



Koneistusprosessin suunnittelu

Opinnäytetyö
Konetekniikan koulutus
Kevät 2024
Jussi Lehikoinen

Konetekniikan koulutus

Tekijä Jussi Lehikoinen

Työn nimi Koneistusprosessin suunnittelu

Ohjaaja Niko Laukkanen

Tiivistelmä

Vuosi 2024

Opinnäytetyö toteutettiin LVI-Salerma Oy:n toimeksiannosta. LVI-Salerma Oy on toiminut pitkään LVI-alalla, mutta omistaa myös koneistuskalustoa ja siihen liittyviä ohjelmistoja. Yrityksen tavoitteena on siirtyä täysipäiväiseksi koneistamoksi. Työssä tutkittiin yrityksen koneistusprosessin nykytilannetta. Koneistusprosessia tarkasteltiin suorittamalla prosessi kokonaisuudessaan yritykselle saapuneen asiakastilauksen avulla. Työn tavoitteena oli tutkia ja dokumentoida prosessi pääpiirteittäin ja kehittää prosessin eri vaiheisiin työohjeita yrityksen käyttöön.

Työssä hyödynnettiin prosessiajattelun eri toimintamalleja, jotka koettiin sopivan parhaiten yrityksen käyttöön. Prosessien kehittämisessä otettiin huomioon yrityksen koko ja resurssit. Työ jaettiin kahteen vaiheeseen: teoriaan ja käytäntöön. Teoriavaiheessa perehdyttiin koneistuksen teoriaan ja tutustuttiin yrityksen konekantaan ja ohjelmistoihin. Koettiin myös hyödylliseksi arvioida LVI-Salerma Oy:n kilpailukykyä konepaja-alalla. Käytännön vaiheessa tehtiin konepajapiirustukset, ohjelmoitiin työstöradat ja CNC-sorvattiin asiakkaan tilaamat kappaleet.

Koneistusprosessissa havaittiin CAM-ohjelmoinnin ja CNC-sorvin ohjauspaneelin käytön olevan toimintoja, jotka vaativat työohjeiden laatimista. Työohjeiden laatiminen ja tulevat asiakastilaukset tulevat lyhentämään koneistusprosessin läpäisyäikää, koska kokemus ohjelmistoista ja ohjauspaneelin käytöstä kasvaa. Koneistusprosessin kehittämiseksi ehdotettiin kappaleen ääriviivojen piirtämistä CAM-ohjelmassa ja tilausten tarkkaa dokumentoimista. Konepajateollisuuden työntekijäpula huomioon ottaen LVI-Salerma Oy:llä ei ole estettä toimia kannattavasti esimerkiksi alihankkijana suuremmille konepajoille.

Avainsanat CAM, CNC, koneistus, prosessi, sorvaus

Sivut 29 sivua ja liitteitä 5 sivua

The thesis was commissioned by LVI-Salerma Oy. LVI-Salerma Oy has a long history in the HVAC industry, but also owns machining equipment and related software. The company aims to become a full-time machining workshop. The study examined the current state of the company's machining process. The machining process was examined by running the process in its entirety based on a customer order received by the company. The aim of the work was to study and document the process in outline and to develop work instructions for the different stages of the process. These instructions can be used by the company in the future.

The work made use of the different process thinking approaches that were the most appropriate for the company. In developing the processes, the size and resources of the company were considered. The work was divided into two phases: theory and practice. In the theoretical phase, the theory of machining was studied, and the company's machinery and software were familiarized. It was also considered useful to assess the competitiveness of LVI-Salerma Oy in the engineering sector. In the practical phase, machine shop drawings were made, machining paths were programmed, and parts ordered by the customer were turned with a CNC-lathe.

In the machining process, CAM-programming and the use of the CNC-lathe control panel were found to be operations that required the development of work instructions. The development of work instructions and future customer orders will reduce the lead time of the machining process as experience with the software and control panel increases. To improve the machining process, it was suggested to draw the contours of the part in CAM software and to document the orders accurately. Given the shortage of workers in the machining industry, LVI-Salerma Oy has no obstacles to operating profitably, for example as a subcontractor to larger machining companies.

Keywords CAM, CNC, machining, process, turning
Pages 29 pages and appendices 5 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Prosessi	2
2.1	Prosessien hyödyntäminen konepajatoiminnassa	2
2.2	Manuaalisorvi	3
2.3	Manuaalijyrsin	5
2.4	CNC-sorvi	6
2.5	CAD-ohjelmisto	8
2.6	CAM-ohjelmisto	8
2.7	Koneistusprosessin taloudellinen vaikutus	10
3	LVI-Salerma Oy:n koneistusprosessi	11
3.1	Asiakastilaus: Kaivinkoneen telarulla	13
3.2	Tarjous	14
3.3	Konepajapiirustus	14
3.4	CAM-ohjelmointi	16
3.5	Valmistus	18
4	Prosessin jatkokehittäminen	20
5	Yhteenveto	21
	Lähteet	23

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1.	4
Kuva 2.	6
Kuva 3.	7
Kuva 4.	10
Kuva 5.	12
Kuva 6.	13
Kuva 7.	14
Kuva 8.	15
Kuva 9.	16
Kuva 10.	18
Kuva 11.	19
Kuva 12.	20

Liitteet

Liite 1. Wincam ohje

Sanasto

CNC	Computerized numerical control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAM	Computer-aided Manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus
DXF	Drawing Interchange Format, CAD-tiedostomuoto
DWG	Drawing, 2D tai 3D CAD-piirustuksen tiedostomuoto

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä perehdytään käytännössä LVI-Salerma Oy:n koneistusprosessiin. Koneistusprosessia tarkastellaan prosessiajattelun näkökulmasta ja tutkitaan, miten yrityksen koneistusprosessia saadaan tehokkaammaksi.

Opinnäytetyön tekijällä on vuosien kokemus hitsaajana, mutta koneistuksesta hänellä ei ole lainkaan työkokemusta. Tekijän kiinnostus alaa kohtaan, tietämys koneistuksesta ja käytännön osaaminen ovat sillä tasolla, että toiminnallinen opinnäytetyö on mahdollista suorittaa. Kaikki käytännön koneistusosaaminen, jota opinnäytetyön tekovaiheessa tekijä pääsee oppimaan, tulee olemaan arvokasta tulevalle konetekniikan insinöörille.

LVI-Salerma Oy on espoolainen vuonna 2002 perustettu LVI-alan yritys, jonka palvelutarjontaan ovat kuuluneet pääsääntöisesti vesijohto-, ilmastointi- ja viemärintityöt. Yrityksellä on myös pienimuotoista koneistustoimintaa, jota on käytetty yrityksen omiin projekteihin ja asiakastöihin.

Taustana opinnäytetyölle on yrityksen tarve siirtyä LVI-alan töistä täysipäiväiseksi koneistamoksi. Yrityksen perustaja toimii tällä hetkellä LVI-Salerma Oy:n ainoana työntekijänä. Näin ollen keskittyminen yhteen toimialaan on perusteltua, jotta saadaan suurin hyöty yrittäjän voimavaroista. Yrittäjän kiinnostus ja pitkä kokemus koneistustöistä edesauttavat siirtymistä uudelle toimialalle. Työn tavoitteena on tutkia ja kehittää yrityksen koneistusprosessia. Tavoitteeseen pääsemiseksi yrityksen nykyinen koneistusprosessi kartoitetaan ja kehitettävästä prosessista luodaan tarvittavat työohjeet. Koneistusprosessin kehittäminen ja dokumentointi auttavat yritystä toimimaan koneistamona tehokkaasti ja järjestelmällisesti.

2 Prosessi

Prosessi on toistuva sarja tehtäviä, jotka voidaan määritellä ja mitata. Tunnettu prosessi on kemiallinen prosessi, jossa sarja reaktioita synnyttää tietyn uuden lopputuloksen.

Liiketoiminnassa prosessi on periaatteeltaan sama. Kemiallisten reaktioiden tilalla on liiketoiminnan tehtävät, jotka yhdessä muodostavat hyödyllisen lopputuloksen. Prosessin tarkoitus on tuottaa lisäarvoa yritykselle sisäisesti tai ulkoisesti asiakkaalle.

Kehittämistavoitteet ovat välttämättömiä organisaatioiden prosessien jatkuvan kehittymisen kannalta. Kehittämistavoitteita voivat olla kustannusten vähentäminen, tuottavuuden lisääminen, läpimenoajan lyhentäminen sekä laadun ja palvelun parantaminen.

Organisaatioissa kehittämistavoitteet saavutetaan prosessijohtamisella, jossa organisaation toimintojen johtaminen tapahtuu prosessien avulla. (Lecklin, 2006, s.128)

Prosessit sopivat niin isoille organisaatioille, kuin myös pienille yrityksille. Pienet yritykset hyötyvät isojen organisaatioiden lailla toiminnan tavoitteellisuudesta ja mitattavuudesta.

Prosessien avulla yritystä on helpompi hallita ja tuottavuus kasvaa. Prosessit dokumentoidaan ja jokaiselle prosessille asetetaan mittari, jotta prosessin toimintaa voidaan arvioida. Arviointi auttaa tunnistamaan, missä prosesseissa on kehitettävää. (Rissanen, n.d.)

Konepajatoiminnassa kappaleiden koneistaminen eli tuotanto on yrityksen ydinprosessi.

Ydinprosessit ovat yrityksen tärkeimpiä prosesseja, joissa yrityksen osaaminen ja kyvyt tuovat asiakkaalle arvoa. Ydinprosessi on prosessihierarkiassa ylimpänä, jolloin sen alaisuudessa ovat yrityksen sisäiset prosessit eli tukiprosessit ja osaprosessit.

Osaprosessilla tarkoitetaan hierarkiassa alemmalla tasolla olevaa prosessia, jonka alaisuudessa ovat vaihe tai tehtävä. Vaihe tai tehtävä on kerralla suoritettava kokonaisuus, jolle ei ole tarpeellista luoda omaa prosessikaaviota. Prosessikaavion sijasta työvaiheelle liitetään työohje. (Lecklin, 2006, s.130)

2.1 Prosessien hyödyntäminen konepajatoiminnassa

Konepajat kilpailevat keskenään koneistusurakoista, joten ei ole kauaskantoista kilpailla koneistuksen tuntiveloituksella tai urakoiden hinnoilla. Hintakilpailun poistuessa on mahdollista kilpailla muilla tekijöillä. Konepajan kustannustehokkuutta voidaan kehittää ja asiakkaille voidaan tarjota parempia tuotteita ja palveluita. Tieteen termipankki (Tieteen termipankki, 2017) määrittelee kustannustehokkuuden seuraavanlaisesti: "Käytettävien

resurssien ja saatavan tuloksen suhteen optimointi niin, että mahdollisimman pienillä resursseilla saadaan suhteessa suurempi tuotos.”

Kustannustehokkuuden kehittämisen tukena voidaan hyödyntää Lean-ajattelun periaatteita. Lean-ajattelu on kehittämisfilosofia, joka on alun perin kehitetty Toyotan käyttöön. Lean-ajattelussa toiminnot, jotka eivät tuota arvoa asiakkaalle määritetään hukaksi. Hukkaa tuottavat yrityksen toiminnot ovat ensisijaisen tärkeä tunnistaa, jotta ne voidaan poistaa. Hukkien tunnistaminen lyhentää tuotteen valmistukseen kuluva aikaa eli läpäisyaikaa. (Logistiikan maailma, 2024)

LVI-Salerma Oy:n konepajatoiminnan tärkein tehtävä on tuottaa sen asiakkaille arvoa valmistamalla ja toimittamalla tuote asiakkaalle. Ennen kuin valmis tuote on asiakkaalla, vaaditaan päivittäisiä toimintoja, joista kaikki eivät tuota arvoa. Konepajatoiminnassa arvoa tuottavia toimintoja ovat toiminnot, jotka edistävät tuotteen valmistumista. Sellaisia toimintoja ovat esimerkiksi työstöratujen tekeminen, sorvaus ja jyrsintä. Omien töiden korjailu, siirtymiset, odottelu ja ylituotanto ovat esimerkkejä turhasta työstä, joka ei tuota arvoa asiakkaalle ja pidentää valmistuksen läpäisyaikaa. LVI-Salerma Oy:n tapauksessa läpäisyajan lyhentäminen tekee liiketoiminnasta kustannustehokkaampaa. Koneistuksen tapahtuessa nopeammin, saadaan seuraava projekti aikaisemmin tuotantoon.

2.2 Manuaalisorvi

Kärkisorvi on yleisin manuaalisorvityyppi konepajoissa. Kärkisorvilla voi sorvata, porata, kalvia, kierteittää, hioa, työstää kiilauria, jyrsiä, valmistaa jousia ja painosorvata. Sorvissa kappale pyörii paikallaan olevaa leikkuutyökäluu vasten. Kappaleen pyörimisen seurauksena kappaleet ovat usein pyörähdysymmetrisiä. Manuaalisorvien käyttö on vähentynyt huomattavasti CNC-koneiden yleistyttyä, mutta manuaalisorveja käytetään edelleen yksittäisten kappaleiden sorvaukseen. (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s.38) Opinnäytetyön tilaajayrityksessä on käytössä kuvan 1 mukainen manuaalisorvi. Yritys on käyttänyt sorvia yksittäisten ja pienten alle kymmenen kappaleen sarjojen valmistukseen. Sorvin kärkiväli on 1000 mm ja sorvilla on mahdollista työstää maksimissaan 400 millimetriä halkaisijaltaan olevaa kappaletta.

Asiakkaan tilauksen saavuttua on syytä miettiä kannattaako kappale sorvata manuaalisesti vai käyttää CNC-sorvia. Valintaan CNC-koneen ja manuaalikoneen välillä vaikuttavat kappaleiden määrä eli sarjakoko, kappaleen muoto ja kuinka nopeasti sorvaus täytyy suorittaa. Yksittäiskappaleiden ja pienten sarjojen työstämisessä manuaalisorvi on nopea

vaihtoehto. Manuaalisorvauksessa työvaiheita on vähemmän kuin CNC-sorvauksessa, koska manuaalisorvia ei tarvitse ohjelmoida. Manuaalisorvilla on aikaa vievää työstää muotoja, jotka onnistuvat CNC-sorvilla vaivattomasti. Manuaalisorvauksessa työstöön käytettäviä työkaluja on oltava käytössä huomattavasti enemmän kuin CNC-sorvauksessa. (Universal Technical Institute, 2021)

Työkalut ovat suuri kustannus pienelle konepajalle, joten kaikkien työkalujen omistaminen ei ole kannattavaa. Tilaajayrityksellä on runsaasti työkaluja manuaalisorvaukseen ja monia niistä voi käyttää myös CNC-sorvaukseen. Yrityksen toimialan vaihto sujuisi investointien osalta kannattavasti, koska työkalut ja koneet ovat jo yrityksen omistuksessa. Erilaisten asiakastilauksien saapuminen lisää todennäköisesti tarvetta uusille työkaluille.

Kuva 1. Yrityksen manuaalisorvi (Lehikoinen, 2024)



LVI-Salerna Oy:n omistajalta ja ainoalta työntekijältä löytyy vuosikymmenien kokemus manuaalisorvauksesta. Viimevuosina on uutisoitu koneistajien puutteesta työmarkkinoilla, joten tilaajayrityksellä on todennäköisesti mahdollisuus tehdä alihankintaa isommille toimijoille. Suuren tilauksen vastaanottanut ja aikatauluun sitoutunut isompi konepajayritys tarvitsee todennäköisesti LVI-Salerna Oy:n kaltaisia yrityksiä. LVI-Salerna Oy tekee osan sorvaustöistä, jotta sovituissa aikatauluissa pysytään. LVI-salerman Oy:n on myös mahdollista

reagoida ja valmistaa osa tai osat nopeasti asiakkaan tarpeiden mukaan, koska yritys omistaa ja osaa käyttää manuaalisorvia. (Antje, 2024)

2.3 Manuaalijyrsin

Yleisjyrsinkone on edellä mainitun kärkisorvin tavoin yleisin jyrsinkone konepajoissa. Jyrsimällä voidaan valmistaa tasomaisia pintoja, uria ja hammasmuotoja. Jyrsimessä kappale pysyy paikallaan puristimessa ja työkalu pyörii kappaletta vasten. Manuaalijyrsinten käyttö on manuaalisorvien tapaan vähentynyt huomattavasti. (Koneistustekniikka) Jyrsin on muodoltaan sorviin verrattuna lyhyt ja korkea. Jyrsimen muoto mahdollistaa sen sijoittamisen LVI-Salerma Oy:n konepajan tiloihin, jossa lattiapinta-alaa on rajallinen määrä. Konepajoilla on usein käytössä jyrsimiä sekä sorveja, koska jyrsimellä ja sorvilla voi yhdessä tehdä suuren skaalan eri konepajan töitä. (OneMonroe, 2019)

Manuaalijyrsimiä käytetään manuaalisorvien tapaan yksittäisten kappaleiden tai pienten sarjojen työstämiseen. CNC-ohjatuilla jyrsimillä eli työstökeskuksilla tehdään suuremmat sarjat ja äärimmäistä tarkkuutta vaativat työt. Manuaalijyrsintä käytetään tilanteessa, jossa työstökeskuksen ohjelmointiaika on pidempi kuin manuaalijyrsimellä tehtävään työstöön kuluva aika. LVI-Salerma Oy omistaa kuvan 2 mukaisen manuaalijyrsimen. Yritys omistaa runsaasti erilaisia teriä ja työkaluja erilaisten muotojen jyrsimiseen. (Nemeth, 2022)

Kuva 2. Yrityksen manuaalijyrsin (Lehikoinen, 2024)



2.4 CNC-sorvi

CNC-koneen tietokone eli ohjausyksikkö ohjelmoidaan suorittamaan haluttuja toimintoja. CNC-koneita voi ohjelmoida tekstimuodossa G-koodilla tai kehittyneemmällä CAD/CAM teknologialla. (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s.87) CNC-tekniikka on käytössä lähes kaikissa nykyaikaisissa työstökoneissa. CNC-ohjatuista työstökoneista yleisimmät ovat NC-sorvi ja koneistuskeskus. (Vesamäki, 2007, s.11)

LVI-Salerma Oy:n omistama CNC-sorvi on amerikkalaisen Haas:in valmistama. Kyseessä on edullinen ja helppokäyttöinen työkalusorvi. Kuvassa 3 on yrityksen sorvi, jonka malli on TL-2. Sorvin kärkiväli on 1219 mm ja sorvilla on mahdollista työstää maksimissaan 406 mm halkaisijaltaan olevaa kappaletta. Sorvin maksimi kierrosluku on 3000 kierrosta minuutissa. Haas TL-2 on kaksiakselinen vaakajohteinen sorvi. Kaksiakselisuus tarkoittaa, että sorvilla on kaksi liikesuuntaa. Pitkittäisliike tapahtuu Z-akselilla ja poikittaisliike X-akselilla. Z- ja X-akselilla liike positiiviseen suuntaan on poispäin kappaleesta. Sorvissa on pikavaihtoteränpidin neljälle työkalulle. NC-ohjelman työkalun vaihdossa kone pysähtyy ja kehottaa vaihtamaan työkalun. Pidin vapautetaan, jonka jälkeen käännetään oikea työkalu paikalleen ja pidin kiristetään.

CNC-sorvi mahdollistaa yritykselle monimutkaisempien ja tarkempien muotojen työstämisen. Sorvia on mahdollista ohjelmoida kuvassa 3 näkyvän ohjauspaneelin avulla, mutta yritys käyttää ohjelmoinnissa apuna CAM-ohjelmaa. CAM-ohjelmointi tehdään erillisellä tietokoneella ja siirretään G-koodina muistitikulla sorville. G-koodi sisältää kaikki tarvittavat liikkeet, joilla sorvattavasta kappaleesta saadaan haluttu lopputulos. CAM-ohjelmointi säästää huomattavasti aikaa, koska muuten G-koodi pitäisi kirjoittaa vaihe vaiheelta manuaalisesti sorvin ohjauspaneelilla. CNC-sorvin ja CAM-ohjelmiston omistaminen on LVI-Salerma Oy:n koneistustoiminnan kannalta olennaista. Nämä hankinnat mahdollistavat suurempien sarjojen tilausten vastaanottamisen. Tilauksen jälkeen kappaleelle ohjelmoidaan työstöradat CAM-ohjelmalla, jonka jälkeen esimerkiksi 100 kappaletta voidaan työstää samalla ohjelmalla.

CNC-sorvin käytössä on oleellista, että työkalut ovat numeroituja. Työkaluille pitää asettaa pitkittäis- ja poikittaissuuntaiset korjaimet. Korjainmitta tarkoittaa työkalun kärjen etäisyyttä työkalupitimin nollakohdasta. Korjaimet asetetaan, jotta työstökone tietää, missä terän kärki sijaitsee. NC-koodissa työkalun vaihtokäsky on muodossa Txxxx x:n tarkoittaessa vaihtuvaa lukua. Käskyssä T on tool, ensimmäiset kaksi numeroa ovat työkalun numero ja toiset kaksi numeroa työkalun korjain. Esimerkiksi työkalu numero 1 pyydetään käskyllä T0101.

Kuva 3. Yrityksen CNC-sorvi (Lehikoinen, 2024)



2.5 CAD-ohjelmisto

CAD-ohjelmistot mahdollistavat kaksi- tai kolmiulotteisten piirustusten tai mallien luomisen käsin piirtämisen sijasta. CAD-ohjelmistot ovat laajalti käytettyjä, koska niissä on lukuisia etuja käsin piirtämiseen verrattuna. CAD-ohjelmilla on mahdollista tuottaa nopeasti erittäin tarkkoja piirustuksia ja malleja. (Siemens, n.d.)

Tässä työssä CAD-ohjelmistona on käytössä AutoCad. Ohjelmistoalan yritys Autodesk Inc esitteli AutoCAD:in ensimmäisen version vuonna 1982. AutoCad:in suosion avulla Autodesk:in tuotevalikoimaan on tullut suuri joukko erilaisia ohjelmia, jotta AutoCAD soveltuisi mahdollisimman monelle toimialalle. AutoCAD:in etuja ovat sen monipuolinen muokattavuus ja räätälöinti käyttäjäkohtaisesti. (Home, n.d.)

2.6 CAM-ohjelmisto

CAM-ohjelmiston avulla luodaan työstöradat CNC-koneelle. CAD:iä käytetään tuotteen tai osan suunnitteluun ja CAM:iä tuotteen valmistukseen. CAD-malli ladataan CAM:iin, jolloin ohjelma alkaa valmistella mallia työstettäväksi. (Deans, 2021)

Opinnäytetyön tilaajayrityksellä on käytössä WinCam CAM-ohjelmisto, joka on yleisesti käytössä oleva ohjelmisto suomalaisissa konepajoissa. WinCAMilla on mahdollista tehdä työstöratoja sorveille ja työstökeskuksille. WinCAM mahdollistaa työstettävän kappaleen työstöratojen simuloinnin visualisoimalla koko työstöprosessin aiheista valmiiksi kappaleeksi. Visualisointi auttaa tekijää varmistumaan, että kaikki tarvittavat toiminnot tulee suoritetuksi. WinCAM on yhteensopiva lähes kaikkien Suomessa käytettävien NC-ohjauksien kanssa. (Camtek Oy, 2013)

CAD-ohjelmalla on luotava dxf-tiedosto CAM-ohjelmalle. Dxf-tiedosto sisältää käytännössä vain kappaleen koneistettavat ääriviivat. Dxf-tiedosto tuodaan Wincamiin, jossa kappaleelle määritetään nollapiste, aihio ja kotiasema. Nollapiste on kappaleen oikeassa reunassa keskellä kappaletta. Aihio asetetaan putkiahiona tai tankoaihiona. Kotiasema on työstökoneelle asetettu kotiasema, jota voidaan työstökoneelta vaihtaa tarvittaessa. Yrityksen NC-sorvissa kotiasema on asetettu $X=-200$ ja $Z=-700$. X-mitta on halkaisijamitta ja Z-mitta on 700 mm koneen takaosasta kappaletta kohti. Ensimmäinen ohjelma on sorvauksessa yleisesti pääntasaus. Pääntasauksessa kappaleen päästä lastutaan ylimääräinen materiaali pois ja saavutetaan tasainen pääty kappaleelle. Pääntasaukseen ja

muihin ohjelmiin täytyy valita työkalu. Työkaluina toimivat yrityksellä käytössä olevat työkalut, mutta kaikkia työkaluja ei ole suotavaa tallentaa Wincamiin. Suuret määrät työkaluja ovat vaikeita hallita ja uuden työkalun lisääminen tai muokkaaminen on nopeaa. Esimerkiksi jokaisen eri kokoisen poranterän tallentaminen Wincamin työkaluksi ei ole kannattavaa. Yrityksellä on kuitenkin kannattavaa olla kaikki yleissorvauksessa käytettävät työkalut fyysisesti saatavilla. Monimutkaiset kappaleet vaativat enemmän työkaluja ja yksi NC-ohjelma voi sisältää monta työkalun vaihtoa. Ulkopuoliseen ja sisäpuoliseen sorvaukseen on omat työkalunsa ja työkaluja on oikea- sekä vasenkätisiä. (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s.41)

Pääntasauksen jälkeen kappaleelle suoritetaan rouhinta, jotta kappaleelle saadaan haluttu muoto. Rouhintaa voidaan tehdä kappaleen ulkopuolelle tai sisäpuolelle. WinCamissa rouhintaa kutsutaan muotorouhinnaksi. Muotorouhintaa varten on tiedettävä, millä työkalulla ja työstöarvoilla rouhinta aiotaan suorittaa. Ulkorouhintaterällä voi suorittaa pääntasauksen ja muotorouhinnan, jolloin terää ei tarvitse vaihtaa. Wincam tarjoaa oletuksena työstöarvoja, mutta oletuksena annetut työstöarvot eivät välttämättä kaikissa tapauksissa ole suositeltavia. Työstöarvoista oleellisimmat ovat lastuamissyvyys X-suunnassa, syöttö- ja lastuamisnopeus. Työstöarvojen valinnassa voi käyttää apuna terävalmistajien suosituksia, jotka näkyvät kuvassa 4. Kuvassa näkyvä teksti sinisellä pohjalla kertoo työstöarvot teräkselle. Vc on lastuamisnopeus, Fn on syöttö ja Ap on lastuamissyvyys. Tarjolla on myös runsaasti erilaisia applikaatioita älypuhelimiin, joilla on mahdollista laskea työstöarvoja vaihtamalla muuttujia. Kokeneille koneistajille kertyy vuosien varrella tuntumaan työstöarvoihin, jolloin he voivat luottaa myös omaan kokemukseensa työstöarvoja valittaessa.

Rouhinnan jälkeen kappale viimeistellään. Viimeistelyä varten on erilaisia teriä ja viimeistelyssä käytetään usein eri työstöarvoja. Wincam mahdollistaa erilaisiin tarpeisiin erilaisia vaihtoehtoja. Muotorouhinta voidaan suorittaa ilman viimeistelyvaraa, jolloin viimeistely jää kokonaan pois. Toinen vaihtoehto on jättää kappaleelle viimeistelyvaraa, joka on esimerkiksi X-suuntaan 0,5 mm ja Z-suuntaan 0,1 mm. Viimeistelyvara on mahdollista viimeistellä samalla työkalulla heti rouhinnan jälkeen tai eri työkalulla. Viimeistelyn tarkoituksena on saavuttaa parempi pinnakarheuden arvo. Parhaimpaan lopputulokseen pääsee käyttämällä viimeistelyssä eri työkalua kuin rouhinnassa ja muuttaa työstöarvoja viimeistelyyn sopivammaksi. Yleisesti viimeistelyssä käytetään pienempää syöttöä ja suurempaa lastuamisnopeutta. Viimeistelyn jälkeen ohjelmointi voidaan lopettaa tai kappaletta voidaan esimerkiksi porata, kierteyttää tai tehdä siihen uria.

Kuva 4. Terävalmistajan suositukset työstöarvoille (Lehikoinen, 2024)



2.7 Koneistusprosessin taloudellinen vaikutus

Opinnäytetyön tilaajayritys on yksi monien koneistusta tekevien yritysten joukossa Uudellamaalla, joten yrityksen on oltava kilpailukykyinen verrattuna muihin saman toimialan yrityksiin. Kuisma (2017) kuvailee kilpailukykyä näin: "Yrityksen tapauksessa 'kilpailukyky' on kyky tuottaa oikeita hyödykkeitä ja palveluita oikealla laadulla, oikeaan hintaan ja oikeaan aikaan. Se tarkoittaa asiakastarpeiden täyttämistä tehokkaammin ja paremmin kuin toiset yritykset tekevät."

Koneistuksen tehokkuuteen voi vaikuttaa monilla tavoin, mutta yleisin käytännön toimenpide on lisätä sorvatesa tai jyrsiessä lastuamisnopeutta. Lastuamisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat työstettävän kappaleen raaka-aine, terän raaka-aine ja haluttu lastun muoto. Lujaa tai kovaa ainetta työstäessä lastuamisnopeutta joudutaan vähentämään, koska terä kuumenee enemmän kuin pehmeissä tai helposti leikkautuvissa raaka-aineissa. Teräaineena käytetään yleisesti kovametallia, joka säilyttää leikkaavat ominaisuutensa noin 900–1000

celsiusasteen lämpötiloissa. Kovametalliterillä on mahdollista saavuttaa suuria lastuamisnopeuksia. (Koneistustekniikka s.30) Lastun muoto vaikuttaa terän käyttöikään, pinnan laatuun ja turvallisuuteen. Terän kestävyys kannalta pitkät lastut ovat suotuisia, mutta pitkät lastut voivat aiheuttaa koneen jumiutumisen ja lastunkuljettimen tukkeutumisen. Lastun muodoksi suositellaan lyhyttä spiraalia. Lyhyet spiraalin muotoiset lastut vaativat vähemmän tehoa työstökoneelta, aiheuttavat vähemmän voimia terän leikkauskohtiin ja lastujen poisto onnistuu vaivattomasti. Lastun muoto on valittu oikein, jos koneistus jatkuu keskeytymättä, turvallisesti ja lopputulos on laadullisesti riittävä. Kannattavuus koneistuksessa muodostuu, kun kappaleet koneistetaan mahdollisimman nopeasti haluttujen toleranssien sisäpuolelle. (Seco tools, n.d.)

Lastuamisnopeus lyhentää koneistamisen aikaa, mutta kappaleen koneistus on vain yksi osa suurempaa kokonaisuutta. Pienissä sarjoissa ja yksittäiskappaleissa varsinainen koneistus vie vain vähän aikaa verrattuna muihin toimintoihin, kuten kappaleessa 2.1 mainittuun turhaan työhön. Lastuamisnopeutta tärkeämpää on keskittyä prosessiin kokonaisuutena, jotta prosessi etenee tehokkaasti loppuun asti.

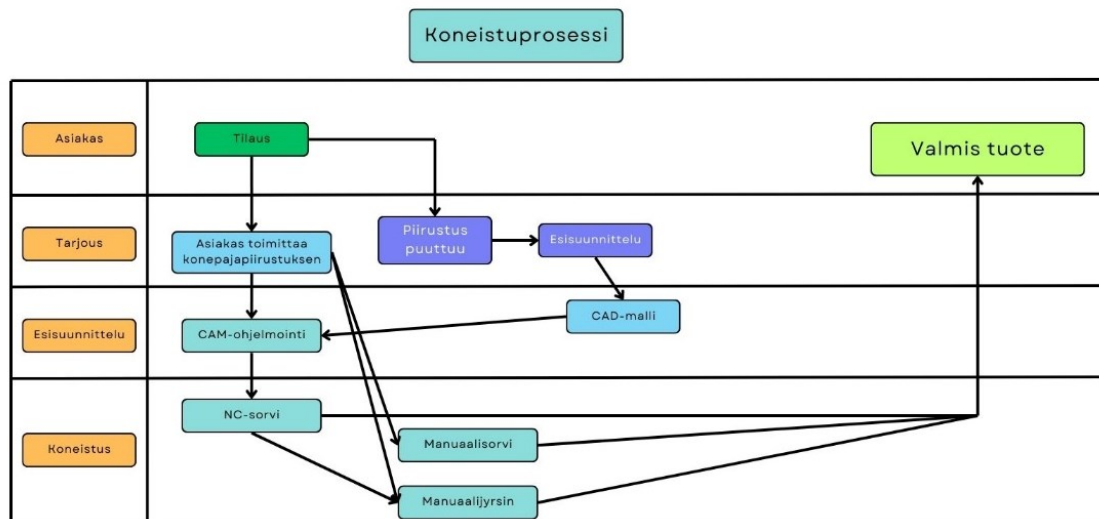
3 LVI-Salerma Oy:n koneistusprosessi

LVI-Salerma Oy:n koneistusprosessi on yrityksen ydinprosessi. Ydinprosessin alla ovat osaprosessit: asiakas, tarjous, esisuunnittelu ja koneistus. Osaprosessien alla ovat tehtävät, jotka vaihtelevat eri tapausten mukaan. Koneistusprosessi alkaa asiakkaan tilauksesta. Ensimmäiseksi on selvitettävä, minkälainen asiakkaan tilaus on pääpiirteittäin. Asiakas voi esimerkiksi toimittaa valmiin konepajapiirustuksen, jolloin työvaiheita on kokonaisuudessa vähemmän. Konepajapiirustuksen myötä suunnittelu CAD-ohjelmalla jää pois tai CAD-ohjelmalla tehdään vain pieniä parannuksia koneistettavuuteen. Toinen vaihtoehto on, että asiakas tietää kappaleesta mitat ja tietää mihin tarkoitukseen kappaletta tullaan käyttämään. Tällaisessa tapauksessa suunnitteluun on varattava huomattavasti enemmän aikaa, koska kappale on tehtävä mittatilaustyönä. Mittatilaustöissä on tehtävä esisuunnittelua, jotta asiakkaalle voidaan tehdä mahdollisimman paikkansapitävä tarjous. Asiakas haluaa kaikissa tapauksissa tietää, kuinka paljon koneistus tulee maksamaan. Tarjousta tehtäessä on otettava huomioon koneistettavien kappaleiden määrä, ääriimitat, materiaali ja kuinka paljon työn tekemiseen kuluu aikaa. Suunnitteluun, ohjelmointiin ja koneistukseen kuluva aika on pohdittava tarkkaan, koska tarjouksen hinnasta suuri osa koostuu työn kustannuksista. Erityisesti edullisten materiaalien työstämisessä työn osuus tarjouksen hinnasta on suuri. Yleisesti tilaajaa kiinnostaa yhden kappaleen hinta. Suurissa sarjoissa ohjelmointiin menee

vähemmän aikaa, joten suurissa sarjoissa kappalehinta on matalampi. Kappaleen äärimittojen ollessa tiedossa voidaan aihion hinta tarkistaa ja kilpailuttaa eri tukkureiden kesken. Tukkurit myyvät suuren määrän materiaalia matalammalla kilo- tai metrihinnalla, joka laskee suurien sarjojen kappalehintaa. Konepajapiirustuksista ja esisuunnitelmasta tulee tarkistaa, onko koneistettavassa kappaleessa paljon monimutkaisia muotoja, jotka lisäävät ohjelmointiaikaa. Yksinkertaisissa kappaleissa ja pienissä sarjoissa, on otettava huomioon mahdollisuus manuaalisorvin tai manuaalijyrsimen käyttöön. Kappaleen muodosta tulee selvittää myös, tarvitseeko kappale sorvausta sekä jyrsintää.

Asiakkaan hyväksytyä tarjouksen edetään joko suoraan työstöratojen ohjelmointiin tai suunnitteluun CAD-ohjelmalla kuvan 5 prosessikaavion mukaisesti. Vaihtoehtoina CNC-koneelle ovat manuaalikoneet. On myös mahdollista, että kaikkia kolmea työstökoneetta käytetään kappaleen koneistuksessa. Valmistus voidaan aloittaa, kun työstöradat ovat ohjelmoitu. Valmistuksen jälkeen tuote tarkistetaan silmämääräisesti ja mitataan. Jos mitat eivät ole toivottujen toleranssien sisällä, joudutaan mahdollisesti palaamaan prosessin aiempiin tehtäviin.

Kuva 5. Koneistuksen prosessikaavio (Lehikoinen, 2024)



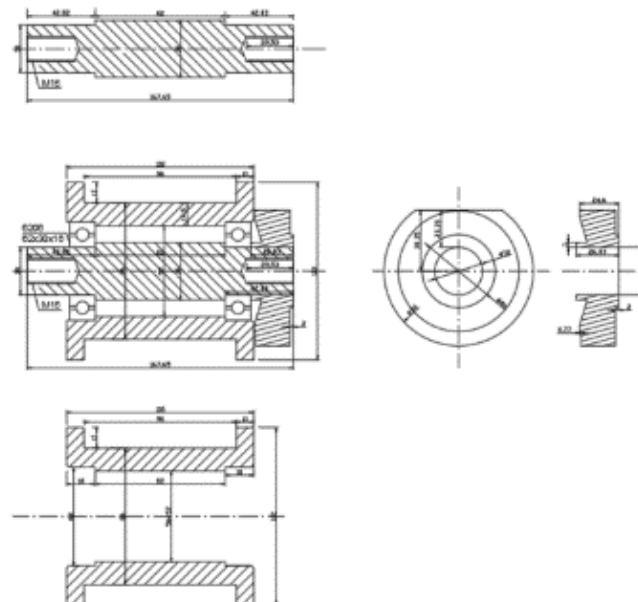
Prosessien toimivuutta arvioidaan mittaamalla. LVI-Salerna Oy:n prosesseissa voidaan asettaa mittarit esimerkiksi valmistuksen kestolle, virhekappaleiden lukumäärälle ja kustannuksille. Valmistuksen kesto voidaan mitata ottamalla ylös työn aloitus ja lopetus

ajankohta. Virhekappaleet ja työhön kuluneet kustannukset dokumentoidaan tilauksen tietoihin. (Lecklin, 2006, s.154)

3.1 Asiakastilaus: Kaivinkoneen telarulla

LVI-Salerma Oy vastaanotti asiakastilauksen, jota hyödynnettiin havainnoimaan nykyistä koneistusprosessia. Asiakastilaus käydään seuraavissa luvuissa yksityiskohtaisesti läpi ottaen huomioon prosessien eri vaiheet. Koneistusprosessi etenee aikaisemmin mainitun prosessikaavion mukaisessa järjestyksessä. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa asiakas toimittaa alustavan piirustuksen, josta selviää koneistettavien osien mitat. Osat kuuluvat kokoonpanoon, joka on kaivinkoneen telarulla. Kokoonpano koostuu neljästä osasta: akselista, rullasta ja kahdesta päätylaipasta. Asiakas tilasi neljä kappaletta kokoonpanon rullaosaa, joka näkyy kuvassa 6 alimpana asiakkaan toimittamassa konepajapiirustuksessa. Akselin ja rullan välille tulee kaksi kuulalaakeria. Laakerien tulee olla helposti asennettavissa ilman puristimia tai lämpökäsittelyä. Osien pinnankarheudelle ei ole asetettu tarkkoja vaatimuksia. Osien materiaalina on rakenneteräs S355. Asiakkaan kanssa neuvoteltiin muutoksista, jotka mahdollistavat osien sujuvamman koneistuksen.

Kuva 6. Asiakkaan toimittama konepajapiirustus (Lehikoinen, 2024)



3.2 Tarjous

Tarjousta varten pyydettiin tukkureilta tarjous aihioiden hinnoista. Terästen hinta on syytä tarkistaa aina tarjousta tehdessä, koska terästen hinnat vaihtelevat riippuen kysynnästä ja maailmantilanteesta. Rulliin aihioiden materiaalit löytyivät yrityksen varastosta, joten ainesputkea ei tarvinnut tilata tukkurilta. Tukkureiden teräsluetteloista tai verkkosivuilta löytyvät saatavilla olevat teräkset ja niiden paino kilogrammoissa metriä kohden. Rullan lopullinen ulkohalkaisija on 112 mm, sisäreiän pienin halkaisija on 56 mm ja pituus 118 mm. Yrityksen varastosta löytyi ainesputki, jonka ulkohalkaisija on 114 mm ja sisähalkaisija 56. Tämä ainesputki sopii käyttöömmä täydellisesti, koska aihion olisi syytä olla vähintään yhden millimetrin suurempi kuin lopulliset mitat. Ainesputken etuna on, että sorvattavaa on huomattavasti vähemmän kuin pyörötangosta sorvattaessa. Yleisesti ottaen on parempi olla aihion koossa lähellä lopullisia mittoja, jotta ei turhaan lastuta ylimääräistä materiaalia. Tarkistimme hinnat asiakkaan pyynnöstä myös akselin ja päätylaippojen materiaaleille kuvan 7 tietojen perusteella. Tukkuri haluaa tietää materiaalin ja tilattavan määrän. LVI-Salerma Oy:n kokoisella koneistamolla on tärkeää saada ostettua materiaalia juuri sen verran kuin sitä käytetään. Osa tukkureista myy materiaalit vain täysinä kankina. Täysien kankien hankkiminen ei ole kannattavaa. Yrityksen varastotilat eivät ole riittävän suuret ja ei tiedetä varmasti käytetäänkö samaa materiaalia seuraavissa tilauksissa.

Kuva 7. Teräksien määrät (Lehikoinen, 2024)

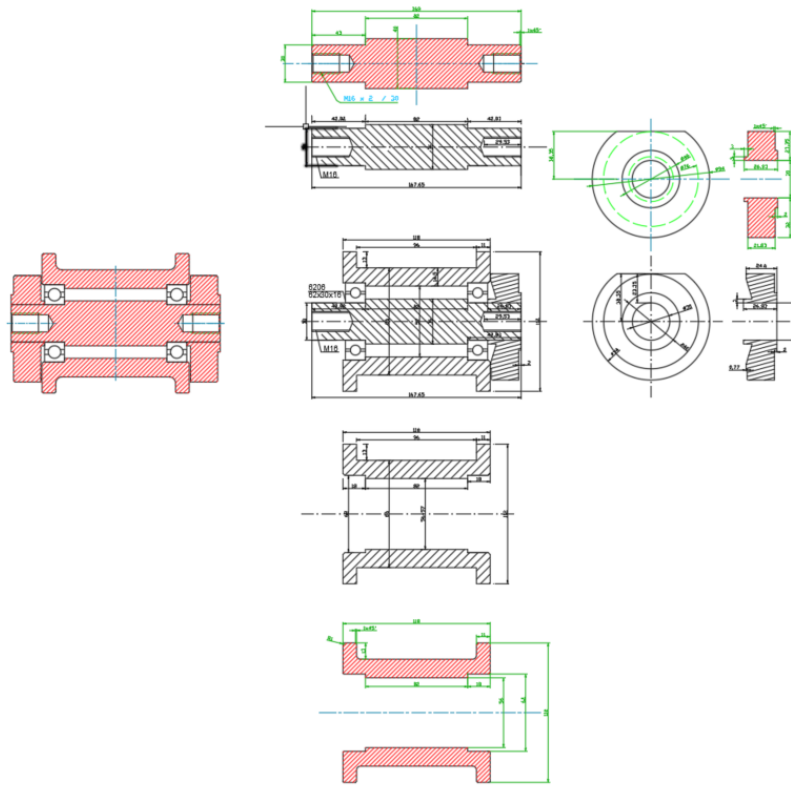
Teräkset	Lopullinen mitta (mm)	Pituus (mm)	kpl	Aihion mitat (mm)	Pituus	Paino (kg)	Tilattava määrä =kpl määrä*aihion pituus (mm)
Rulla	112/56	118	4	114/56	122	29,67	488
Akseli	40	168	4	40	170	6,7	680
Päätylaippa	94	27	8	100	30	14,79	240

Koko tilaukseen kuluvan ajan arvioiminen oli haastavaa, telarullan rullaa ei ollut aikaisemmin koneistettu CNC-sorvilla LVI-Salerma Oy:ssä. Arvioimme, että työstöratujen ohjelmointiin kuluisi neljä tuntia ja koneistukseen arvioimme kuluvan neljä tuntia. Valmistuksessa otettiin huomioon aihioiden sahaus ja kappaleiden sorvaus.

3.3 Konepajapiirustus

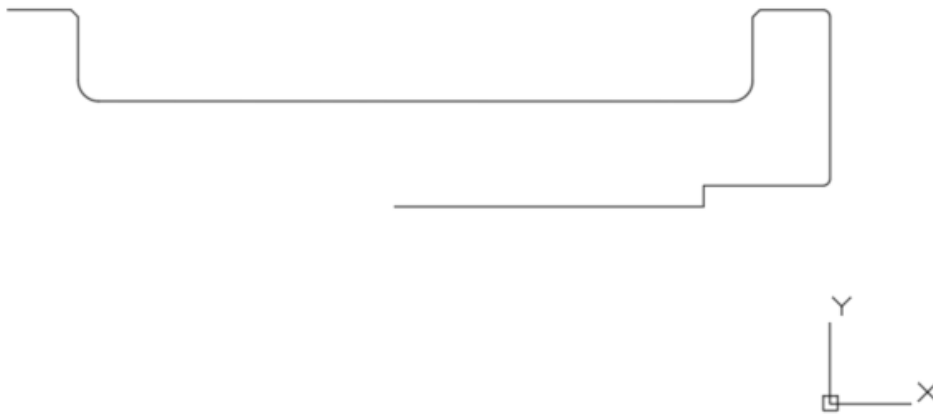
Asiakastapaamisessa ehdotimme asiakkaalle muutoksia rullan poteroon eli uraan. Poteroon lisättiin pyörityksiä ja viisteitä teräviin kulmiin, jotta käytettävyys ja kestävyys paranisivat. Kuvasta 7 nähdään kuvaan tehdyt muutokset.

Kuva 8. Piirustuksen muutokset (Lehikoinen, 2024)



Tässä vaiheessa piirustukset ovat dwg-muodossa Autocadissa, jota WinCam ei hyväksy tiedosto muotona. Piirustukset on muutettava dxf-muotoon. Kun piirustus on dxf-muodossa voi sitä vielä muokata Autocadilla. WinCam ohjelmaan kannattaa ladata dxf-tiedosto, joka sisältää vain viivoja, joihin tulee työstöratoja. Ylimääräiset ja päällekkäiset viivat voivat sekoittaa työstöratojen tekoprosessia. Pyörähdyskappaleissa dxf-kuvassa riittää vain kappaleen yläpuoli, koska sorvilla alapuolesta tulee täysin symmetrinen yläpuolen kanssa. Kuvassa 9 on nähtävissä yksi versio mahdollisesta rullan dxf-kuvasta, joka voidaan siirtää Wincamiin. Autocadilla asetettu origo kappaleen oikeaan reunaan ja kappaleen keskikohtaan on sama kuin WinCamin nollapiste. Kuvassa 9 puuttuu monia viivoja, joita dwg-kuvassa on, koska kappale täytyy kääntää koneistuksen aikana. Samaa ohjelmaa voidaan käyttää kappaleen molemmille puolille, jos kappale on täysin symmetrinen molemmin puolin.

Kuva 9. dxf-muotoinen kuva työstöratoja varten (Lehikoinen, 2024)



Alettuamme tekemään työstöratoja rullaan WinCamilla, jouduimme usein palaamaan Autocadiin muokkaamaan dxf-kuvaa. Tämä johtui CAM-ohjelman käytön kokemuksen puutteesta, joka täytyy ottaa huomioon pohtiessa suunnittelun ja ohjelmoinnin kustannuksia. CAD-piirustusta tehdessä täytyy olla etukäteen tiedossa kappaleen mahdollinen kääntö, työkalujen rajoitukset ja kappaleen kiinnitys sorvin pakkaan.

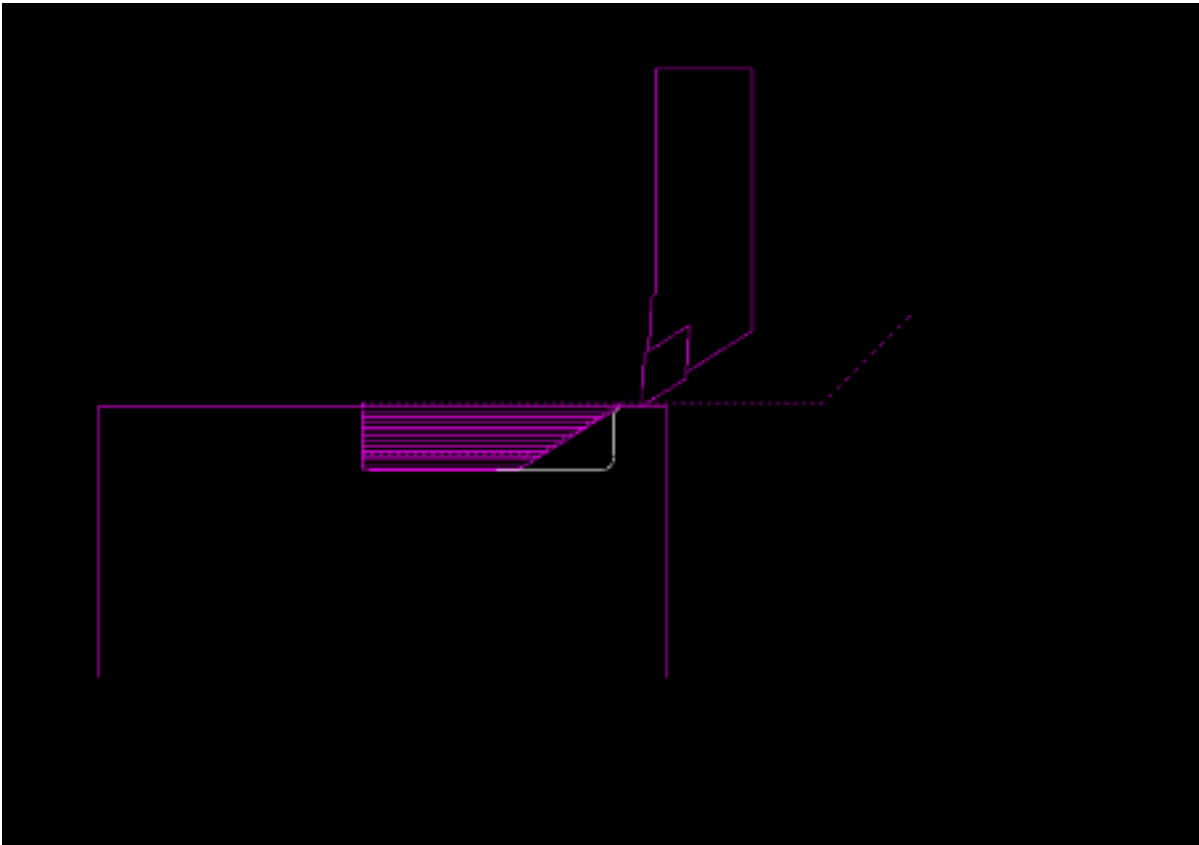
3.4 CAM-ohjelmointi

Rulla-osan työstöratojen ohjelmoinnissa kappaleen muotoon liittyvät ominaisuudet oli otettava huomioon. Kappaleen kiinnitystapa on ratkaistava jo ohjelmointi vaiheessa. Kappaleen ulkopuolinen leveä ura eli potero ja sisäpuolinen muoto lisäsivät työmäärää. Poteron sorvaukseen ja sisäpuoliseen sorvaukseen on käytettävä useampia työkaluja. Rullan sorvaus oli jaettava kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään pääntasaus. Sen jälkeen ulkopuoli rouhitetaan ja viimeistellään. Rouhinta ja viimeistely ohjelmoidaan yli kappaleen puolenvälin ilman poteroa. Ensimmäisessä vaiheessa sorvataan myös sisäpuoli valmiiksi yli kappaleen puolenvälin. Kappale käännetään ja ensimmäinen

vaihe toistetaan. Ensimmäisessä vaiheessa kappale on kiinnitettynä kolmileukaistukassa ”kovilla” leuoilla eli sorvin tavallisilla leuoilla. Kovia leukoja voidaan käyttää, jos kappaleen kiinnitykseen ei ole erityisvaatimuksia. Toisessa vaiheessa kappaletta varten sorvataan pehmeät leuat, koska kappaleen kiinnitys halutaan varmistaa turvallisiksi ja tarkaksi. Rullassa olevan poteron molemmille puolille jää 11 mm olake, josta kappale on kiinnitettävä. Koville leuoille 11 mm kiinnitysvara ei ole turvallinen, mutta pehmeillä leuoilla kiinnitys onnistuu lyhyestä kiinnityspinnasta. Pehmeät leuat ovat ikään kuin leuka-aihiot, jotka sorvataan kappaleen mittojen mukaan. Leuat sorvataan ainakin kappaleen halkaisijamittaan ja on suositeltavaa sorvata myös olake, joka tukee kappaletta pituussuunnassa. (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s.102)

Rullasta tekee vaativan sorvattavan kuvassa 9 näkyvä potero eli leveä ura, joka kaivinkoneessa pyörii telaa vasten ja pitää telan paikoillaan. Poteron sorvaaminen ei onnistu pelkällä muotorouhinnalla, koska sorvatessa oikealta vasemmalle ulkorouhintaterällä oikea reuna poterosta jää sorvaamatta. Oikea reuna jää sorvaamatta, koska ulkorouhinnassa käytettävä 80 asteinen teräpala ei mahdollista koko uran sorvausta, kuten kuvasta 10 näkyy. Päätimme käyttää oikeakätistä rouhintaterää, jolla saimme sorvattua suuren osan poterosta, jonka jälkeen teimme työkaluvaihdon vasenkätiseen rouhintaterään ja käytimme Wincamin taerouhinta ohjelmaa. Taerouhinta mahdollistaa työstöratojen tekemisen kappaleen kohtiin, joita työkalu ei ole fyysisten ominaisuuksien takia pystynyt lastuamaan. Telarullalle ei ollut asetettu vaatimuksia pinnankarheuden suhteen, joten ulkorouhinnan jälkeen on viimeistely mahdollista tehdä samalla työkalulla heti rouhinnan jälkeen.

Kuva 10. Poteron sorvaus (Lehikoinen, 2024)



Päätimme tehdä ohjeen WinCamin käytöstä LVI-Salerma Oy:n käyttöön. Ohje on opinnäytetyön liitteenä ja se sisältää kaikki toimenpiteet, jotka on tehtävä lähes aina, kun aloitetaan uuden kappaleen ohjelmointi.

3.5 Valmistus

Työkappaleiden valmistus aloitettiin sahaamalla ainesputkesta aihiot oikean kokoisiksi ja ensimmäinen ahio kiinnitettiin sorvin pakkaan. Tähän asti tehtävät toiminnot ovat samoja kuin manuaalisorvauksessa, joten emme kokeneet tarpeelliseksi dokumentoida niitä. CNC-sorvin käynnistäminen, ohjelman siirto USB-muistitikulta ja sorvaamiseen liittyvät toiminnot dokumentoitiin. Nämä toiminnot dokumentoitiin, koska ne on muistettava aina konetta käytettäessä. Sorvi käynnistetään ohjauspaneelista ja kone ajaa teräkelkan referenssipisteeseen. Referenssiin ajossa on otettava huomioon, että työkalut eivät osu koneen muihin osiin ja mahdollisesti vahingoita laitetta. Muistitikku liitetään laitteeseen ja ohjauspaneelissa haetaan ohjelmaa ohjelmanumeron perusteella. Valittu ohjelma siirretään muistitikulta ohjauspaneelille, jossa ohjelmaa voi tutkia ja muokata. Ohjelmasta näkee millä

työkaluilla sorvaus aiotaan suorittaa. Tässä vaiheessa varmistettiin, että työkalut löytyvät ja ne ovat käyttökunnossa.

Ennen ohjelman ajoa asetettiin työkoordinaatiston nollapiste, jotta työstökone tietää työkappaleen sijainnin suhteessa työkaluun. Työstökone käyttää asetettua nollapistettä referenssinä työstöliikkeille. Työkappaleen Z-suuntainen nollapiste asetettiin ottamalla kosketus aihion otsapinnasta ja arvo merkittiin työstökoneelle. X-suuntaista nollapistettä varten otettiin kosketus aihion puhtaasta ulkopinnasta. Aihion halkaisija mitataan kohdasta, josta kosketus otettiin. Mitattu arvo merkittiin työstökoneelle. Seuraavaksi työkoordinaatiston nollapistettä siirrettiin väliaikaisesti Z-suunnassa 100 mm pois päin kappaleesta, koska ohjelma haluttiin ajaa kertaalleen ilmassa, jotta voitiin varmistua ohjelman toimivuudesta. Todettiin, että ohjelma toimii, joten päätettiin ajaa ohjelma läpi rivi kerrallaan. Ohjelmaa ajettaessa rivi kerrallaan on helpompi ja turvallisempi tutkia, jos ohjelmassa olisikin virhe. Rivi kerrallaan ajo tarkoittaa, että työstökone liikkuu vain yhden rivin NC-koodista. Jos ei huomata mitään erikoista ohjelmassa voidaan painaa "cycle start", joka käynnistää ohjelman ja ajaa kaikki rivit ohjelman loppuun asti. Kuvassa 11 näkyy rulla, joka on sorvattu ulkopuolelta ja sisäpuolelta hieman yli puolenvälin kappaletta. Seuraavaksi kappale käännettiin ja käytettiin samaa ohjelmaa toisen puolen sorvaukseen, jonka jälkeen ensimmäinen vaihe on valmis.

Kuva 11. Rullan sorvaus (Lehikoinen, 2024)



Rullan sorvauksen toinen vaihe aloitetaan kiinnittämällä sorvin pakkaan pehmeät leuat. Koska kyseessä on uusi ohjelma, suoritetaan samat varotoimenpiteet kuin ensimmäisessä vaiheessa ja aloitetaan sorvaus. Ohjelmassa ei huomattu virheitä ja ohjelma ajettiin jokaiselle neljälle rullalle. Rullat mitattiin ja todettiin, että kappaleet ovat riittävän tarkasti koneistettu. Sorvattaessa rullan eri vaiheita huomattiin, että suurimpia haasteita tuottaa Haas-sorvin ohjauspaneeli. Haas:n ohjauspaneeli on käyttöliittymältään yksinkertainen, mutta se sisältää monia toimintoja, jotka täytyy muistaa. Ohjauspaneelille päätettiin luoda ohje, jossa ovat kaikki yleisimmät toiminnot dokumentoitu seuraavaa käyttökertaa varten.

4 Prosessin jatkokehittäminen

Telarullan valmistukseen liittyi suuri määrä erilaisia toimintoja, joita on hyvä tarkastella prosessiajattelun kannalta. Telarullan valmistuksessa suoritettiin toimintoja, jotka ovat suoritettava jokaisessa koneistettavassa tuotteessa. Toistuvat toiminnot tunnistettiin ja niille luotiin selkeät ohjeet seuraavia tilauksia varten. Toistuvat toiminnot ovat helposti hallittavia ja niihin kuluva aika on mitattavissa tarkasti. Monimutkaisten muotojen koneistaminen monella eri työkalulla lisää aikaa sekä koneistuksessa että ohjelmoinnissa. Monimutkaisempien kappaleiden työstämisessä kiinnittäisin enemmän huomiota työn suunnitteluun. Kappaleelle voi luoda työsuunnitelman, joka on kuvassa 12. Työsuunnitelmassa otetaan huomioon työn vaiheistus, käytettävät terät ja työstöarvot. Hyvä suunnitelma nopeuttaa koko prosessia, koska suunnitelmaa tehdessä tulee selvitettyä valmiiksi työkalut ja työstöarvot CAM-ohjelmointia ja sorvausta varten.

Kuva 12. Sorvauksen työsuunnitelma (Lehikoinen, 2024)

Työn vaiheistus	Käytettävät terät	Työstöarvot			Huom!
		Vc (m/min)	Fn (mm/rev)	Ap (mm)	
1. Kappaleen kiinnitys					
2. Pääntasaus	Ulkorouhinta	180	0.15	1	
3. Muotorouhinta	Ulkorouhinta	180	0.15	1	Viimeistely samalla terällä
4. Kappaleen kääntö					

CAM-ohjelmoinnista voi saada sujuvampaa, jos tekee muodon piirtämisen WinCam ohjelmalla. Tätä tapaa käyttäen ei tarvitse käyttää AutoCadia muodon piirtämiseen. WinCamin piirtotoiminnot toimivat hieman eri tavalla verrattuna Autocadiin tai muihin CAD-ohjelmiin, mutta varsin pienellä vaivalla tällä tavalla voi säästää runsaasti aikaa.

Koneistustoiminnassa on runsaasti variaatioita, joten jokaiseen erilaiseen koneistettavaan tuotteeseen ei ole mahdollista luoda tarkkaa ohjetta, eikä sellaiselle ole todennäköisesti tarvettakaan. LVI-Salerma Oy:n omistajan kokemus manuaalisorvauksesta ja jyrsimisestä soveltuu hyvin myös CNC-koneiden käyttöön. CNC-koneilla työstettäessä on osattava koneistukseen liittyvät perusasiat, kuten kappaleen mittaus, lastujen muoto, kappaleen jäähdytys ja työstöarvojen valinta. Tilaukset tulisi dokumentoida niiden valmistuttua mahdollisimman tarkkaan esimerkiksi Exceliin. Dokumentissa olisi syytä löytyä työn kesto, laskutettu hinta ja koneistukseen liittyviä huomioitavia asioita. Dokumentista on hyötyä jatkoa ajatellen tarjousten tekemisessä. Tarjoukseen voidaan antaa tarkempi arvio työn kestosta perustuen vanhojen töiden kestoon.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tarkastella LVI-Salerma Oy:n koneistusprosessia ja kehittää sitä kustannustehokkaampaan suuntaan. Työ aloitettiin tutkimalla prosessiin kuuluva kalusto ja ohjelmistot. Kaluston tarkastelussa kiinnitettiin huomiota kaluston taloudelliseen hyötyyn koneistusprosessissa. Tarkan kuvan koneistusprosessin tilanteesta antoi asiakkaan tilaus, jossa asiakas tilasi kaivinkoneen telarullia neljä kappaletta.

Prosessin kehittämisen pohjaksi käytettiin prosessiajattelua, josta löytyi tietoa kirjallisuudesta ja internetistä. Prosessien kehittämiseen liittyy monia eri filosofioita ja toimintamalleja, joista etsittiin sopivimmat LVI-Salerma Oy:n käyttöön. Asiakkaan tilausta tehdessämme yritimme tunnistaa kaikki koneistukseen liittyvät prosessit. Pelkästään koneistusprosessin tarkasteleminen ja kehittäminen huolellisesti osoittautui varsin laajaksi, joten muut yrityksen tukiprosessit, kuten markkinointi ja myynti jätettiin tarkastelematta. Konkreettisena tuloksena saavutettiin työohjeet WinCamin ja CNC-sorvin ohjauspaneelin käyttöön. WinCamin työohje lisättiin opinnäytetyön liitteeksi numero 1 havainnoimaan WinCamin erilaisia toimintoja. Työssä pääpaino oli CNC-sorvauksessa, koska opinnäytetyön tilaajayritys ilmaisi kiinnostuksen kehittyä erityisesti työstöarvojen ohjelmoinnissa ja CNC-sorvin käyttäjänä. Työstöarvojen ohjelmointiin sekä CNC-koneen ohjauksen käyttöön kehitettävät prosessit auttavat yritystä saavuttamaan lyhyemmän läpäisyajan ja prosesseille asetetut mittarit auttavat yritystä parantamaan toimintaa jatkuvasti.

Opinnäytetyön edetessä työn tekijä on oppinut paljon CAM-ohjelmoinnista, CNC-koneen käytöstä ja koneistuksesta yleisesti. Työ toteutettiin perehtymällä ensin koneistuksen teoriaan, josta oli hyötyä käytännön tekemisessä. Tavoitteena on jatkaa ohjelmointia ja CNC-

koneen käyttöä. Jatkossa tulevien toistojen kautta luottamus omaan tekemiseen kasvaa, joka mahdollistaa vaikeampien tilauksien vastaanottamisen.

Lähteet

Antje, T. (2024). *Suomalaiset ammattilaiset katoavat jonnekin, mutta kukaan ei tiedä minne – metallifirmoilla on jäljellä vain yksi vaihtoehto*. YLE. <https://yle.fi/a/74-20071839>

Deans, M. (2021). *What is CAM (Computer-Aided Manufacturing)?*. Autodesk <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/>

Camtek Oy. (2013). *Wincam: Cam-ohjelmistojen kotimainen pioneeri*. <https://www.camtek.fi/userData/camtek/pdf-files/Camtek-Esite-2013-FINAL.pdf>

Heinonen, M. & Kalliolahti, J. (2020). *Koneistustekniikka*. Sanoma Pro Oy.

Home, L. (n.d.) *AutoCAD 2016 perusteet*. Cadlink Oy

Kuisma, V. (2017). *Näkökulmia kilpailukykyyn*. Teknologia teollisuus. <https://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/nakokulmia-kilpailukykyyn>

Lecklin, O. (2006). *Laatu yrityksen menestystekijänä*. Talentum.

Lehikoinen, J. (2024). Kuvat 1–11 Lehikoisen omat tiedostot [Kuva]

Logistiikan maailma. (2024). *Lean ajattelu*. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>

Nemeth, M. (2022). *Manual Milling vs. CNC Milling: Which is Better?*. Mastercam. <https://www.mastercam.com/news/blog/manual-milling-vs-cnc-milling-which-is-better/>

OneMonroe. (2019). *Lathe vs Milling Machine: What's the Difference?*. <https://monroeengineering.com/blog/lathe-vs-milling-machine-whats-the-difference/>

Rissanen, M. (n.d.). *Tarvitseeko pienyritys prosesseja?*. Artic Ideas Consulting. <https://arcticideas.fi/prosessit-ovat-tarkeita-myos-pienelle-yritykselle/>

Seco tools. (n.d.). *What you need to know about chip formation*. <https://www.secotools.com/article/120705?language=en>

Tieteen termipankki. (2017). *Cost efficiency*.

https://tieteentermipankki.fi/w/index.php?title=Clean_Energy_Research:cost_efficiency&action=history

Universal Technical Institute. (2021). *CNC machining vs. manual machining*.

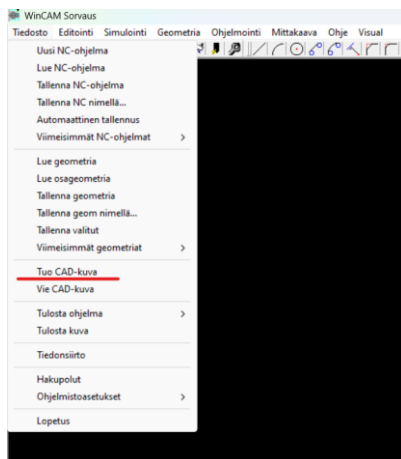
<https://www.uti.edu/blog/cnc/manual-vs-cnc>

Vesamäki, H. (2007). *Lastuavan työstön NC-ohjelmointi*. Teknologiainfo Teknova Oy.

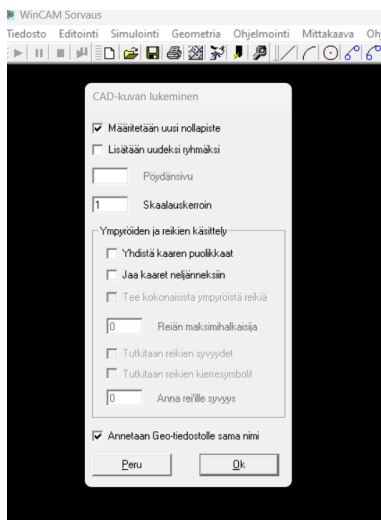
Liite 1. Liitteen otsikko

WinCam ohje:

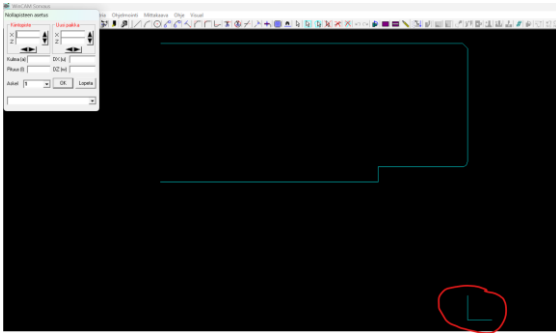
1. Ennen WinCamin käynnistämistä tee CAD-kuvat valmiiksi ja tallenna ne .dxf muotoon
HUOM! Tarkista kuvasta nämä:
 - varmista, että viivoissa ei ole päällekkäisyyksiä tai epäjatkuvuus kohtia
 - poista kaikki turhat viivat
 - aseta 5x5 mm suorakulma kappaleen nollapisteeseen
 - jos kappale täytyy sorvata vaiheittain, mieti tarvitsetko useampia .dxf kuvia kappaleesta
 - jos sorvaus aloitetaan viisteestä lisää yhden millimetrin viiva ennen viistettä aloituskohdaksi
2. Käynnistä WinCam
3. CAD kuvan saat tuotua WinCamiin ylhäältä: Tiedosto – Tuo CAD-kuva - Valitse .dxf tiedosto - Avaa



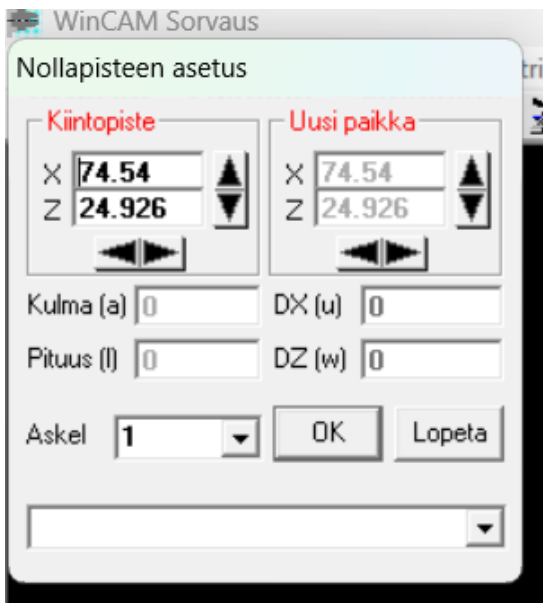
Seuraavaksi ohjelma kysyy, muutetaanko asetuksia. Tähän kohtaan ei tarvitse tehdä muutoksia.
Paina Ok



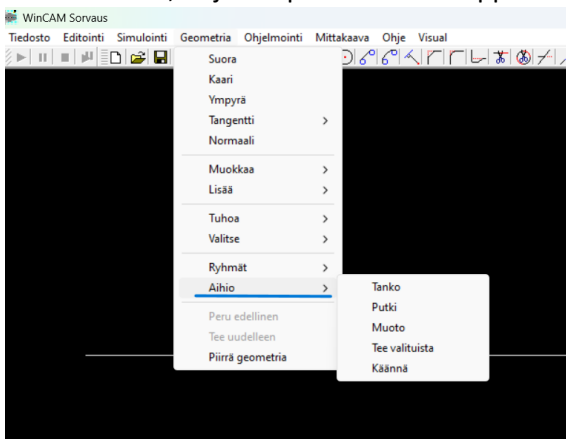
4. CAD-kuva on nyt tuotu. Ohjelma haluaa tietää kappaleen nollapisteen. Vie hiiri nollapisteeseen, jonka määritit CAD-ohjelmassa. Paina CTRL pohjaan ja klikkaa hiiren oikeaa näppäintä.

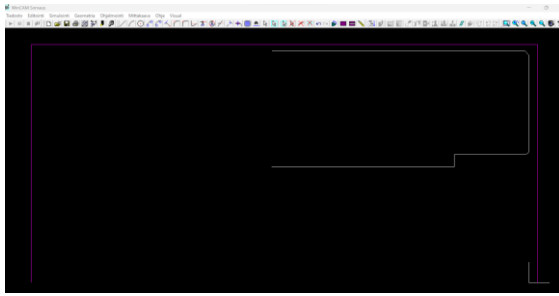


Ohjelma antaa "Kiintopiste" kohtaan, joihin koordinaatteja, joista ei tarvitse välittää. Kirjoita "Uusi paikka" kohtaan X ja Z kohdalle 0. Paina OK



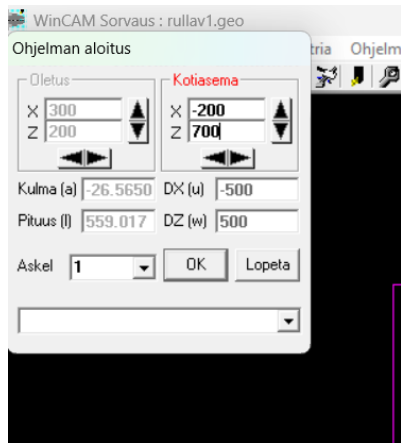
5. Aihion määrittäminen. Tässä vaiheessa on hyvä tietää, minkä kokoisesta aihioista kappaletta aletaan työstämään. Aihio määritetään ylhäältä: Geometria – Aihio – Aihion muoto: Tanko, putki jne... Seuraavaksi ohjelma kysyy aihion halkaisijaa, pituutta ja pään työvaraa. Kun olet asettanut nämä, ohjelma piirtää aihion kappaleen ympärille.



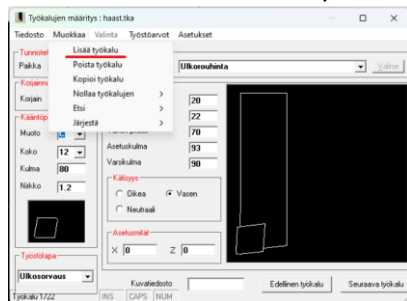


6. Kun aihio on määritetty, ohjelmointi voidaan aloittaa. Ohjelmointi alkaa ylhäältä: Ohjelmointi – Aloitus. Ohjelma kysyy työstettävää materiaalia ja ohjelmanumeroa. Ohjelmanumero on seuraava järjestyksessä oleva numero. Edellisen ohjelman numeron voi tarkistaa työstökoneelta.

Seuraavaksi aseta ”Kotiasema” kohtaan X= - 200 ja Z= - 700.



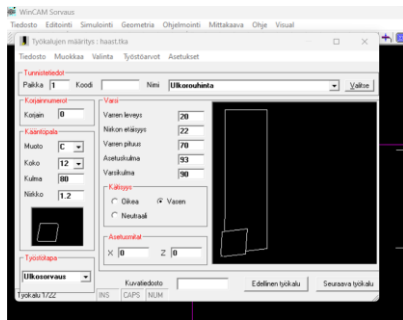
Ohjelma haluaa tietää ensimmäisen työkalun. Jos et löydä tallennetuista työkaluista sopivaa, voit luoda uusia työkaluja tästä valikosta. Lisää uusi työkalu: Muokkaa – Lisää työkalu. Täytä tarvittavat kohdat uuden työkalun mitoilla ja tiedoilla.



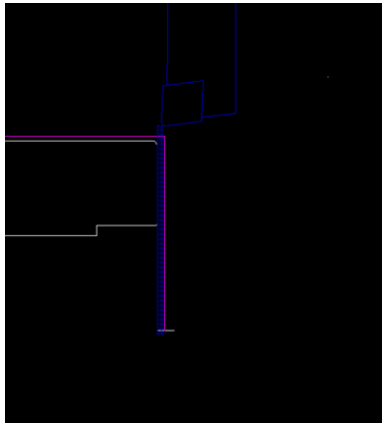
Määritä tässä vaiheessa työstöarvot. Valitaan ulkorouhininta pääntasausta ja kappaleen ulkopuolista rouhintaa varten. Paina Valitse.

Ohjelma kysyy kommenttia ohjelmalle. Kommentiksi voi antaa tietoja esimerkiksi:

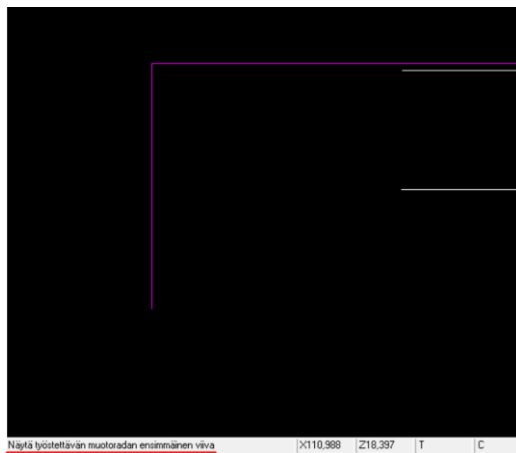
- piirustusnumero
- asiakkaan nimi
- vaihe numero
- mitä ohjelmassa tehdään



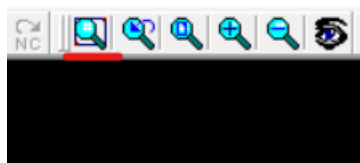
7. Ensimmäinen ohjelma on pääntasaus. Ohjelmointi – Pääntasaus. Ohjelma kysyy pääntasauksen loppupistettä. Aseta X= -2 ja Z= 0. Paina OK. Ohjelma on nyt tehnyt työstöradat pääntasaukselle. Työstörata on nähtävissä näytöllä. Siniset viivat ovat syöttöliikkeitä ja siniset katkoviivat pikaliikkeitä.



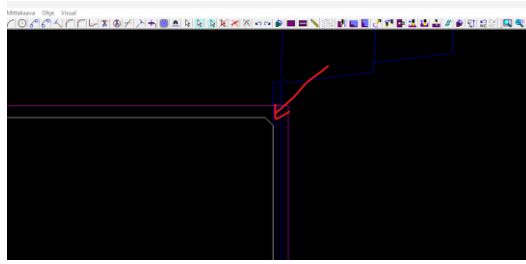
8. Pääntasauksen jälkeen voidaan aloittaa rouhinta. Rouhinta valitaan: Ohjelmointi – Rouhinta – Muotorouhinta (z). Ohjelma kysyy lähtöpistettä. Voit asettaa rouhinnan alkamaan aihion nurkasta klikkaamalla hiiren vasemmalla tai asettaa koordinaatit manuaalisesti. Ohjelman alareunasta löytyy ohje seuraavaan vaiheeseen.



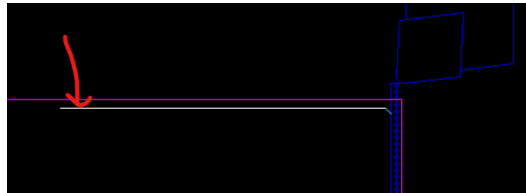
Jotta löydät muotoradan ensimmäisen viivan, voit joutua käyttämään zoomia. Näyttöä voit zoomata valitsemalla oikeasta yläreunasta suurennuslasin.



Valitse muotoradan ensimmäinen viiva



ja viimeinen viiva.



Ohjelma kysyy muotorouhinnan asetuksia.

- Tarkista työstöarvot
- Muotoradan käsittely: onko kappaleessa poteroita?
- Viimeistelyn tiedot: jätä viimeistelyvaraa tapauskohtaisesti, mutta esimerkiksi $X=0.25$ ja $Z=0.1$. Ohjelma haluaa tietää, tehdäänkö viimeistely samalla työkalulla, jos näin on klikkaa "Viimeistellään samalla työkalulla"
- Automaattiset kiinteät työkierröt: Klikkaa aina "Ei käytetä mitään työkiertoa (pitkä koodi)"



Paina Ok ja ohjelma tekee ulkorouhinnan työstöradan

9. Viimeistely: Ohjelmointi – Viimeistely. Aseta lähtöpiste ja valitse työstettävä rata samaan tapaan kuin rouhinnassa.

- Viimeistelyn tiedot: aseta viimeistelyvarat $X=0$ ja $Z=0$

Paina Ok

10. Kun ohjelmointi on valmis, lopeta ohjelma: Ohjelmointi - Lopetus.

Tallenna ohjelma: Tiedosto – Tallenna NC nimellä...

Tallenna myös geometria: Tiedosto – Tallenna geometria.