

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatiotekniikka

2012

Marcus Galuszka

3D-SUUNNITTELUN ESTEET JA MAHDOLLISUUDET KONEPAJAYRITYKSESSÄ

Case: Idea Machine Oy



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Koneautomaatiotekniikka

2012 | 41+4

Ohjaaja: Ari Putkonen

Marcus Galuszka

3D-SUUNNITTELUN ESTEET JA MAHDOLLISUUDET KONEPAJAYRITYKSESSÄ

Opinnäytetyön aihe syntyi kirjoittajan suunnitellessa Idea Machinen tietojärjestelmän päivitystä. Käytössä ollut CAD-ohjelmisto (tietokoneavusteinen suunnittelu) ei ollut enää yhteensopiva uuden käyttöjärjestelmän kanssa. Tilanteessa syntyi tarve tutkia, voisiko CAD-ohjelmiston päivittämisestä olla yritykselle hyötyä, ja pohtia miten vastaava tilanne vältettäisiin tulevaisuudessa. Tietotaidon pysymiseksi yrityksessä pohdittiin opinnäytteessä myös hiljaisen tiedon siirtymistä.

Aineisto kerättiin puolistrukturoitujen haastattelujen avulla, CAD-kirjallisuudesta, lehtiartikkeleista, sekä lähinnä ohjelmistovalmistajien internet-sivustoilta. Tarpeiden kartoitus ja ohjelmien tarjoamat mahdollisuudet analysoitiin hankitun aineiston perusteella.

Laajat toiminnot tarjoava nykyaikainen ohjelmisto ei aina takaa parasta mahdollista tulosta, varsinkaan konepajayrityksen suunnittelun kannalta. Kun valmistettavan tuotteen rakenne ja käytettävissä olevat valmistustekniikat vaativat yksinkertaisia ratkaisuja, ovat ohjelmiston tarjoamat monipuoliset toiminnot usein tarpeettomia ja vain hankaloittamassa suunnittelijan työtä. Teknologian kehityksessä on valitettavana varjopuolena se, että käyttökelpoiset ja hyväksi todetut ohjelmistot pakotetaan korvaamaan uusilla, monesti suurille yrityksille suunnitelluilla ohjelmistoilla.

Työn tuloksena voidaan todeta, että 3D-mallituksen käyttöönotolla ei Idea Machinen kaltaiselle yritykselle ole merkittävää hyötyä oikein valittuun 2D-CAD-ohjelmaan verrattuna. Ohjelmistoja voitaisiin kuitenkin käyttää rinnan niin, että projektin vaatiessa kyettäisiin kappaleita mallintamaan kolmiulotteisena. Uuden ohjelmiston hankinnan yhteydessä hiljaisen tiedon siirtymistä voidaan edesauttaa parityöskentelyllä. Tämän tutkielman tuloksena yrityksellä on lisää tietoa, minkälaista CAD-ohjelmistoa sen tulisi harkita käyttöönotettavaksi. Tuloksia voidaan myös varauksin soveltaa muiden samankaltaisten konepajayritysten tarpeisiin.

ASIASANAT:

koneteollisuus, tuotteen mallintaminen, SolidWorks, suunnittelu, tietokoneavusteinen suunnittelu, AutoCAD, Autodesk Inventor

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Productional Engineering | Machine automation

2012 | 41+4

Instructor: Ari Putkonen

Marcus Galuszka

IDENTIFICATION OF OBSTACLES AND POSSIBILITIES REGARDING DEPLOYMENT OF 3D DESIGN IN ENGINEERING COMPANY

The topic of this thesis was created when the author was designing a new data system for Idea Machine Ltd. The CAD software (computer aided design) being used was not compatible with the new operating system. This caused a need to examine if upgrading the CAD software would benefit the company, and to think about how this kind of scenario could be avoided in the future. To make sure that the know-how gained by the designers would stay in the company, the transferring of tacit knowledge was also addressed.

The material used was gathered from Idea Machine's employees by the semi-structured interviews, CAD-literature, magazine articles, and websites mainly by the software manufacturers. The requirements of the company and the possibilities offered by the software were analyzed on the basis of the acquired material.

Modern software providing extensive features does not always guarantee the best possible result, especially from the engineers' viewpoint. When the structure of the product and available manufacturing techniques require simple solutions, are the numerous features provided by the software often unnecessary and only makes the designers work more complicate. The downside of new CAD-software is that it is often developed for the needs of large enterprises.

As a result of this thesis it can be concluded that the introduction of 3D-design has no significant benefit for a company like Idea Machine compared to correctly chosen 2D-CAD software. But as a suggestion the 2D and 3D software could be used in parallel when needed. With the new knowledge provided by this study, Idea Machine and with reservations other similar small engineering businesses have a better starting point when choosing suitable CAD software for their design needs.

KEYWORDS:

machine industry, modeling, SolidWorks, design, computer aided design, AutoCAD, Autodesk Inventor

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 IDEA MACHINE OY	7
3 SUUNNITTELUKOKEMUKSIEN KEHITYMINEN	10
3.1 Alussa oli kynä, kuultopaperi ja suhdeviivain	10
3.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu	12
3.3 Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto	14
3.4 NykYTEKNOLOGIAN TUOMAT HAASTEET	15
4 SUUNNITTELUPROSESSIN VAIHEET	17
4.1 CAD-ohjelmiston käyttö Idea Machinessa	17
4.2 Erikoisprojektin prosessi	18
5 SUUNNITTELUOHJELMISTOT	21
5.1 2D- ja 3D-suunnittelun olennaiset erot	21
5.2 Kartoitus CAD-ohjelmiston tarpeesta	22
5.3 AutoCAD Mechanical	23
5.4 Autodesk Inventor	24
5.5 ProgeCAD	25
5.6 SolidWorks	25
6 CAD ARVOANALYYSI	27
7 TIETOLIIKENNEVERKON RAKENNE	29
7.1 Windows 2000:een pohjautuva tietoliikenneverkko	29
7.2 Päivitetty tietoliikenneverkko	30
8 SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄT HILJAISEN TIEDON VÄLITYKSEN TYÖKALUNA	34
9 EHDOTUS JATKOTOIMISTA	36
10 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	40

LIITTEET

Liite 1. Käsin piirretty 2D-kuva.

Liite 2. Tietokoneella piirretty 2D-kuva.

Liite 3. 3D-mallinnuskokeilu teollisuuspesukoneesta.

Liite 4. CAD-ohjelmistovertailutaulukko.

KUVAT

Kuva 1. Koneenpiirustusvälineitä, joita yrityksessä käytettiin sen alkuvuosina.	11
Kuva 2. C-Kone standardiosakirjasto (Mech-Soft Oy 1992).	12
Kuva 3. C-Kone digitointipöydän valikkokuva (Mech-Soft Oy 1992).	13
Kuva 4. Uuden työaseman kahdelle näytölle jaettu työtila.	33

KUVIOT

Kuvio 1. Teollisuuspesukonetilauksen kulku tarjouspyynnöstä toimitukseen.	19
Kuvio 2. CAD-ohjelmistojen laatupisteet ja hinta/laatu.	28
Kuvio 3. Vanha tietoverkko.	29
Kuvio 4. Päivitetty tietoverkko.	31

TAULUKOT

Taulukko 1. CAD-ohjelmistovertailu	27
------------------------------------	----

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi perniöläinen teollisuuspesukoneita valmistava Idea Machine Oy. Opinnäytetyön aihe syntyi Idea Machinen tarpeesta kehittää CAD-ohjelmistoaan.

Insinööriö käsittelee koneenpiirustuksen etenemisen yrityksen alkuaajoista nykypäivään. Työssä kartoitetaan Idea Machinen CAD-ohjelman käyttöä, pohditaan mahdollisia kehitystarpeita ja verrataan erilaisia CAD-ohjelmavaihtoehtoja.

Konepajateollisuudessa useilla yrityksillä on edelleen käytössä 2D-CAD-ohjelmistoja, jotka ovat tietotekniikan kehityksen myötä jäämässä yhteensopimattomiksi uusien käyttöjärjestelmien kanssa. Näin kävi myös Idea Machinessa ja siksi piti lähteä etsimään vaihtoehtoja uudeksi CAD-ohjelmistoksi. Tämä insinööriö tehtiin, jotta voitaisiin paremmin ymmärtää mitkä ovat ne ominaisuudet, joita toimivalta CAD-ohjelmistolta konepajayrityksessä vaaditaan. Ohjelmistoehdokkaista tutkittiin, minkälaisia suunnittelijan työtä helpottavia ominaisuuksia niistä mahdollisesti löytyy, tai olisiko uudesta CAD-ohjelmistosta hyötyä tuotekehityksen näkökannalta tarkasteltuna.

Lisätarkasteluna työssä sivuttiin hiljaisen tiedon siirtymistä ja pohdittiin olisiko päivitetystä CAD-ohjelmasta työkaluksi tähän tarkoitukseen. Yrityksessä oleva hiljainen tieto on erityisesti pienessä yrityksessä hyvin tärkeää. Esimerkiksi eläkkeelle jääminen tai pitkä sairausloma voi aiheuttaa pienessä yrityksessä tilanteen, jossa tärkeää tietoa ei ole saatavilla sitä tarvittaessa. Tietyt tehtävät varsinkin pienyrityksissä ovat monesti yhden henkilön vastuulla.

Sekä CAD-ohjelmiston päivittäminen, että hiljaisen tiedon siirtyminen, ovat olennaisessa osassa Suomen konepajateollisuuden tulevaisuutta. Tästä syystä opinnäytetyö on ajankohtainen.

2 IDEA MACHINE OY

Tämän työn tutkimuskohdetta on syytä tarkastella yrityksen monivaiheisen historian kautta. Ilman historiallisen taustan ymmärtämistä saattaa olla vaikea ymmärtää miksi 3D-suunnitteluun siirtymiselle voi olla myös esteitä. Yrityksen historiataustan selvittämiseksi on haastateltu Idea Machinen perustajaa (Galuszka 2012).

Yrityksen syntyvaiheet

Perniön Teijolla toimi 70–80-lukujen taitteessa yritys nimeltä Finnmekano Oy, jossa oli viisi eri osastoa. Osastoista yksi valmisti Teijo-teollisuuspesukoneita kylän nimen mukaan. Yrityksellä oli teollisuuspesukonealalla Suomen pisin kokemus, jo vuodesta 1967 lähtien. Finnmekanon liiketoiminta kääntyi kuitenkin taloudellisesti huonolle tolalle ja pankki päätti saneerata osastot erikseen myytäväksi.

Työntekijöiden kuultua työpaikkansa olevan vaarassa, päätti osa heistä perustaa yhdessä oman yrityksen. Näin voitaisiin hyödyntää parasta tietotaitoa alalla, sekä säilyttää työpaikat Perniössä. Vuoden 1983 joulukuussa tämä kahdeksan hengen joukko lähti Finnmekanolta. He jättivät myös tarjouksen teollisuuspesukoneiden tilauskannasta ja piirustuksista, mutta hävisivät tarjouskilpailun Nakkilassa toimineelle maatalouskonevalmistaja Eho Kone Oy:lle. Lyhyen ajan sisällä Eho Kone siirsi Finnmekanolta ostamansa pesukoneiden valmistuksen Perniön Teijolta Nakkilaan, jonka mukana siirtyi myös Teijo-pesukone tuotenimi. Nakkilaan muuttaneen yrityksen nimeksi vaihdettiin pian Teijo-pesukoneet Oy.

Tammikuussa 1984 Perniössä perustettiin näiden kahdeksan entisen Finnmekanon työntekijän voimin uusi yritys nimeltä Idea Machine. Mukana oli lisäksi sijoittajayrityksenä DI Viljo Järvenpään perustama Wiser Oy. Vuonna 2011 menehtynyt Järvenpää tunnettiin lukuisista henkilökohtaisista patenteistaan, sekä yrittäjyyden väsymättömänä puolustajana (Helsingin Sanomat 2011).

Osakkaat ottivat jokainen henkilökohtaisen lainan ja alkupääomaksi kerättiin siihen aikaa verrattain suuri summa. Toimitiloiksi valittiin kunnalta ostettu halli, jossa oli aiemmin valmistettu kuorma-auton perälavoja.

Ensimmäinen IM-teollisuuspesukone toimitettiin Suomessa Ahlströmille. Ensimmäinen vientitilaus meni silloiseen Neuvostoliittoon Leningradin alueella sijaitsevaan Tosnon kaupunkiin (ven. Тоcho), jonne suomalainen rakennusyhtiö Haka rakensi junavarikkoa. Vientiprojekti Neuvostoliittoon sopi hyvin Idea Machinelle, koska kyseessä oli erityisosaamista vaativa toimitus ja senaikaisten valtion vientitakuiden ehtona oli korkea kotimaisuusaste.

Vientiä laajennettiin luomalla maahantuojojaverkosto Pohjoismaihin, Saksaan, Ranskaan, Tanskaan ja Englantiin. Englanti korvattiin myöhemmin Puolalla, koska saatavat liiketoiminnasta jäivät suppeiksi.

Teknologista etumatkaa

Idea Machine oli Euroopassa ensimmäisiä yrityksiä, jotka käyttivät ohjelmoitavia logiikoita (PLC, Programmable Logic Controller) teollisuuspesukoneissa. Tavanomainen ratkaisu siihen aikaan oli releohjaus. Aluksi käytössä oli sveitsiläinen ohjelmoitava logiikka, vuosien varrella käytössä on ollut kuitenkin useiden eri valmistajien logiikoita kuten Schneider, Mitsubishi, Omron, Klockner Moeller, Allen Bradley, Siemens ja Beckhoff. Kaksi viimeksi mainittua ovat edelleen käytössä. Kiitos IM-teollisuuspesukoneiden pitkän mekaanisen kestävyuden, asiakailta tulee edelleen kyselyjä esimerkiksi vanhojen logiikkaohjelmien saatavuudesta tai logiikkaohjauksen korvaamisesta nykyisin käytössä olevalla mallilla.

Teollisuuspesukoneiden alalla, varsinkin asiakaskohtaisesti räätälöityjä koneita valmistettaessa, on oltava monipuolinen tietotaito eri tekniikan osa-alueilta, koska koneissa eri teknologiat yhdistyvät. Tämä on aina ollut laadun ja luotettavuuden lisäksi Idea Machinen tärkeä kilpailuetu.

Liiketoiminta Suomessa

Markkinointi Suomessa aloitettiin Mercantile nimisen yrityksen kautta, johon saatiin myyntiryhmään houkutelua kilpailijan Teijo-pesukoneiden jälleenmyyjältä Wihuri:lta teollisuuspesukonealaa tuntevia myyjiä. Mercantile kuitenkin ilmoitti lopettavansa pesukoneiden myynnin. Samaan aikaan Wihuri haki toista valmistajaa korvaamaan Teijo-pesukoneiden myynnin. Wihuri ryhtyikin nyt myymään Idea Machinen pesukoneita. Mercantile päätti kuitenkin jatkaa pesukoneiden myyntiä ja he ottivat siihen aikaan tunnetumman tuotenimen Teijo-pesukoneet edustukseensa. Näin Suomen jälleenmyyjät olivat vaihtuneet ristiin, mutta Idea Machinen harmiksi aiemmin hankitut pätevät myyjät jäivät Mercantilelle. Tässä vaiheessa Wihurille tuli uusi myyjä Jari Silvennoinen. Myöhemmin yhdessä Silvennoisen kanssa päätettiin että hän perustaisi oman yrityksen, joka ryhtyisi myymään Idea Machinen teollisuuspesukoneita. Syntyi IM Tekniikka joka on nykypäivänä Idea Machinen paras jälleenmyyjä.

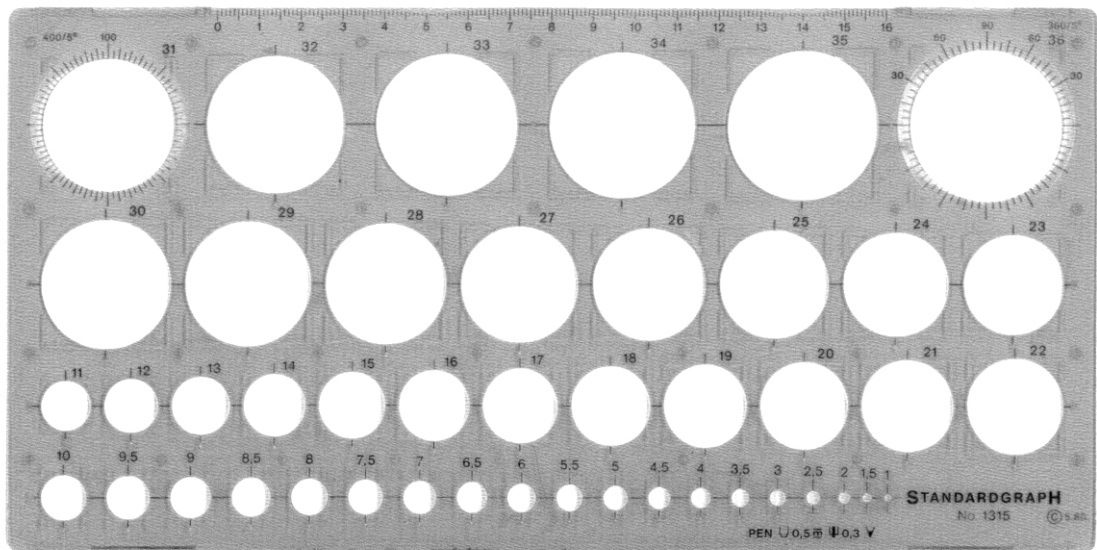
Idea Machinessa on edelleen samaa vankkaa kokemusta, jota siellä on ollut kohta lähes 30 vuoden ajan, kun taas osa kilpailijoista on vaihtanut omistajaa jouseaan kertaan. Koneet valmistetaan edelleen Suomessa, suomalaisomistuksessa olevassa yrityksessä, kotimaisuusaste on siis korkea. Parhailaan on meillä sukupolvenvaihdos, kun toimitusjohtajan tehtävien vastuu on siirtynyt perustaja-toimitusjohtajan pojalle Michael Galuszkalle.

3 SUUNNITTELUDOKUMENTAATION KEHITTYMINEN

Tietokoneajan sukupolvelle saattaa olla hankala kuvitella koneensuunnittelua tai tietojenkäsittelyä ilman tietokonetta. Tietokoneet ovat olleet suunnittelun apuna kuitenkin suhteellisen lyhyen aikajakson koneensuunnittelun historiaa tarkasteltaessa. Suunnitteludokumentaation eri aikajaksojen kuvausta varten on haastateltu Idea Machinen teknistä johtajaa (Vidberg 2012).

3.1 Alussa oli kynä, kuultopaperi ja suhdeviivain

Yrityksen alkuvuosina projektikuvat piirrettiin käsin käyttäen erilaisia piirtämisvälineitä ja tarvikkeita (Kuva 1). Kuvien piirtäminen vaati täsmällisyyttä ja huolellisuutta (Liite 1). Henkilön, joka koneenpiirustuksia laatii, tulee tuntea käytettävät välineet ja hänen on osattava myös käyttää niitä tarkoituksenmukaisesti (Pere 2001, 3). Työskentelyn nopeuttamiseksi käytössä oli piirtämisvälineiden lisäksi taulukkokuvia.



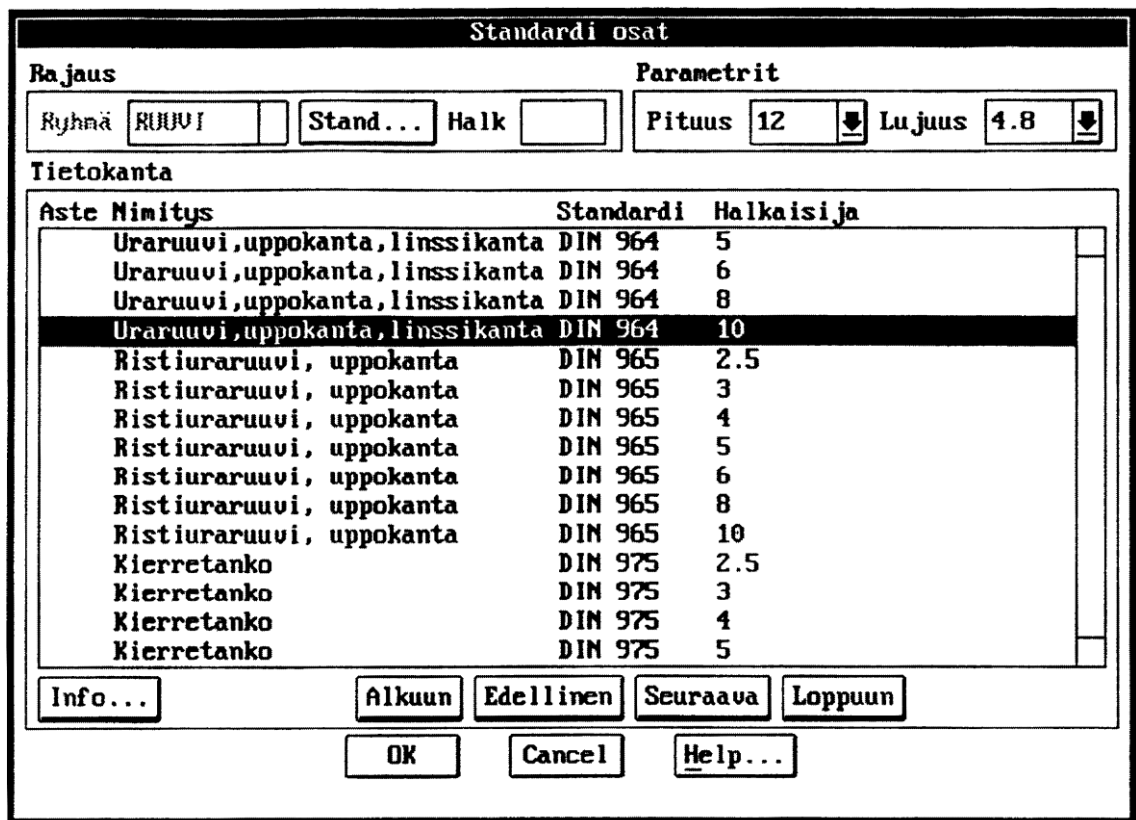
Kuva 1. Koneenpiirustusvälineitä, joita yrityksessä käytettiin sen alkuvuosina.

Vakiokoneiden kohdalla tuoteinformaatio rajattiin valmistusnumeroiden ja versio numeroiden mukaan. Mikäli tehtiin muutoksia, annettiin koneelle uusi versio numero. Projektiluontoiset materiaalit kerättiin projektinumeroitain mappiin. Tekstinkäsittelyn avuksi hankittiin Ability-niminen MS-DOS käyttäjärjestelmässä toimiva ohjelmisto. Suunnittelun, oston ja valmistuksen välillä materiaali ja osaluettelot siirtyivät paperimuodossa. Ostotiedot ja suunnittelun materiaalit tallennettiin omaan tietonaan, kummatkin osastot siis toimivat täysin itsenäisesti, eikä niiden välillä ollut mitään automaatiota.

3.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu

80-luvun lopulla tuli Idea Machineen ensimmäinen CAD-piirustusohjelmisto (Computer-aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu) nimeltään Generic CAD. Osaluettelot kirjoitettiin kuitenkin edelleen käsin, jonka jälkeen ne monistettiin osto- ja työmateriaaleiksi.

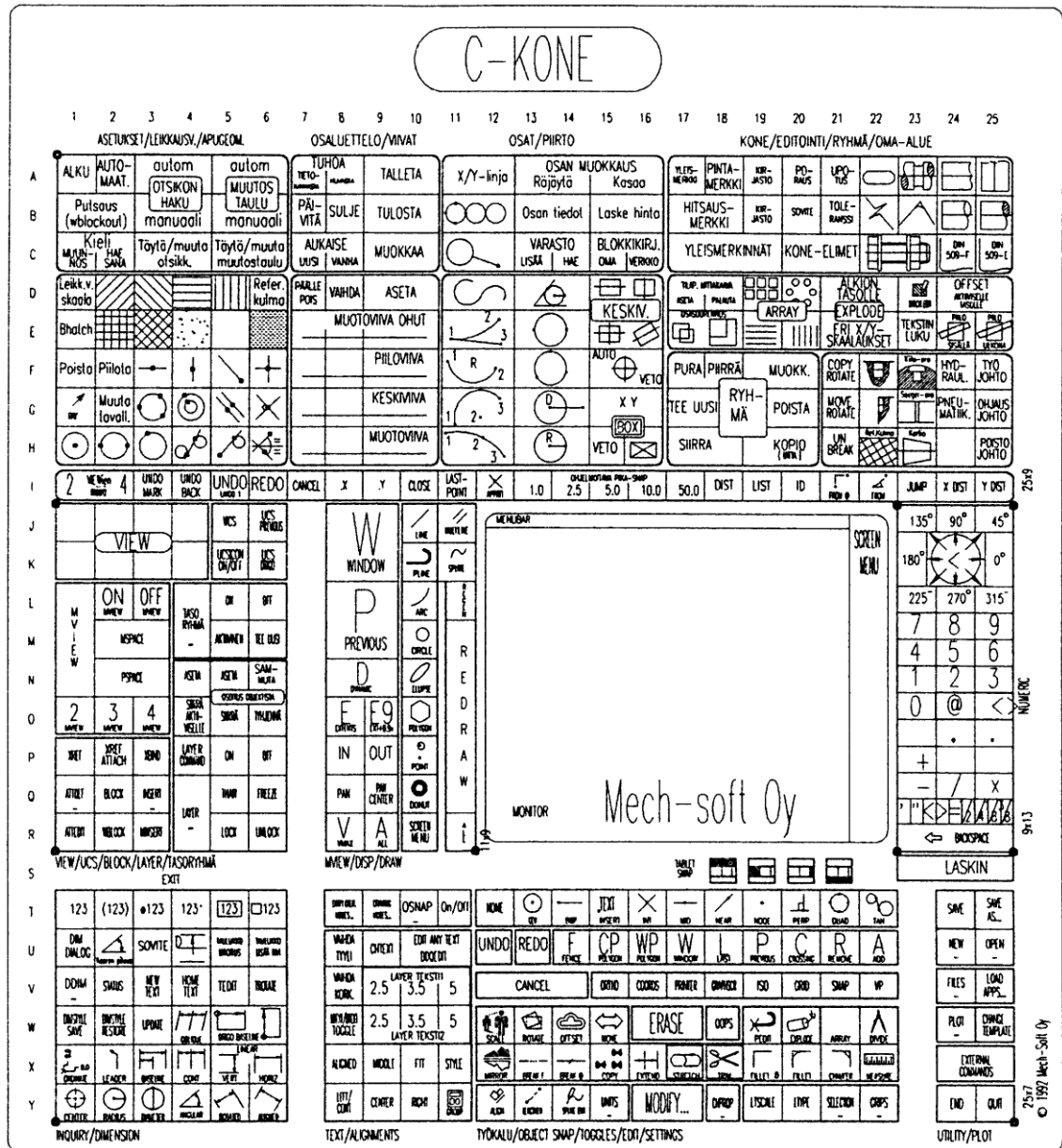
Generic CAD ei ollut käytössä kovinkaan pitkään, sillä yrityksessä siirryttiin käyttämään Autodesk nimisen yrityksen valmistamaa AutoCAD-ohjelmaa. Eräs yrityksessä työskennellyt oli mukana kehittämässä CAD-ohjelman päällä toimivan mekaniikkasovelluksen nimeltä C-Kone. C-Kone toimi osana suunnittelua ja materiaalihallintoa.



Kuva 2. C-Kone standardiosakirjasto (Mech-Soft Oy 1992).

C-Koneen toimintoihin kuului mm. automaattiset alkuasetukset piirto-ohjelmaan, mittakaavan vaihto, standardikomponenttien tietokanta (Kuva 2), osaluettelointi, osanumerointi ja erilaiset kuvan muokkaustoiminnot. Blokkikirjastoon pystyi li-

säämään omia blokkeja, mutta ne olivat työasemakohtaisia. (Mech-Soft Oy 1992.)



Kuva 3. C-Kone digitointipöydän valikkokuva (Mech-Soft Oy 1992).

Digitointipöytä varten oli tehty oma kuvapohja josta saatiin hiirellä valittua pikakomennot. Digitointipöydän käskyt olivat asetellultaan lähellä AutoCADin alkuperäistä asetelua, jolloin suuri osa komennoista oli tutuissa paikoissa. (Mech-Soft Oy 1992.)

3.3 Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto

Vuonna -93 yritykseen rakennettiin ensimmäinen sisäinen verkko työasemien välille ja otettiin käyttöön ERP-järjestelmä (toiminnanohjausjärjestelmä) nimeltä MaterCAD. Ohjelmisto oli täysin uusi ja mukana suunnittelemassa oli sama henkilö kuin C-Kone-mekaniikkasovelluksessakin. Toiminnanohjausohjelmisto muokattiin Idea Machinen tarpeisiin sopivaksi. ERP-ohjelmistoon tehtiin kättely CAD-ohjelmasta ja tiedonsiirto näiden kahden ohjelman välillä onnistui kahteen suuntaan. Osaluettelot tallentuivat nyt MaterCAD ohjelmaan, joka oli vielä MS-DOS-käyttöjärjestelmässä toimiva ohjelmisto. Järjestelmästä saatiin raporteina ostokomponenttilista projektikohtaisille ostokomponenteille, sekä ostoehdotus varastoitaville materiaaleille ja komponenteille.

Käyttöohjeet teollisuuspesukoneisiin tehtiin kuitenkin vielä fyysisesti leikkaamalla ja liittämällä tulostettuja kuvia sekä tekstiä. Tämä siksi, että CAD-ohjelmistoa käytettiin pitkään MS-DOS-alustalla ja tekstinkäsittely oli siirtynyt Windows-käyttöjärjestelmään. CAD-kuvien liittäminen tekstitiedostoon ei ollut vielä mahdollista. Projektitiedot suunnittelijat tallensivat omille työasemilleen, joista otettiin aina väliajoin varmuuskopiot. Vuodesta -93 eteenpäin kaikki olennainen materiaali suunnitteluun, ostoon, valmistukseen ja käyttöohjeisiin liittyen on tallennettuna tietojärjestelmään.

Vuonna 2005 luovuttiin digitoitipöydästä ja siirryttiin Windows-käyttöjärjestelmään myös CAD-ohjelmiston osalta. Tämä mahdollisti tekstinkäsittelyn ja CAD-kuvien yhdistämisen ja blokkikirjasto saatiin yhteiskäyttöön palvelimelle. Projektitiedot siirrettiin niin ikään palvelimelle, näin eri projekteja oli helpompi tarkastella miltä työasemalta tahansa. ERP-ohjelmistoa oli päivitetty ja nimi vaihtunut vuonna 2004 muotoon MatFox.

3.4 NykYTEKNOLOGIAN TUOMAT HAASTEET

Kirjoittajalla oli vuonna 2011 edessään haaste uusia yrityksen tietoverkko. Tarve järjestelmän päivitykselle tuli vanhojen tietokoneiden mekaniikan alkaessa pettää ja jotta asiakkailta saatava materiaali olisi paremmin yhteensopivaa Idea Machinessa käytettävien ohjelmien kanssa. Yrityksen toiveena oli säilyttää vanha CAD-ohjelmisto ja samalla tutkia uusia vaihtoehtoja toiminnanohjausjärjestelmäksi. Ongelmaksi muodostui se, että vanha CAD-ohjelmisto ei ollut yhteensopiva uuden Windows 7-käyttöjärjestelmän kanssa. Uusiin tietokoneisiin taas ei ollut saatavilla vanhempaa käyttöjärjestelmää, eikä vanhan käyttöjärjestelmän ajaminen uusissa koneissa olisi ollut järkevää. Tutkittuani lukuisia keskustelufoorumeja huomasin, ettei Idea Machine ollut ainoa, joilla oli sama yhteensopivuusongelma. Monet muutkin käyttäjät halusivat käyttää vanhaa CAD-ohjelmaa uudessa Windows 7-käyttöjärjestelmässä.

Löysin erään ohjelmistovalmistajaan, joka tarjosi ohjelmaa, jolla vanhan CAD-ohjelmiston asentaminen uuteen käyttöjärjestelmään pitäisi onnistua. Suhtauduin asiaan ensin epäillen, mutta ohjelman hinnan oltua kuitenkin suhteellisen edullinen ja kun vaihtoehtona olisi kokonaan uuden kalliin CAD-ohjelmiston hankkiminen, päädyttiin kokeilemaan tätä vaihtoehtoa. Alku vaikutti lupaavalta ja vanha CAD-ohjelmisto saatiin asennettua uudelle käyttöjärjestelmälle. Jopa yhteys ERP-ohjelmistoon saatiin asetusten korjaamisen jälkeen toimimaan. Kuitenkin hetken päästä havaitsin, että CAD-ohjelmisto kaatui eikä suostunut enää käynnistymään. Ongelma näytti jotenkin liittyvän Windowsin rekisterin ja CAD-ohjelmiston viimeksi käyttämiin tiedostopolkuihin. Muuttamalla käytössä olleet verkkoasemat verkkosijaintimuotoon, ongelma poistui. Vanhan CAD-ohjelman yhdistäminen uusiin tietokoneisiin ja ERP-järjestelmään oli siis onnistunut.

ERP-järjestelmien valmistajista löytyi nykyisen järjestelmätoimittajan lisäksi myös muutama muu varteenotettava ehdokas. Pitkän harkinnan jälkeen päädyttiin kuitenkin MatFox-toiminnanohjausjärjestelmän päivittämiseen ja vanhan CAD-ohjelmiston käytön jatkamiseen. Näin päätettiin, koska haluttiin säilyttää linkki vuodesta -93 asti ERP-järjestelmään kerättyyn materiaaliin. Pienessä yri-

tyksessä uuden järjestelmän luominen olisi myös sitonut merkittävästi resursseja. Lisäksi vanhojen tietokoneiden hajotessa aikaa siirtymälle ei juuri ollut. Näin saatiin säilytettyä linkki CAD-ohjelmiston ja ERP-järjestelmän välillä, mitä muut vertailussa mukana olleet ERP-ohjelmistot eivät pystyneet täysin samanlaisena tarjoamaan. Säästyttiin myös liian suurilta muutoksilta yhdellä kertaa, ERP-ohjelmiston käyttöliittymän oltua henkilökunnalle ennestään tuttu.

Kohdatut haasteet herättävät monia kysymyksiä. Suurella todennäköisyydellä CAD-ohjelmiston päivittäminen on edessä seuraavan kerran kun Windows-käyttöjärjestelmää päivitetään. Miten valmistautua seuraavaan järjestelmän päivitykseen? Tulisiko investoida uuteen CAD-ohjelmistoon jo hyvissä ajoin ja harjoitella sen käyttöä, jotta varsinainen käyttöönotto sujuisi kivuttomammin? Onko 2D-piirtäminen yrityksen tarpeisiin nähden sopiva tapa luoda työkuvia vai tarjoaisiko 3D-mallinnus merkittäviä etuja? Tarvitaanko yrityksessä tai olisiko yritykselle hyötyä hankkia myös muuta suunnitteluun liittyvää ohjelmistoa? Tulisiko mahdollinen muutos toteuttaa oman henkilökunnan voimin, vai tulisiko palkata ulkopuolinen konsultti? Kuinka henkilökunnan koulutus tulisi toteuttaa?

Näihin kysymyksiin olen etsinyt vastauksia työn seuraavissa vaiheissa kuvaamalla yrityksen suunnitteluprosessin vaiheita, kartoittamalla ja arvioimalla erilaisia CAD-sovelluksia, sekä pohtimalla tietoliikennejärjestelmän vaikutusta.

4 SUUNNITTELUPROSESSIN VAIHEET

4.1 CAD-ohjelmiston käyttö Idea Machinessa

Idea Machinen tekninen johtaja jakaa piirustusten luonnin karkeasti kuuteen ryhmään seuraavasti (Vidberg 2012):

1. Layout piirustus
 - todellisuutta vastaava maallikonkin luettavissa oleva kuva
 - tilantarve, kappaleen käsittelymahdollisuudet, sekä koneen käyttöön ja huoltoon liittyvät tilantarpeet
2. Virtauskaavio
 - kuvaa koneen prosessin ja kappaleenkäsittelyn helposti ymmärrettävillä symboleilla
 - täydennetään usein erillisellä paineilmakeaaviolla ja mekaniikkakaaviolla
 - kuvissa logiikkaohjelman käyttämät tulot ja lähdöt, joten toimii myös sähkö- ja ohjelmistosuunnittelun työkaluna
 - kuviin tehdään omat osaluettelot, joissa pyritään mahdollisimman pitkälle määrittämään tarvittavat komponentit ja niiden tekniset arvot. Tavoite on että mahdolliset pitkän toimitusajan komponentit saadaan esille mahdollisimman aikaisessa vaiheessa
3. Pääkokoonpano
 - työsuunnitteluun ja valmistukseen selkeä kuva toteutuvasta koneesta
 - kuvan perusteella valmistuksen tulee voida arvioida tilantarve, valmistusjärjestys ja painopistealueet
 - tehdään usein layout-piirustuksen pohjalta ja tekninen informaatio on verratun suppea, lähinnä luettelo osakokoonpanoista
4. Osakokoonpanot
 - tavoite tuottaa valmistukseen riittävän yksinkertaisia ja helposti luettavia kuvia
 - suurin työvaihe suunnitteluprosessissa ja asettaa suurimmat haasteet CAD-ohjelmille
 - tehdään usein kokoonpanokuvien pohjalta, toimivat komponenttien editoinnit ja "hide"-käskyt ovat arvokkaita

5. Osakuvat

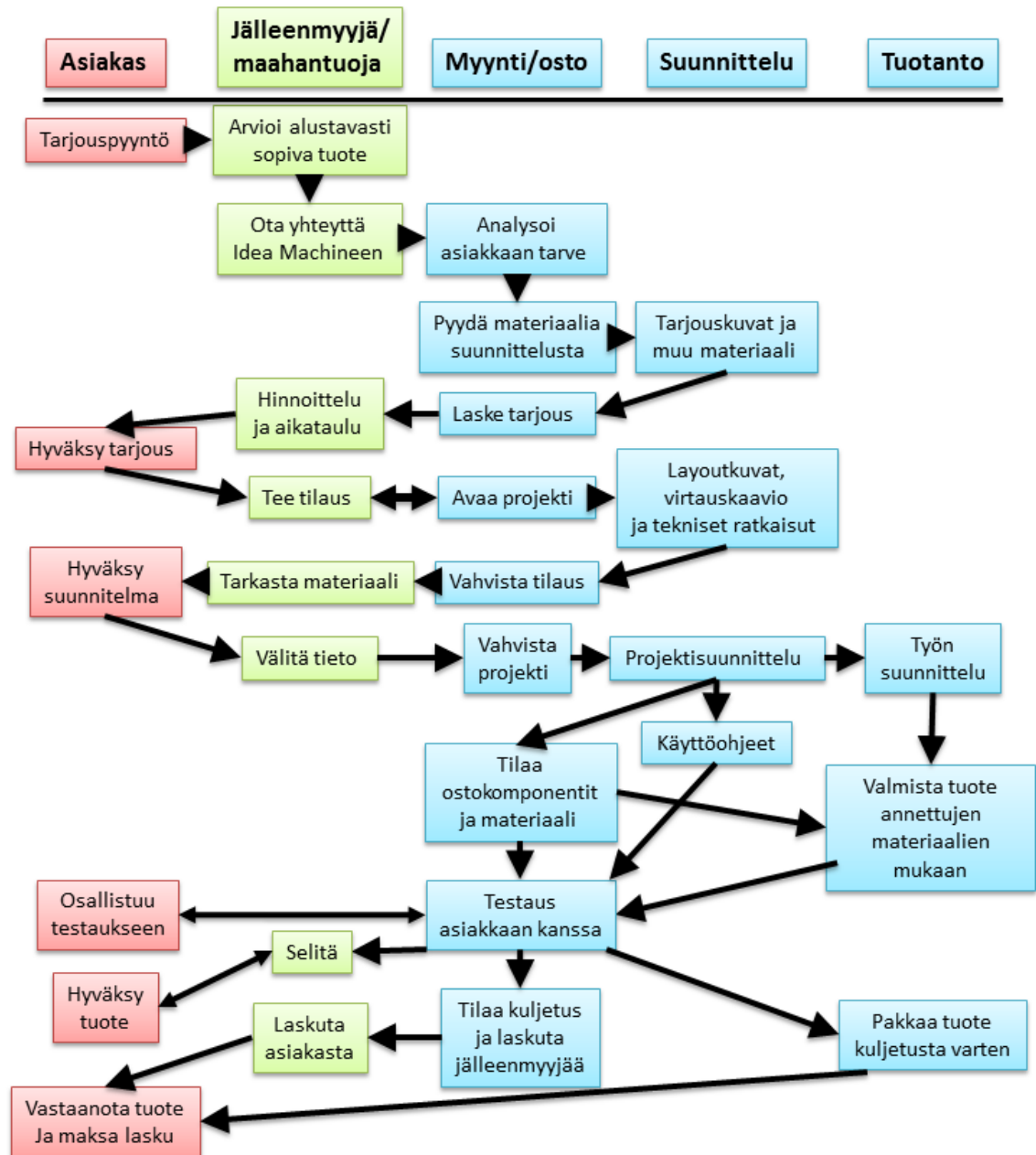
- ensisijainen tavoite on yksinkertaistaa ja jakaa valmistusprosessi osiin
- mahdollistaa saman sisältöisten töiden yhdistämisen ja valmistuksen jakamisen useammalle henkilölle

6. Käyttö- ja huolto-ohjeiden materiaali

- tehdään usein osakokoonpanojen pohjalta

4.2 Erikoisprojektin prosessi

Idea Machinen erikoisalaa ovat asiakkaan tarpeisiin räätälöidyt teollisuuspesukoneet. Näiden erikoisprojektien valmisteluvaihe, ennen varsinaista tilausta, on monesti hyvin pitkäkestoinen. Teknisesti monimutkaisen ja laajan projektin kokonaiskesto voi olla jopa vuosia. Standardimallien kohdalla prosessi on huomattavasti yksinkertaisempi. Kuviossa 1 esitetään yksinkertaistettuna erikoisprojektin tilauksen kulku.



Kuvio 1. Teollisuuspesukonetilauksen kulku tarjouspyynnöstä toimitukseen.

Silloin, kun asiakas tietää minkä standardimallin koneen hän haluaa tilata, prosessi on yksinkertaisempi. Useimmiten kuitenkin asiakkaan kannalta on järkevää kertoa minkälaisen prosessin ja kappaleenkäsittelyn hän haluaa. Esimerkiksi mitä likaa kappaleista halutaan pestä, kuinka puhtaaksi, tarvitaanko kuivata tai mahdollisesti jotain pintakäsittelyä. Kappaleiden määrän ja käsiteltävyyden mukaan määritellään tarvittava kapasiteetti ja automaatioaste. Monesti on kuitenkin myös muita tekijöitä, jotka vaikuttavat tuotteen suunnitteluun, kuten

asennuspaikan koko tai käytettävissä oleva budjetti. Näillä tiedoilla valmistaja osaa suositella parhaiten soveltuvaa konetta asiakkaan tarpeisiin.

Suunnittelijan tehtäviin kuuluu alkuvaiheessa valmistella tarjousmateriaali koneen ominaisuuksista. Seuraavana vuorossa on layout sekä virtauskaavion piirtäminen. Asiakkaan hyväksytyä nämä, voidaan projekti avata ja alkaa rinnakkain suunnitella sekä mekaniikka-, että sähkökomponentteja. Sähkösuunnittelun valmistuttua alkaa logiikkaohjelmansuunnittelu ja sähköpiirustusten teko mekaniikkasuunnittelun rinnalle. Kun mekaniikkasuunnittelu, sähkösuunnittelu, logiikkaohjelma ja sähköpiirustukset ovat kaikki valmiina, suunnittelija laatii tuotteelle käyttöohjeen edellä mainittuja materiaaleja hyväksikäyttäen.

Yrityksessä käytössä olevan laadunhallintajärjestelmän mukaisesti voidaan soveltaa PDCA-menettelyä (Suunnittele-Toteuta-Arvioi-Toimi) kuvion 1 mukaisessa prosessissa. Kun tuote on suunniteltu ja valmistettu, seuraavana edessä on toteutuksen arviointi. Tämä tapahtuu vertaamalla tuotetta suunniteltuihin ja asetettuihin vaatimuksiin, niin asiakkaan, kuin yrityksen sisäisten vaatimusten kannalta. Arvioinnin jälkeen tarkastellaan voidaanko suunnitteluun tai valmistukseen tehdä tuotetta parantavia muutoksia. (SFS-EN ISO 9001 2008, 28.) Näin pystytään kehittämään tuotteita jatkuvasti paremmiksi.

5 SUUNNITTELUOHJELMISTOT

5.1 2D- ja 3D-suunnittelun olennaiset erot

Mekaniikkasuunnittelu pohjautuu perinteisesti kaksiulotteiseen kuvantoon, joka lienee peruja aikakaudelta jolloin kuvat piirrettiin käsin. Näkemykseni mukaan 3D-mallinnusohjelmien kehittymisen myötä suurin osa tulevaisuudessa tehtävästä suunnittelusta tulee tapahtumaan kolmiulotteisena.

Suunnittelijan piirtäessä 2D-kuvaa hän valitsee mistä suunnasta kappaletta tarkastellaan ja antaa luomilleen viivoille heti mitat. Eri viivat, kuten muoto- tai mitaviivat, sijoitellaan omille tasoilleen. Tasoilla on omat ominaisuutensa, kuten viivan tyyppi, paksuus ja väri. Tasoja voidaan myös tarpeen mukaan määrittää näkyviksi tai piilotetuiksi. Tarkoituksena on selkeyttää kuvien lukua.

Kun yksi projektio on valmis, tehdään kuvasta vielä kappaleesta riippuen ainakin toinen projektio lisää. Kun tulee tarve tehdä muutoksia kuvaan, tulee ne tehdä manuaalisesti kaikkiin projektioihin. Tällaisessa tilanteessa syntyy helposti virheitä tai jokin kuva voi jäädä päivittämättä. 2D-piirustustekniikoita ei tule kuitenkaan aliarvioida, sillä 3D-mallinnuksella luodut piirustukset sisältävät oikeaa tietoa vain, mikäli suunnittelija tietää miten asiat kuuluu 2D-piirustuksessa esittää. Lopputuloksena on joka tapauksessa oltava laadukas 2D-kuva, jonka perusteella tuote voidaan valmistaa. (Tuhola & Viitanen 2008, 3-4; 7.)

3D-mallia suunnitellessa ensimmäinen askel vastaa 2D-piirtämistä. Suunnittelija valitsee tarkastelusuunnan, josta kappaletta aletaan mallintaa. Suunnittelija voi ensin hahmotella kuvan, tätä kutsutaan sketsaamiseksi, jonka jälkeen hän vasta mitoittaa piirteet tarkemmin. Sketsi muutetaan 3D-malliksi esimerkiksi käyttämällä pursotus- tai pyöräytystoimintoja. 3D-mallia muokataan lisäämällä tai poistamalla materiaalia erilaisilla käskyillä. Kun halutut piirteet on saavutettu, on malli valmis. Mallista on helppo luoda 2D-valmistuskuviin tarvittavat projektiot kappaleesta ja mitoittaa ne.

Toisinaan tulee tarve muuttaa tuotteen kokoonpanosta komponenttia tai sen ominaisuutta. 2D-suunnittelua käytettäessä on suunnittelijan etsittävä kaikki kuvat, joissa kyseinen komponentti on käytössä ja muutettava se kuvien lisäksi myös kaikkiin luotuihin projektioihin. 3D-kokoonpanossa riittää, että päivittää mallin, jolloin nykyaikaisissa 3D-sovelluksissa kuvat ja projektiot päivittyvät automaattisesti. 3D-mallien kanssa työskentelyssä on kuitenkin myös ongelmia, joita ei taas 2D-kuvapuolella ole, kuten rikkoutuneiden määrittelyjen korjaaminen mallin muokkauksen jälkeen tai mallin muuttuminen eri tavalla kuin suunnittelija oli kuvitellut. 3D-mallia tehtäessä onkin kiinnitettävä huomiota minkä suhteen eri piirteet ja mitat määritellään ja ajateltava kappaleen muokkausmahdollisuuksia jatkossa. (Tuhola & Viitanen 2008, 33–34.)

5.2 Kartoitus CAD-ohjelmiston tarpeesta

Idea Machinen tuotteet koostuvat nykypäivänä pääasiassa ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä valmistettuihin rakenteisiin. Vesitiiveyden ja kemikaalienkestävyyden saavuttamiseksi useimmiten ainoaksi ratkaisuksi jää hitsattu rakenne. Pienten sarjakokojen ja yksittäisten rakenneratkaisujen takia valmistusjigeyä ei tuotannossa pystytä juuri hyödyntämään.

Osakokoonpanoja piirtäessä kuvat voivat olla verraten suuria ja esim. pitkää kuljetinta piirtäessä hyödyksi olisi leikata välistä pala pois tai vaihtoehtoisesti käyttää osasuurenoksia. Nykyisellä CAD-ohjelmalla mitoituksen linkki ei edellä mainitussa tilanteessa toimi toivotulla tavalla. Käyttöohjemateriaalia ajatellen olisi eduksi, jos osaluettelot voisi tehdä useammalla kielellä piirustuksen sisällä, ja että osaluettelot olisivat maahantuojien muokattavissa esimerkiksi ranskan kielelle.

Hitsauksen muodonmuutoksista ja yksittäisvalmistuksesta johtuen rakenteet suunnitellaan usein yksinkertaisiksi. Suorakulmaisissa yksinkertaisissa rakenteissa valmistustarkkuus on helpommin mitattavissa ja saavutettavissa. Tuotteesta tulee kuitenkin helposti kovin laatikkomaisen näköinen. 2D-ohjelmisto toimii tällaisessa yksinkertaisiin rakenteisiin perustuvassa suunnittelussa koh-

tuullisen hyvin, kunhan käytettävissä on selkeät projektiot. 3D-ohjelmiston ohutlevysovelluksella voitaisiin kuitenkin saada muotoilultaan toimivampia ja edustavampia ratkaisuja. (Vidberg 2012.)

Seuraavassa kuvataan neljä eri CAD-ohjelmistoa, jotka on valittu edellä mainittuja kriteerejä silmällä pitäen alustavan arvioinnin jälkeen potentiaalisiksi ehdokkaiksi Idea Machinen tarpeisiin.

5.3 AutoCAD Mechanical

AutoCAD Mechanical perustuu Autodeskin AutoCAD 2D-ohjelmaan joka on yksi maailman johtavista 2D CAD-ohjelmistoista. Autodeskin ohjelmistoissa suurena etuna voidaan pitää niiden tuottamien tiedostojen yhteensopivuutta. Ohjelmien tuottamat dwg- ja dxf-tiedostot ovat muodostuneet suunnittelualalla epävirallisiksi standardeiksi. Nimensä mukaisesti AutoCAD Mechanical on tehty mekaniikkasuunnittelijoiden ja valmistavan teollisuuden käyttöön. Ohjelmasta löytyvät tehotyökalut mekaniikkasuunnitteluun ja piirtämiseen, yli 700 000 eri standardien mukaista vakio-osaa, koneenosa-generaattorit, laskimet, erilaisia dokumentointityökaluja ja tiedonhallinta. (AN-Cadsolutions 2012a; Future CAD 2010.)

Autodesk listaa kymmenen suurinta syytä valita AutoCAD Mechanical mekaniikkasuunnittelukäyttöön seuraavasti (Autodesk 2012):

- yli 700 000 standardiosaa ja piirrettä
- laajennettu tehotyökalupalkki valmistukseen
- tehokkaat mitoituksen muokkaus- ja järjestelytyökalut
- yksityiskohtien näyttötyökalut
- kansainvälisten standardimerkintöjen laatiminen työkuviin
- parannettu osaluettelointi
- muokattavissa olevat automaattiset piirtotasot
- piiloviivojen näyttötyökalut
- koneenosa-generaattorit ja laskimet
- tiedonsiirto CAD-ohjelmien välillä

5.4 Autodesk Inventor

Inventor on Autodeskin kehittämä 3D-CAD-ohjelmisto mekaniikkasuunnitteluun. Inventoria markkinoidaan useimmiten tuotepakettina, joka sisältää myös Autodeskin AutoCAD Mechanical 2D-CAD-ohjelman, joten sen ominaisuudet tulevat ikään kuin kaupan päälle. Inventorin suuri etu muihin 3D-CAD-ohjelmiin nähden on linkki AutoCAD-ohjelmistoihin ilman kääntäjän tarvetta (Tuhola & Viitanen 2008, 41). Tehtäessä muutoksia 3D-malliin, heijastuvat ne automaattisesti myös 2D-piirustuksiin.

Inventorin tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluvat (Autodesk 2012):

- AutoCAD Mechanical -yhteensopivuus
- dwg-tiedostoista tasot, mitoitukset ja tekstityypit automaattisesti
- maailman johtava 2D-/3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto
- toistuvien suunnittelutöiden automatisointi
- sääntöpohjainen mallinnus
- integroitu tiedonhallinta
- digitaalinen prototyyppi
- mallin visualisointityökalut
- ekologisempien materiaalien ehdotus
- suurten kokoonpanojen suunnittelu
- automaattiset osaluettelot
- yli miljoona standardiosaa
- ohutlevytyökalut

Pro-versiossa lisäksi

- muovimuottityökalut
- putkimallinnustyökalut
- lujuustarkastelut
- johtimien suunnittelu
- dynaaminen simulointi

5.5 ProgeCAD

ProgeCAD on edullinen AutoCAD ja Windows 8 yhteensopiva 2D/3D-ohjelmisto. Pääpaino on 2D-piirtämisessä, mutta ohjelmalla pystytään luomaan myös 3D-malleja. Ohjelmiston käyttöliittymä muistuttaa hyvin paljon AutoCAD-ohjelman ulkoasua ja siirtyminen AutoCAD käyttäjälle on pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi. ProgeCAD kykenee lukemaan ja kirjoittamaan dwg-tiedostoja aina vanhemmasta versiosta 2.5 tuoreimpaan 2013 versioon saakka. Luotuja kuvia voidaan julkaista monissa eri tiedostoformaateissa kuten pdf-dokumentteina tai jpg-valokuvina.

Tärkeimmät syyt hankkia ProgeCAD (AN-Cadsolutions 2012b; ProgeCAD 2012):

- käyttää dwg-formaattia, ei tarvitse muunnoksia
- helppo siirtymä AutoCAD-käyttäjille, muokattava käyttöliittymä
- monipuoliset työkalut kuvien muunnoksiin ja 3D-mallien esityksiin
- edullinen hankkia, vain 1/10 AutoCAD hinnasta
- joustava lisensiointi ja tuki
- Microsoft Office yhteensopivuus

5.6 SolidWorks

SolidWorks-tuotteet ovat helppokäyttöisiä ja sisältävät laajan joukon ominaisuuksia. SolidWorks Corporation kasvu CAD/CAM-sektorilla (CAM= tietokoneavusteinen valmistus) on tällä hetkellä huomattavan ripeää (CADWorks 2012). Ohjelmisto on laajennettavissa erilaisilla partnerien tarjoamilla lisäohjelmilla. Esimerkkinä mainittakoon suomalainen CADWorks, joka tarjoaa SolidWorksille itse kehittämiään sovelluksia. Yrityksen tarjoama CustomWorks-sovellus automatisoi toimintoja kuten projektitiedostojen kopiointi ja lähettää esimerkiksi tuoterakenteen tiedot SolidWorksistä yrityksen ERP-järjestelmään. Yrityksen tarjoama toinen sovellus AutomateWorks on konfigurointityökalu, jolla pystytään Microsoft Exceliä hyväksikäyttäen luomaan uusia konfiguraatiota.

(Tekniikka&Talous 2007.) Tässä vain muutama esimerkki SolidWorksille saatavista lisäosista. Seuraavassa SolidWorksin eri pakettien ominaisuuksia (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2012):

Standard

- ohutlevytyökalut
- hitsaukset
- osaluettelot ja leikkauslistat
- kansainväliset standardit tuettu
- osien eri konfiguraatiot
- kirjastot usein käytetyille osille ja toiminnoille
- kokoonpano-animaatiot
- törmäystarkastelut
- nesteenvirtaus-simulaatio
- dwg-kuvien tuonti

Professional (Standard paketin lisäksi sisältää)

- 2D-kuvien standardien vertailu yrityksen piirustuksiin
- älykkäät komponenttitoiminnot kokoonpanossa
- standardikomponenttikirjasto miljoonilla osilla
- toimintojen ajastus
- valokuvamaisen mallin luonti
- valmistuskustannusarvio
- mahdollisuus jakaa malleja salasanasuojattuna
- tuotetiedon hallinta

Premium (Standard ja Professional pakettien lisäksi sisältää)

- putkistosuunnittelu
- sähkökaapelointi
- 2D-sähköjohtojen leikkuulistat
- toleranssianalyysi
- liiketoimintojen analysointi ja parannus
- mallin vahvuuden analysointi

6 CAD ARVOANALYYSI

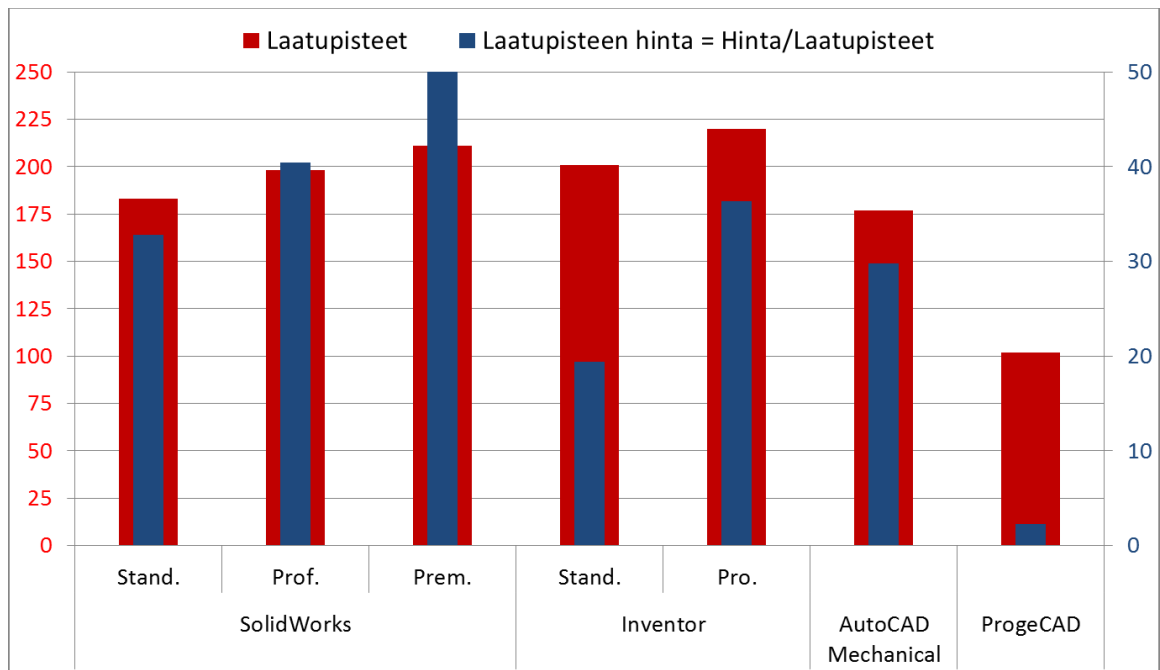
CAD-ohjelmistojen vertailu valmistajien markkinointimateriaalien perusteella antaa osviittaa mihin suuntaan yrityksen tulisi lähteä valitessaan itselleen sopivaa ohjelmistoa. Taulukossa 1 (Liite 4) on vertailtu parhaiten Idea Machinen käyttöön soveltuvia 2D- ja 3D-sovelluksia. Taulukkoon valittiin tärkeinä pidettyjä lähinnä vanhaan CAD-ohjelmaan verrattuna uusia ominaisuuksia ja painotettiin niitä lukuarvoilla yhdestä viiteen, vähimmän tärkeästä tärkeimpään. Ohjelmille annettiin pisteet yhdestä viiteen, sen mukaan kuinka hyvin ne ominaisuutta tukevat. Lopuksi ohjelman pisteet kerrottiin painoarvolla.

Taulukko 1. CAD-ohjelmistovertilu

Ominaisuus	Painoarvo	SolidWorks			Inventor		AutoCAD Mechanical	ProgeCAD
		Stand.	Prof.	Prem.	Stand.	Pro.		
komponenttikirjasto	4	3	5	5	5	5	5	3
valmistajan luotettavuus	5	5	5	5	5	5	5	3
tukipalvelut	5	4	4	4	5	5	5	3
ristiriita/törmäystarkastelu	3	5	5	5	5	5	2	1
yksinkertainen lujoustarkastelu	1	1	1	5	1	4	4	1
dwg-tiedostomuototuki	3	4	4	4	5	5	5	5
tuotetiedon hallinta PDM	2	1	3	3	5	5	5	1
osaluettelointi	5	5	5	5	5	5	5	2
osasuurenokset/läpileikkaukset	4	5	5	5	5	5	5	1
Microsoft Office yhteensopivuus	2	5	5	5	5	5	4	5
kokoonpanon räjäytyskuvien luonti	2	5	5	5	5	5	5	1
nesteen virtaussimulointi	1	4	4	4	1	1	1	1
ohutlevytyökalut	4	5	5	5	5	5	1	1
liikkeiden simulointi	3	2	2	5	1	5	1	1
valokuvamaisen mallin luonti	1	1	4	4	1	5	1	5
yhteispisteet		183	198	211	201	220	177	102

Isoja eroja 3D-ohjelmistojen (SolidWorks ja Inventor) välillä ei tullut esille, sen sijaan 2D-ohjelmista AutoCAD Mechanical näyttää saaneen huomattavasti paremmat pisteet kuin ProgeCAD. Parempia vertailutuloksia ohjelmien välillä saataisiin ottamalla kokeiluversiot käyttöön ja vertailemalla ohjelmien toimintoja keskenään käytännössä. Tärkeä ominaisuus Idea Machinen kannalta olisi, jos ohjelmaan saataisiin rakennettua vastaava linkki ERP-järjestelmään, kuin parhaillaan on käytössä. Valitettavasti ei ole kehitetty minkäänlaista standardikäyttöä CAD- ja ERP-ohjelmistojen välille. Tästä johtuen joka kerta kun toinen oh-

jelmistoista muuttuu, joudutaan kutsumaan asiantuntija paikalle rakentamaan linkki ohjelmistojen välille.



Kuvio 2. CAD-ohjelmistojen laatupisteet ja hinta/laatu.

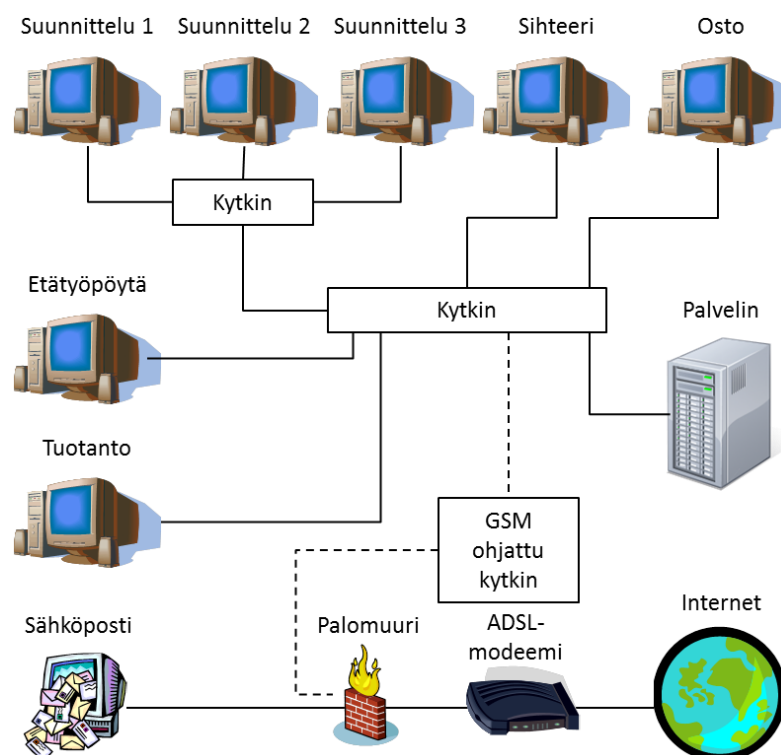
Kuviosta 2 havaitaan että Inventor ja SolidWorks pärjäävät melko tasaisesti. Sinisistä pylväistä nähdään kuitenkin, että SolidWorksin premium-version saamat laatupisteet vaativat huomattavasti suuremman rahallisen panostuksen kuin Inventorin Standard versio, joka laatupisteissä pääsi kuitenkin hyvin lähelle. ProgeCAD on hyvin vahvoilla, jos katsotaan pelkästään kuinka paljon laatupisteelle tulee hintaa, mutta laatupisteissä ProgeCAD jäi AutoCAD Mechanicalista huomattavasti jälkeen. ProgeCAD olisi varteenotettava vaihtoehto vain, jos olisi pakko valita edullinen ohjelma. Mielestäni tämä on kuitenkin väärä tapa, koska uskon paremman ohjelmiston tuovan pitkällä aikavälillä suoraan ja välillisesti säästöjä. Näin ollen valintani kääntyisi AutoCAD Mechanicaliin kaikille suunnittelijoille ja vaikka yhdelle työasemalla Inventor Standard-lisenssi.

7 TIETOLIIKENNEVERKON RAKENNE

Koneenpiirustukseen liittyy Idea Machinessa tuhansien piirustusten arkiston lisäksi myös paljon muuta projektin kannalta olennaista tietoa, kuten ostettavien osien teknisiä arvoja, raaka-ainetodistuksia, ohjekirjoja, valokuvia ja ohjelmoitavien logiikkojen ohjelmia. Yrityksen käytössä olevan tietoverkon tulee täten olla näitä erilaisia vaatimuksia tukeva.

7.1 Windows 2000:een pohjautuva tietoliikenneverkko

Idea Machinessa toteutettiin vuoden 2011–2012 vaihteessa kirjoittajan toimesta tietojärjestelmän päivitysprojekti, koska käytössä ollut tietoverkko (Kuvio 3) ei vastannut nykypäivän vaatimuksia ja työasemat olivat vanhuutensa vuoksi hyvin epäluotettavia.



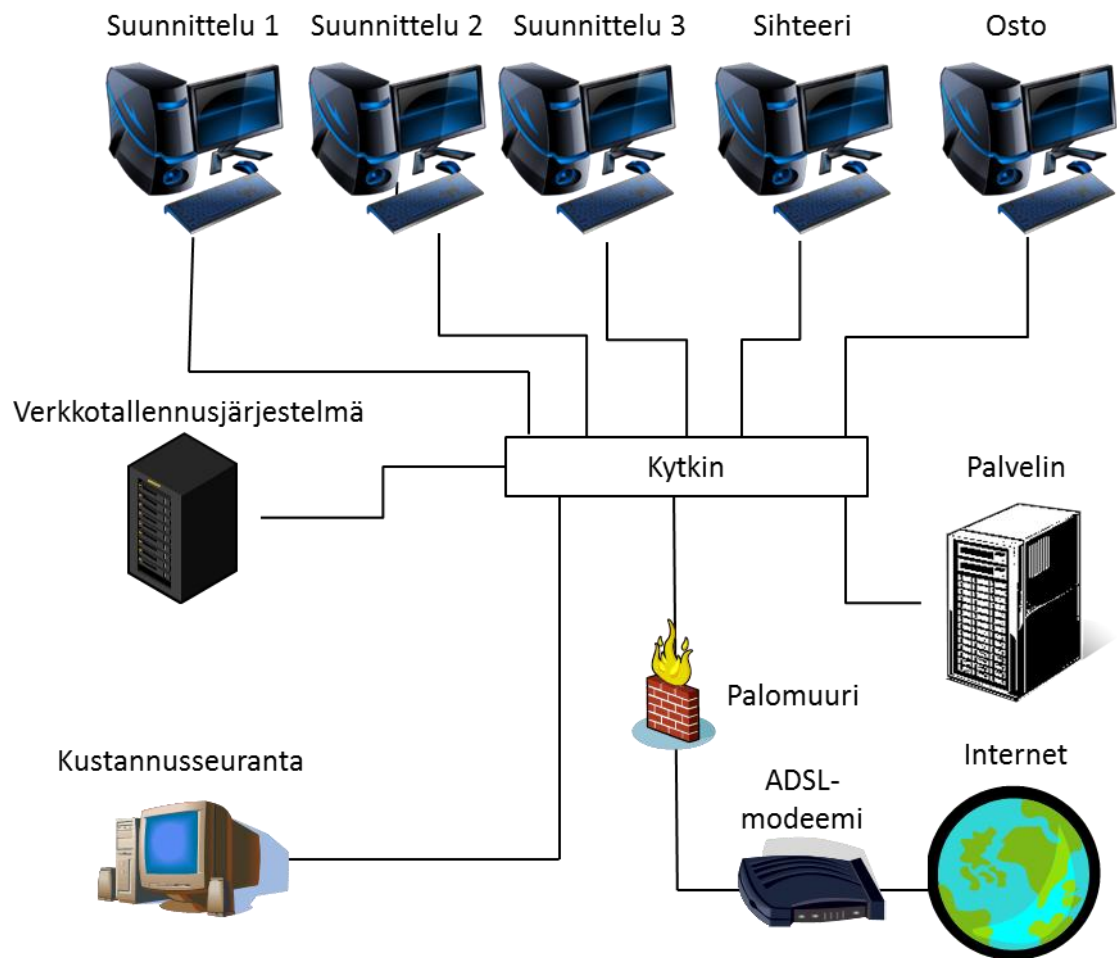
Kuvio 3. Vanha tietoverkko.

Vanha tietoverkko pohjautui Windows 2000-käyttöjärjestelmään. Suunnittelulle oli varattu kolme työasemaa, sihteerille, ostolle, etätyöpöytäkäyttöön ja tuotantoon yksi työasema kullekin. Sähköpostikone oli eristetty paikallisverkosta ja se oli ainoa työasema, jossa oli jatkuva internetyhteys. Kuvioista 3 on selkeyden vuoksi jätetty pois verkkotulostimet, sekä muut oheislaitteet ja sitä on yksinkertaistettu luettavuuden parantamiseksi.

Vanhassa tietoverkossa sähköposti ja Internetin käyttö oli mahdollista ainoastaan yhdellä työasemalla, jonka ääreen tuli fyysisesti siirtyä omalta työpisteeltä. Sähköpostiin liitettävät tiedostot tuli kopioida ensin omalta työasemalta muistitikulle ja siirtää ne sitten Internet-yhteydessä olevalle koneelle. Yrityksen sisäinen verkko oli mahdollista hetkellisesti kytkeä Internetiin kääntämällä manuaalista katkaisijaa tai vaihtoehtoisesti aktivoimalla tekstiviestillä kytkin, joka mahdollisti etäyhteyden yrityksen sisäverkkoon. Tämän menettelyn alkuperäinen tarkoitus oli suojata sisäverkkoa viruksilta. Koneiden ohjelmistot eivät kuitenkaan olleet ajan tasalla, joka muodosti tietoturvariskin. Lisäksi vanha tietoverkko edellytti yhden työaseman varaamista etätyöpöytäkäyttöä varten ja toinen työasema tarvittiin Internetin käytölle.

7.2 Päivitetty tietoliikenneverkko

Uusi tietoliikenneverkko suunniteltiin muutama avainasia silmällä pitäen. Kustannusten tuli pysyä kohtuullisina, työasemien tuli olla luotettavia, hiljaisia, sekä riittävän tehokkaita mahdollista 3D-mallinnuksen käyttöönottoa varten. Myös näyttöjen tuli olla CAD-piirustusohjelmistoja silmälläpitäen laadukkaita.



Kuvio 4. Päivitetty tietoverkko.

Päivitetyn tietoverkon kaikki työasemat ovat Internet-yhteydessä. Paikallisverkossa on palvelimen lisäksi verkkotallennusjärjestelmä. Työasemien määrää vähennettiin kahdeksasta viiteen. Aiemmin palvelimia oli ollut kaksi, joista toinen oli varalla, nyt hankittiin vain yksi palvelinkone. Kustannukset saatiin näillä toimenpiteillä pidettyä kurissa. Kuviossa 4 on esitetty uuden tietoverkon hierarkia ilman tulostimia ja WLAN -reitittäjiä (langaton tietoverkko).

Verkkoon lisättiin myös Fujitsun valmistama NASQ700 -asema, joka on pieni itsenäinen palvelin omalla sulautetulla käyttöjärjestelmällään. Asemassa on emolevyn ja välimuistien lisäksi kaksi kiintolevyä, joiden data on peilattu käyttäen RAID1 tekniikkaa (Fujitsu 2012a). Näin ollen asemaa voidaan käyttää varmuuskopioiden tallentamiseen, sekä verkkotallennuskapasiteettia kasvattamaan. Asemaan tallennetaan myös verkon skannerilta saapuvat tiedostot.

Verkossa on myös kaksi WLAN -reititintä. Rakentamalla langaton verkko yrityksen tiloihin mahdollistetaan kannettavan tietokoneen vieminen koeajovaiheessa olevan teollisuuspesukoneen vierelle sen ohjelmointia varten. Etäyhteys Internetin kautta ohjelmoiiaan on myös mahdollista. Toisen WLAN -reitittimen kautta luotu verkko tarjoaa pelkän Internet-yhteyden, joka on eristetty yrityksen verkosta. Ajatuksena on tarjota Internet-yhteys vierailulla oleville asiakkaille.

Työasemat

Työasemiksi valikoitui Fujitsun valmistama Celsius-sarjan malli W410. Valinta kohdistui tähän malliin, koska koneet olivat luokkansa hiljaisimpia, käyttöjärjestelmälle käytössä oli SSD-massamuisti (Solid-state Drive, kiintolevyä jäljittelevä tallennusväline, jossa ei ole liikkuvia mekaanisia osia) ja valmistaja tarjosi koneelle kattavan takuun. Valintaan lisävahvistusta antoivat myös tunnettu tuotemerkki, sekä työasemille myönnetty Pohjoismainen ympäristömerkki. Suoritin, näytönohjain ja keskusmuistin määrä valittiin niin että koneissa on valmiudet 3D-mallinnuksen käyttöönottoon. (Fujitsu 2012b.) Edellisten koneiden kiintolevyjen kanssa oli ollut ongelmia kestävydessä ja siksi haluttiin asemat joissa ei ole liikkuvia osia. Koska järjestelmässä tärkeät tiedostot tallennetaan palvelimelle, ei työasemien kiintolevyjen kapasiteetti myöskään tarvinnut olla suuri, tämä puolsi niin ikään SSD-massamuistin käyttöä. Käyttöjärjestelmä oli ollut markkinoilla jo muutaman vuoden ja monilla yrityksen työntekijöillä oli siitä jo aikaisempaa kokemusta, näin ollen uuden käyttöjärjestelmän opettelu sujui suhteellisen helposti. Uuden teknologian käyttöönotto oli tässä projektissa siis oikein ajoitettu (vrt. Sartjärvi & Sahla 2000, 97).



Kuva 4. Uuden työaseman kahdelle näytölle jaettu työtila.

Osana yrityksen laatu järjestelmän (SFS-EN ISO 9001 2008, 28.) mukaista toimintaa, suunnittelun ja kehittämisen katselmusta kävi ilmi, että suunnittelijalle olisi hyödyllistä saada samaan aikaan näkyville työstettävän piirustuksen lisäksi toinen apukuva tai muu tietolähde. Työskentelyprosessia pyrittiin parantamaan hankkimalla suunnittelutyöasemille kaksi laadukasta näyttöä (Kuva 4).

8 SUUNNITTELUJÄRJESTELMÄT HILJAISEN TIEDON VÄLITTYMISEN TYÖKALUNA

Yritykselle hyvin tärkeää on niin kutsuttu hiljainen tieto, joka on yrityksessä kauan toimineiden työntekijöiden henkilökohtaista dokumentoimatonta osaamista. Se siirtyy edelleen vain oikeanlaisissa puitteissa, kuten luonteivissa keskustelutilanteissa. Hiljaisen tiedon siirtymistä ei siis voida pakottaa, luottamus syntyy parhaiten epävirallisissa yhteisissä hetkissä mm. kahvitauoilla. Tekninen asiantuntija on saattanut olla pitkän ajan tiettyjen asiakkaiden yhteyshenkilönä ja tietää miten kutakin asiakasta palvella. Tällaisen hiljaisen tiedon menettäminen heikentää asiakassuhteita. Suunnittelijalla on kokemusperäinen tieto, että jokin asia pitää piirtää työkuviin tietyllä tavalla, jotta se pystytään yrityksessä valmistamaan. Tämän tiedon menetys lisää virheitä ja näin ollen heikentää yrityksen tehokkuutta. (Lähdevuori, L. 2012, 16; Toivonen & Asikainen 2004, 5.)

Edellä mainittujen tietojen välittyminen yrityksen muille työntekijöille on ensiarvoisen tärkeää, varsinkin jos yrityksessä pitkään ollut henkilö on jäämässä eläkkeelle. Yrityksen osaamisesta suurin osa on kokemuksen kautta karttunutta (Toivonen & Asikainen 2004, 13). Herää kysymys miten tätä tietoa sitten voitaisiin jakaa eteenpäin ja jakaa työntekijöiden kesken. Miten hiljainen tieto mallitetaan, tehdään näkyväksi tiedoksi? Yhtä oikeaa vastausta ei varmastikaan ole olemassa, mutta erilaisia tapoja työympäristön mukaan kannattaa kokeilla. Yrityksen ja esimiesten tulisi tukea osaamisen syntyä, kannustaa työntekijöitä kysymään toinen toiseltaan ja näin lisäämään vuorovaikutusta. (Toivonen & Asikainen 2004, 39-40; 50.)

Avuksi hiljaisen suunnittelutiedon siirtymiseen Idea Machinessa voidaan ottaa parityöskentely suunnittelijoiden kesken. Uusi CAD-ohjelmisto voitaisiin valjastaa työkaluksi. Eräänlainen yhdistelmä voisi olla suunnittelija, joka omaisi taitoja uudemmissa CAD-ohjelmistoista ja toinen suunnittelija, joka olisi vahva osaaja alallaan suunnittelutaitojen suhteen. Toivottava lopputulos on, että kummastakin

tulisi uuden CAD-ohjelman toiminnot osaava, sekä yrityksen toimialan rautainen ammattilainen. (Toivonen & Asikainen 2004, 35-36.)

9 EHDOTUS JATKOTOIMISTA

Idea Machinessa on totuttu käyttämään pitkään samoja ohjelmistoja ja tietokoneita. Ohjelmistot on ostettu kerralla, ilman vuosittaisia ylläpitolisenssejä. Nykyaikajan teknologia kehittyy niin nopealla tahdilla, että uutena nopeat tietokoneet ovat viiden vuoden päästä jo auttamattomasti hitaita. Tietokoneiden elinkaari on siis nykyään lyhyempi ja hajoilevia osia ei kannata lähteä korjaamaan. Vanhojen koneiden ylläpitäminen syö aikaa, rahaa ja resursseja, sekä lisää stressiä. Havaintojeni mukaan myös työntekijöiden motivaatio kärsii, jos laitteisto ei toimi halutulla tavalla.

Tietokonekantaa tulisi uusia vaikka kone kerrallaan, kun huomataan koneiden alkavan olla turhan hitaita tai osien hajoavan. Suunnittelijoilla tulisi olla käytössä tietokoneet, jotka jaksavat pyörittää raskaitakin sovelluksia. Ohjelmistoihin tulisi hankkia vuosittainen ylläpitolisenssi, joka takaisi ohjelmiston pysymisen ajan tasalla. Muutokset tulisivat vähän kerrallaan, jolloin koulutusta ei välttämättä tarvittaisi. Suunnittelijoiden osaaminen ohjelmistojen suhteen pysyisi korkeana ja uutta työvoimaa olisi helpompi palkata, kun käytössä olisivat samat versiot ohjelmistoista, mitä esimerkiksi oppilaitoksissa käytetään.

Uuteen CAD-järjestelmään siirryttäessä tehdään yleensä iso teknologiamuutos, jonka vaikutuksen piirissä ovat ainakin tuotekehitys, suunnittelu, myynti, markkinointi, muotoilu, tuotanto, osto, dokumentointi ja alihankinta. Idea Machinen kaltaisessa yrityksessä, jossa omalla henkilökunnalla ei ole kokemusta uusien CAD-sovellusten tarjoamista mahdollisuuksista, prosessia toteuttamaan olisi järkevää hankkia avuksi ulkopuolinen konsultti (vrt. Laakko ym. 1998, 27-28; 35).

Huomioitavaa on, että laajat toiminnot tarjoava nykyaikainen ohjelmisto ei aina takaa parasta mahdollista tulosta konepajayrityksen suunnittelun kannalta. Kun valmistettavan tuotteen rakenne ja käytettävissä olevat valmistustekniikat vaativat yksinkertaisia ratkaisuja, ovat ohjelmiston tarjoamat monipuoliset toiminnot usein tarpeettomia ja vain hankaloittamassa suunnittelijan työtä.

Idea Machinen suunnittelussa tulee toisinaan vastaan tilanteita, jolloin 3D-mallilla pystyisi kartoittamaan paremmin tilantarveratkaisuja ja tekemään törmäystarkasteluja. Ohutlevytyökalut ja pienimuotoiset animaatiot olisivat myös hyödyllisiä työkaluja esimerkiksi usein käytettyjen komponenttien tuotekehityksessä (Vidberg 2012). Koska kuitenkin suurin osa suunnittelutyöstä voidaan tehdä 2D-ohjelmistolla, ei pakottavaa tarvetta 3D-ohjelmiston käyttöön mielestäni ole.

Ohjelmistoehdotuksessani kallistuisin esimerkiksi Autodeskin tarjoaman pakettiratkaisuun, joka sisältää 3D-mallinnusohjelman Inventorin ja AutoCAD Mechanical 2D-CAD-ohjelman. Yhdelle työasemalle voisi olla käytössä lisenssi 3D-ohjelmistoon, mitä tarvitaan vain harvoin. Ohjelmistoja pystyttäisiin käyttämään rinnan, koska AutoCAD Mechanical osaa avata Inventorilla tehdyt mallit. Autodeskin tarjoaman 3D/2D-ohjelmistopakettien hintaero pelkkään AutoCAD Mechanical ohjelmaan nähden on vain n. 250 €, joten hintaero ei tulisi suureksi vaikka hankkisi jokaiselle työasemalle myös Inventorin käyttöoikeuden.

Tällä hetkellä eräänä ongelmana on myös se, että samasta tiedostosta on olemassa useita versioita, joita käytetään samaan aikaan (vrt. Laakko ym. 1998, 239). On mahdollista että vahingossa käyttöön tuleekin vanha versio kuvasta. Tästä syystä voitaisiin pohtia, onko yrityksessä käytössä oleva ERP-järjestelmä riittävä keräämään tuotetietoa, vai kaivataanko myös revisioiden hallintaa. CAD-ohjelmistohankinnan yhteydessä voisi harkita myös erillisen PDM-ohjelman (tuotetiedon hallinta) hankkimista. PDM-järjestelmällä pyritään hallitsemaan kaikkea tuotteeseen liittyvää informaatiota sen elinkaaren aikana (Hietikko. 2012, 103).

Ensisijaisen tärkeää olisi varmistaa, että mihin ohjelmistoon tahansa päädytään, katkoksia tuotantoon ei saa päästä tapahtumaan ja dokumentoinnin on säilyttävä johdonmukaisena. Mielestäni olisi järkevää kokeilla kaikkia vertailussa mukana olleita ohjelmistoja ja jokaisen suunnittelijan tehdä oma lista ohjelman hyvistä ja huonoista puolista. Näin suunnittelijat itse pääsisivät vaikuttamaan valintoihin ja motivaatio uuden oppimiseen olisi parempi (Tuhola & Viitanen 2008, 5-6). Listoja voitaisiin vertailla keskenään ja keskustella mikä olisi kaikkien mieles-

tä paras ratkaisu. Tämän jälkeen paikalle hankittaisiin ulkopuolinen konsultti, jolla on kokemusta vastaavan alan suunnittelutehtävistä, vastaavankokoisista yrityksistä ja vertailussa mukana olevista ohjelmistoista.

Tärkeää on, että toimitaan ajoissa eikä odoteta että tietokoneet ovat elinkaarensa lopussa. Kun uusi ohjelmisto on saatu valittua, voisivat käyttäjät ensin itsenäisesti ja toisiltaan apua pyytäen harjoitella ohjelman perusteita. Kun ohjelman käskyt ja käyttöliittymä ovat käyttäjille hieman tutummat, voidaan järjestää koulutus ohjelman käyttöönotolle. Tällä tavalla koulutuksesta saadaan enemmän irti, kun jokaista toimintoa ei tarvitse erikseen etsiä. Vanhaa ja uutta ohjelmistoa voitaisiin ennalta suunnitellun ajan käyttää rinnan, kunnes uusi ohjelmisto on tullut tutuksi. Ohjelman tultua kaikille tutuksi, voitaisiin vielä järjestää lisäkoulutus, jossa perehdyttäisiin tarkemmin uuden ohjelman erikoistoimintoihin. Jatkossa, jos tarvetta ilmenee, voitaisiin ohjelmiston päivitysten yhteydessä järjestää koulutusta uusien ominaisuuksien hyödyntämisestä ja virkistää muistia vanhojen toimintojen tehokkaasta käytöstä.

10 YHTEENVETO

Teknologian kehityksessä on sekä hyviä että huonoja puolia, on vaan osattava hyödyntää ne hyvät puolet. Valitettavana piirteenä voidaan pitää käyttökelpoisten ja hyväksi todetut ohjelmistojen tuen loppumista ja pakkoa korvata nämä uusilla ohjelmilla. Monesti uudet CAD-ohjelmat on suunniteltu lähinnä suuryritysten tarpeisiin ja pienempien yritysten on vain sopeuduttava niihin. Kuitenkin kun yksi ovi sulkeutuu, toinen aukeaa. Uusilla ohjelmilla voidaan saada uusia ideoita, joita ei välttämättä olisi tullut aiemman ohjelman toiminnoilla mieleen.

Luettuani CAD-ohjelmien kirjallisuutta ja katsottuani ohjelmien esittelyvideoita, tempauduin monesti tarkastelemaan myös ominaisuuksia, jotka eivät suoranaisesti tähän opinnäytetyöhön liittyneet. Uudet innovatiiviset toiminnot ja tehokkaampiin työtapoihin pyrkivät ominaisuudet kiehtoivat minua. Olisi hienoa jos yksityishenkilöt saisivat hankittua ohjelmia huokeammalla hinnalla. Haluaisin kokeilla useampia eri ohjelmia ja oppia hyödyntämään niiden mahdollisuuksia. Tällä tavalla saisin pidettyä tietotaitoani yllä ja voisin suositella myös työnantajalleni sopivia ohjelmia.

Kirjoittaessani tätä opinnäytettä olin aluksi sitä mieltä että 3D-mallinnus on nykyaikana ainoa oikea vaihtoehto, opin kuitenkin, että näin asia ei aina ole. Ohjelmat toimivat vain työkaluina. Kokemusta omaava suunnittelija luo ammattimaisia työkuvia yhtälailla 90-luvun alun 2D-ohjelmistolla, kuin nykypäiväisellä 3D-mallinnussovelluksella. Kaikessa on kysymys oikeista työkaluista oikeaan käyttötarkoitukseen.

Opin paljon ohjelmien ominaisuuksista, yhteensopivuuksista ja käyttötarkoituksista. Uskon, että opinnäytetyötäni varten läpikäymästäni aineistosta on minulle vielä tulevaisuudessa hyötyä. Uskon myös, että Idea Machine saa tästä työstä tietoa minkälainen CAD-ohjelmisto sen tarpeisiin parhaiten sopii ja miten suunnittelua voitaisiin jatkossa lähteä kehittämään.

LÄHTEET

AN-Cadsolutions 2012a. AutoCAD Mechanical. Viitattu 5.12.2012
<http://www.an-cadsolutions.fi/fi/autocad-mechanical>

AN-Cadsolutions 2012b. ProgeCAD 2013 uudet ominaisuudet. Viitattu 6.12.2012
<http://an-cadsolutions.blogspot.fi/2012/10/progecad-2013-uudet-ominaisuudet.html>

Autodesk 2012. AutoCAD Mechanical Features. Viitattu 5.12.2012
<http://usa.autodesk.com/ > Products > AutoCAD Products > AutoCAD Mechanical > Features>

Autodesk 2012. Autodesk Inventor -tuotteet. Viitattu 5.12.2012
<http://www.autodesk.fi/ > Inventor tuotteet>

Autodesk 2012. Autodesk Inventor Products. Viitattu 5.12.2012
<http://usa.autodesk.com/autodesk-inventor/>

CadWorks elää sovittelulla 2007. Tekniikka & Talous. Viitattu 26.10.2012
<http://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/cadworks+elaa+sovittelulla/a142843#>

CADWorks 2012. SolidWorks. Viitattu 6.12.2012
<http://www.cadworks.fi/ > Tuotteet > 3D-suunnittelu > SolidWorks Standard>

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation 2012. 3D Design Product Matrix. Viitattu 6.12.2012
<http://www.solidworks.com/sw/products/mechanical-design-software-matrix.htm>

Fujitsu 2012a. Data Sheet CELVIN NAS Server Q700 Storage. Viitattu 10.11.2012
<http://globalsp.ts.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/ds-CELVIN-NAS-Server-Q700.pdf>

Fujitsu 2012b. Data Sheet CELSIUS W410 Workstation. Viitattu 10.11.2012
<http://globalsp.ts.fujitsu.com/dmsp/Publications/public/ds-CELSIUS-W410.pdf>

Future CAD 2010. AutoCAD Mechanical. Viitattu 5.12.2012
http://www.futurecad.fi/suomeksi/tuotteet/autodesk_mechanical/tuotetiedot

Galuszka, Andrzej, puhelinhaastattelu 31.10.2012, Perniö – Remich, Luxemburg.

Helsingin Sanomat 2011. Muistot, verkkojulkaisu. Viitattu 6.11.2012
<http://muistot.hs.fi/muistokirjoitus/4113/viljo-j%C3%A4rvenp%C3%A4%C3%A4>

Hietikko, E. 2012. SolidWorks 2012: Tietokoneavusteinen suunnittelu. 5. uudistettu painos. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Laakko, T.; Sukuvaara, A.; Borgman, J.; Simolin, T.; Björkstrand, R.; Konkola, M.; Tuomi, J. & Kaikonen, H. 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. 1. painos. Helsinki, Porvoo, Juva: WSOY.

Lähdevuori, L. 2012. Kuuntele hiljaista tietoa. 3T 35/2012, 16.

Mech-Soft Oy 1992. C-Kone versio 3.0 käyttöohje.

Pere, A., 2001, Koneenpiirustus ammattikorkeakouluja varten, Espoo: Kirpe.

ProgeCAD, ProgeCAD 2013 Professional. Viitattu 6.12.2012
<http://www.progesoft.com/en/products/progecad-professional/>

Sartjärvi, T. & Sahla, A. 2000. Yritys ja uusi teknologia. Vantaa: Svedinvest.

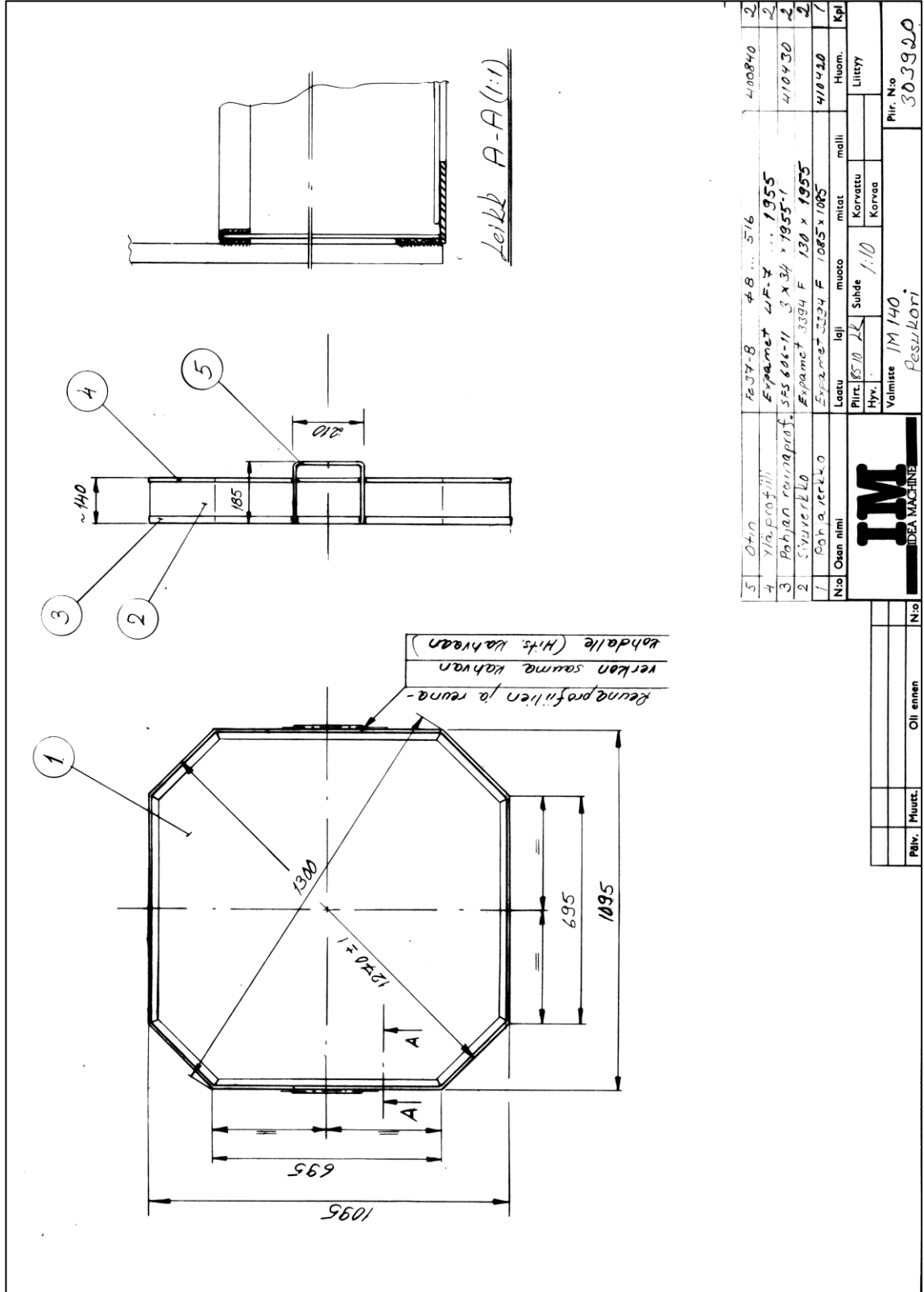
Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2008. SFS-EN ISO 9001 standardi 4. painos.

Toivonen, V.-M. & Asikainen, R. 2004. Yrityksen hiljainen osaaminen: kehittämisen uusi taso. Helsinki: Ai-ai, - (Mielikirjat: yritys).

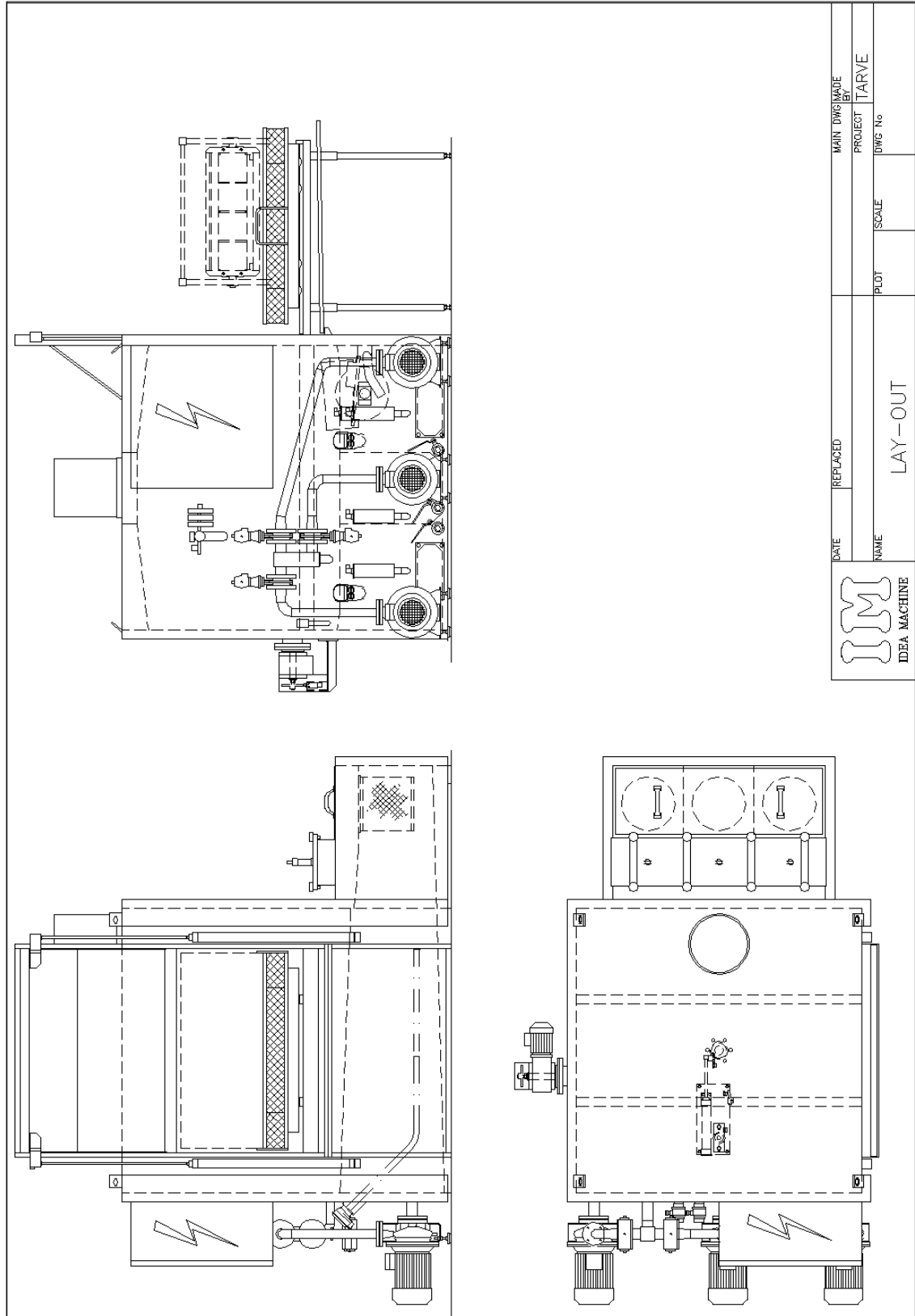
Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tam-
mertekniikka.

Vidberg, Martti, haastattelu, 30.10.2012, Perniö.

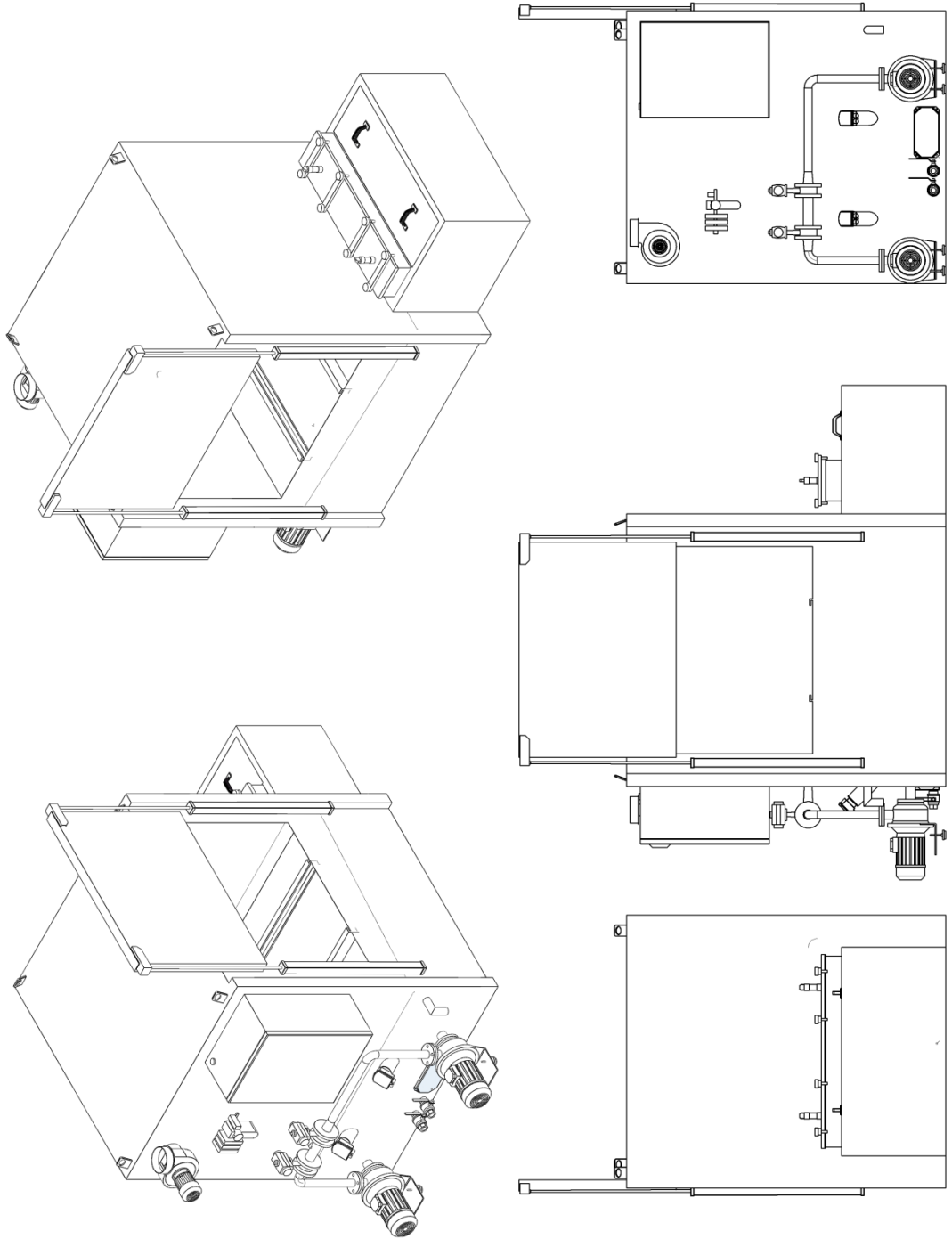
Käsin piirretty 2D-kuva



Tietokoneella piirretty 2D-kuva



3D-mallinnuskokeilu teollisuuspesukoneesta



CAD-ohjelmistovertailutaulukko

Ominaisuus	Painoarvo	SolidWorks			Inventor		AutoCAD Mechanical	ProgeCAD
		Stand.	Prof.	Prem.	Stand.	Pro.		
komponenttikirjasto	4	3	5	5	5	5	5	3
valmistajan luotettavuus	5	5	5	5	5	5	5	3
tukipalvelut	5	4	4	4	5	5	5	3
ristiriita ja törmäystarkastelu	3	5	5	5	5	5	2	1
yksinkertainen lujuustarkastelu	1	1	1	5	1	4	4	1
dwg-tiedostomuototuki	3	4	4	4	5	5	5	5
tuotetiedon hallinta PDM	2	1	3	3	5	5	5	1
osaluettelointi	5	5	5	5	5	5	5	2
osasuurennokset leikkauskuvat	4	5	5	5	5	5	5	1
Microsoft Office yhteensopivuus	2	5	5	5	5	5	4	5
kokoonpanon räjäytyskuvien luonti	2	5	5	5	5	5	5	1
nesteen virtaussimulointi	1	4	4	4	1	1	1	1
ohutlevytyökalut	4	5	5	5	5	5	1	1
liikkeiden simulointi	3	2	2	5	1	5	1	1
valokuvamaisen mallin luonti	1	1	4	4	1	5	1	5
yhteispisteet		183	198	211	201	220	177	102