

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Konetekniikka
Kone- ja tuotantotekniikka

Esa Aho

CNC-laitteiston modernisointi

Opinnäytetyö 2013

Tiivistelmä

Esa Aho

CNC-laitteiston modernisointi, 37 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Konetekniikka

Kone- ja tuotantotekniikka

Opinnäytetyö 2013

Ohjaaja: lehtori Timo Iivarinen, Saimaan ammattikorkeakoulu

Tässä työssä pyrittiin löytämään kustannustehokas ja helppokäyttöinen ratkaisu asiakasyrityksen vanhentuneen tietokoneohjatun kaiverrus- ja teippileikkurijärjestelmän uudistamiseksi. Samassa yhteydessä haettiin mahdollisuuksia laajentaa laitteiston käyttötapoja ja siten tarkemmin hyödyntää laitteiston potentiaali liikevaihdon luomisessa.

Työssä otettiin lähtökohdaksi ne laitteiston osat, jotka todettiin edelleen käyttökelpoiseksi. Tästä asetelmasta alkaen käytiin läpi kyseeseen tulevat vaihtoehdot pitäen mielessä helppokäyttöisyyteen ja etenkin järjestelmän kokonaishintaan liittyvät rajoitukset.

Lopussa esitetään ehdotus uuden järjestelmän osista. Työssä ei esitetty varsinaista muutostyön läpiviemistä, koska tämä osuus on parhaiten selitetty asianomaisten tuotteiden mukana tulevassa dokumentaatiossa.

Asiasanat: CAM, CNC, CAD

Abstract

Esa Aho

Modernization of a CNC system, 37 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Mechanical Engineering, Lappeenranta

Mechanical Engineering and Production Technology

Bachelor's Thesis 2013

Instructor: Mr. Timo Iivarinen, Lecturer

The intent of this thesis work was to find a cost-effective and easy-to-use up-to-date solution for a customer company currently operating obsolete computer controlled engraving and adhesive film cutting equipment. A further goal was to expand the possibilities for usage and thus the potential to generate an increase in revenue.

The starting point of this study was the part of the equipment which was considered to be still usable. Based on this premise the rest of the system was appropriated keeping in mind the low overall cost of the system and maximum ease of use.

The selected system is a recommendation based on these criteria. The instructions on how to perform the actual conversion is not discussed as that is normally addressed in the supplied documentation of the chosen products.

Keywords: CAD, CAM, CNC

Sisältö

Termit.....	5
1 Johdanto.....	8
2 Rajaus.....	10
3 Uuden järjestelmän valinta.....	11
3.1 Valinnassa huomioitavat seikat.....	13
3.2 Ohjausjärjestelmä.....	13
3.2.1 Geckodrives G540.....	14
3.2.3 Probotix.....	15
3.2.4 Muut.....	16
3.3 Käyttöjärjestelmä.....	16
3.4 CNC.....	16
3.4.1 Mach3.....	17
3.4.2 TurboCNC.....	18
3.4.3 LinuxCNC.....	19
3.5 CAM.....	20
3.5.1 MeshCAM.....	21
3.5.2 SheetCAM.....	22
3.5.3 Inkscape ja sen gcodetools-laajennos.....	22
3.5.4 Blender ja sen g-koodilaajennos.....	23
3.5.5 CamBam.....	23
3.6 CAD.....	24
3.6.1 Inkscape.....	24
3.6.2 VCarve Pro.....	25
3.6.3 F-Engrave.....	26
4 Valinta ja perustelut.....	27
4.1 Hardware.....	27
4.2 Käyttöjärjestelmä.....	29
4.3 CNC-järjestelmä.....	29
4.4 CAM-järjestelmä.....	31
4.5 CAD-järjestelmä.....	31
4.6 Teipinleikkuujärjestelmä.....	31
5 Kritiikki.....	32
6 Yhteenveto	33
Kuvat.....	34
Lähteet.....	35

Termit

CAD

Computer Aided Design – tietokoneavusteinen suunnittelu. Ohjelma, jonka avulla suunnittelija voi paitsi saattaa ideansa näkyvään muotoon, myös tehdä erilaisia laskennallisia suunnitteluun liittyviä toimia, esimerkiksi lujuuslaskelmia.

CAM

Computer Assisted Manufacturing – tietokoneavusteinen valmistus. CAD:n ja CNC:n välissä oleva vaihe, jossa CAD:llä luodut tiedostot muunnetaan CNC:n ymmärtämään muotoon, niin kutsutuksi g-koodiksi.

CNC

Computer Numerical Control – numeerinen ohjaus. Työstävää konetta ohjataan tietokoneella. CNC-ohjelmalle annetaan toimintaohjeet niin sanottua g-koodia sisältävässä tiedostossa.

DOS

Disk Operating System. Alkujaan Digital Research Corporationin kehittämä x86-arkkitehtuuria noudattavien tietokoneitten käyttöön ja hallintaan tarkoitettu käyttöjärjestelmä. Myöhemmin Microsoft Corporation hankki DOSin oikeudet itselleen.

GNU/Linux

Tämä on oikeampi termi yleisessä käytössä olevalle käsitteelle Linux. Linux itse on vain käyttöjärjestelmän ydin, jonka kehityksen on saattanut alulle suomalainen Linus Torvalds 1990-luvun alussa. GNU tarkoittaa ohjelmistoja, jotka on julkaistu niin kutsutun GNU-lisenssin alaisina. Nämä ovat yleisimmin työpöytäympäristöjä, sekä avoimen lisenssin alla julkaistuja ohjelmistoja.

G-koodi

CNC-ohjauksessa käytetty yksinkertainen koodikieli. G-kooditiedostot ovat tavallisia tekstitiedostoja, jotka CNC-komentotulkki lukee koneistusta ohjatessaan. G-koodi on vähitellen kehittynyt nykyiseen muotoonsa. Siitä on olemassa RS274NGC-standardi, jonka kanssa järjestelmät pyritään nykyisin saamaan yhteensopivaksi. Historian painolastista johtuu, että tämä ei toistaiseksi vielä aivan täysin toteudu ja siksi CAM-ohjelmistojen ominaisuuksiin joudutaan lisäämään niin sanottuja jälkiprosessoreita (postprocessor), joiden tarkoitus on tuottaa g-koodi kohteena olevan laitteiston ymmärtämässä muodossa.

HPGL

Hewlett-Packard Graphics Language. Yhdysvaltalaisen Hewlett-Packard-yhtiön kehittämä alkujaan kynätulostimien ohjaamiseen tarkoitettu kieli. Myöhemmin laser- ja mustesuihkutulostimien yleistyttyä kynätulostimien merkitys väheni ja HPGL on nykyään eniten käytetty erikoistarkoituksiin, kuten esimerkiksi leikkureiden ohjaukseen.

MS

Microsoft Corporation. Yhdysvaltalainen tunnetun Microsoft Windows -käyttöjärjestelmäperheen valmistaja. Tähän käyttöjärjestelmien ryhmään kuuluvat mm. Windows 98, Windows ME, Windows NT, Windows XP, Windows Vista, Windows 7 ja Windows 8.

NEMA

National Electrical Manufacturers Association. Yhdysvaltalainen sähkölaitteita valmistavien yhtiöiden järjestö, joka tuottaa standardeja sähköteknisten laitteiden mitoittamiseen liittyen. Tässä dokumentissa käytetyllä NEMA XX -ilmaisulla tarkoitetaan askelmoottorien kokoluokituksen liittyen niiden kiinnitysleipan kokoa. Leipan koko jossain määrin määrittää myös moottorin kokoluokan, sillä yleensä tietyn NEMA-luokan moottorikoko ja -teho mahtuu melko selkeisiin rajoihin, vaikka näihin ei standardissa otetakaan kantaa.

NIST

National Institute of Standards and Technology. NIST (vuoteen 1988 saakka tunnettu nimellä National Bureau of Standards) on Yhdysvaltain liittovaltion Department of Commercen standardeista vastaava elin. NIST julkaisee standardimäärityksiään ”Handbook 44” -nimisessä dokumentissa.

RoHS

Euroopan unionin direktiivi, jolla rajoitetaan tiettyjen haitallisten aineiden käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Näitä aineita ovat elohopea, kadmium, lyijy, kuusiarvoinen kromi sekä palonsuoja-aineet PBB (polybromattu bifenyylieetteri) ja PBDE (polybromattu difenyylieetteri). Direktiivi on voimassa 1. heinäkuuta 2006 alkaen. RoHS tulee sanoista ”The Restriction of the use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment”.

SVG

Scalable Vector Graphics – SVG on kaksiulotteisten vektorikuvien kuvauskieli, joka perustuu World Wide Web Consortiumin kehittämään avoimeen kuvatiedostostandardiin. SVG tukee kolmea erilaista graafista objektia: 1) vektorikuvia (eli suorista viivoista ja kaarista muodostuvat reitit sekä niiden rajaamat alueet) 2) rasteri- / digitaalisia kuvia, sekä 3) tekstiä. Tässä esityksessä SVG:ia käytetään vektorigrafiikan tarpeisiin. Myös teksti muodostetaan vektorigrafiikan avulla.

TrueType

TrueType on tietokoneissa käytettävä kirjasinformaatti, jonka alkuperäinen kehittäjä on Apple Corporation. Microsoft lisensoi vuonna 1992 TrueType -formaatin Windows 3.1:een. Sen jälkeen TrueType levisi nopeasti, ja se on nykyisin yleisin näyttökäyttöön tarkoitettu kirjasinformaatti. TrueType oli aikoinaan patentoitu, mutta patentit ovat umpeutuneet.

1 Johdanto

Tässä työtä tehtäessä on kirjallisuutta ollut saatavilla vain rajoitetusti, joten asiatiedot ovat peräisin suurilta ulkomaisilta keskustelupalstoilta internetissä. Kirjoittajalla on aihepiiristä useiden vuosien kokemus.

Tämän työn lähtökohtana on asiakasyrityksen todettu tarve saattaa vanhentunut ja vika-altis CNC-järjestelmä ajan tasalle. Yrityksessä on käytössä kaiverruskone ja teipinleikkaukone. Laitteet on hankittu 1980-luvun loppupuolella. Järjestelmässä käytetyt ohjelmat toimivat DOS-käyttöjärjestelmän päällä. Ohjelmiin ei ole ollut saatavilla päivityksiä enää pitkiin aikoihin. Järjestelmä on mekaanisilta osiltaan varsin hyvässä kunnossa ja samankaltaisia laitteita on edelleen saatavilla. Kaiverruspöytä ja sen ohjauslaitteisto on esitetty kuvassa 1.1.



Kuva 1.1. Kaiverruspöytä asiakasyrityksessä.

Kaiverruskoneen ohjausjärjestelmä on käytössä kulunut jo niin paljon, että etupaneelin useimmin käytettyjen kalvopainikkeiden tilalle on täytynyt asentaa korvaavia, tavallisia painikkeita. Tämä näkyy selvästi ohjauslaatikon kuvassa 1.2.



Kuva 1.2. Ohjauslaatikon etupaneeli kalvokytkimineen.

Järjestelmän toiminnassa on ollut runsaasti ajoittaisia häiriöitä, jotka kuitenkin toistaiseksi on vielä saatu poistettua. Kaiverruslaitteiston varaosien saanti on vanhentumisen vuoksi heikkoa, ohjauslaatikon osia ja uusia ohjauslaatikoita oli vielä kirjoitushetkellä saatavana C. A. Servicing [1] -nimiseltä yritykseltä Isossa-Britanniassa. Kyseessä on kuitenkin pieni, vain yhden miehen yritys, joten osien saatavuus jatkossa saattaa äkillisesti heiketä. Itse asiassa asiakasyrityksen käytössä olevaa ohjainlaatikkoa on yritetty ostaa toisen samanlaisen järjestelmän varaosaksi. Kaiverruskoneella ja teippileikkurilla ei ole yhteistä hallintajärjestelmää, vaan kumpikin laite vaatii oman ohjelmiston. Molemmat ohjelmistot ovat DOS-pohjaisia. Tämä tarkoittaa sitä, että tallennettujen töiden nimeämisessä on kahdeksan merkin pituusrajoitus ja että ä- ja ö-kirjainten käyttö tiedostojen nimissä ei ole mahdollista. Tiedostoista on hankala ottaa varmuuskopioita, koska koneissa ei ole USB-liittimiä, eikä sinänsä melko epäluotettavia levykkeitä ole enää juuri missään saatavilla. Levykkeiden tallennustila on nykymittapuulla arvioiden täysin riittämätön.

Kaiverruskonelaitteisto on valmistajittain epäyhtenäinen kokoonpano, jossa ohjausjärjestelmälaatikon on valmistanut yhdysvaltalainen Dahlgren Control Systems ja itse kaiverruspöydän ranskalainen Scripta Technologies. Dahlgren

Systemsin omistaa nykyään Suregrave -niminen yritys, jonka nettisivuilta ei enää löytynyt mitään mainintaa Dahlgrenin tuotteista [2]. Scripta Technologies siirtyi vuonna 2003 niin ikään ranskalaisen Delmex Machine Toolsin omistukseen. Tutkiessani tämän valmistajan internetsivuja [3] saatoin todeta, että laite vastaa varsin läheisesti valmistajan nykyistä mallia CP-720, joka poikkeaa vanhasta mallista vain joidenkin vähäisten yksityiskohtien ja värityksen osalta. Karamoottori laakerointeinen on saksalaisen Alfred Jäger GmbH:n valmistetta [4].

2 Rajaus

Tässä työssä pitäydytään saatavilla olevien vaihtoehtojen kartoittamisessa ja suosituksen tekemisessä näiden pohjalta ottaen huomioon asiakkaan tarpeet. Varsinaista muutostyötä ei kuvata, sillä se riippuu täysin valittavista laitteista ja ohjelmista. Kullakin tuotteella on lisäksi varsin suurella todennäköisyydellä asianmukaiset ohjeet saatavilla. Näiden ohjeiden uudelleen kirjoittaminen tässä dokumentissa ei ole tarkoituksenmukaista.

Kaiverruskone on mekaanisesti päältäpäin tarkasteltaessa varsin hyvässä kunnossa. Johteissa ei näy merkkejä kulumisesta, edes karamoottori ei vaikuta mitenkään kuluneelta. Täysin uuden laitteiston hankinta ei tässä mielessä tunnu perustellulta, koska vastaavassa uudessa laitteistossa mekaaniset osat olisivat todennäköisesti kuitenkin hyvin samankaltaiset. Vain tietoteknillinen osuus, jonka osalta kehitystä on tapahtunut hankintapäivän ja nykyhetken välillä merkittävästi, kaipaa päivitystä.

Tässä työssä käydään läpi tarjolla olevia vaihtoehtoja sikäli, kun ne ovat asiakkaan tarpeisiin nähden relevantteja. Tarkoitus on siis, että aikaisemmat kaiverruspöytä askelmoottoreineen ja teippileikkuri jäävät käyttöön myös uuteen kokoonpanoon. Selvityksen kohteiksi jäävät siten askelmoottoreiden ohjaus, liitäntäpiiri PC-tietokoneeseen, itse PC-tietokone ja tarvittavat ohjelmat. Ohjelmien osalta voidaan erottaa kolme erillistä osaa. Nämä ovat:

a) CAD (Computer Aided Design), eli tietokoneavusteinen suunnittelu. Käytännössä tässä osuudessa käyttäjä laatii kuvan, jonka avulla koneelle saadaan välitettyä tieto siitä, minkälainen kappale halutaan saada aikaiseksi.

b) CAM (Computer Assisted Manufacturing), eli tietokoneavusteinen valmistus. Tässä osuudessa laadittu kuva muunnetaan RS274NGC-standardin [5] mukaiseksi g-koodiksi, jota varsinainen ohjausohjelma osaa hyödyntää. CAM-osuuteen voi liittyä myös niin sanottu jälkiprosessointi (post-processing). Tätä tarvitaan siksi, että jotkut markkinoilla olevat laitekoonpanot eivät aivan täysin noudata edellä mainittua normia, vaan niissä on joitakin laitekohtaisia erityispiirteitä, jotka jälkiprosessoinnissa lisätään g-koodiin oikean toiminnan aikaansaamiseksi. Kaikki CNC-järjestelmät eivät tarvitse tätä lisämuokkausta.

c) CNC (Computer Numerical Control), eli työstökoneen numeerinen ohjaus. Termi itsessään ei alun perin ota kantaa siihen, millä ohjataan numeerisesti. Käsite juontaa ajalta, jolloin ohjaus tapahtui nykyisestä tietoteknisestä näkökulmasta katsottuna hyvin alkeellisella tavalla, esimerkiksi reikänauhalla luettiin koneistavalle laitteelle työhön liittyviä ohjeita. Tämä osuus liittyy siihen vaiheeseen, jossa edellisten vaiheiden tuloksena saadut ohjeet muuntuvat fyysiseksi, käsin kosketeltavaksi lopputulokseksi. Kyseessä on siten kinemaattista työtä tekevän laitteen hallinta.

Markkinoilla on ohjelmistoja, jotka sisältävät useamman kuin yhden edellä mainituista työvaiheista. Niin ikään saatavilla on ohjelmistoja, jotka pystyvät vaikeusasteeltaan erilaisiin asioihin. Luonnollisesti suurempi määrä kykyjä ja ominaisuuksia maksaa enemmän. On oleellinen kysymys, kuinka suuri muutos näistä vaativammista kyvyistä käytännössä ilmenee liikevaihdon kasvuna.

3 Uuden järjestelmän valinta

Uuden järjestelmän muodostamisessa lähdettiin liikkeelle niistä osista, jotka on tarkoitus säilyttää. Nämä osat määrittävät muita valintoja. Yrityksen toiminta on suurimmaksi osaksi kilpien kaivertamista, joka seikka otettu valituissa ratkaisuisissa huomioon. Kaiverruksen modernisointi on myös teknisesti

haastavin osuus. Teippileikkuri sen sijaan tarvitsee lähinnä hyvän piirto-ohjelman, jossa on mahdollisuus tulostukseen HPGL-formaatissa.

Itse kaiverruspöytä, sen mekaaninen osuus, todettiin tarkastuksessa edelleen täysin käyttökelpoiseksi. Vain askelmoottorien ohjauslaatikko on alkanut osoittaa ikääntymisen merkkejä. Kehitys on ajanut sen ohi myös siinä mielessä, että alkuperäinen ohjauslaatikko ei osaa ohjata askelmoottoreita niin sanotuin mikroaskelin. Mikroaskelluksella [6, s.15-17] saadaan samasta laitteistosta suurempi tarkkuus irti samalla, kun askellus tapahtuu pehmeämmin; käyttömelu ja askelluksen tuottama nykivä liike – joka lisää mekaanista kulumista – vähenevät.

Teippileikkuri on yhdysvaltalaisen Houston Instrument -yhtiön valmistama malli DMP-60. Leikkuri on esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Houston Instrument DMP-60

Kyseiseen laitteeseen ei ole ollut saatavana ajuritiedostoja Windows ME:n ilmestyttyä vuonna 1999, joka seikka viittaa vahvasti siihen, että vanhassa ajurissa pyritään ohjaamaan leikkuria suoraan käyttöjärjestelmä ohittaen. Tämä ei nykyaikaisissa käyttöjärjestelmissä ole monestakaan syystä mahdollista. Leikkuria voidaan ohjata myös käyttämällä HPGL 758X -emulaatiota, joka vaihtoehto todennäköisesti tuleekin kyseeseen uuteen järjestelmään

siirryttäessä, koska se on nykyisillä tietokoneilla ainoa jäljellä oleva tapa ohjata leikkuria.

3.1 Valinnassa huomioitavat seikat

Yrityksen liikevaihto on suhteellisen pieni, työstettävät kappaleet samoin. Laitteilla ei ajeta isoja tuotantomääriä, paremminkin yksittäiskappaleita, joten suunnittelu/piirto-ohjelmiston helppo- ja varsinkin nopeakäyttöisyys on keskeinen kriteeri uutta järjestelmää valittaessa. Suotavaa olisi, että samalla suunnitteluohjelmalla voidaan laatia kuvat sekä kaiverruskoneelle että teippileikkurille. Pienestä liikevaihdosta seuraa myös järjestelmän hintaan kohdistuvia paineita. Tämänkin seikan vuoksi selvityksen kohteeksi on otettu myös niin kutsutut avoimen lähdekoodin ratkaisut, eli ohjelmistot, jotka voidaan hankkia ilman rahallista panostusta.

3.2 Ohjausjärjestelmä

Järjestelmä on tähän saakka ollut PC-pohjainen ja hintapaineista johtuen myös uusi järjestelmä tulee käyttämään PC:tä, tosin uudempaa versiota. Teknisesti olisi ollut mahdollista valita myös Apple-pohjainen ratkaisu. Tämä ei kuitenkaan olisi tuonut mitään lisäarvoa vastaavaan PC-pohjaiseen järjestelmään nähden. Lisäksi se olisi tullut erittäin paljon kalliimmaksi.

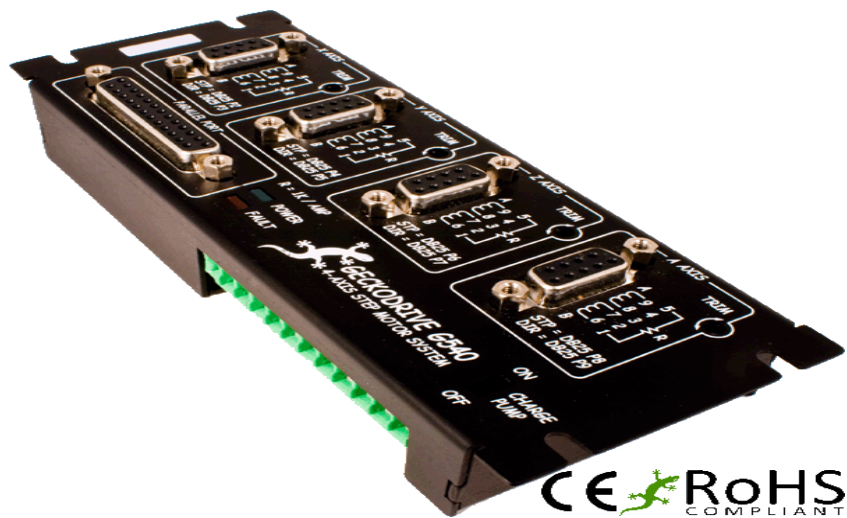
Mainittakoon tässä kohtaa, että alkuperäisen laitteiston hankinnan aikoihin g-koodi oli vasta muotoutumassa. Sen aikaiset järjestelmät olivat täysin valmistajakohtaisia, mitään yhteensopivuutta ei ollut.

Kaiverruspöydän askelmoottorit ovat kooltaan NEMA 23, joka karkeasti paikoittaa moottorit nimellisjännitteeltään 3 – 4 voltin ja nimellisvirraltaan 3 – 3.5 A luokkaan. Tarkat arvot ovat 3,4 V ja 2,9 A, mutta niillä ei ole käytännössä suurta merkitystä [7, s.41-44], koska moottorit ovat jonkin verran ylimitoitettuja tähän käyttötarkoitukseen. Kaiverruskäytössä moottorit eivät joudu mitenkään lujille, sillä työstövoimat ovat moottoreiden työkykyyn nähden melko pienet. Jotta askelmoottorien mahdollisesta suuremmasta tehosta olisi hyötyä, tulisi kaiverrusterää pyörittävän moottorin olla huomattavasti tehokkaampi.

Moottoreiden jännite- ja virta-arvoja enemmän sopivuuteen vaikuttaa yksittäisen moottorikelan induktanssi (2,9 mH), joka melko lineaarisesti vaikuttaa moottorin niin sanottuun pitokykyyn, eli siihen, kuinka paljon tarvitaan voimaa moottorin liikuttamiseksi ulkopuolisella voimalla ilman ohjausta. Moottoreiden ikä näkyy jonkin verran alhaisempana induktanssiarvona kuin mitä nykyisin kaupan olevissa moottoreissa on, mutta tällä seikalla ei ole käytännön merkitystä, koska moottorit on voitu yli 20 vuoden käytössä todeta täysin riittäviksi tehtäviinsä. Uudempien moottorien etu on suurempi vääntömomentti korkeilla kierroksilla, josta on seurauksena nopeammat pikaliikkeet.

3.2.1 Geckodrives G540

Geckodrives G540 [8] on harraste- ja puoliammattilaiskäyttöön tarkoitettu ohjainpaketti, joka sisältää liitännän ohjaavaan PC:hen, sekä askelmoottorien ohjauksen. Laite on koottu valmiiksi yksien kuorien sisään, joten käyttäjän tehtäväksi käyttöönoton yhteydessä jää vain lisätä käyttötarkoitukseen soveltuva virtalähde. Virtalähteen sisällyttäminen pakettiin ei ole tarkoituksenmukaista, koska sen tyyppi ja teho riippuvat paljon asianomaisesta sovelluksesta. G540 on juuri tähän käyttötarkoitukseen tavallaan liian iso, sillä se sisältää ohjauksen neljälle moottorille. Paketti on kuitenkin hinnoiteltu niin edulliseksi, ettei sitä kannata tämän seikan vuoksi hylätä. Ratkaisussa on tällä tavoin varaa neljättä akselia varten, mikäli tällaiselle myöhemmin ilmenisi tarvetta. Laitepaketti on esitetty kuvassa 3.2.



Kuva 3.2. Geckodrives G540.

3.2.3 Probotix

Probotix-yhtiöllä [9] on useita eri kokoluokan laitepaketteja tarjolla. Nämä ovat kuitenkin luonteeltaan rakennussarjamaisia, osia ei ole kytketty toisiinsa, eikä mitään kotelointia ole. Paketeissa tulee mukana myös askelmoottorit, joita tässä tapauksessa ei tarvitse uusia. Kyseeseen lähinnä tulevan laitepaketin osat on esitetty kuvassa 3.3.



Kuva 3.3. Probotix -järjestelmä.

3.2.4 Muut

Myös muiden valmistajien tarjontaa käytiin läpi. Useimmissa näissä oli kuitenkin se hankaluus, että ne oli tarkoitettu täysammattilaiskäyttöön ja että ne oli siten hinnoiteltu erittäin merkittävästi korkeammalle tasolle. Sinänsä mielenkiintoinen Xylotex-järjestelmä, joka muutoin ehkä parhaiten kilpailisi Geckodrivesin G540:n kanssa, ei ole RoHS-hyväksytty, eikä sen myynti Euroopan unionin alueella ole siten sallittu. Useita rakennussarjoja on myös saatavilla, näitä ei vielä Probotixiakin suuremman hankaluutensa vuoksi otettu lukuun.

3.3 Käyttöjärjestelmä

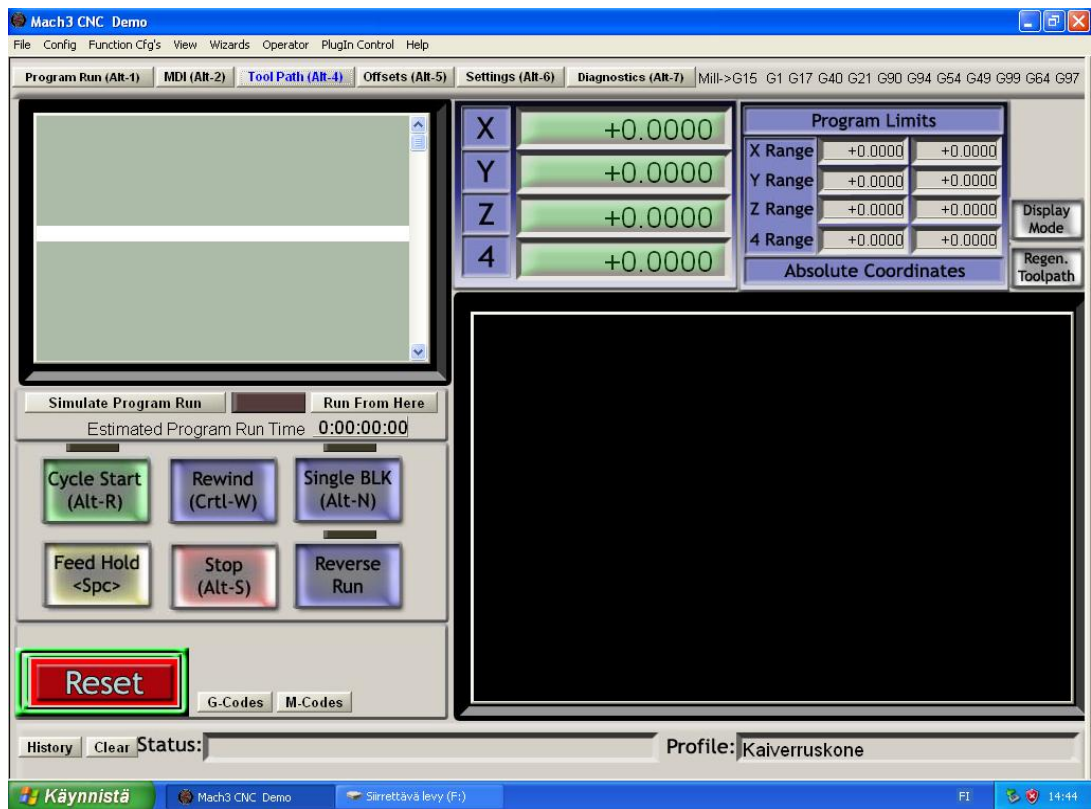
Varsin nopeasti internetissä alaan liittyvää keskustelua [10], uutisointia ja markkinointia seuraamalla kävi ilmeiseksi, että kyseeseen voi tulla kaksi vaihtoehtoa: Microsoft Windowsin eri versiot, sekä GNU/Linux ja sen eri versiot. GNU/Linuxin erikoisuus on sen ilmaisuus. GNU/Linuxista on saatavilla useita versioita, joista käytetään nimitystä jakelu (distribution). Jakelut ovat kukin pyrittä optimoimaan tiettyä käyttötarkoitusta ajatellen. GNU/Linuxissa kilpailu eri jakelujen välillä on tiukkaa. Koska kaikki on saatavilla ilmaiseksi, heikot tai muuten vähän mielenkiintoa osakseen saavat jakelut karsiutuvat pian pois. Microsoft Windows tuskin kovin paljon esittelyjä kaipaa, kaikilla tietokonetta joskus käyttäneillä on todennäköisesti kokemusta kyseisen valmistajan järjestelmien käytöstä.

3.4 CNC

Niin sanotuissa puoliammattilaisjärjestelmissä, joihin tämäkin järjestelmä käytännössä lukeutuu, vaihtoehtoina ovat MS Windows -pohjainen Mach3 [11], DOS-pohjainen TurboCNC [12], sekä GNU/Linux-pohjainen LinuxCNC [13]. Kaikki muut järjestelmät osoittautuivat tähän tarkoitukseen aivan turhan järeiksi ja myös hyvin kalliiksi. Muut CNC-ohjaimet perustuvat yleensä valmistajien omiin laitearkkitehtuureihin (esimerkiksi Fanuc, Siemens, Heidenhain). Näiden käyttö nostaisi kokonaishinnan liian korkeaksi.

3.4.1 Mach3

Mach3 on edelleen kehitetty versio Mach2-ohjelmistosta. Mach3 toimii MS Windowsin päällä, joka seikka on yhtä aikaa sekä hyvä että huono puoli. Hyvä puoli on siinä, että suurin osa käyttäjistä on tottunut MS Windowsin käyttöön ja täten sen asennus ja käyttö eivät tunnu niin vaativilta. Huonona puolena voidaan pitää sitä tosiseikkaa, että MS Windowsit on tarkoitettu työpöytäkäyttöön toimistoympäristössä. Ne eivät siten mahdollista CNC-käytössä varsin tarpeellista reaaliaikaisuutta. Mach3 lähettää g-koodikäskyt kättelyn perusteella ohjauslaitteistolle, mutta sillä ei ole mitään mahdollisuutta reagoida mahdollisiin poikkeaviin tilanteisiin. Esimerkiksi todellinen niin sanottu ”workstop”-toiminto (eli työkierron keskeytys) on mahdollista saada aikaan vain katkaisemalla virta ohjauslaitteistolle. Tämä taas käytännössä ei toteuta ”workstopin” ajatusta, vaan kaiverrettava kappale menetetään. Mach3 ei ”workstop”-käskyn saatuaan pysty keskeyttämään ohjainpiirille jo lähettämiään liikekäskyjä, vaan meneillään oleva työkierto suoritetaan loppuun. Kaiverruskäytössä asialla tosin ei ole aivan niin suurta merkitystä kuin raskaassa CNC-käytössä, koneistettaessa suuria kappaleita suurilla työstönopeuksilla ja suurilla lastuvirroilla. Mach3-ohjelman päänäyttö on esitetty kuvassa 3.4.



Kuva 3.4. Mach3-ohjelma.

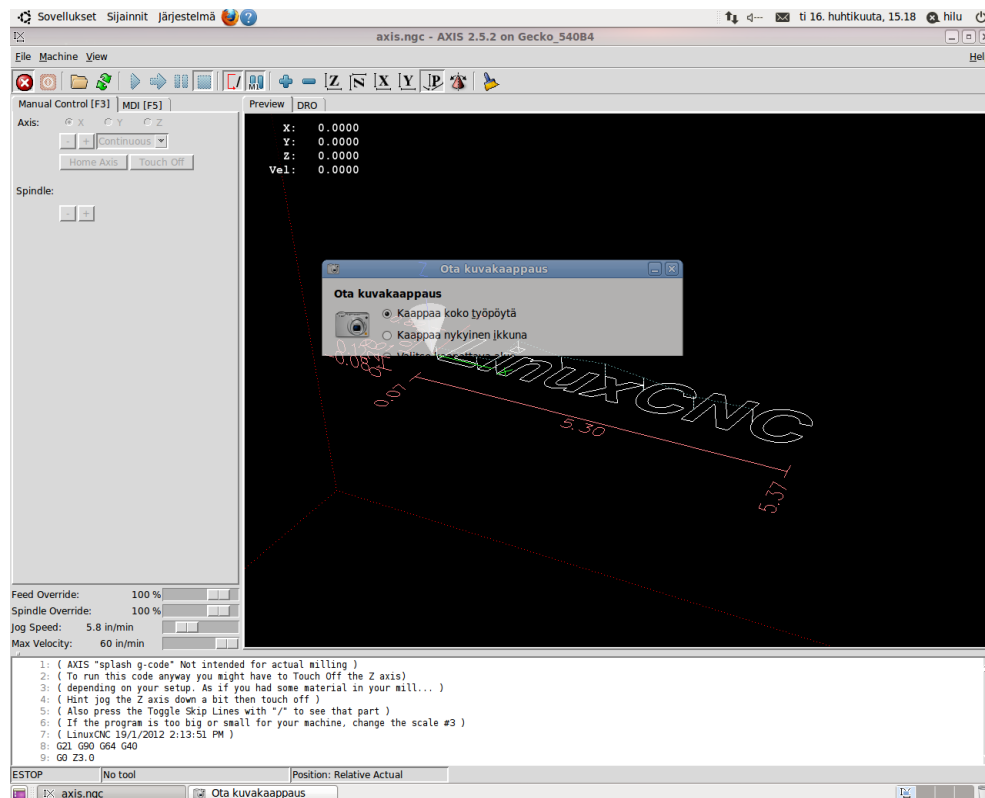
3.4.2 TurboCNC

TurboCNC on tarkoitettu toimimaan DOS-käyttöjärjestelmässä. Tämän vuoksi sen laitevaatimukset ovat hyvin vähäiset. TurboCNC on käyttöjärjestelmänsä vuoksi jäänyt hieman oudoksi linnuksi CNC-maailmassa. Sillä on kuitenkin edelleen jonkin verran käyttäjäkuntaa ja ohjelma on edelleen hyvin tuettu CAM-ohjelmistojen jälkiprosessoreissa. TurboCNC on hyvin edullinen, ei kuitenkaan täysin ilmainen. Vaikka DOS-käyttöjärjestelmä saattaa vaikuttaa nykyisin täysin vanhentuneelta, on sillä etunaan huomattavasti parempi latenssikäytös verrattuna esimerkiksi saman valmistajan MS Windowseihin. Koska DOS ei tue moniajtoa, koneessa ei voi olla samaan aikaan käynnissä muita prosesseja, jotka voisivat vaatia keskusyksikön huomion. Tämän vuoksi TurboCNC toimii laskentateholtaan vaatimattomissa tietokoneissa.

3.4.3 LinuxCNC

LinuxCNC tunnettiin aikaisemmin nimellä EMC2. EMC2 on NIST:n aloittama ohjelmistoprojekti, jossa pyrittiin luomaan yleiskäyttöinen CNC-ohjausjärjestelmä PC-koneille. Ohjelma oli projektin alkuaikoina saatavilla erillisenä, kunnes todettiin, että helppokäyttöisyyden nimissä on järkevää tarjota ohjelmaa yhdessä valmiina pakettina käyttöjärjestelmän kanssa. Käyttöjärjestelmä voidaan tällöin sovittaa reaaliaikaytimen osalta tällaiseen käyttöön sopivaksi. Käyttöjärjestelmästä ja EMC2:sta on siten muodostettu oma jakelu, jonka nimi on kuvaavasti LinuxCNC. Jakelu on saatavilla ilmaiseksi internetistä [13]. LinuxCNC pohjautuu kirjoitushetkellä hyvin yleiseen ja tunnettuun Ubuntu-jakeluun [14], jota on muokattu numeerisen ohjauksen tarpeisiin soveltuvaksi. LinuxCNC pysyy ajoittain uudistuessaan Ubuntu-jakelun niin kutsutuissa LTS-versioissa (Long Term Support), joille luvataan päivitystuki viiden vuoden ajaksi julkaisuhetkestä lukien. Tällä tavoin päästään suhteellisen pitkiin päivitysväleihin, joka seikka on tämän tyyppisessä käytössä eduksi. Tuotantokäytössä on paljon tärkeämpää, että järjestelmä on vakaa ja luotettava, kuin että siinä olisi jatkuvasti mukana aivan viimeisimmät kehitykset. LinuxCNC:n sisältämä EMC2 hoitaa g-koodin tulkkauksen ja laiteohjauksen.

Linuxin etuna on se, että avoimeen koodiin perustuvana sen ytimestä on mahdollisuus muokata CNC-käyttöön soveltuva reaaliaikainen ydin, jota mahdollisuutta esimerkiksi MS Windowseissa ei ole. Tämän vuoksi LinuxCNC:llä on merkittävä etulyöntiasema tässä tarkastelussa, ja se onkin juuri tästä syystä pyritty ottamaan ensisijaiseksi ehdokkaaksi uutta järjestelmää muodostettaessa. Ilmaisuuskaan ei toki ole haitaksi. LinuxCNC:n päänäyttö on esitetty kuvassa 3.5.



Kuva 3.5. LinuxCNC-ohjelma.

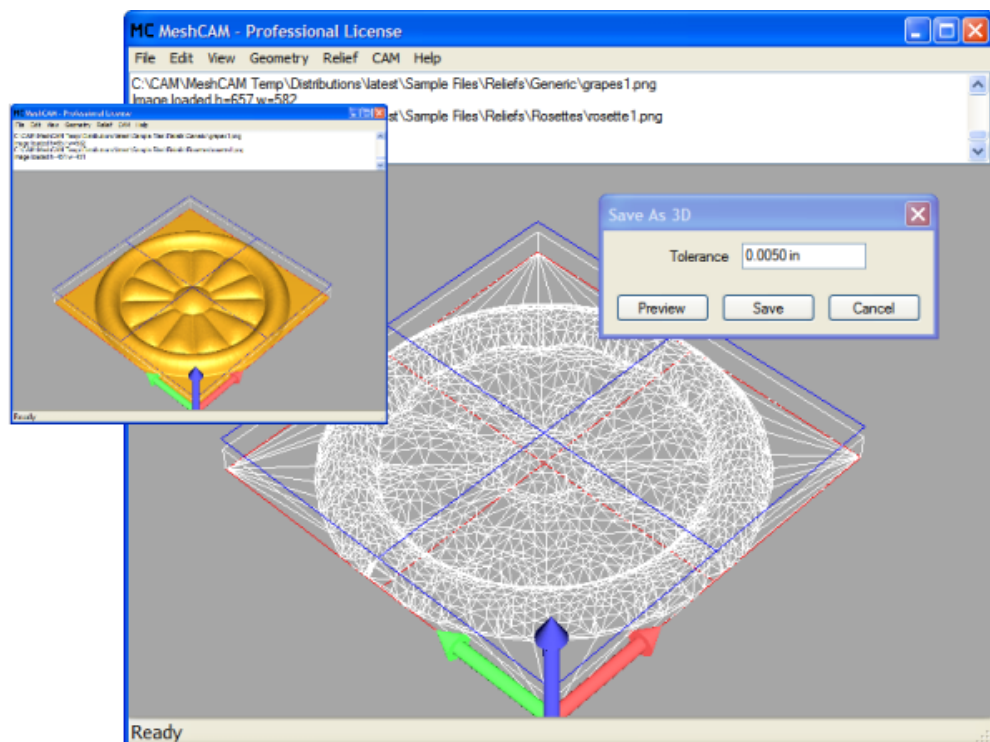
3.5 CAM

CAM oli ehkä haastavin osuus tässä työssä siksi, että tarjolla on useita hyvin samantyyppisillä kyvyillä varustettua ohjelmaa samassa, melko edullisessa hintaluokassa. CAM-ohjelmistot kehittyvät voimakkaasti ja kilpailu on siten kovaa. Ajatellussa, alle 500 euron hintaluokassa, on useita tarjokkaita, jotka ovat ominaisuuksiltaan siten poikkeavat, että valinta ei ole kovinkaan yksinkertaista. CAM-ohjelman pääasiallinen tehtävä on muuntaa eri tavoin, yleensä CAD-ohjelmalla tuotettu vektorigrafiikka CNC-laitteen ymmärtämäksi g-koodiksi. Saatavilla on jopa täysin ilmaisia ratkaisuja joidenkin CAD-ohjelmien mukana. Valitettavasti yksikään näistä ei kuitenkaan vielä kirjoitushetkellä osoittautunut riittävän helppokäyttöiseksi. Tässä esityksessä on rajoitettu käsittelemään vain niitä ohjelmistoja, joilla kirjoittajan mielestä on merkitystä aiotussa käyttötarkoituksessa. Valintaa edelleen monimutkaistaa se, että ainakin yhdessä CAD-ohjelmistossa on CAM-osuus mukana. Käytön

helppouden kannalta tällä on vaihteleva merkitys, joissakin ohjelmistoissa integrointi on saatu toteutettua juohevasti ja käyttö on helppoa, kun g-koodin tuotto on saatu integroitua lähes kokonaan käyttäjän näkymättömiin. Kaikissa ohjelmissa tähän ei kuitenkaan ole valitettavasti päästy.

3.5.1 MeshCAM

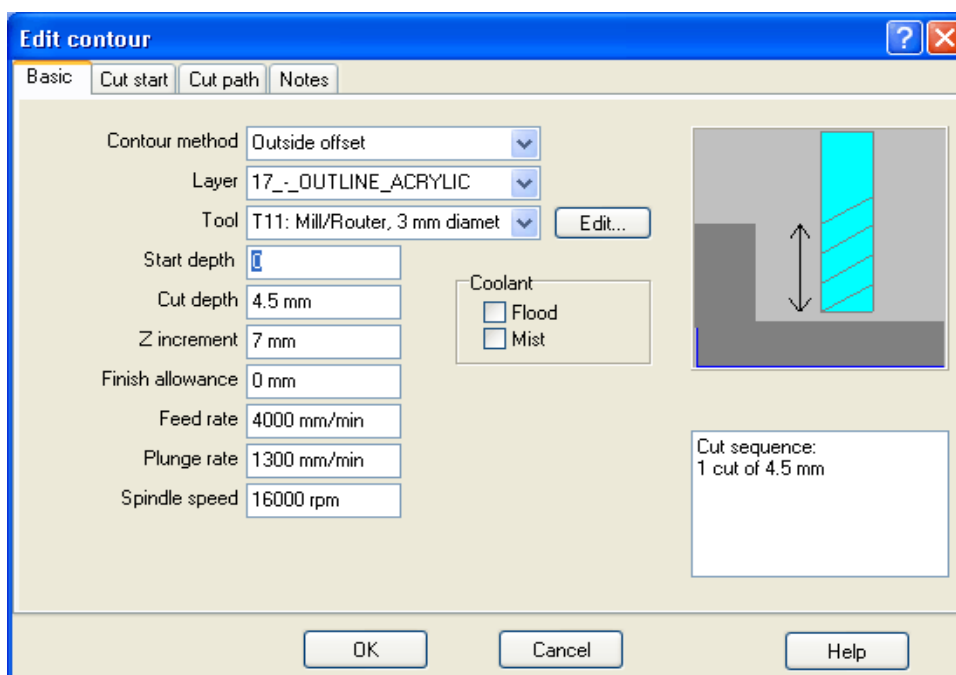
MeshCAM [15] on suhteellisen edullinen ja suosittu CAM-ohjelma. MeshCAMin kiinnostavuus ei mielestäni ole kuitenkaan itse MeshCAMissa, vaan siitä laajennetussa MeshCAM Art -ohjelmassa. Tämä ohjelmaversio mahdollistaa valokuvien reliefikaivertamisen. MeshCAM Art on tietysti perusversiota jonkin verran kalliimpi, joten hankintaa arvioidessa pitää selvittää, kuinka paljon reliefikaiverruksella on mahdollista kasvattaa liikevaihtoa. MeshCAM, kuva 3.6, on tarkoitettu toimimaan MS Windowseissa, mutta Wine-yhteensopivuuskerroksen [25] avulla sen saa toimimaan myös GNU/Linuxissa. Valittava käyttöjärjestelmä ei täten vaikuta MeshCAMin valintaan.



Kuva 3.6. MeshCAM-ohjelma.

3.5.2 SheetCAM

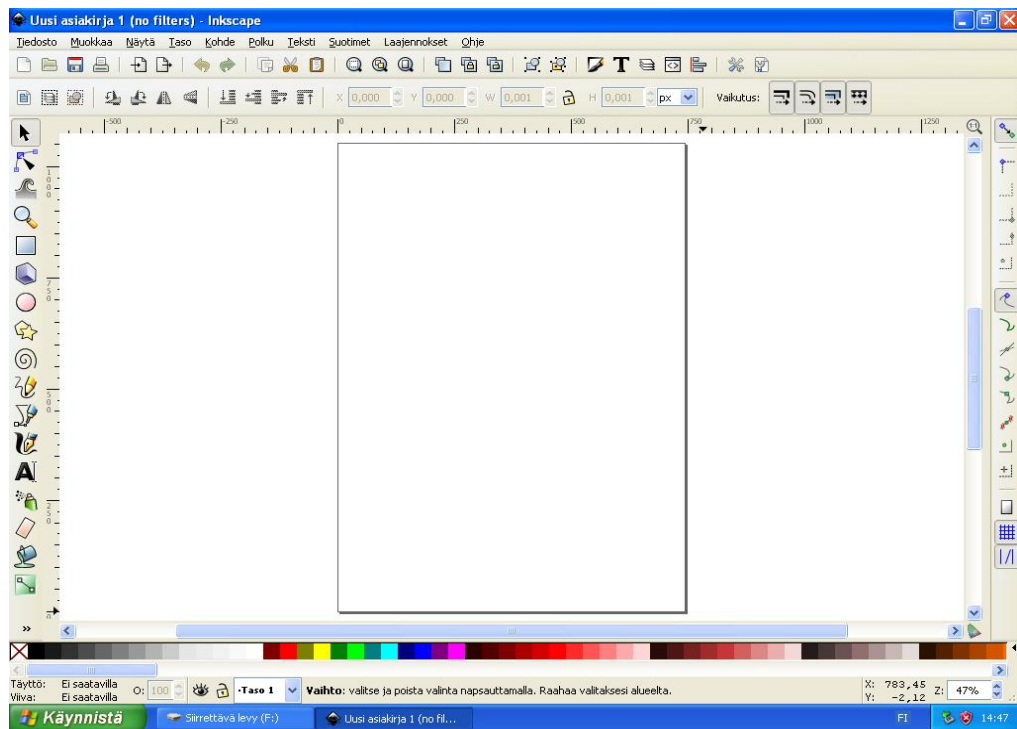
SheetCAM [16], kuvassa 3.7, on kyvyiltään ja hinnaltaan hyvin samankaltainen perus-MeshCAMin kanssa. Todelliset suorituskykyerot saa todennäköisesti esille vain kokeilemalla ja vertaamalla lopputuloksia. Kuten MeshCAMissa, SheetCAMissa on graafinen näyttö generoidulle g-koodille, toisin sanoen ohjelma näyttää kuvana, mitä reittiä se aikoo kaiverrusterää kuljettaa. Tässä suhteessa ohjelma ei ole aivan MeshCAMin veroinen.



Kuva 3.7. SheetCam-ohjelma.

3.5.3 Inkscape ja sen gcodetools-laajennos

Tätä kirjoitettaessa Inkscapen [17] virallinen julkaistu versio on 0.48. Gcodetools-laajennos [18] on toistaiseksi asennettava Inkscapen yhteyteen erikseen, mutta se muuttuu viralliseksi osaksi Inkscape-ohjelmaa versiosta 0.49 alkaen. Gcodetools-laajennoksen saa melko helposti myös aikaisempiin versioihin. Gcodetools-laajennos ei ole vielä tässä vaiheessa tarpeeksi käyttäjäystävällinen, mutta on toki mahdollista, että tämä asia tulee myöhemmässä vaiheessa paranemaan. Inkscapen käyttöliittymänäkymä on esitetty kuvassa 3.8 ja ohjelma esitellään tarkemmin kohdassa 3.6.1.



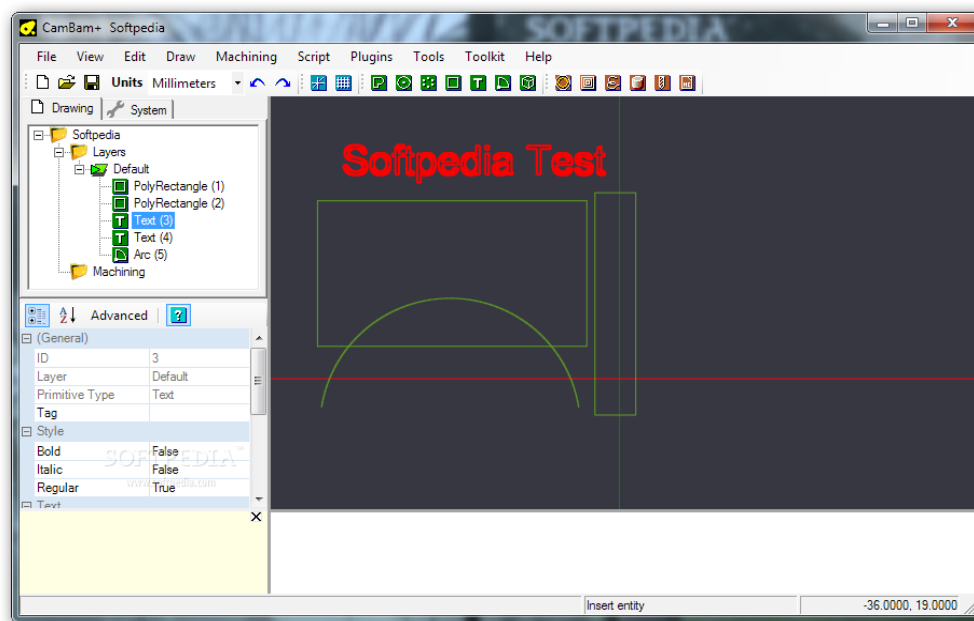
Kuva 3.8. Inkscape-piirrosohjelma.

3.5.4 Blender ja sen g-koodilaajennos

Blender [19] on erittäin monipuolinen piirto-ohjelma. Sen haittapuolena on suuresta monipuolisuudesta johtuva melko haastava käyttö. Mikäli ilmaisuus on ainoa kriteeri käytettävien ohjelmien valinnassa ja kiinnostusta ja aikaa opetteluun riittää, on Blenderillä aikaansaataavissa lähes mikä tahansa kolmiulotteinen kappale. Blender ansaitsee tulla mainituksi monipuolisuutensa vuoksi. Juuri tämän työn kohteena olevan asiakasyrityksen tarpeisiin se ei kuitenkaan vaatimansa runsaan opettelun takia sovi.

3.5.5 CamBam

CamBam [20] on saatavana sekä MS Windows-, että GNU/Linux-käyttöjärjestelmille. Siinä on mahdollisuus jo laaditun kuvan rajattuun graafiseen muokkaukseen vielä g-koodia muodostettaessa. CamBam pystyy myös muuntamaan rasteroituja kuvia reliefikaiverrukseen sopivaksi, tosin keskusteluryhmissä [21] tämä toiminto on todettu vaihtelevassa määrin hyödylliseksi. Esimerkki CamBam-ohjelman päänäytöstä on kuvassa 3.9.



Kuva 3.9. CamBam-ohjelma.

3.6 CAD

CAD-suunnitteluohjelmiston osalta valinta oli kaikkein helpointa tehdä. Uuteen järjestelmään tarvitaan vektorigrafiikan käsittelyyn kykenevä piirto-ohjelma. Joissakin piirto-ohjelmissa on CAM-osuus mukana. Osa ohjelmista ei ole varsinaisesti kaiverruskäyttöön suoraan suunniteltu.

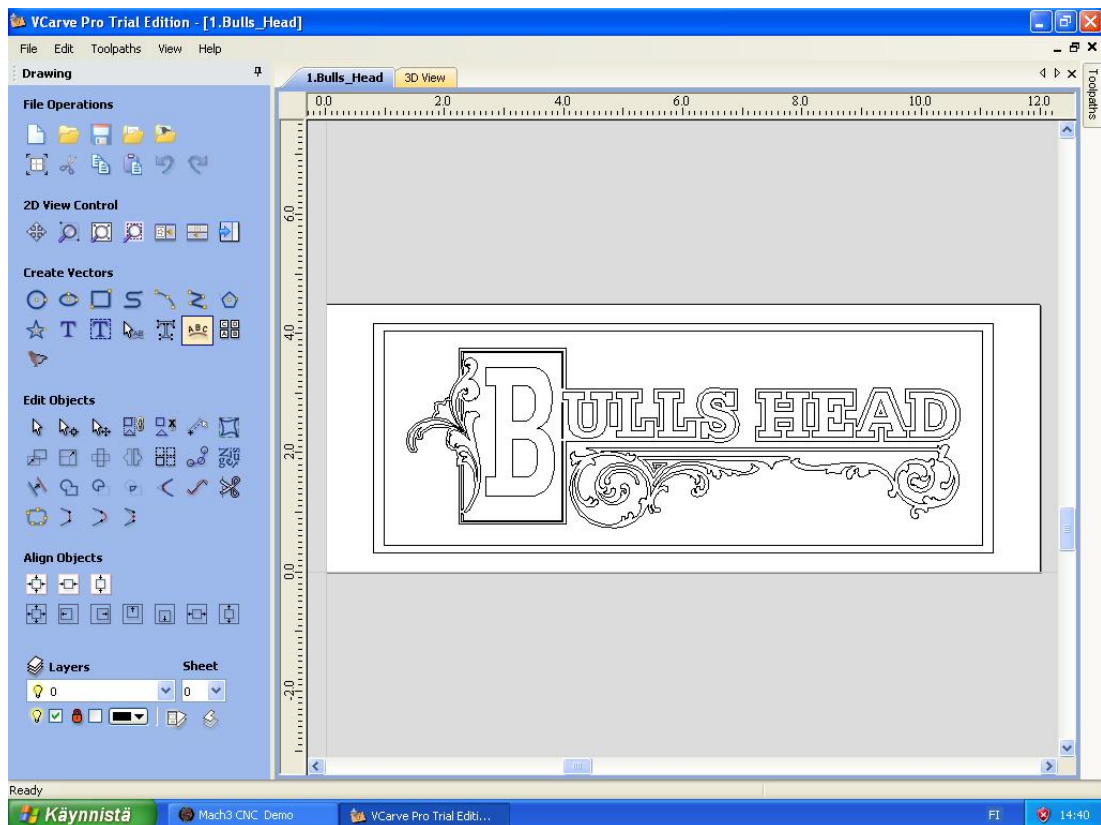
3.6.1 Inkscape

Edullisena vaihtoehtona on avoimen lähdekoodin mainio ilmainen Inkscape-ohjelma [17], joka on saatavilla sekä MS Windows-, GNU/Linux-, että Apple-käyttöjärjestelmille. Inkscapea käytetään yleisesti harrastajatason laitteissa ja monissa tapauksissa myös ammattilaistasolla. Halvasta hinnastaan huolimatta Inkscape on täysiverinen vektorigrafiikan käsittelyyn sopiva työkalu. Paitsi että se on etevä varsinaisessa editoinnissa, sen todellinen vahvuus on sen runsaissa ja hyödyllisissä lisäosissa. Näistä mainittakoon rasteroitujen kuvien muuntaminen vektorigrafiikaksi (eli vektorointi), kuvan jakaminen kerroksiin, joka on hyvin kätevä ominaisuus toisistaan poikkeavilla terillä tehtävää kaivertamista ajatellen, sekä gcodetools-laajennos, jota käsiteltiin edellä.

Ohjelmassa on myös mahdollisuus sekä tuoda, että viedä useita eri tiedostomuotoja. Ohjelma on aktiivisen kehitystyön alla ja jokaisen uuden version mukana tulee lisää aidosti hyödyllisiä ominaisuuksia joissakin ohjelmissa esiintyvän pelkän käyttöliittymän koristelun sijaan. Inkscape on saatavana yleisimmille käyttöjärjestelmille, joita ovat MS Windows ja sen eri versiot, Apple (Mac) ja GNU/Linux. Kaupallisista ohjelmista Inkscape vastaa ominaisuuksiltaan esimerkiksi Adobe Illustratoria [24]. Inkscapen oletustallennusmuoto on SVG, mutta siihen on saatavilla muunnosominaisuudet yleisimpiin CAD-ohjelmissa käytettäviin formaatteihin. Ohjelma ei vielä toistaiseksi tue kaikkia SVG:n ominaisuuksia, mutta tallentaa tiedostot standardin mukaiseen muotoon. Näillä puutteilla ei ole kuitenkaan CNC-käytössä merkitystä, vaan ne liittyvät Inkscapella luotujen kuvien käyttöön websivuilla. Itse ohjelma, kuten myös sen käyttöohje ovat saatavilla suomeksi.

3.6.2 VCarve Pro

VCarve Pro [22] on piirto-ohjelma ja CAM yhdessä paketissa. VCarve Pro on tarkoitettu MS Windows -käyttöjärjestelmiin. VCarve Pron valmistajalla Vectric-yhtiöllä on useita muitakin CNC-ohjaukseen liittyviä ohjelmistopaketteja saatavilla erilaisiin tarpeisiin. VCarve Pro on erittäin monipuolinen nimenomaan kaiverrusta ajatellen suunniteltu ohjelma. Siihen on saatavana lisähintaan PhotoVCarve-ohjelma, jolla valokuvien kohokaivertaminen on mahdollista. VCarve Pro saatiin kokeiluissa toimimaan myös Linuxissa Wine-yhteensopivuuskerrosta [25] käyttäen, vaikka valmistajan mukaan tämän ei pitäisi olla mahdollista. VCarve Prossa kaiverrettava kuvio voidaan jakaa kerroksiin, jolloin keskenään erilaisten kaiverrusterien käyttö samassa työssä käy loogiseksi ja hallittavaksi. VCarve Pro-ohjelman päänäyttö on esitetty kuvassa 3.10.



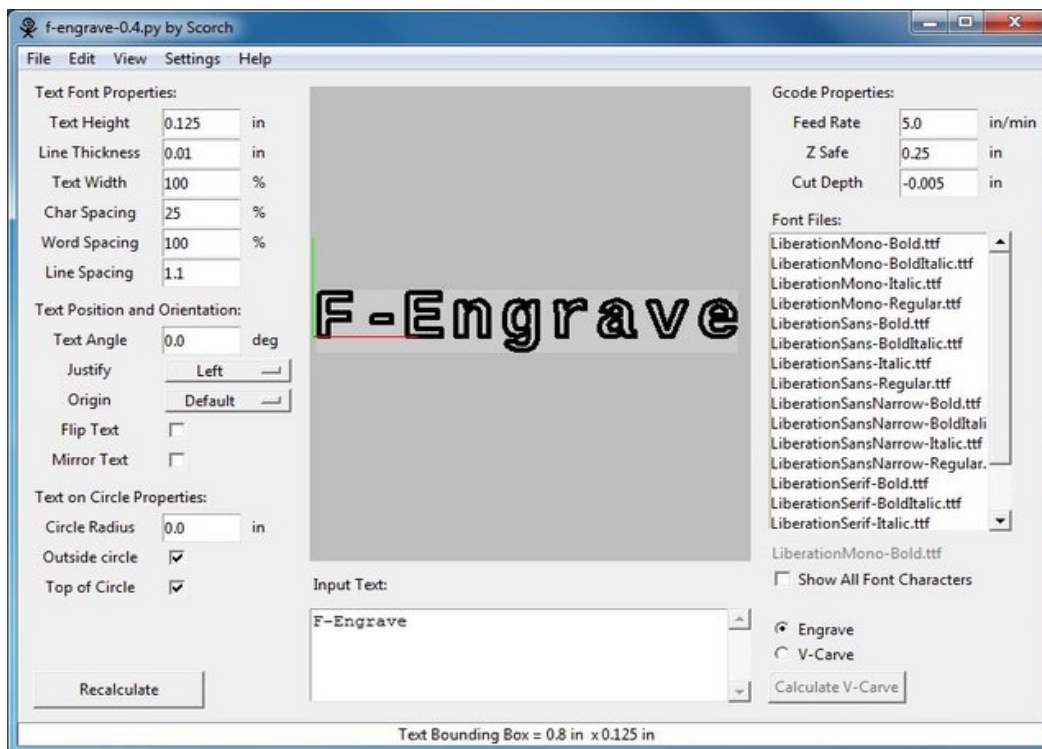
Kuva 3.10. VCarve Pro -ohjelma.

VCarve Pron ohjeistus erottuu laadukkuudellaan edukseen, YouTuben kautta on saatavilla useita opetusvideoita, joissa ohjelman eri puolia käydään seikkaperäisesti läpi.

3.6.3 F-Engrave

F-Engrave [23] on ilmainen ohjelma, joka oli alun perin tarkoitettu TrueType-kirjasimilla laadittujen tekstien kaivertamista varten. Ohjelman mielenkiintoinen erityiskyky on muuttuvalla viivaleveydellä olevien kirjainten kaivertaminen yhdellä uralla, eli ns. v-kaiverrus. F-Engrave on tiettävästi ainoa ilmainen ohjelma, joka pystyy v-kaiverrukseen. Ohjelmaa kehitetään edelleen, ja sillä voi ainakin jossain määrin kaivertaa myös kuvaelementtejä. Ohjelmassa ei ole piirto-ohjelmaa mukana. Valmisteltaessa tekstiä kaiverrettavaksi ohjelmassa on editointi-ikkuna, jonka avulla voi muodostaa käsityksen siitä, miltä kaiverrettu teksti tai kuvio tulee näyttämään. Ohjelmaan voi tuoda ulkopuolelta

vektorigrafiikkaa, esimerkiksi Inkscape-ohjelmalla tehtyjä kuvia. F-Engraven päänäyttö on esitetty kuvassa 3.11.



Kuva 3.11. F-Engrave-ohjelma.

4 Valinta ja perustelut

4.1 Hardware

Kaiverruspöytää ohjaavan laitteiston osalta oli melko helppoa päätyä valitsemaan Geckodrivein G540 -paketti, jossa on virtalähdettä lukuun ottamatta kaikki tarpeellinen valmiina käytettäväksi. Laite on tarkoitettu juuri NEMA 23 -kokoluokan askelmootoreille, joita kaiverruspöydässä jo valmiiksi käytetään. Virtalähde on jätetty pois paketista, koska sen tyyppi ja teho vaihtelevat suuresti aiotun käyttökohteen mukaan. Tässä kohteessa suositus on käyttää lineaarista reguloimatonta virtalähdettä, jollainen on melko helppo koota osista itse.

Laskennassa on käytetty CNC-laiteohjaimen valmistajan ohjeita [26]. Muuntajan ulostulo ei saa ylittää 50 volttia, sillä se on G540:n maksimijännite. Yhden moottorin nimellisvirta on 2,9 A. Moottoreita on kolme. Yhteenlaskettu virran tarve on maksimissaan 8,7 A. Muuntajan toisiokelan jännitteeksi valitaan 34VAC, josta saadaan tasasuunnattuna:

$$(4.1) \quad (34\text{VAC} * \sqrt{2}) \approx 48\text{VDC}$$

Virran tarve on ohjeen mukaan:

$$(4.2) \quad (8,7\text{A} * \frac{2}{3}) \approx 6\text{A}$$

Näistä voidaan helposti laskea, että muuntajan tehon tulee olla:

$$(4.3) \quad (48\text{VDC} * 6\text{A}) = 300\text{VA}$$

Tämä arvo sattuu olemaan sopivasti rengassydänmuuntajissa yleinen kokoluokka. 34VAC toisiojännite ei sitä vastoin ole yleinen valmiina varastosta saatavissa muuntajissa, mutta kirjoittajan omien kokemusten mukaan Suomessa Muuntosähkö Oy Trafox [27] valmistaa muuntajia halutulla toisiojännitteellä myös yksittäiskappaleina. Suotokondensaattorin suuruus saadaan laskemalla kaavasta:

$$(4.4) \quad (80\ 000 * 6\text{A}) / 48\text{V} = 10\ 000\ \mu\text{F}$$

Kondensaattorin jännitekestoksi valitaan laskettua jännitearvoa seuraavaksi suurempi standardiarvo, tässä tapauksessa 63VDC. Lisäksi on tärkeää suojata kondensaattori moottoreiden suunnanmuutoksissa kehittämältä vastakkaiselta sähkömotoriselta voimalta, joka saattaa aiheuttaa ylisuuren jännitteen kondensaattorin navoissa. Tämä tehdään siten, että lähdön kanssa rinnan kytketään 91V/5W zenerdiodi ja sen kanssa kytketään sarjaan 22Ω/10W vastus. Vastuksen tehtävä on rajoittaa oikosuljettavan ylijännitteen virran suuruutta. Zenerdiodi ja vastus voidaan myös jättää pois, jos kondensaattorin jännitekesto valitaan riittävän suureksi, tässä tapauksessa sadaksi voltiksi, joka on 63V jännitekeston jälkeen seuraava suurempi standardiarvo.

G540 liitetään ohjaavaan PC-tietokoneeseen rinnakkaisportin kautta. Sekä LinuxCNC, että Mach3 tarjoavat molemmat valmiit esiasetukset tälle ohjaimelle,

joka seikka edelleen helpottaa käyttöönottoa. Kaiverruspöydässä on valmiina rajakytkimet, ja näitä voidaan käyttää edelleen uudessa järjestelmässä.

4.2 Käyttöjärjestelmä

Käyttöjärjestelmän valinnan ratkaisee käytännössä valittu CNC-järjestelmä. Mach3 toimii MS Windows -ympäristöissä, LinuxCNC taas nimensä mukaisesti GNU/Linuxissa. MS Windows ei GNU/Linuxista poiketen ole ilmainen, mutta sen hinta sinällään ei ole riittävän suuri tekijä valinnalle. Etuna GNU/Linuxin kannalta voidaan pitää sitä, että kyseisellä käyttöjärjestelmällä varustetulla koneella internetin käyttö on tietoturvan kannalta turvallisempaa. Vaikka internetin käyttömahdollisuus ei varsinaisen kaiverrustyön yhteydessä ole välttämätöntä, siitä on kuitenkin merkittävä hyöty ohjelmien ylläpidon ja tiedostojen siirron kannalta. Ohjelmapäivityksien nouto tehdään käytännössä aina internetin kautta, ja on hyvin kätevää, jos päivityksen voi tehdä samalla koneella, jossa päivitettävä ohjelma on.

Vaikka laiteohjaus olisi mahdollista myös eräällä DOS-käyttöjärjestelmää hyödyntävällä ohjelmistolla, ei tätä vaihtoehtoa harkittu, koska tämän vaihtoehdon valinta tarkoittaisi käytännössä kahden eri tietokoneen hankintaa, ja se taas todettiin kustannustehokkuudeltaan ja helppokäyttöisyydeltään heikoksi ratkaisuksi.

4.3 CNC-järjestelmä

CNC-ohjauksen osalta päädyttiin valitsemaan LinuxCNC.

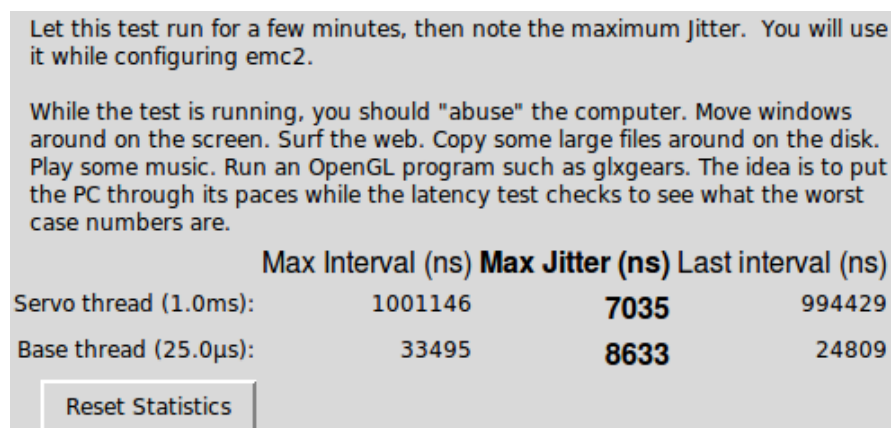
LinuxCNC:n etuina ovat reaaliaikaisuus, vakaus, luotettavuus ja edullinen hinta. Asiaa käyttökokemuksia tutkiessani totesin, että kaikki ne käyttäjät, jotka olivat päässeet käynnistysvaiheen ohi ja täten päässeet alkukynnyksen yli, olivat poikkeuksetta tyytyväisiä valintaansa. LinuxCNC:llä on niin suuri käyttäjäkunta, ettei ohjelmistotuen loppuminen ole pelättävissä ainakaan lähitulevaisuudessa.

Muusta esityksestä poiketen soveltuvan PC-tietokoneen valintaa ei ole käsitelty edellä ollenkaan. Tämä johtuu siitä, että tarkoitukseen soveltuva tietokone on varsin vähällä vaivalla koottavissa itse kaupan olevista osista sitten, kun

tiedetään, mihin osiin muussa laitteistossa on päädytty. Tällöin voidaan kustannuksien hallitsemiseksi hankkia juuri ne osat, joista syntyy tarpeet täyttävä kone. Koneeseen ei kannata rakentaa kasvunvaraa. PC-tekniikan erittäin ripeän kehittymisen vuoksi kasvutarpeiden kohdatessa on käytännöllisesti katsoen aina rahallisesti tehokkaampaa hankkia yksinkertaisesti uusi kone.

Valinnassa tulee kiinnittää huomio koneen kykyyn ajaa yksittäistä ohjelmasäiettä mahdollisimman tehokkaasti. Tässä katsannossa prosessorin mahdollisimman suuri ytimien määrä ei ole oleellista. Sitä vastoin prosessorin kelloaajuudella on suuri merkitys. Koneeseen tulee varata riittävästi keskusmuistia (RAM), vähintään 2GB. Tämän lisäksi koneessa tulee olla erillinen näytönohjain, mahdollinen emolevyllä oleva näytönohjain tulee kytkeä pois käytöstä.

Koneen sopivuutta tulee testata LinuxCNC-järjestelmän mukana tulevalla ”Latency Test” -ohjelmalla.



Let this test run for a few minutes, then note the maximum jitter. You will use it while configuring emc2.

While the test is running, you should "abuse" the computer. Move windows around on the screen. Surf the web. Copy some large files around on the disk. Play some music. Run an OpenGL program such as glxgears. The idea is to put the PC through its paces while the latency test checks to see what the worst case numbers are.

	Max Interval (ns)	Max Jitter (ns)	Last interval (ns)
Servo thread (1.0ms):	1001146	7035	994429
Base thread (25.0µs):	33495	8633	24809

Reset Statistics

Kuva 4.1. Latency Test-ohjelma.

Kuvassa 4.1 lihavoidulla tekstillä merkityssä ”Max Jitter” -kohdassa lukemat eivät saa ylittää arvoa 10000. Muussa tapauksessa tulevan järjestelmän suorituskyky ei tule olemaan tyydyttävä. Lukema vaikuttaa reaaliaikaisessa järjestelmässä askelmoottorien askellusnopeuteen.

4.4 CAM-järjestelmä

CAM-järjestelmän osalta päädyttiin siihen, että erillisen ohjelman hankkiminen ei ole järkevää. Syy tähän on se, että valitussa CAD-ohjelmassa on CAM-osuus mukana. Kaikki saatavilla olevat CAM-ohjelmat ovat maksullisia, joten niiden täytyisi hankintapäätöksen oikeuttamiseksi tuoda jotain merkittävää lisäarvoa CAD-ohjelmien sisältämiin CAM-osioihin nähden, ja sitä ne eivät tee.

4.5 CAD-järjestelmä

Piirto-ohjelmaksi valikoitui kaksi erillistä ratkaisua. Molempien hankinta on järkevää, sillä ne ainakin jossain määrin täydentävät toisiaan. Toinen näistä, F-Engrave on ilmainen. Vaikka sen piirto-ominaisuudet ovatkin puutteelliset, on tämä seikka helppo korjata niin ikään ilmaisella Inkscape-ohjelmalla.

Jo pelkällä ilmaisella Inkscape/F-Engrave-yhdistelmällä pystytään tekemään selvästi vaativampia töitä kuin vanhalla järjestelmällä on ollut tähän saakka mahdollista. Näiden avulla voidaan myös totuttautua graafisen käyttöliittymän käyttöön.

Myöhemmin, haluttaessa tehdä vaativampia töitä, kannattaa harkita VCarve Pro -ohjelman ja vielä edelleen ehkä myös PhotoVCarven hankintaa. VCarve Pron avulla on helpompi hallita vaativampia töitä, koska samaan työhön voidaan tallentaa useilla eri terillä tehtäviä kaiveruksia tai jyrshintöjä. Ohjelma ei ole hankintahinnaltaan kovinkaan kallis, varsinkaan ominaisuuksiin nähden. Lisäksi käytännön kokeilu osoitti, että ohjelmaa voidaan käyttää myös Linuxissa.

4.6 Teipinleikkujärjestelmä

Teippileikkauskuvioiden laadintaan Inkscape on selkeä ykkösvalinta. Ohjelma on helppokäyttöinen, saatavilla suomeksi ja ilmainen. Ainoa kilpailija, jota Inkscapelle voisi ajatella ominaisuuksien osalta, on Adobe Illustrator -ohjelma ja se taas on hankintahinnaltaan aivan liian kallis. Korkean hintansa vastineeksi sillä ei ole tarjota yhtään merkittävää etua.

5 Kritiikki

Tietotekniikan suuri kehitysnopeus tekee tämänkaltaisen järjestelmän hankinnan siinä mielessä hankalaksi, että valittua järjestelmää ominaisuuksiltaan parempi ratkaisu on aina ”nurkan takana” lähitulevaisuudessa odottamassa. Tälle asialle ei voi muuta kuin pyrkiä valitsemaan ne tuotteet, joiden kehitysedellytykset jatkossa vaikuttavat parhaimmilla. Kuten jo esityksen alussa todettiin, ei varsinaisen kaiverruspöydän osalta kehityksessä ole tapahtunut juurikaan muutoksia. Sen sijaan sekä ohjelmat että varsinkin niitä ajavat tietokoneet ovat muuttuneet aivan perusteellisesti. Ei ole nähtävissä, että tämä kehitys tulisi pysähtymään tai edes hidastumaan, päinvastoin.

Suurin muutospotentialiaali ohjelmistojen osalta koskee CAM-ohjelmistoja ja CAM-lisäosia. Vaikka tässä työssä läpikäytyt vaihtoehdot eivät olekaan kalliita, on niiden rajoituksena poikkeuksetta enimmillään kolmen yhtäaikaisen akselin käsittelykyky. Useamman kuin kolmen akselin hallitsevat järjestelmät ovat tätä kirjoitettaessa vielä hyvin kalliita. Toki tietenkään kaiverruskäytössä ei tarvita kolmea akselia enempää.

Ennustaminen ei ole koskaan yksinkertaista, mutta jos viime aikaisesta kehityksestä voisi yrittää muodostaa suuntaviivoja tulevaisuutta ajatellen, niin näyttäisi siltä, että avoimen koodin ohjelmistojen osuus on kasvussa. Aivan yleisellä tasolla kaikkien ohjelmistojen hintakehitystä seuraamalla on nähtävissä, että reaalihintojen lasku tulee mitä suurimmalla todennäköisyydellä edelleen jatkumaan. Ohjelmien hankinta on jokseenkin puhdas käyttöinvestointi, vain harvoissa tapauksissa ohjelmilla voi katsoa olevan hankinnan jälkeistä jälleenmyyntiarvoa.

Valmistustekniikassa on odotettavissa erittäin suuri murros kolmiulotteisen tulostamisen kehittyessä edullisemmaksi ja laadukkaammaksi.

Näistä syistä tuntuu kovin uskaliaalta suositella suurien summien investointia tässä työssä kuvatun laitteiston päivittämiseen. Kaivertaminen saattaa pahimmassa tapauksessa piankin muuttua vanhanaikaiseksi ja taloudellisesti kilpailukyvyttömäksi toiminnaksi.

6 Yhteenveto

Oli mielenkiintoista todeta, että aikoinaan moderni ja hankintahinnaltaan melko arvokas järjestelmä on nykyisin hankittavissa varsin kohtuullisella rahallisella panostuksella. Ilmaisten ohjelmien kehitys on tuonut peruskaivertamisen hinnallisesti tavallisen harrastajan ulottuville. Käyttö ja kokoonpano on myös helpottunut siinä määrin, että järjestelmän pystyttäminen käy päinsä jo kohtuullisen vähäisillä lähtötiedoilla.

Kuvat

Kuva 1.1. Kaiverruspöytä asiakasyrityksessä, s. 8

Kuva 1.2. Ohjauslaatikon etupaneeli kalvokytkimineen, s. 9

Kuva 3.1. Houston Instrument DMP-60, s.12

Kuva 3.2. Geckodrives G540, s. 15

Kuva 3.3. Probotix-järjestelmä, s. 15

Kuva 3.4. Mach3-ohjelma, s. 18

Kuva 3.5. LinuxCNC-ohjelma, s. 20

Kuva 3.6. MeshCAM-ohjelma, s. 21

Kuva 3.7. SheetCam-ohjelma, s. 22

Kuva 3.8. Inkscape-piirrosohjelma, s. 23

Kuva 3.9. CamBam-ohjelma, s. 24

Kuva 3.10. VCarve Pro -ohjelma, s. 26

Kuva 3.11. F-Engrave-ohjelma, s. 27

Kuva 4.1. Latency Test -ohjelma, s. 30

Lähteet

- (1) C.A.Servicing, 45 Bayfield, Northumberland Park, West Allotment, Newcastle Upon Tyne, NE27 0BH, Iso-Britannia. <http://www.caservicing.co.uk> (Luettu 21.4.2013)
- (2) Dahlgren Systemsin toiminimen nykyisen omistajan internetsivut. <http://www.suregrave.com> (Luettu 21.4.2013)
- (3) Kaiverruspöydän nykyisen valmitajan internetsivut. <http://www.scriptamt.com> (Luettu 21.4.2013)
- (4) Alfred Jäger GmbH, Siemensstrasse 8, Ober-Mörlen, Saksa. <http://www.alfredjaeger.de> (Luettu 21.4.2013)
- (5) NIST:n laatima g-koodia koskeva standardi. Kehitetty EMC2 -projektin yhteydessä, joka on nykyisin osa LinuxCNC -projektia. Standardi on saatavilla osoitteesta http://rs274ngc.googlecode.com/files/RS274NGC_3.pdf, 121 sivua. (Luettu 21.4.2013)
- (6) Laine, M. 2009. Askelmoottorit, Mekatroniikan erityiskysymyksiä, tutkielma. Tampereen yliopisto. Acta Universitatis Tamperensis.
- (7) Selig, C. 2007. CNC-Fräsen im Modellbau, Band 2, Die Portalfräsmaschine. Baden-Baden, Saksa:Verlag für Technik und Handwerk
- (8) Geckodrives-yhtiön internetsivut, joilla esitellään Geckodrives G540-laitepakettia ja sen ominaisuuksia. <http://www.geckodrive.com/geckodrive-step-motor-drives/g540.html> (Luettu 27.4.2013)
- (9) Probotix-yhtiön internetsivut. Sisältää valmistajan omien tuotteiden esittelyn lisäksi paljon yleistä tietoa CNC-ohjauksesta. <https://probotix.com/> (Luettu 27.4.2013)
- (10) Suuri yhdysvaltalainen CNC-aiheinen keskustelusivusto. http://www.cnczone.com/forums/operating_system_software/ (Luettu 27.4.2013)
- (11) Mach3-ohjelman valmistajan internetsivut. <http://www.machsupport.com/> (Luettu 27.4.2013)

- (12) TurboCNC-ohjelmiston valmistajan internetsivut. <http://www.dakeng.com/>
(Luettu 27.4.2013)
- (13) LinuxCNC-jakelun internetsivut. LinuxCNC on yhteisöprojekti, joten sillä ei ole nimettyä valmistajaa. <http://www.linuxcnc.org/> (Luettu 27.4.2013)
- (14) Ubuntu-jakelun internetsivut. Ubuntu on yhteisöprojekti, jota koordinoi Canonical-yhtiö. <http://www.ubuntu.com/> (Luettu 27.4.2013)
- (15) MeshCAM-ohjelmiston valmistajan internetsivut.
<http://www.grzsoftware.com/> (Luettu 27.4.2013)
- (16) SheetCAM-ohjelmiston valmistajan internetsivut. <http://www.sheetcam.com>
(Luettu 27.4.2013)
- (17) Inkscape-ohjelmiston internetsivut. Inkscape on yhteisöprojekti, joten sillä ei ole nimettyä valmistajaa. <http://inkscape.org/> (Luettu 27.4.2013)
- (18) Internetsivut, joilla opastetaan gcodetools-laajennoksen asentaminen kirjoitushetkellä käytössä olevaan Inkscapen versioon 0.48. Tätä uudemmissa Inkscapen versioissa gcodetools-laajennos tulee olemaan valmiiksi asennettuna.
http://wiki.inkscape.org/wiki/index.php/Extension_repository#Gcode_tools
(Luettu 27.4.2013)
- (19) Blender-ohjelmiston internetsivut. Blender on nykyisin yhteisöprojekti, joten sillä ei ole nimettyä valmistajaa. <http://www.blender.org/> (Luettu 27.4.2013)
- (20) SheetCAM-ohjelmiston valmistajan internetsivut. <http://www.cambam.info/>
(Luettu 27.4.2013)
- (21) Yhdysvaltalaisella CNCZone-internetsivustolla käytyä keskustelua CamBam-ohjelmiston käyttökokemuksista.
<http://www.cnczone.com/forums/cambam/> (Luettu 27.4.2013)
- (22) VCarve Pro-ohjelmiston valmistajan Vectricin internetsivut.
<http://www.vectric.com/products/vcarve-pro.htm> (Luettu 27.4.2013)

- (23) F-Engrave-ohjelman internetsivut. F-Engrave on yhteisöprojekti, joten sillä ei ole nimettyä valmistajaa.
<http://home.comcast.net/~sskroch/Fengrave/fengrave.html> (Luettu 27.4.2013)
- (24) Lyhyt kuvaus Adobe Illustrator-ohjelmasta ja sen ominaisuuksista. Lähde Wikipedia. http://fi.wikipedia.org/wiki/Adobe_Illustrator (Luettu 28.4.2013)
- (25) Lyhyt kuvaus Wine-yhteensopivuuskerroksesta ja sen ominaisuuksista. Wine on yhteisöprojekti, joten sillä ei ole nimettyä valmistajaa. Lähde Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Wine> (Luettu 28.4.2013)
- (26) Geckodrives-yhtiön askelmoottoriohjaimille laskentaohjeet sisältävä internetsivu. <http://www.geckodrive.com/support.html> (Luettu 28.4.2013)
- (27) Muuntosähkö Oy Trafoxin internetsivut. <http://www.trafox.fi/> (Luettu 28.4.2013)