohjauksen avulla (Camcut, i.a.-c). Numeerinen ohjaus mahdollistaa tarkkuuden, tehokkuuden ja joustavuuden nykyaikaisessa koneistusprosessissa. Käsin tehdyssä NC-ohjelmoinnissa haasteita tuottaa monimutkaiset liikeradat, ja se on työlästä ja virhealtista. NC-ohjelmoinnin tueksi onkin kehitetty CAM-ohjelmistoja, joilla monimutkaisten työstöratojen ohjelmointi sujuu vaivattomasti.

### 2.1 Sorvaus

Sorvaus on lastuava työstömenetelmä, jossa työkappale pyörii pituusakselinsa ympäri ja syöttö- ja asetusliikkeen työkappaleen suhteen tekee työkalu (Aaltonen ym., 1997, s. 176). Sorvauksessa vaihtoehtoisilla terän liikkeillä saadaan aikaan eri sorvausmenetelmiä, joita ovat:

- lieriösorvaus
- tasosorvaus
- kartion sorvaus
- muotosorvaus
- reikien poraus pyörintäakselille
- sisäsorvaus
- kierteitys.

Sorvaamalla valmistettavat kappaleet ovat pyörähdyskappaleita, kuten muun muassa akselleita, kiekkoja, ruuveja, kartioita, holkkeja ja renkaita (Maaranen, 2004, s. 96). Sorvauksessa työstettävä kappale kiinnitetään esimerkiksi sorvin istukkaan, joka saadaan pyörivään liikkeeseen. Perusmenetelmiä ovat pituus-, taso- ja muotosorvaus (Sandvik Coromant, i.a.). Näiden suorittaminen vaatii oikeanlaiset sorvaustyökalut, lastuamisarvot ja työstöohjelmat.

## 2.2 Jyrsintä

Jyrsintä on lastuava työstömenetelmä, jossa pyörivällä monihampaisella työkalulla irrotetaan lastuja työstettävästä kappaleesta (Maaranen, 2012, s. 243). Jyrsimällä valmistetaan muun muassa tasomaisia ja käyriä pintoja sekä uria ja hammasmuotoja. Jyrsinnässä työkalu kiinnitetään esimerkiksi jyrsinkoneen pöytään kiinni, ja se tekee syöttöliikkeen. Lastuamisen saa aikaan pyörivä työkalu eli jyrsinterä. Jyrsinnässä puhutaan lieriö- ja otsajyrsinnästä, jotka erotetaan toisistaan jyrsimen ja työkalun keskinäisen asennon mukaisesti (Aaltonen ym., 1997, s. 205). Lieriöjyrsinnässä lastuaminen tapahtuu lieriömäisen työkalun vaippapinnalla. Otsajyrsinnässä jyrsinterän pyörimisakseli on kohtisuorassa työkalua vastaan. Jyrsintä on jaksottainen työstömenetelmä, jossa jyrsinterä joutuu toistuvien voima- ja lämpöisku- jen kohteeksi.

Jyrsittyjä osia esimerkiksi ovat (Aaltonen ym., 1997, s. 206):

- kiilauralliset voimansiirtoakselit
- pienet runkokappaleet
- suuret tasomaiset jakopinnat
- runkojen jalustat ja kiinnityskorvakkeet
- pumppujen ja venttiilien pohjatasot ja jalat
- jakomenetelmällä valmistetut hammaspyörät
- kytkinakselit
- avainvälit kiinnitys- ja kiristyselimiin
- erilaiset vivut ja kammet.

Jyrsintätyökaluja ovat perinteisesti olleet pikateräksestä valmistetut lieriö-, tappi-, ja muotojyrsimet (Aaltonen ym., 1997, s. 207). Jyrsintätyökalut kiinnitetään jyrsintuurnaan, joka liitetään jyrsinkoneen karalle. Jyrsinnässä käytetään myös kääntöpalatekniikkaa. Yleisin

kääntöpalojen materiaali on kovametalli (Aaltonen ym., 1997, s. 209). Katkolastuista jyrshintää varten on kehitetty teräpalat, jotka kestävät vaihtelevan lämpökuormituksen ja iskumaisen rasituksen.

Erilaisia kääntöpalajyrsimiä ovat (Aaltonen ym., 1997, s. 207):

- otsajyrsimet
- tappijyrsimet
- siilijyrsimet
- muotojyrsimet
- pallopäiset jyrsimet.

### 2.3 Poraus

Poraus on lastuava työstömenetelmä, jossa poranterää pyöritetään ja syötetään työkaluakse-  
lia pitkin hallitusti työstettävään materiaaliin, jolloin materiaaliin syntyy reikä (Camcut, i.a.-d).  
Sen osuus on noin 20 % kaikesta lastuavasta työstöstä (Aaltonen ym., 1997, s. 213). Porat-  
tavista rei'istä suurin osa on vapaareikiä, joille ei ole asetettu erityisiä toleranssivaatimuksia.  
Useimmat rei'istä (noin 70 %) ovat halkaisijaltaan hyvin pieniä, alle 25 mm. Porattavat reiät  
ovat yleensä suhteellisen matalia, reiän pituuden ja halkaisijan suhde vaihtelee 2...3 välillä.

Porausmenetelmää valittaessa on otettava huomioon seuraavat asiat (Aaltonen ym., 1997, s.  
213):

- reiän halkaisijan mitta
- vaaditut toleranssit
- lastuamiskustannukset
- työkappaleen materiaali
- osan muoto
- käytettävissä olevat työstökoneet.

Oikeamittaiset ja -muotoiset sekä keskeisesti pyörivät työkalut ovat edellytys onnistuneeseen  
reikien poraamiseen (Aaltonen ym., 1997, s. 214). Porauksessa on käytettävä mahdollisim-  
man lyhyttä poran ulokepituutta dynaamisten värähtelyjen eliminoimiseksi. Työkalujen kiinni-  
tyksen tukevuus ja heitottomuus on myös otettava huomioon porauksessa.

Yleisimpiä porauksessa käytettyjä työkaluja sovelluksesta ja työstökoneesta riippuen ovat (Aaltonen ym., 1997, s. 217):

- kierukkapora
- lapiopora
- kääntöpalapora
- kanuunapora
- BTA-pora
- ejektoripora
- porrasperat.

## 2.4 NC-työstö

NC eli numeerinen ohjaus on tietokoneen avulla tapahtuva työstökoneen ohjaustapa (Maaranen, 2012, s. 365). Lastuamistekniikan osalta manuaali- ja NC-työstö eivät juuri eroa toisistaan. Työvälineet ja työstöarvot ovat samoja kummassakin, erona on ohjaustapa. Manuaali-työstössä konetta ohjaa koneen käyttäjä ja NC-työstössä konetta ohjaa tietokone.

NC-työstössä ennen kappaleen työstämistä on laadittava ja syötettävä työstökoneelle NC-ohjelma kappaleen valmistamiseksi (Maaranen, 2012, s. 366). Kaikki NC-työstökoneen toiminnot tapahtuvat laaditun NC-ohjelman mukaisesti. Ohjelmaan on syötetty tiedot muun muassa työkaluista, työstöarvoista, työstöjärjestyksestä ja työkalujen liikeradoista. Se sisältää kaikki tarvittavat tiedot kappaleen valmistamiseksi mittatarkkuuteen.

NC-työstöllä saavutettavia etuja (Maaranen, 2012, s. 367):

- Työstöajat lyhenevät varsinkin monimutkaisien kappaleiden koneistuksessa.
- Työkappaleiden ja työkalujen asetusajat lyhenevät.
- Työkappaleiden kiinnityksessä voidaan käyttää vaihtopaletteja.
- Työstökeskuksissa työkalujen asetus ja huolto voidaan tehdä koneen ulkopuolella sijaitsevan työkalumakasiinin kautta.
- Työkalukustannukset pienenevät, kun voidaan käyttää standardityökaluja myös monimutkaisia kappaleita koneistettaessa.
- Saadaan tasalaatuinen ja tarkkamittainen tuote, jolloin joukkotuotannossa riittävät satunnaiset tarkastukset.

- Tallennetut ohjelmat on helppo ajaa uudelleen ja pienet muutokset ovat helposti tehtävissä.
- Tuotanto tehostuu, jolloin tuotantokustannukset pienenevät.
- Työkappaleiden läpimenoaika lyhenee.
- Yksitoikkoiset, vaaralliset ja raskaat työt voidaan laittaa koneen tehtäväksi.

NC-työstöstä aiheutuvia haittoja:

- NC-työstökoneiden hankintakustannukset ovat melko suuret.
- Monimutkaiset ohjausjärjestelmät ovat alttiita häiriöille, ja niiden korjaaminen on kallista.
- Automaatiikka vähentää koneistajien tarvetta.

#### 2.4.1 NC-työstökoneet

Mikä tahansa työstökone voi olla numeerisesti ohjattu (Maaranen, 2012, s. 369). Numeerisesti ohjattuja työstökoneita voivat olla muun muassa sorvi, jyrskone, porakone ja työstökeskus. Nykyään NC-työstökoneet ovat todella monipuolisia, joten välillä voi olla hankala määrittellä, onko kyseessä sorvi vai työstökeskus. Yhteisiä piirteitä NC-työstökoneille ovat (Maaranen, 2012, s. 369):

- tukevuus ja monipuolisuus
- mahdollisuus ohjata ja valvoa kaikkia liikkeitä sähköisesti
- luistien, kelkkojen ja karojen suuri herkkyys ja tarkkaliikkeisyys (ohjelmointitarkkuus 0,001 mm)
- automaattinen työkalunvaihto
- mahdollisuus ohjelmoida erilaisia työkiertoja.

Lastuavissa työstökoneissa käytetään kuulamutteriruuveja välittämään luistien ja kelkkojen liikkeitä (Maaranen, 2012, s. 369). Kuulamutteriruuvit ovat erittäin pienivälyksisiä, ja niiden kitka on vähäinen. Ne ovat myös tarkkanousuisia ja niillä on pitkä käyttöikä. Lisäksi johteet ovat kehittyneet vierintäkitkaisiksi, joten ne ovat välyksettömiä, vakiokitkaisia ja kulumisen kestäviä.

NC-työstökoneen terän ja pöydän liikkumiseen käytetään kolmea ohjaustyyppiä (Maaranen, 2012, s. 373). Ohjaustyypit ovat piste-, jana- ja rataohjaus. Nykyään yleisin ohjaustyyppi on rataohjaus. Pisteohjauksessa tiedetään esimerkiksi porattavien reikien koordinaatit, jolloin siirretään pora pikaliikkeellä pisteestä toiseen työkappaleen ulkopuolella. Tällöin liikkeiden aikana ei työstetä, vaan poraaminen tapahtuu asetusliikkeen jälkeen. Janaohjauksessa liikkeiden aikana voidaan työstää, mutta liike on vain yhden koordinaattiakselin suuntainen kerrollaan. Rataohjauksessa liikkeen aikana voidaan työstää ja liike voi olla usean koordinaattiakselin suuntainen samanaikaisesti. Tällöin käytetään hyväksi interpolointia.

#### **2.4.2 NC-työstökoneen koordinaattijärjestelmä**

Perinteisen NC-työstökoneen liikkeet kuvataan koordinaateilla X, Y ja Z (Maaranen, 2012, s. 374). Koordinaatit X, Y ja Z kuvaavat kolmea kohtisuoraa suuntaa avaruudessa. Näiden koordinaattien avulla voidaan määrittää mikä tahansa piste joko avaruudessa tai tasossa, kun otetaan huomioon työstökoneen liikepituudet. Perinteisissä NC-työstökeskuksissa on käytössä kolmeakselinen koordinaatisto ja NC-sorveissa kaksiakselinen koordinaatisto. NC-sorvissa X on poikittaisliike ja Z on pitkittäisliike. NC-työstökoneissa koordinaattiakselien jakoväli on yleensä 0,001 mm, ja se määräytyy ohjausyksikön erotuskyvyn mukaan. Lisäksi NC-työstökoneissa voidaan käyttää kiertoakseleita pöydän, jakolaitteen tai työkappaleen kääntämiseen.

### **2.5 CAM**

CAM eli Computer-aided Manufacturing tarkoittaa tietokoneavusteista valmistusta (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s. 136). CAM-ohjelmoinnissa työstöradat työstökoneelle tehdään tietokonemallinnuksen ja valittujen työstöparametrien avulla. CAM-ohjelmointi on keskeinen osa nykyaikaista koneistamista (Camcut, i.a.-b). Sen avulla työstöprosessi voidaan suunnitella ja optimoida tarkaksi ja tehokkaaksi.

CAM-ohjelmoinnissa CAD-ohjelmistolla piirretyt 2D- tai 3D-geometriat tuodaan CAM-ohjelmistoon, jossa määritellään työstöradat tuoduille geometrioille (Camcut, i.a.-b). Ohjelmassa geometrioiden pohjalta valitaan halutut lastuavat työkalut ja työstöarvot, kuten lastuamisnopeus, syöttö ja lastuamissyvyys. Useissa nykyaikaisissa ja kehittyneissä CAM-ohjelmistoissa on myös CAD-ominaisuuksia, joilla voidaan piirtää geometrioita suoraan CAM-ohjelmistossa.

Kun työstöradat ja muut arvot on määritetty ja optimoitu, muunnetaan ne postprosessorilla NC-koodiksi, jota CNC-työstökone pystyy lukemaan.

CAM-teknologian etuja ovat (Camcut, i.a.-a):

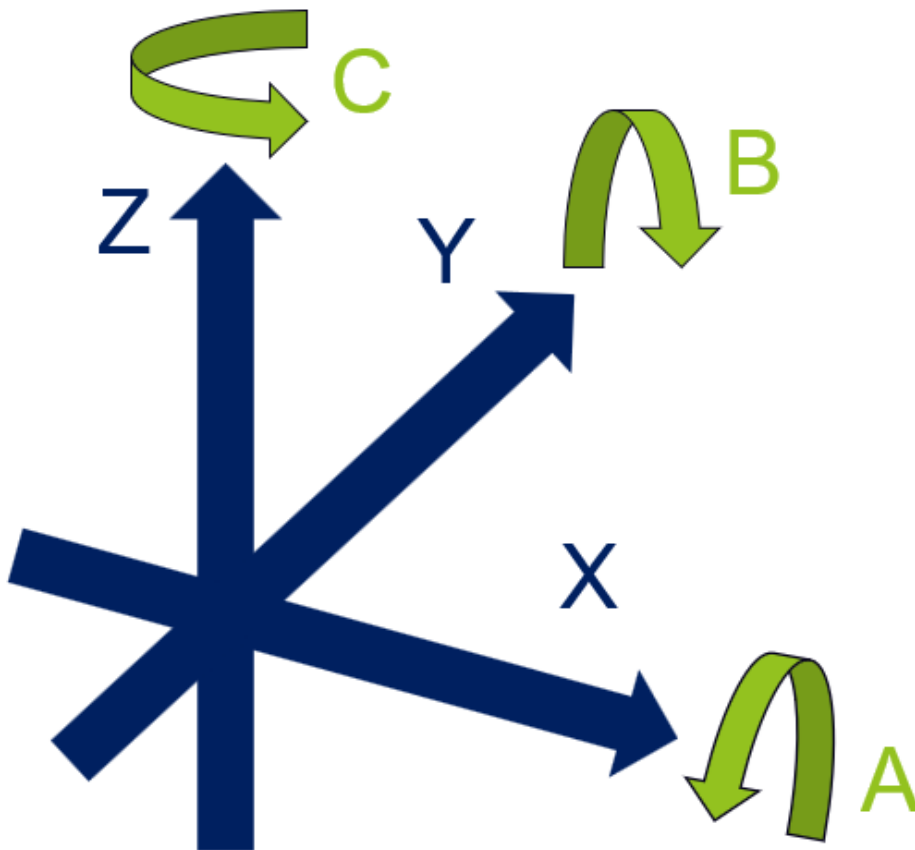
- Tuotteen parannettu laatu: Valmistusprosessista saadaan tarkka ja yhdenmukainen, ja sen ansiosta lopputuotteet ovat korkealaatuisia. Ohjelmistolla saadaan optimoitua työstöradat ja voidaan vähentää inhimillisten virheiden riskiä.
- Aika- ja kustannussäästöt: Valmistusprosessit saadaan optimoitua tehokkaaksi, mikä lyhentää tuotantoaikoja ja vähentää työkalukulutusta. Näin saavutetaan tehokkaampi tuotanto ja alhaisemmat kustannukset.
- Monimutkaisten osien valmistus: CAM-ohjelmiston avulla on mahdollista valmistaa monimutkaisia ja tarkkaa työstöä vaativia osia, jotka olisivat vaikeita tai mahdottomia valmistaa ilman kyseistä ohjelmistoa.
- Kilpailukyvyyn säilyttäminen: CAM-ohjelmistoon investoimalla yrityksellä on mahdollista pysyä kilpailukykyisenä. Nopeammat tuotantoprosessit ja korkealaatuiset tuotteet parantavat yrityksen markkina-asemaa ja kannattavuutta.

## 2.6 Postprosessori

Postprosessori on olennainen osa CAM-ohjelmointia (Camcut, i.a.-e). Se muodostaa yhteyden CAM-ohjelmiston ja CNC-työstökoneen välille. Postprosessori toimii kääntäjänä, joka muuntaa CAM-ohjelmistolla luodut työstöradat NC-koodiksi, jota työstökone osaa tulkita. Se on välttämätön osa CAM-ohjelmointia, sillä CAM-ohjelmistot ja CNC-työstökoneet käyttävät erilaisia komento- ja koodijärjestelmiä, joten ilman käännoä ohjelmaa ei voi suoraan siirtää työstökoneelle. Sen tehtävänä on myös varmistaa, että kaikki koneistusprosessiin liittyvät käskyt ja komennot siirtyvät tarkasti ja virheettömästi työstökoneelle. Toisin sanoen postprosessori ei siis ainoastaan käännä CAM-ohjelmistolla luotua tietoa NC-koodiksi, vaan myös mukauttaa sen vastaamaan yksittäisen työstökoneen ominaisuuksia ja vaatimuksia. Käännoä sisältää esimerkiksi yksittäisen työstökoneen rajoitukset, kuten lastuamisnopeudet, työkalujen vaihdot, akselien liikkeet ja lastuamisnesteen ohjauksen, sekä muut olennaiset tekijät, jotka vaikuttavat työstöprosessiin.

## 2.7 Moniakselinen CNC-koneistus

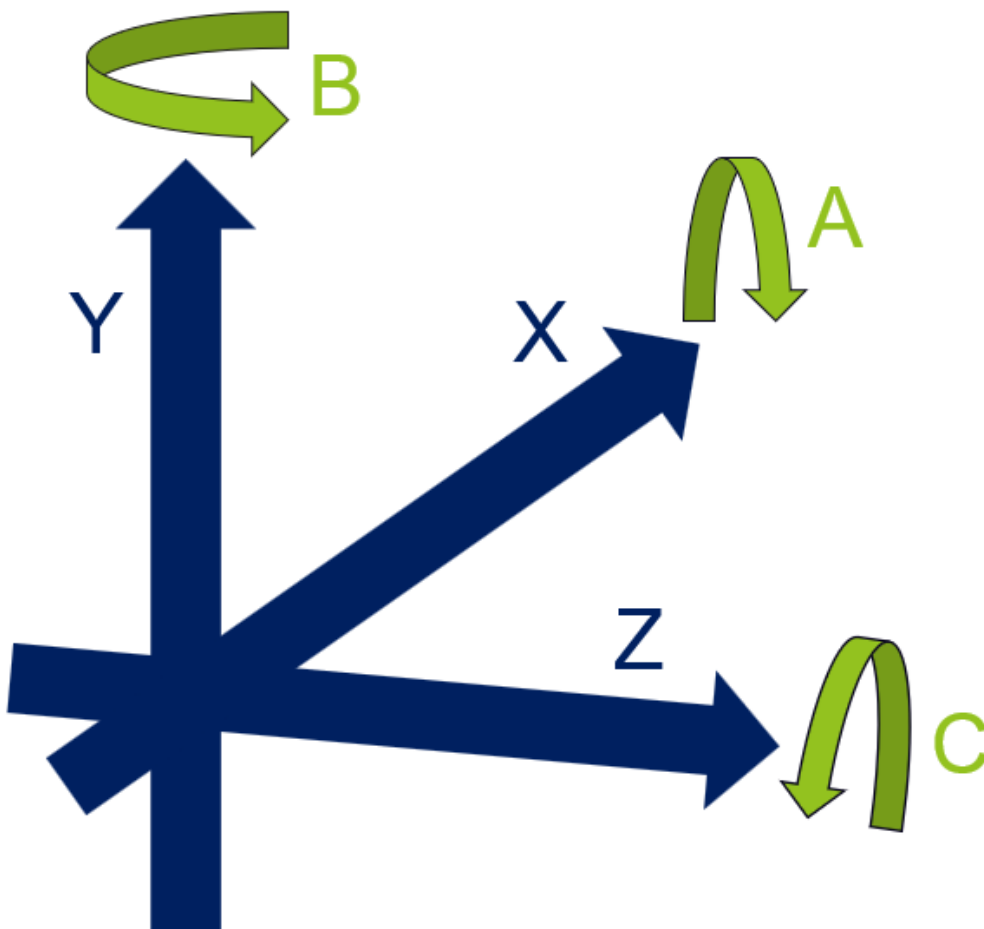
Akseleiden lisääminen CNC-koneisiin, mahdollistaa entistä monimutkaisempien kappaleiden valmistuksen yhdellä koneella ja yhdellä kiinnityksellä (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s. 198). Tämä tarkoittaa sitä, että CNC-sorveilla pystytään tekemään jyrsintöjä, ja CNC-työstökeskuksilla kappaletta voidaan työstää useammasta suunnasta, sillä työstöliikkeet voivat tapahtua samanaikaisesti useilla akseleilla. Moniakselisessa CNC-työstökeskuksessa on akseleita 4 tai enemmän (Techni Waterjet, 2023). Moniakselisissa CNC-työstökoneissa on lineaariset akselit X, Y ja Z sekä mahdolliset pyörivät akselit A, B ja C. A-akseli pyörii X-akselin ympäri, B-akseli pyörii Y-akselin ympäri ja C-akseli pyörii Z-akselin ympäri. Kuviossa 1 on esitetty moniakselisen CNC-työstökeskuksen lineaariset ja kiertävät akselit. Lisäksi joskus koneissa on olemassa E-akseli, joka on pyörivä akseli käsivarren kiertoa varten. Moniakselisen CNC-koneistuksen etuja ovat muun muassa suuri tarkkuus, tehokkuus, monimutkaisten kappaleiden koneistus, työkalujen parempi käyttöikä ja kappaleiden parempi pinnan laatu. Moniakselisen koneistuksen rajoituksia ovat muun muassa korkeat konekustannukset, haastava ohjelmoida, lisääntynyt virheiden riski ja vikojen sattuessa korjaaminen ei ole helppoa.



Kuvio 1. Moniakselisen CNC-työstökeskuksen lineaariset ja kiertävät akselit (soveltaen Heinonen & Kalliolahti, 2020, s. 200).

## 2.8 Moniakselinen CNC-sorvaus

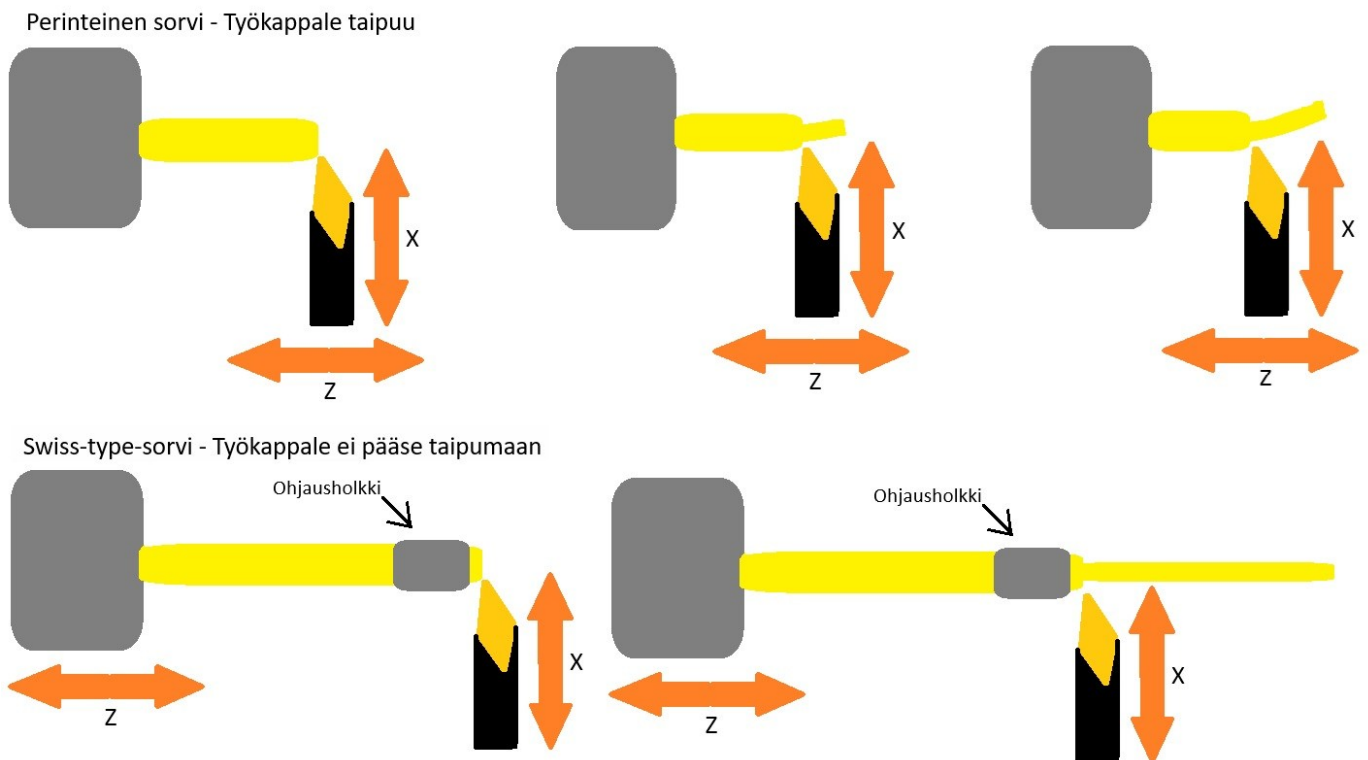
Perinteisissä CNC-sorveissa liikesuuntia on kaksi: X ja Z (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s. 198). Yleensä ensimmäinen lisäakseli CNC-sorvissa on C-akseli. C-akseli tarkoittaa Z-akselin ympäri pyörivää kiertoliikettä. Suurin osa koneistuksesta tapahtuu kuitenkin edelleen samoilla akseleilla, mutta lisäakselit tuovat mahdollisuuksia ja toimintoja. C-akselin lisääminen edellyttää myös pyörivien työkalujen lisäämistä (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s. 199). Terinä voidaan käyttää poria, jyrsintappeja, kierretappeja ja muita työstökeskuksissa käytettäviä työkaluja. Pyörivät työkalut kiinnitetään niille tarkoitettuun työkalupitimeen ja pidin esimerkiksi sorvin työkalurevolveriin. Pyörivien työkalujen karateho ja koko ovat kuitenkin yleensä pienempiä kuin työstökeskuksissa. Näiden kolmen akselin X, Z ja C avulla pystytään koneistamaan jo hyvinkin monipuolisia muotoja, esimerkiksi Z- ja X-akseleiden suuntaisia porauksia, kierteityksiä ja jyrsintöjä. Yleisimpiä koneistuksia ovat kiilaurat, avainvälit ja kuusikulmiot. Lisäksi usean akselin samanaikainen liike mahdollistaa myös nousullisten urien jyrsimisen. Kuviossa 2 on esitetty moniakselisen CNC-sorvin lineaariset ja kiertävät akselit.



Kuvio 2. Moniakselisen CNC-sorvin lineaariset ja kiertävät akselit (soveltaen Heinonen & Kalliolahti, 2020, s. 199).

## 2.9 Swiss-type-työstökone

Swiss-type-sorvi eli Sveitsissä kehitetty pitkäsorvausautomaatti on alun perin suunniteltu valmistamaan erittäin pieniä osia kelloteollisuudelle (Mastercam, i.a.). Kelloseppä Jakob Schweizer kehitti sorvin Sveitsissä 1870-luvulla. Swiss-type-sorvissa työstö on samanlaista kuin tavallisessa sorvissa, mutta ero on siinä, kuinka materiaalia liikutetaan ja tuetaan. Swiss-type-sorvauksessa työkalut ovat paikallaan ja materiaalia liikutetaan työkalua pitkin. Jotta tämä on mahdollista, materiaali liikkuu liukuvan karapytkän ja ohjausholkin läpi koneen Z-akselia pitkin. Ainoastaan työstettävä osa esimerkiksi tangosta vedetään ulos ohjausholkista (Sabner, i.a.). Ohjausholkin ansiosta työstettävä materiaali ei pääse taipumaan, minkä ansiosta saadaan säilytettyä suuri mittatarkkuus.



Kuvio 3. Työkappaleen taipuminen perinteinen sorvi vs. Swiss-type-sorvi (soveltaen Sabner, i.a.).

Kuviossa 3 on havainnollistettu työkappaleen taipumista perinteisellä sorvilla ja Swiss-type-sorvilla. Ohjausholkin ansiosta Swiss-type-sorvilla työkappale ei pääse taipumaan ja se voidaan sorvata ilman tukia pitkältäkin matkalta.

Swiss-type-sorvissa koneen ohjelmointi eroaa tavalliseen sorviin verrattuna (Sabner, i.a.). Tavallisessa sorvauksessa Z-nollapisteen oletetaan olevan materiaalin pinnalla ja kaikella työstöllä materiaalin suunnassa on negatiiviset arvot. Swiss-type-sorvauksessa Z-nollapiste

on myös materiaalin pinnassa, mutta kaikki pinnan ulkopuolella oleva on positiivista. Tämä on tärkeää muistaa esimerkiksi Z-akselin offsettien yhteydessä. Swiss-type-sorvilla esimerkiksi syvämpi poraus tai pidempi sorvaus vaatii ”plus”-offsetin, kun tavallisilla sorveilla se vaatii ”miinus”-offsetin.

Swiss-type-sorvauksessa koneistusprosessin vaiheet ovat hieman erilaiset kuin tavallisessa sorvauksessa (Sabner, i.a.). Tavallisessa sorvauksessa yleensä vaiheet jaetaan rouhinta- ja viimeistelysorvaukseen. Swiss-type-sorvauksessa jo työstettyä kohtaa ei voida vetää takaisin liiksi, sillä se saattaa pudota ohjausholkista paluuliikkeen aikana. Osa tulee koneistaa jakamalla se osiin, joiden pituus on lyhyempi kuin ohjausholkin työstöosan pituus.

Usein Swiss-type-työstökoneissa käytetään leikkuunesteenä öljyä vesipohjaisen leikkuunesteen sijaan (Sabner, i.a.). Öljyä käytettäessä saavutetaan suurempi voitelukyky, sekä se parantaa työkalujen käyttöikää. Hajua aiheuttavien bakteerien puuttuminen leikkuunesteestä on myös yksi öljyn eduista. Kun käytetään öljyä leikkuunesteenä, tulee työstökone varustaa sammutusjärjestelmällä, sillä öljy ja työstöstä aiheutuvat kipinät voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tulipalon työstökoneen sisällä.

Yksi Swiss-type-työstökoneiden haittapuolista on, että jokaisesta sorvatusta tankoaihiosta jää jäljelle 150–300 mm: pituinen hukkapala, jota ei voida käyttää (Sabner, i.a.). Tämä johtuu siitä, että työstökoneen kara, jossa tanko on kiinni, sijaitsee koneen kotelon sisällä ohjausholkin takana ja näin ollen materiaali ei yllä työstöalueelle. Swiss-type-työstökoneilla yhdestä tankoaihiosta valmistettavien kappaleiden määrä on aina hieman pienempi kuin tavallisilla sorveilla. Tästä ongelmasta voi olla haittaa erityisesti kalliiden materiaalien kohdalla.

Swiss-type-työstökoneissa on aina 7–13 akselia ja 12–25 työkalupaikkaa (Fractory, 2023). Tämä vähentää kappaleen työstöaikoja huomattavasti, kun kaikki työstöt pystytään tekemään yhdellä kertaa. Lisäksi Swiss-type-työstökoneilla pystytään työstämään pää- ja vastakaralla yhtä aikaa. Swiss-type-työstökoneiden tarkkuus on todella suuri, ja niillä pystytään valmistamaan monimutkaisia osia suurella tarkkuudella, ja koneet ovatkin ihanteellisia monimutkaisten osien suurien tuotantomäärien tuotantoon. Kuvissa 1,2,3 ja 4 on esitetty Citizen pitkäsorvausautomaatti ulkoa ja sisältä sekä tangonsyöttölaite.



Kuva 1. Citizen Cincom D25 -pitkäsorvausautomaatti (Trala Automaatio Oy).



Kuva 2. Citizen Cincom D25 sisältä (Trala Automaatio Oy).



Kuva 3. Citizen Cincom D25:ssä oleva tangonsyöttölaite FMB turbo 3–36 (Trala Automaatio Oy).



Kuva 4. Citizen Cincom L32 sisältä (Trala Automaatio Oy).

Swiss-type-työstökoneen käytön edut ovat (Fractory, 2023):

- Suuri tarkkuus: Swiss-type-työstökoneet tunnetaan erittäin suuresta tarkkuudesta ja niillä pystytään valmistamaan kappaleet todella tiukkoihin toleransseihin. Swiss-type-koneilla voidaan valmistaa pitkiä ohuita kappaleita jopa 0,005 mm tarkkuudella.
- Hyvä toistettavuus: Swiss-type-koneet pystyvät jatkuvasti tuottamaan korkealaatuisia osia.
- Monimutkaisien osien valmistus: Ohjausholkkijärjestelmän ansiosta Swiss-type-koneet pystyvät työstämään pitkiä ja ohuita osia monimutkaisilla yksityiskohdilla tehokkaasti. Ohjausholkin ansiosta pitkät kappaleet eivät pääse taipumaan, kun työstö tapahtuu lähellä tukipistettä, mikä parantaa pinnanlaatua ja mittatarkkuutta.

- Akselien suuren lukumäärän ja työkalupaikkojen ansiosta Swiss-type-työstökoneilla sorvaus, jysintä ja poraus on mahdollista tehdä yhdellä työstökerralla, mikä lyhentää monimutkaisien osien työstöaikaa ja vähentää toissijaisten operaatioiden tarvetta.
- Automaatio: Swiss-type-työstökoneiden työstöprosessi pystytään suurelta osin automatisoimaan. Automaattisen tangonsyöttöjärjestelmän, työkalujen lukumäärän, useiden akselien ja CAM-ohjelmoinnin yhdistelmä mahdollistaa osien valmistuksen tunti-kausiksi ilman ihmisen valvontaa.

Swiss-type-työstökoneen käytön rajoitukset ovat (Fractory, 2023):

- Työstettävien materiaalien koko: Swiss-type-koneilla työstettävän tangon halkaisija rajoittuu 2–38 mm välille.
- Työkalukustannukset: Swiss-type-koneisiin voi joutua hankkimaan erikoistyökaluja, jotka maksavat enemmän. Työkalujen kokoa ja geometriaa voi rajoittaa niiden läheisyys toisiin työkaluihin ja sen vuoksi erikoistyökaluille saattaa olla tarvetta.
- Öljyn käyttö leikkuunesteenä: Öljyä käytettäessä leikkuunesteenä on aina palovaara koneen sisällä, siksi Swiss-type-koneet tulee varustaa sammutusjärjestelmällä.
- Koneiden ohjelmointi: Swiss-type-koneet ovat haastavia ohjelmoitavia ja asetusten teko niihin on työlästä.

Swiss-type-työstökoneilla osien valmistus eri toimialoille (Fractory, 2023):

- Kellojen valmistus: Swiss-type-työstökoneet kehitettiin alun perin kelloteollisuuteen valmistamaan erittäin pieniä ja tarkkoja kellon osia.
- Ilmailu: Ilmailuteollisuudessa käytetään kevyitä ja tarkkoja osia, joiden toleranssit ovat erittäin tiukat. Swiss-type-työstökoneet sopivat erinomaisesti näiden tarkkojen osien valmistukseen.
- Lääketiede: Swiss-type-työstökoneiden ominaisuudet sopivat erinomaisesti lääketieteessä käytettävien kirurgisten ruuvien ja implanttien valmistukseen.
- Elektroniikka: Elektroniset komponentit kehittyvät jatkuvasti ja niistä tulee koko ajan pienempiä. Näiden pienien osien, kuten nastojen, antureiden ja liittimien valmistukseen Swiss-type-työstökone on erinomainen vaihtoehto.
- Autoteollisuus: Autoteollisuudessa Swiss-type-työstökoneita käytetään mm. suuttimien, antureiden ja venttiilien valmistukseen.

- Aseteollisuus: Aseteollisuudessa Swiss-type-työstökoneita voidaan käyttää mm. luotien, iskureiden, pulttien ja liipaisimien valmistukseen.
- Soittimet: Swiss-type-työstökoneiden tarkkuuden ansiosta ne ovat erinomaisia soittimien monimutkaisien komponenttien valmistukseen, jotta voidaan varmistaa soittimien optimaalinen toimivuus ja äänenlaatu.

### 3 CAM-OHJELMISTON VAATIMUKSET JA VALINTA

Opinnäytetyön toimeksiantajalla on aikaisemmin ollut käytössä yleiskäyttöön soveltuva mallinnusohjelmisto, jolla on voinut tehdä yksinkertaisia työstöjä Swiss-tyyppisille koneille. Yrityksessä olisi kuitenkin tarve modernille ja laadukkaalle CAM-ohjelmistolle, jolla pystyisi tekemään vaativia työstöjä. CAM-ohjelman ansiosta työstökoneista saataisiin koko potentiaali käyttöön. Ohjelmistoon investointi on yritykselle suuri teknologiaoikka eteenpäin. Se lisää yrityksen tehokkuutta ja parantaa tuotteiden laatua.

#### 3.1 CAM-ohjelmiston vaatimukset

CAM-teknologia on nykyään lähes kaikkien valmistajien saatavilla, ja siitä on tullut alalla normaali menetelmä (Mercer, 2000). Kilpailu on nykypäivänä kovaa, ja, jotta yritykset pärjäävät kilpailussa, on CAM-ohjelmistoon investointi yrityksen kannalta järkevää. CAM-ohjelmiston avulla voidaan nopeuttaa tuotantoprosesseja, vähentää virheitä ja luoda kattava raportointi. Jotta CAM-ohjelmoinnista saadaan paras mahdollinen hyöty on yrityksen valittava juuri heidän tarpeisiinsa sopiva CAM-ohjelmisto. CAM-ohjelmiston valinnassa tulee ottaa huomioon useita valintakriteereitä. CAM-ohjelmiston vaatimukset tulee määritellä tarkasti, jotta se pystyy täyttämään yrityksen tarpeet.

Asioita, joita tulee ottaa huomioon CAM-ohjelmiston valinnassa (Mercer, 2000):

- Helppokäyttöisyys: CAM-ohjelmistoa valittaessa ohjelman helppokäyttöisyys on yksi keskeisimmistä tekijöistä. Jos ohjelmistoa on vaikea käyttää ei siitä saada täyttä potentiaalia irti, mikä rajoittaa lopputuloksia. CAM-ohjelmiston käyttöliittymän tulisi olla selkeä ja suoraviivainen, ilman liiallisia piilotettuja valikoita, jotta käyttäjä pääsee helposti ja nopeasti käsiksi tarvittaviin toimintoihin. Ohjelmiston helppokäyttöisyys lisää huomattavasti tuottavuutta.
- Lisäosat: Lisäosien avulla alkukustannukset ohjelmistosta saadaan pidettyä matalampina ja lisäominaisuudet voidaan hankkia mahdollisesti myöhemmin tulevaisuudessa, mikäli niille tulee tarvetta.
- Yhteensopivuus: CAM-ohjelmiston yhteensopivuus muun muassa CAD-ohjelmistojen kanssa tulee olla toimivaa, sillä nykypäivänä työpiirustukset ovat useimmiten sähköisessä muodossa ja eri ohjelmistoilla piirretyt solidimallit on saatava CAM-ohjelmistoon siirrettyä muuttumattomina.

- Vertailuanalyysi: Ennen CAM-ohjelmiston valintaa on hyvä mitata eri ohjelmistojen suorituskykyä. Eri CAM-ohjelmistoilla voidaan teettää mahdollisimman hankala ja monimutkainen kappale, jolla voidaan vertailla ohjelmistojen suorituskykyä. Näin voidaan välttää epäsovivan ohjelmiston hankkimista.
- Tehokkuus: Jos CAM-ohjelmistolla saadaan vähennettyä virheitä ohjelmoinnissa ja nopeutettua sitä, on sillä positiivisia vaikutuksia tehokkuuteen. Se lisää kannattavuutta ja parantaa tyytyväisyyttä. Usein CAM-ohjelmistoissa pystytään luomaan valmiita kirjastoja työkaluille ja räätälöimään ohjelmistoa, mikä vähentää ohjelmointiin kuluvaan aikaa ja tuo säästöjä yritykselle.
- Hinta: Monesti ohjelmiston hinta saattaa olla suurimpia valintaperusteita CAM-ohjelmistoa hankittaessa. Monet saattavat hankkia kalliimman ohjelmiston odottaen parempaa tuottoa, mutta päätyvätkin hankkimaan ohjelmiston, joka ei vastaa yrityksen tarpeita.
- Ohjelmistotuki: CAM-ohjelmiston valinnassa ohjelmistotuki on merkittävässä roolissa. Ohjelmistojen kehittyessä ja päivittyessä käyttäjien usein turvaututtava toimitajien ja valmistajien tukeen siirtymävaiheiden aikana.
- Yrityksen tarpeet: CAM-ohjelmistoa valittaessa tulee yrityksen tunnistaa se, mitä yritys todella tarvitsee. Keskeisiä kysymyksiä ovat muun muassa mitä ja miksi yritetään saavuttaa ja missä aikataulussa. Lisäksi olennaisia kysymyksiä ovat kuinka usein ohjelmistoa käytettäisiin, millaisia kasvutavoitteita yrityksellä on tulevaisuudessa ja ketkä olisivat järjestelmän käyttäjiä.

### **3.2 Vaatimukset CAM-ohjelmistolle kohdeyrityksessä**

CAM-teknologia on nykyään normaali menetelmä osavalmistuksessa. Valittaessa CAM-ohjelmistoa yritykselle, on sen vaatimukset määriteltävä tarkasti, jotta ohjelmisto täyttää yrityksen tarpeet. Toimeksiantajayrityksellä on tarve modernille CAM-ohjelmistolle, jolla monimutkaisen ja vaativan työstöohjelman teko onnistuu Swiss-tyyppiselle pitkäsorvausautomaatille. Kohdeyrityksen kannalta tärkeimpiä vaatimuksia ohjelmistolle ovat kappaleen konesimulointi törmäystarkastelun kanssa, hinta, sopivuus Swiss-type-sorville ja simulointi/raportointi tarjouslaskentaa varten. Tärkein vaatimus ohjelmistolle on konesimulointi törmäystarkastelun kanssa, jotta vältetään turhat törmäykset työstökoneella. Lisäksi se nopeuttaa ja vähentää ylimääräistä työtä, kun ohjelma siirretään työstökoneelle. Swiss-type-työstökoneiden rakenteen takia monetkaan CAM-ohjelmistot eivät sovellu täysin näiden koneiden ohjelmointiin.

Jotta yritys saa kaiken mahdollisen hyödyn ohjelmistosta, on selvitettävä eri ohjelmistojen potentiaali Swiss-tyyppisten koneiden ohjelmoinnissa. Tämän takia on tärkeä pyytää esittelyt eri ohjelmistojen edustajilta. Samalla saadaan tietoa CAM-ohjelman helppokäyttöisyydestä ja käyttöliittymästä. Monimutkaisia kappaleita tehtäessä on tärkeää, että CAM-ohjelmisto antaa hyvät tiedot tarjouslaskentaa varten. Kun ohjelmisto antaa kattavan raportoinnin tarjouslaskentaan, on sen pohjalta helppo tehdä lopullinen tarjous.

### 3.3 Ohjelmistojen vertailu ja valinta

Opinnäytetyö lähti liikkeelle selvittämällä, mitkä CAM-ohjelmistot soveltuisivat Swiss-tyyppisten koneiden ohjelmointiin ja simulointiin. Kaikki ohjelmistot eivät sovellu Swiss-tyyppisille koneille niiden ainutlaatuisen rakenteen vuoksi. Yrityksellä oli tiedossa jo muutama ohjelmisto, jotka voisivat sopia Swiss-tyyppisille koneille. Vertailuun haluttiin ottaa 3 tai 4 ohjelmistoa, jotta tarkastelu olisi tarpeeksi kattava, mutta ohjelmistoja ei olisi liikaa. Muutamia sopivia ohjelmistoja tarkasteltiin, mutta päädyttiin jättämään osa vertailusta pois ohjelmistojen tuen puutteen vuoksi. Lopulliseen vertailuun valittiin kolme ohjelmistoa. Niiden toimittajat kutsuttiin esittelemään ohjelmistot ja niistä pyydettiin tarjoukset. CAM-ohjelmistolle laadittiin lista vaatimuksista, jonka mukaan ohjelmistot pisteytetään. Yksi tärkeimmistä vaatimuksista ohjelmistolle oli kappaleen konesimulointi törmäystarkasteluineen. Muita tärkeitä valintakriteereitä ohjelmistolle olivat sopivuus Swiss-tyyppisille sorveille, sopivuus merkille Citizen ja ohjaukselle Cincom/Mitsubishi, simulointi/raportointi tarjouslaskentaa varten, hinta ja tuki.

Ohjelmistoesittelyjen jälkeen ohjelmistot pisteytettiin. Tarkastelua varten laadittiin pisteytystaulukko (taulukko 1). Ohjelmistoille asetetut vaatimukset pisteytettiin asteikolla 1–5. Näistä 5 = paras ja 1 = huonoin. Lopuksi jokaiselle ohjelmistolle laskettiin yhteispisteet ja keskiarvo, jolla nähtiin, mikä ohjelmisto keräsi parhaat pisteet.

Taulukko 1. Ohjelmistojen pisteytys.

<b>Vaatimuksia ohjelmistoille</b>	<b>Ohjelmisto 1</b>	<b>Ohjelmisto 2</b>	<b>Ohjelmisto 3</b>
Sopivuus Swiss-type-sorveille	3	4	5
Sopivuus merille Citizen ja ohjaukselle Cincom/Mitsubishi	3	3	3
Simulointi/raportointi tarjouslaskentaa varten	4	4	5
Konesimulointi	1	4	5
Postprosessointi (avoin/suljettu)	Suljettu	Suljettu	Muokattavissa
Hinta	3	2	5
Tuki	5	4	2
Piirto-ominaisuudet	3	3	3
Yhteensopivuus CAD-ohjelmistojen kanssa	5	4	4
Käytettävyys/helppokäyttöisyys	5	3	3
Lisäosien saatavuus	4	4	3
Monipuolisuus	4	5	4
Ohjelmiston ylläpidon kustannukset	4	2	5
<b>Yhteispisteet</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>47</b>
<b>Keskiarvo</b>	<b>3,67</b>	<b>3,50</b>	<b>3,92</b>

Pisteytysmenetelmän tuloksena eniten pisteitä keräsi ohjelmisto numero 3. Tulosten perusteella ohjelmisto numero 3 olisi paras valinta toimeksiantajayrityksen tarpeisiin. Se soveltuu parhaiten yrityksen käyttämien Swiss-tyyppisten sorvien ohjelmointiin ja simulointiin. Erityisesti konesimulointi ja törmäystarkastelu on huippuluokkaa ohjelmistossa. Lisäksi ohjelmisto tarjoaa kattavan simuloinnin ja raportoinnin tarjouslaskentaa varten. Alhaisimman hinnan ja alhaisimpien ylläpitokustannusten kanssa ohjelmisto tarjoaa myös taloudellista säästöä. Kokonaisuudessaan ohjelmisto numero 3 tarjoaa erinomaiset ominaisuudet Swiss-tyyppisten koneiden ohjelmointiin ja simulointiin.

## 4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli valita CAM-ohjelmisto Swiss-tyyppisten koneiden ohjelmointiin ja simulointiin. CAM-ohjelmisto tuo yritykselle monia hyötyjä. Sen ansiosta valmistusajat lyhenevät, tuotteiden laatu paranee, työstökoneista saadaan koko potentiaali käyttöön ja yritys nähdään houkuttelevampana sekä työnantajana että työmarkkinoilla. Lisäksi tämä hankinta on yritykselle merkittävä teknologialoikka eteenpäin. Toimeksiantajayrityksellä on tullut tarve modernille ja laadukkaalle CAM-ohjelmistolle, kun yritys on kasvanut ja kysyntä noussut. Hankittavan ohjelmiston pitää soveltua Swiss-tyyppisten koneiden ohjelmointiin ja simulointiin. Yhtenä vaatimuksena on, että ohjelmistolla pitää pystyä tekemään konesimulointi kappaleelle törmäystarkasteluineen. CAM-ohjelmistolle on myös tarvetta tarjouslaskentaa varten monimutkaisissa kappaleissa.

Työ aloitettiin selvittämällä, mitkä ohjelmistot soveltuvat Swiss-tyyppisille työstökoneille. Selvitystyön tuloksena valittiin kolme ohjelmistoa tarkempaan tarkasteluun ja näiden ohjelmistojen edustajat pyydettiin esittelemään ohjelmistot. Esittelyiden jälkeen ohjelmistot pisteytettiin aikaisemmin laadittujen vaatimusten perusteella. Pisteytyksessä eniten pisteitä keräsi Espritcam, joka lopulta valikoitui yrityksen käyttöön. Espritcam sopii loistavasti Swiss-tyyppisten koneiden ohjelmointiin ja simulointiin. Ohjelmistosta löytyy erinomainen konesimulointimahdollisuus, jossa on mukana myös törmäystarkastelu. Tarjouslaskentaa ajatellen ohjelmisto antaa kattavan raportoinnin, jossa on kaikki tarvittavat tiedot tarjouslaskentaa varten. Lisäksi alhaisempien kustannusten, sekä ohjelmiston ollessa kokonaisuudessaan kattava ja monipuolinen, se on juuri oikea valinta toimeksiantajayritykselle.

Lopputuloksena työssä valittiin CAM-ohjelmisto, joka sopii parhaiten Trala Automaatio Oy:n tarpeisiin ja auttaa heitä yrityksenä eteenpäin. CAM-ohjelmisto antaa mahdollisuuden käyttää työstökoneiden koko potentiaalia, kun ohjelmoinnista tulee helpompaa. CAM-ohjelmisto parantaa yrityksen houkuttelevuutta, auttaa yritystä sen kasvussa ja tavoitteessa olla alalla merkittävä kumppani.

## LÄHTEET

- Aaltonen, K., Anderson, P., & Kauppinen, V. (1997). *Koneistustekniikat*. WSOY.
- Camcut. (i.a.-a). CAM. <https://www.camcut.fi/tuki/konepajasanasto/cam/>
- Camcut. (i.a.-b). CAM-ohjelmointi. <https://www.camcut.fi/tuki/konepajasanasto/cam-ohjelmointi/>
- Camcut. (i.a.-c). NC. <https://www.camcut.fi/tuki/konepajasanasto/nc/>
- Camcut. (i.a.-d). Poraus. <https://www.camcut.fi/tuki/konepajasanasto/poraus/>
- Camcut. (i.a.-e). Postproessori. <https://www.camcut.fi/tuki/konepajasanasto/postproessori/>
- Fractory. (2023). *Swiss Machining Explained – What Is a Swiss Lathe?* <https://fractory.com/swiss-machining-explained/>
- Heinonen, M., & Kalliolahti, J. (2020). *Koneistustekniikka*. Sanoma Pro.
- Maaranen, K. (2004). *Koneistustekniikat* (5.uud. p.). WSOY.
- Maaranen, K. (2012). *Koneistus*. Sanoma Pro.
- Mastercam. (i.a.). *What is Swiss Machining?* <https://www.mastercam.com/news/blog/what-is-swiss-machining/>
- Sabner. (i.a.). *Swiss type lathe*. <https://sabner.com/swiss-type-lathes/>
- Sandvik Coromant. (i.a.). *Sorvaus*. <https://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/general-turning>
- Techni Waterjet. (2023). *What is Multiaxis Machining: Definition, Machines & Characteristics*. <https://www.techniwaterjet.com/multiaxis-machining/>
- Trala Automaatio. (i.a.). *Trala*. <https://trala.fi/>

