



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LAURI HURRI

CAD-OHJELMISTON JA ERP-JÄRJESTELMÄN INTEGRAATIO

Diplomityö

Tarkastaja: professori
Asko Riitahuhta
Tarkastaja ja aihe on hyväksytty
Automaatio-, kone- ja
materiaalitekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa 9.
joulukuuta 2009

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

HURRI, LAURI: CAD-ohjelmiston ja ERP-järjestelmän integraatio

77 Diplomityösivua, 14 liitesivua

Toukokuu 2010

Pääaine: Tuotantotekniikka, Tuotekehitys

Tarkastaja: professori Asko Riitahuhta

Avainsanat: CAD, ERP, PDM, DFQ, Järjestelmäintegraatio

Tämä diplomityö on tehty valomainostuotteita valmistavalle Tammerneon Oy:lle, joka on osa Tamware-konsernia. Työn tärkeimpänä tavoitteena on parantaa osastojen välistä tiedonkulkua sekä tietojen yhtenäisyyttä ja täsmällisyyttä järjestelmäintegraatiolla, jonka toteuttamisen yhteydessä luodaan uusi toimintamalli. Samalla on tarkoitus parantaa suunnittelussa tuotettavien dokumenttien ulkoasun yhtenäisyyttä. Integroitavat järjestelmät ovat 3D-suunnitteluun käytettävä CAD-ohjelmisto SolidWorks ja toiminnanohjausjärjestelmä Powered. Toisena työn tavoitteena on vakioida yrityksen päätuotteen materiaaleja, piirteitä ja suunnittelumenetelmiä.

Työn alussa on esitelty CAD-, ERP- ja PDM-järjestelmät sekä järjestelmien tämänhetkinen käyttö osastoittain. Sen jälkeen on käsitelty työn kannalta oleellisia laatu- ja tietotiedon hallintaa sekä järjestelmäintegraation teoriaa. Työn loppupuolella on esitelty järjestelmäintegraation toteutus kohdeyrityksessä sekä muut toimenpiteet työn tavoitteiden saavuttamiseksi.

Järjestelmäintegraatio on toteutettu samalla tavalla kuin emoyhtiö Tamware Oy:ssä vuonna 2008. CAD-ohjelmistosta on tarkoitus siirtää tietoja ERP-järjestelmään ja ERP-järjestelmän tietoja on pystyttävä lukemaan CAD-ohjelmistossa. Olennaisin käytännön osuus työssä on ollut CAD-ohjelmiston suunnitteluvalikon muokkaaminen kohdeyrityksen omaan käyttöön sopivaksi sekä valikossa lisättävien tuotetietojen linkittäminen piirustuksiin ja ERP-järjestelmään. Suunnitteluvalikon toiminnallisuutta on kehitetty asteittain työn aikana saadun palautteen tuloksena.

Diplomityön tuloksena kohdeyrityksessä on otettu käyttöön työssä suunniteltu toimintamalli, jossa uutta suunnitteluvalikkoa käyttämällä on mahdollistettu nimiketietojen luominen ennalta määritetyistä arvojoukoista. Nimiketietojen siirtäminen ERP-järjestelmään on tehty siirtotiedostojen avulla. Tietojen lukeminen CAD-ohjelmistossa on toteutettu ODBC-yhteydellä tietokantaan. Näin on parannettu yrityksen sisäistä tiedon kulkua ja tietoyhtenäisyyttä sekä vähennetty virheiden mahdollisuuksia. Työn tuloksena ovat myös uudet piirustusohjelmat ja osaluettelot otettu käyttöön. Työssä on laskettu tuulikuormia yrityksen päätuotteen runkomateriaalien valinnan tueksi sekä ehdotettu aloitusmallien tehokkaampaa käyttämistä suunnittelussa. Näillä toimenpiteillä on yritetty vakioida materiaaleja sekä vähentää käytettävien suunnittelumenetelmien suunnittelijakohtaista hajontaa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

HURRI, LAURI: Integration between CAD and ERP applications

Master of Science Thesis, 77 pages, 14 Appendix pages

May 2010

Major: Product development

Examiner: Professor Asko Riitahuhta

Keywords: CAD, ERP, PDM, DFQ, EAI

This thesis has been made for Tammerneon Oy, which manufactures identification products. Tammerneon Oy is a part of the Tamware Group. The most important objective for this thesis is to improve the interaction and consistency of data and documents between company sections with the help of application integration. The application integration is implemented between the CAD software SolidWorks and the ERP system Powered. The second objective for this thesis is to standardize the materials, features and designing methods of the company's main product.

The relevant applications and their use in the company are introduced at the beginning of this thesis. In addition, the main theory aspects of this work are explained: quality, product data management and application integration. The practical part of the research and the results are presented after the theory aspects.

The application integration has been established in the same way as it was made for the parent company Oy Tamware Ab in 2008. In the parent company's integration solution the product data is transferred from the CAD software to the ERP system. It has also been made possible to read the ERP data in the CAD software. The most essential part of the practical work has been the reforming of the Custom Properties menu of the CAD software. The menu has been formed in such a way that it is suitable for the company and the linking of the data can be done easily. The functionality of the menu has been improved throughout the work based on the feedback received.

As a result of this thesis, a new designing approach and drawing templates have been taken into use, and the designing applications have been integrated. Data transfer from the CAD software to the ERP system has been established with message files. The data in the ERP system database can be read in the CAD software with an ODBC connection. With the new designing approach, there has been improvement in data consistency and interaction. In addition, the possibility for errors has been reduced. Furthermore, wind load calculations have been made for the selection of the pylon materials and the suggestion has arisen to use designing templates more effectively in the designing process. These measures have been made with the aim of standardizing materials and reducing the dispersion of designing decisions made by the designers.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tammerneon Oy:lle Tampereen teknillisen yliopiston tukisäätiön rahoituksella. Työ tarjosi loistavan mahdollisuuden päästä kehittämään yrityksen toimintaa kohti valoisampaa tulevaisuutta. Ensimmäisenä haluaisin kiittää Tammerneon Oy:n johtoryhmää, jonka suostumuksella sain diplomityöpaikan markkinoilla vallitsevasta talouden tilasta huolimatta.

Haluaisin myös kiittää koko Tammerneon Oy:n henkilöstöä mukavasta ilmapiiristä, jonka ansiosta töihin oli mukavaa tulla talven synkimpinäkin päivinä. Erityisesti kiitokset kuuluvat Tammerneon Oy:n suunnitteluporukalle, Plantec Oy:n Jarkko Syrjälälle sekä Oy Tamware Ab:n Jani Suojansalolle, joiden ohjeistuksella tämän työn toteutus oli mahdollista.

Lisäksi kiitän Tammerneon Oy:n Niko Suomelaa sekä professori Asko Riitahuhtaa työni ohjaamisesta ja tärkeistä neuvoista työn aikana. Tietenkin haluan myös kiittää kotiväkeä, jolta olen opiskeluaikani saanut runsaasti tukea.

Tampereella 6.5.2010

Lauri Hurri

SISÄLLYS

Tiivistelmä	II
Abstract	III
Alkusanat	IV
Termit ja niiden määritelmät	VII
1. Johdanto	1
1.1. Yritysesittely	1
1.2. Tutkimusongelmat	1
1.3. Työn tavoitteet	2
1.4. Työn rakenne.....	2
2. Järjestelmät.....	4
2.1. ERP	4
2.2. CAD	6
2.3. PDM	9
3. Järjestelmien käyttö yrityksessä.....	13
3.1. Myynti.....	13
3.2. Suunnittelu	13
3.3. Tuotanto ja osto.....	15
3.4. Tietovirta-analyysi	15
3.5. Ongelmia nykyisessä toiminnassa.....	16
4. Tuotettavuuden kehittäminen.....	18
4.1. Toiminnan parantaminen	18
4.2. Sisäinen ja ulkoinen asiakastytyväisyys	21
4.3. Aikatehokkuus	23
4.4. Suunnitteluprosessien hajonta.....	24
4.4.1. Teknisten systeemien teoria.....	24
4.4.2. Suunnittelun teoria.....	25
4.5. Tuotetiedon hallinta	26
4.6. Tuotteiden yhtenäistäminen	29
4.6.1. Yritysstandardointi.....	32
4.6.2. Platformit	34
5. Järjestelmäintegraatio.....	37
5.1. Yleistä	37
5.2. Eri integraatiomuodot.....	40
5.3. Järjestelmäintegraation rakenne	42
5.3.1. Rajapinnat ja siirtokerros	43
5.3.2. Informaation käsittely- ja muunnoskerros	45
5.3.3. Integraatioprosessien kontrollointi	47
5.4. Integraation vaikutus tuotettavuuteen	47
6. Järjestelmäintegraatio kohdeyrityksessä	49
6.1. Lähtökohdat.....	49

6.2. Tietojen lukeminen ERP-järjestelmästä.....	50
6.3. Tuotetietojen lisääminen CAD-järjestelmässä.....	51
6.3.1. ERP-järjestelmään siirrettävät nimiketiedot.....	51
6.3.2. Piirustuksissa tarvittavat tiedot.....	53
6.3.3. Suunnitteluvalikon muokkaus.....	54
6.4. Konfiguraatitiedosto.....	57
6.5. CAD-järjestelmäparametrit ERP-järjestelmässä.....	58
6.6. Nimikkeen ja rakenteen siirtäminen ERP-järjestelmään.....	59
6.6.1. Siirrossa luotavat tiedostot.....	59
6.6.2. Siirtoikkuna.....	60
6.6.3. Siirtotiedostojen lukeminen ERP-järjestelmässä.....	61
7. Pylonin materiaalien ja suunnittelumenetelmien yhtenäistäminen.....	64
7.1. Materiaalien valinta.....	64
7.1.1. Tuulikuormien laskeminen.....	65
7.1.2. Tulokset.....	68
7.2. Aloitusmallit.....	69
8. Työn tulokset, arviointi ja johtopäätökset.....	71
8.1. Järjestelmäintegraatio.....	71
8.2. Tietojen ja dokumenttien yhtenäisyys.....	72
8.3. Materiaalien valinta.....	75
8.4. Johtopäätökset.....	75
8.5. Kehitysehdotukset.....	76
Lähteet.....	78
Liite 1.....	81
Liite 2.....	82
Liite 3.....	83
Liite 4.....	84
Liite 5.....	86
Liite 6.....	88

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

API	Järjestelmän ohjelmointirajapinta (engl. Application Programming Interface).
ASCII	Tekstiformaatti, jota voidaan käyttää yksinkertaisessa tiedonsiirrossa (engl. American Standard Code for Information Interchange).
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (engl. Computer Aided Designing).
DFQ	Suunnittelu laadun näkökulmasta (engl. Design for Quality).
DFX	Suunnittelu X:n näkökulmasta. X voi tarkoittaa esimerkiksi kokoonpanoa, valmistusta tai laatua (engl. Design for X).
ERP	Tietojärjestelmä, jonka toiminnallisuus kattaa yrityksen toiminnan kaikki osa-alueet (engl. Enterprise Resource Planning System).
ODBC	Microsoftin kehittämä standardirajapinta (engl. Open Database Connectivity).
OLE	Microsoftin kehittämä teknologia tietojen linkittämiseen (engl. Object Linking and Embedding).
PDM	Systemaattinen toimintatapa tuotetiedon hallitsemiseksi. Usein tarkoittaa myös tuotetiedon hallintajärjestelmää (engl. Product Data Management).
SQL	Standardoitu kyselykieli, jolla voidaan hakea tietoa relaatiotietokannasta (engl. Structured Query Language).
TBM	Laatunäkökulma, jonka periaatteena on arvoa tuottavan ajan maksimointi (engl. Time-based Management).
TQM	Kokonaisvaltaisen laatujohtamisen toimintamalli (engl. Total Quality Management).

1. JOHDANTO

Tuotetiedon hallinta ja informaation tehokas välittäminen osastolta toiselle ovat tärkeitä kehityskohteita pyrittäessä tehokkaaseen tuotantoon. Niiden asema korostuu yrityksessä, jossa tuotteita valmistetaan asiakkaan mukaan räätälöityinä projekteina, jolloin hallittavat tietomäärät kasvavat jatkuvasti. Toimintatapojen ja valmistusmenetelmien vaihtelevuus hyvin dynaamisessa tuotteistossa edesauttavat nimikkeiden suurien variaatiomäärien kasvamista. Lisäksi toiminnan sattumanvaraisuus ja ohjeistuksen puute lisäävät virheitä ja kustannuksia. Järjestelmäintegraatio on tehokas tapa vähentää suunnittelutoiminnan tuottamatonta päällekkäistä työtä sekä kehittää tuotetiedon hallintaa, etsimistä ja yhtenäisyyttä.

1.1. Yritysesittely

Tammerneon Oy on valomainosalan johtavia yrityksiä Pohjoismaissa. Se on vuonna 1967 perustettu yritys, jonka painopistealueita ovat huoltoasemien, autoliikkeiden ja muiden kauppaketjujen identifikaatiotuotteiden suunnittelu, valmistaminen ja toimittaminen. Tammerneon valmistaa muun muassa liikepaikkapylväitä, LED-hintanäyttöjä sekä irtokirjaimia ja muotoon tehtyjä valokotelo-rakenteita. Yrityksellä on kattava omien toimistojen ja yhteistyökumppaneiden verkosto Pohjoismaissa, Baltian maissa, Venäjällä, Puolassa ja Saksassa. Tammerneon Oy on osa Tamware-konsernia, jonka pääyhtiö on Oy Tamware Ab. (Tammerneon 2009)

1.2. Tutkimusongelmat

Yrityksen tuotteiden suunnittelussa ja dokumenttien tuottamisessa on havaittu epä johdonmukaisuutta sekä liikaa hajontaa ja virheitä. Yrityksessä ei ole tarkkaan sovittu käytettäviä käsitteitä ja tuotetietoja on lisätty järjestelmissä ilman ohjeistusta. Tietoja on jouduttu syöttämään manuaalisesti kahteen järjestelmään eri henkilöiden toimesta, minkä seurauksena on luotu samoja asioita tarkoittaville kohteille lukuisia toisistaan poikkeavia nimityksiä. Toiminta on huomattavasti vaikeuttanut ja hidastanut tiedon etsimistä. Lisäksi on jouduttu tekemään turhia päällekkäisiä tehtäviä molemmissa järjestelmissä. Valmistettavista tuotteista tehtävissä piirustuksissa on ollut myös suunnittelijasta riippuvaa vaihtelevuutta, josta on seurannut hukkatuotantoa. Tuotanto ei ole muutenkaan ollut tehokasta projektikohtaisesti tehtävän valmistuksen takia.

1.3. Työn tavoitteet

Diplomityön tärkeimpänä tavoitteena on parantaa kohdeyrityksen osastojenvälistä informaation kulkua ja tuotetiedon hallintaa järjestelmäintegraatiolla, jolla automatisoidaan toiminnanohjausjärjestelmän ja suunnitteluohjelmiston välinen tiedonsiirto. Tammerneon Oy käyttää suunnitteluun samoja järjestelmiä kuin emoyhtiö Oy Tamware Ab. Emoyhtiössä järjestelmäintegraatio kyseisten järjestelmien välillä on jo tehty ja integraatio on tarkoitus toteuttaa samalla tavalla. Työn yhteydessä on tarkoitus luoda uusi toimintamalli, jonka avulla mahdollistetaan yrityksen sisäinen tietoyhtenäisyys, nimiketietojen vakioidut nimeämiskäytännöt sekä tietojen automatisoitu siirto CAD-ohjelmistosta ERP-järjestelmään. ERP-järjestelmässä olevien nimiketietojen lukeminen CAD-ohjelmistossa on tarkoitus toteuttaa tietokannan avulla. Työn toisena tavoitteena on luoda tuotteiden suunnitteluun yhtenäisiä toimintaperiaatteita ja ohjeistuksia sekä vakioida yrityksen päätuotteen piirteitä paremman tuotettavuuden aikaansaamiseksi. Yrityksen valmistamien tuotteiden ulkonäkö on aina asiakkaan määrittämä, joten työssä on keskitytty asiakkaalle piilossa olevien rakenteiden ja materiaalien vakioimiseen sekä suunnitteluohjelmiston toimintojen tehokkaampaan käyttöön.

1.4. Työn rakenne

Työn ensimmäisissä luvuissa on esitelty työhön liittyvät järjestelmät sekä niiden käyttö kohdeyrityksessä tilaus-toimitusprosessin mukaisessa järjestyksessä. Samassa on myös tarkemmin kerrottu suunnittelussa havaituista ongelmista. Neljännessä luvussa on tarkasteltu suunnittelutoimintaa eri laatu näkökulmista sekä hyötyjä, joita tuotteiden vakioinnilla voitaisiin saavuttaa. Yrityksen toiminnan parantamiseksi on tärkeää ottaa huomioon sekä toiminnan että tuotteiden laatu. Toiminnan kehittämistä on tutkittu pääasiassa prosessijohtamisen, DFQ:n ja tuotetiedon hallinnan näkökulmasta. Tuotteiden materiaalien ja piirteiden vakioimisella on pyritty ottamaan askel projektikohtaisesta toiminnasta tuotealustoihin eli platformeihin perustuvien tuotteiden valmistamiseen. Viidennessä luvussa on käyty läpi järjestelmäintegraation teoriaa, kuten erityyppisiä integraatoratkaisuja sekä integraation rakenne Tähtisen [2005] esittelemän mallin mukaan. Viimeisenä on esitetty järjestelmäintegraatiolla mahdollisesti saavutettavia vaikutuksia tuotettavuuteen.

Teorian jälkeen työssä on selostettu järjestelmäintegraation toiminta kohdeyrityksessä käytettävien ohjelmistojen välillä ja integroinnin toteuttamisen eri vaiheet. Luvussa on esimerkein selitetty nimiketietojen ja piirustusten yhdenmukaistamiseen tehtyjä ratkaisuja sekä selostettu vaiheittain tietojen siirtäminen CAD-ohjelmistosta ERP-järjestelmään. Seitsemännessä luvussa on esitetty ratkaisuja, joilla yrityksen päätuotteen materiaalivalintaa ja suunnittelua on pyritty tämän työn puitteissa vakioimaan ja tehostamaan.

Työn lopussa esitetään saavutetut tulokset integroinnin ja vakioinnin seurauksena sekä hyödyt, joita työn lopputuloksena on saatu verrattuna aikaisempaan toimintaan. Viimeisessä luvussa arvioidaan myös työn onnistumista asetettuihin tavoitteisiin verrattuna sekä esitetään työn pohjalta tehdyt johtopäätökset. Luvussa on myös arvioitu mahdollisia kehitystoimenpiteitä, joilla yrityksen toimintaa ja tuotettavuutta voisi parantaa tulevaisuudessa.

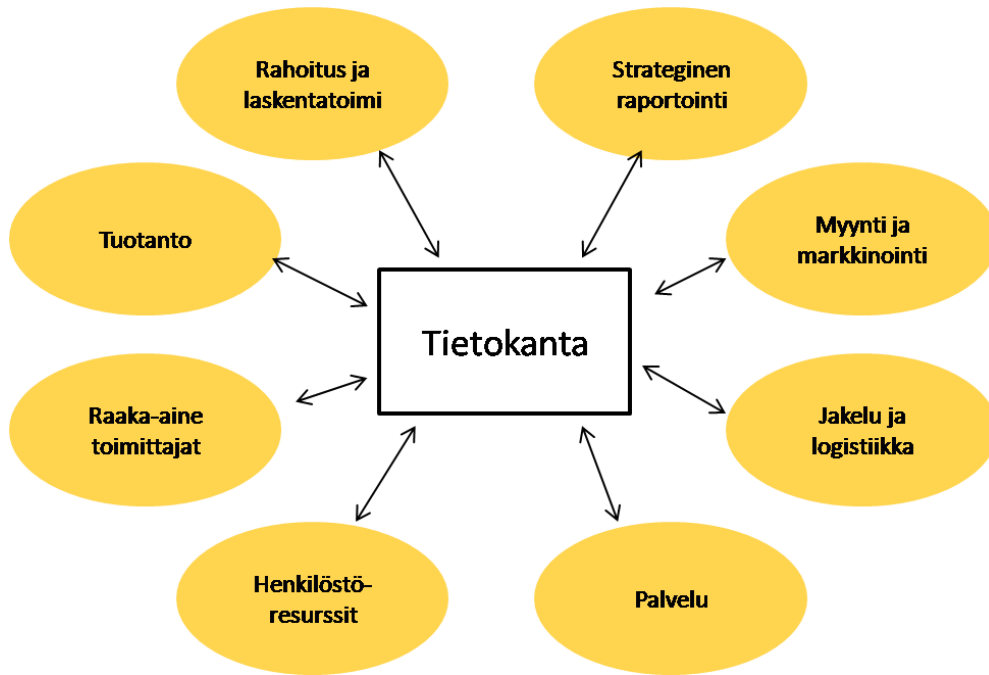
2. JÄRJESTELMÄT

Vaikka laajat toiminnanohjausohjelmistot ovat yleistyneet ja moderneista ohjelmistoista löytyy kattavasti eri toimintoja, on tiedot yleensä jäsenetty toiminnoittain. Lisäksi yrityksissä on usein käytössä erikoisratkaisuja ja omia kokonaisuuksia, joita ei ole voitu ratkaista yhdellä toiminnanohjausjärjestelmällä (Ala-Mutka & Talvela 2004).

Tässä luvussa käydään läpi kohdeyrityksessä käytettävät järjestelmät. Järjestelmäintegraatio on tarkoitus toteuttaa ERP-järjestelmän ja CAD-ohjelmiston välillä. Vaikka yrityksessä ei ole käytössä varsinaista PDM-järjestelmää, tuotetiedon hallinta on kuitenkin yksi työn olennaisimmista aihealueista. Siksi luvussa esitellään myös PDM-järjestelmä.

2.1. ERP

ERP (Enterprise Resource Planning) tarkoittaa toiminnanohjausta, sekä siihen tarkoitettua järjestelmää yrityksessä. ERP-järjestelmät ovat laajoja ja modulaarisia tietojärjestelmiä, joilla voidaan hallita yrityksen eri osa-alueiden prosesseja. Näitä ovat esimerkiksi myynti, tuotanto, logistiikka ja taloushallinto. ERP-järjestelmän periaatteena on kerätä ja jakaa tietoja kuten tilauksia ja inventaariota siten, että voidaan välttyä ylimääräiseltä työltä. Nykyiset ERP-järjestelmät ovat laajoja liiketoiminnan hallintajärjestelmiä, joiden avulla pystytään integroimaan informaatiota ja toimintoja kaikilta organisaation osa-alueilta. Toiminnanohjausjärjestelmän tarkoituksena on keskittää informaatio yhtenäiseen muotoon, jolloin tiedon käsitteleminen ja jakaminen yrityksen muille osastoille ja yrityksen ulkopuolelle helpottuu. ERP:n mahdollistama tehokkuus perustuu useiden eri tietokantojen integroimiseen. Kuvassa 1 on osa-alueita, joiden hallintaa voidaan keskittää ERP-järjestelmällä. (Pärssinen 2004, Sinkkonen 2007, Vilpola 2008)



Kuva 1. ERP:n eri osa-alueet. (Chambers et al. 2001, Pärssisen 2004, s.10 mukaan)

ERP-järjestelmän hallinnoimien reaaliaikaisten tietojen ja yrityksen tilanteen perusteella voidaan tehdä päätöksiä helposti ja nopeasti. Järjestelmään syötetty tieto siis tukee reaaliaikaista suunnitelmien ja palvelujen hallintaa ja siten mahdollistaa kilpailukyvyn ja asiakaslähtöisyyden koko yrityksen verkostossa. Huomion arvoista on, miten tieto syötetään järjestelmään. Tiedon kerääminen tarkasti ja tehokkaasti voidaan toteuttaa automatisoimalla tiedonsiirto, jolloin on myös mahdollista vähentää kustannuksia. (Vilpola 2008)

Järjestelmien integroinnin lisäksi ERP-järjestelmä sisältää yleensä erilaisia ominaisuuksia ja välineitä analysoinnin, suunnittelun ja hallinnon avuksi. ERP koostuu useista erilaisista moduuleista ja ohjelmistosovelluksista, jotka mahdollistavat lisäksi muun muassa varastonhallinnan, tuotesuunnittelun ja tilausten jäljityksen arvoketjun eri vaiheissa. ERP-järjestelmä ja sen tuottama informaatio on ensisijaisesti organisaation johdon ja suunnittelijoiden, mutta osittain myös muiden yrityksen sidosryhmien hyödynnettävissä. (Pärssinen 2004)

Operatiivinen taso muodostuu tuotannon ohjauksesta, jonka tärkein tehtävä on tuotantosuunnitelman laatiminen. Tuotantosuunnitelma muodostuu parhaimmillaan ajoitetuista tilauksista ja antaa impulsseja omille valmistusyksiköille sekä ulkopuolisille sidosryhmille. Tuotteiden suunnittelussa luotua tuotetiedostoa käytetään tuotannon ohjauksessa suunnittelun perustana. Suuri prosessien hajonta aiheuttaa paljon ohjattavia muuttujia, esimerkiksi osia ja puskureita. Tästä seuraa lisää työtä ja tuotannon ohjaaminen vaikeutuu. (Lapinleimu et al. 1997)

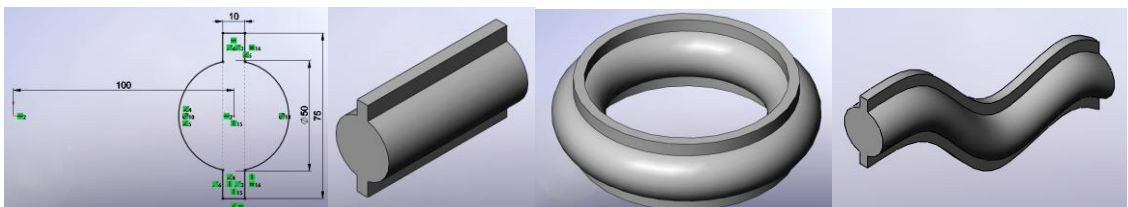
Toiminnanohjauksen suunnittelussa Tammerneon Oy:ssä on käytössä ERP-järjestelmä Powered, joka on Progress Softwaren tuote. Järjestelmää käytetään myös muilla kuin suunnitteluosastolla, esimerkiksi oston ja myynnin työkaluna. Powered on vakiotuote, eikä sitä ole mitenkään räätälöity yrityksen omaan toimintaan paremmin soveltuvaksi.

2.2. CAD

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD (Computer Aided Design) on nykyään jokaisen suunnittelua tekevän yrityksen arkipäivää. Erilaisilla CAD-ohjelmistoilla voidaan tehdä 2D-piirustuksia, 3D-mallinnusta, simulointia ja esimerkiksi lujuuslaskentatarkasteluja. Lapinleimun et al. [1997] mukaan tuotetason suunnittelussa luodaan valmiudet tuotteen operatiiviseksi valmistamiseksi tilauksen tultua. Tuotesuunnittelu on tuotetason ensimmäinen osa, jolloin synnytetään

- tuotteen rakenne
- kokoonpanopiirustukset
- osaluettelot
- osien piirustukset.

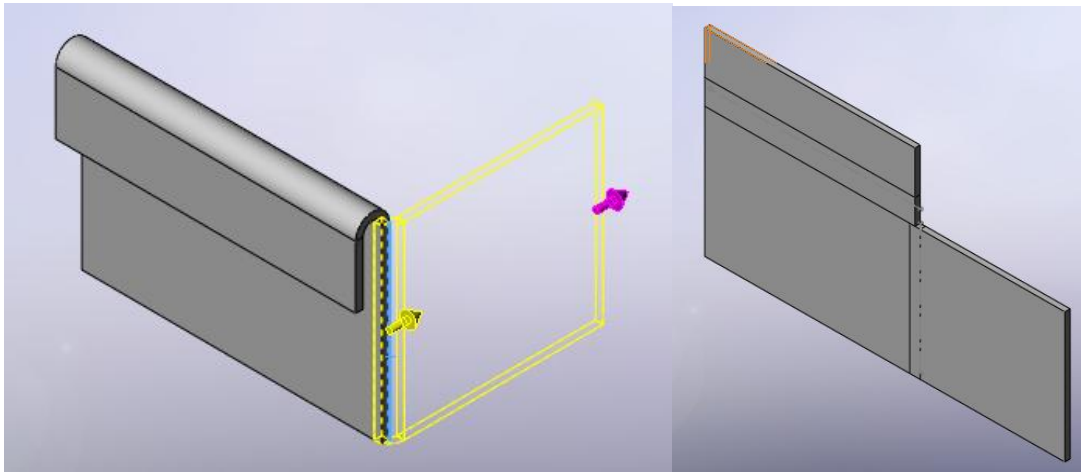
Osan mallintaminen 3D-ohjelmalla aloitetaan lähes aina piirtämällä valitulle tasolle 2D-geometria, joka muokataan eri relaatioilla ja mitoituksella täysin määritetyksi. Geometrian piirtämisestä käytetään termiä skissaus. Tämän jälkeen tehtyä geometriaa voidaan esimerkiksi pursottaa piirtotason suhteen kohtisuorasti, geometriaa leikkaavan käyrän mukaan tai vaikka pyöryttää sitä valitun akselin ympäri, jolloin 2D-skissistä saadaan tilavuusmalli 3-ulotteisena (Kuva 2). Samalla periaatteella jo mallinnettuun osaan voidaan lisätä muotoja tai leikata niitä pois halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Mallinnettuja muotoja voidaan myös helposti lisätä monistamalla niitä lineaarisesti, ympyrämuotoon tai peilaamalla jonkin tason suhteen. 3D-malliin on mahdollista lisätä piirteitä ilman niiden skissausta, esimerkiksi reunojen pyöristykset ja tasojen kaltevuudet on helppoa tehdä niille tarkoitetuilla työkaluilla. Tosin aina se ei ole paras ratkaisu. Mallinnohjelmissa on usein omat työkalut esimerkiksi ohutlevyosille, runkorakenteille ja muoteille. Kohdeyrityksessä näistä kahta ensimmäistä työkalua käytetään päivittäin.



Kuva 2. Esimerkkejä 3D-osan mallintamisesta.

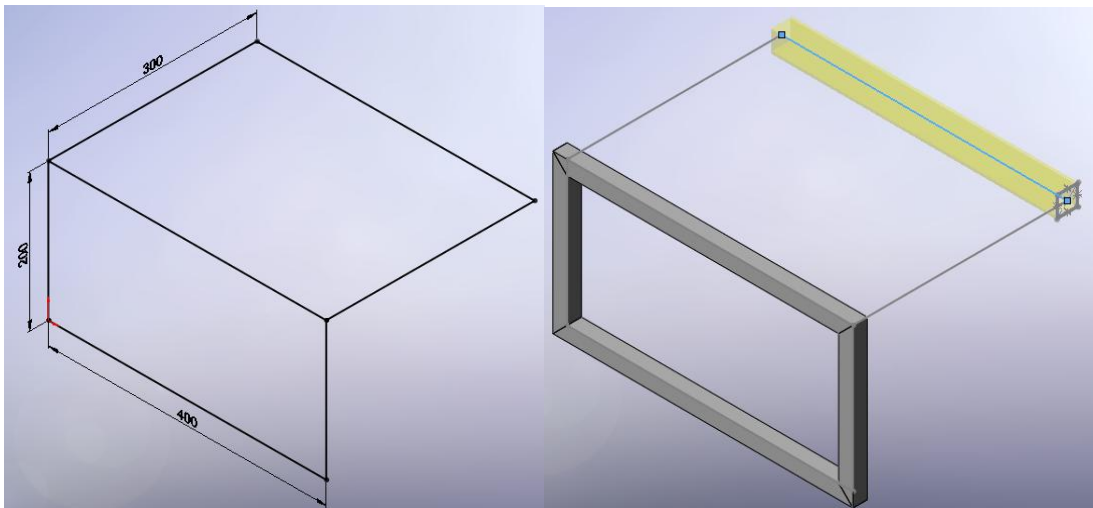
Ohutlevyosan mallinnus aloitetaan yleensä mallintamalla osan toiminnallisuuden tai tarkoituksen kannalta tärkein pinta, jonka jälkeen pinnan reunoille lisätään materiaalia halutun piirteen, esimerkiksi taitoksen, aikaansaamiseksi. Taitostapoja on useita erilaisia

ja niillä on myös vaikutus kappaleen mitoitukseen. Valmiin osan auki levitetty muoto saadaan helposti ohjelmistossa olevalla valmiilla toiminnolla. Kuvassa 3 on esimerkki ohutlevyosan mallinnuksesta.



Kuva 3. Ohutlevytuotteen mallintaminen.

Runkorakenteita voidaan kätevästi mallintaa käyttämällä Weldments-toimintoa ja sen ennalta mallinnettuja profiileja. Mallinnus aloitetaan tekemällä 2D- tai 3D-geometria, ns. rautalankamalli, johon piirrettyjä viivoja pitkin runkoon mallinnetaan siinä käytetyt profiiliosat. Työkalulla saadaan automaattisesti tehtyä osien väliset liitokset halutulla tavalla, eikä rungon osia tarvitse kokoonpanon tavoin liittää toisiinsa. Esimerkki työkalun käytöstä on esitetty kuvassa 4.

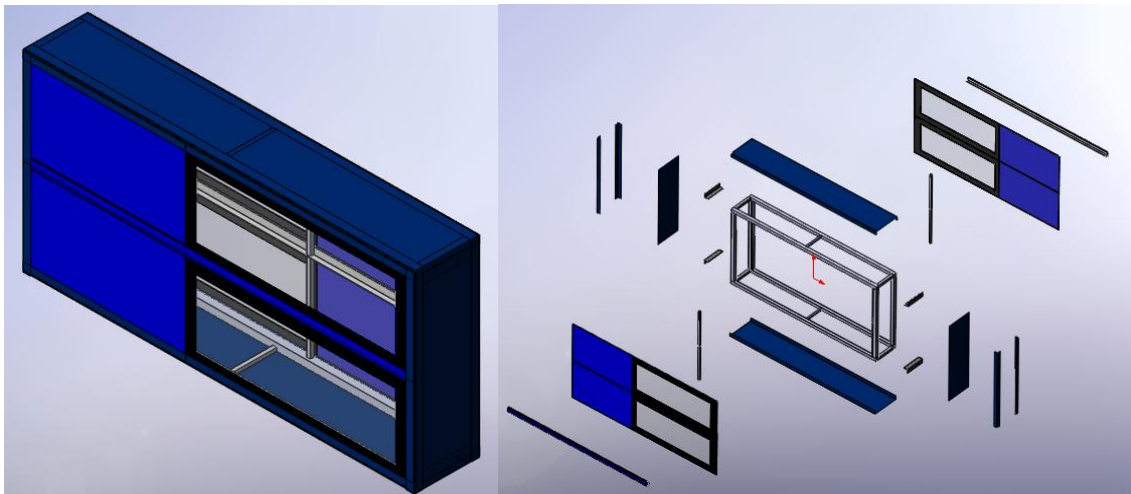


Kuva 4. Runkorakenteiden mallinnus Weldments-toiminnolla.

Yleensä mallinnetut kappaleet ovat yhdestä materiaalista valmistettavia umpinaisia tilavuusmalleja. Joissain tapauksissa mallinnetaan myös pintamalleja, jolloin mallinnettava kappale koostuu ohuista tilavuudettomista pinnoista. Usein pintamalleistakin muokataan lopuksi tilavuusmalli ”täyttämällä” sen tilavuus jollain materiaalilla. Toki pintoja käytetään muihin tarkoituksiin, esimerkiksi leikkauspintoina.

Mallintamisessa on erittäin tyypillistä, että samanlaisen kappaleen mallintaminen ja jokainen mallissa oleva piirre ja sen mitoitukset voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Käytetyt työkalut ja -tavat ovat siis täysin riippuvaisia suunnittelijan tekemistä valinnoista.

Kokoonpanot muodostetaan paikoittamalla osat toistensa suhteen osien piirteiden tai esimerkiksi aputasojen avulla. Kokoonpanojen mallintamisessa voidaan hyödyntää osien monistamista samalla tavalla kuin osien mallintamisessa piirteiden monistamista. On myös mahdollista mallintaa osia suoraan kokoonpanossa, jolloin voidaan hyödyntää muiden kokoonpanossa olevien osien piirteitä ja esimerkiksi luoda relaatioita osien mitoille. On myös mahdollista muokata samaa mallia useammasta eri kohteesta, eli useampi käyttäjä voi tehdä muutoksia samanaikaisesti. Tämänpäiväiset suunnitteluohjelmistot ovat siis oivallinen työkalu rinnakkaissuunnitteluun. Yksi suunnitteluohjelmistojen kätevimmistä työkaluista on kokoonpanon räjäytystoiminto, jolla saadaan hyvin havainnollistettua osien keskinäisiä suhteita sekä tuotteen kokoonpanoa. Esimerkki kokoonpanon räjäytyksestä on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Kokoonpanon räjäytyskuva.

2D-suunnitteluohjelmistot - kuten Autocad - ovat vielä laajasti käytössä, mutta niiden käyttö on vähenemään päin 3D-mallinnusohjelmien kehityksen myötä. Terminä CAD viittaa enemmän juuri 2D-piirtämiseen, kun taas 3D-suunnittelussa puhutaan mallintamisesta. Yleisesti CAD tarkoittaa kuitenkin molempia.

Virtuaalinen tuotannon testaus ja kokoonpanojen suunnittelu ovat helpottuneet huomattavasti ohjelmistotyökalujen kehittymisen seurauksena. Nykyään virtuaalisia 3D-malleja voidaan käyttää aikaisemmin tuotannon tukena ja osien valmistusta voidaan optimoida simuloimalla valmistukseen käytettävien koneiden liikeratoja suoraan 3D-mallissa. Useimmiten simulointi tai muu vastaava toiminto ei ole kuitenkaan mahdollista ohjelmiston peruspaketissa, vaan ominaisuus joudutaan hankkimaan varsinaisen mallinnusohjelmiston lisäosaksi.

Tuotteiden mekaniikkasuunnittelu tapahtuu nykyään valtaosin 3D-suunnittelutyökaluilla. Tämä tarkoittaa, että kokoonpanoista on jo melko aikaisessa vaiheessa käytössä havainnollisia malleja, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tuotannossa ei kuitenkaan käytetä 3D-mallinnusohjelmistojen tarjoamaa koko potentiaalia aina hyödyksi. Valmistettavuutta ja kokoonpantavuutta voitaisiin parantaa, jos 3D-malleihin saataisiin palautetta jo suunnittelun alkuvaiheessa. Monimutkaisten tuotteiden kokoonpano voitaisiin jopa simuloida 3D-mallin avulla. Näin voitaisiin saavuttaa huomattavasti havainnollisempi toimintamenetelmä verrattuna kokoonpano-ohjeiden jakamiseen paperilla. Yleensä uudet kehitysideat pohjautuvat olemassa oleviin tuotteisiin. Palautteen kerääminen aikaisessa vaiheessa tuotteesta ja toiminnasta voitaisiin siis käyttää paremmin hyödyksi, mikä olisi tärkeää tulevaisuuden kehitystoiminnan kannalta. Asiakasvarioituvassa toimintaympäristössä 3D-malleilla pystyttäisiin myös tukemaan myynnin toimintaa tarjoamalla jo valmistetuista malleista pohja myytävälle tuotteelle. Tällä alueella voidaankin nähdä merkittävä kehityskohde. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

2.3. PDM

PDM tarkoittaa tuotetiedon hallintaa (Product Data Management) tai nykyään monessa tapauksessa tuotetiedon hallintaan tarkoitettua erillistä järjestelmää. Tuotetiedon hallinta on yksi oleellisimmista asioista yrityksissä, joissa valmistetaan paljon täysin uusia tuotteita ja jos tuotteissa esiintyy runsaasti varioituvuutta. Tällöin jokaista tuotetta varten tehdään suunnittelua ja siten luodaan lisää hallittavaa tietoa.

Tuotetiedonhallinnan ydin on yrityksen valmistamaan tuotteeseen liittyvän tiedon luominen, säilyttäminen ja tallentaminen. Tuotteiden tietojen käsitteleminen vaikuttaa luonnollisesti koko yrityksen päivittäiseen toimintaan, joten tarvittavan tiedon löytäminen, jalostaminen, jakelu ja uudelleenkäyttö tulee myös olla helppoa, nopeaa ja vaivatonta. Toisin sanoen, jo kerran tehtyä työtä tulee voida hyödyntää uudestaan paikasta, ajasta ja tiedon omistajasta riippumatta. Järjestelmän ajatuksena on muuttaa yrityksessä toimivien työntekijöiden ja asiantuntijoiden hallitsema tieto koko yrityksen pääomaksi, joka on helposti hallittavissa ja jaettavassa muodossa muille sidosryhmille. Yleensä organisaatiossa tehtyjä dokumentteja on vaikea löytää. Joskus voi olla myös epäselvää, miten tunnistaa alkuperäinen dokumentti uudempien versioiden tai revisioiden joukosta. Yrityksen tuotteisiin liittyvien tietojen oikeellisuus ja nopea saatavuus ovat erittäin tärkeitä asioita useimmissa yrityksen prosesseissa ja niitä pyritään parantamaan nimenomaan tuotetiedon hallinnalla. Tyypillinen ratkaisu on hallita dokumentteja todellisen tiedonhallinnon sijasta. Usein ratkaisuna voi olla dokumenttien hallintajärjestelmä, jossa kyseiset asiat ratkaistaan. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 2002)

Kehittynyt tiedonhallinta on oleellinen osa asiakashallintaa, jossa tiedolla ohjataan toimintaa. Lisäksi koko ajan intensiivisemmäksi muuttuvassa liiketoiminnassa tarvitaan yhä edistyneempiä tietoteknisiä ratkaisuja, jotka auttavat liiketoiminnan ohjaamisessa. Tiedon merkitys liiketoimintaa ohjaavana tekijänä korostuu yritysten toimintaympäristön muuttuessa. Nopea reagointi kilpailijoiden toimenpiteisiin sekä asiakkaiden ja sidosryhmien tarpeiden ennakoiminen ja niihin vastaaminen edellyttävät tehokasta tiedonhallintaa. (Ala-Mutka & Talvela 2004)

Tuotetiedonhallintaa kehitetään jatkuvasti. Yhä useammat yritykset ovat ottaneet käyttöönsä PDM-järjestelmän. Tämä johtuu ennen kaikkea tuotteiden, niiden luomisen, ylläpitämisen, ja toimittamisen hallinnan monimutkaisuudesta ja tietomäärän kasvamisesta. Asiakasräätelöinti monimutkaistaa tuotteita, joiden elinkaaret ovat lyhenemässä. Laatuvaatimukset kiristyvät ja asiat ja tuotteet on tehtävä kerralla oikein. Lisäksi standardit edellyttävät tuotetietojen arkistointia monesti jopa koko tuotteen elinkaaren ajalta. Tarvittavan tiedon määrä on siis lyhyessä ajassa moninkertaistunut, tieto on hajautunut ja sitä tulisi hallita yhä tuottavammin, suhteellisesti alenevilla budjeteilla ja henkilömäärillä. Yritysten on pakko keksiä keinoja ratkaista jokapäiväisiä arjen ongelmiaan. Tuotekehitystä halutaan hajauttaa niin yritysten sisällä kuin yritysten välilläkin. Nämä seikat ovat johtaneet huomion kiinnittämiseen tuotetiedon hallintaan entistä enemmän. Monesti ajatellaan, että tiedonhallinnan ongelmat ratkeavat pelkällä PDM-järjestelmän käyttöön otolla, mutta tuotetiedon hallinta ei kuitenkaan ole pelkästään tietotekniikan hyödyntämistä. Riippumatta siitä, onko yrityksellä käytössä erillistä PDM-järjestelmää vai ei, joudutaan samoja tuotetiedon hallintaan liittyviä kysymyksiä kuitenkin pohtimaan. Yrityksen tuotetiedon hallinnan kehittäminen on siis laaja hanke, eikä sitä suinkaan aloiteta PDM-järjestelmän valinnalla. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 2002)

PDM on tietojärjestelmänä monesti laaja kokonaisuus toimintoja ja ominaisuuksia, joilla pyritään tukemaan erilaisia tiedon luomisen, tallentamisen, päivittämisen, jakelun, hyödyntämisen ja etsinnän prosesseja. PDM-järjestelmälle tyypillisiä ominaisuuksia Sääksvuoren ja Immosen [2002] mukaan ovat:

1. Nimikkeiden hallinta – Järjestelmä hallitsee nimikkeen tietoja ja elinkaarta sekä kontrolloi yhdessä käyttöoikeuksien ja muutoshallinnan kanssa nimikkeiden perustamiseen ja ylläpitoon liittyviä prosesseja.
2. Tuoterakenteen hallinta ja ylläpito – Järjestelmä tunnistaa yksittäisen tiedon ja sen yhteydet toisiin tietoihin tuoterakenteen avulla, joka muodostuu hierarkkisesti yhteen liitetyistä nimikkeistä.
3. Käyttöoikeuksien hallinta – Järjestelmän avulla määritetään organisaation jäsenten oikeudet koskien järjestelmän hallitsemaa tietoa.
4. Dokumenttien ja nimikkeiden tilan ylläpito – Järjestelmä ylläpitää tietoa kunkin dokumentin tilasta ja tilaan tehdyistä muutoksista.
5. Tiedon hakeminen – Järjestelmä tehostaa ja helpottaa tiedon hakemista niin, että

on helpompaa hyödyntää olemassa olevaa tietoa. Voidaan helposti tuoda esiin kaikki tiedot koskien esim. jotain tuotetta. Saadaan helposti ja nopeasti selville, miten tiedot liittyvät toisiin tietoihin.

6. Muutosten hallinta – Saadaan viimeisin tieto perille oikeaan paikkaan ja aikaan.
7. Konfiguroinnin hallinta – Esimerkiksi asiakkaan toiveiden mukaan tehty tuoterakenteen variointi.
8. Viestien hallinta – Järjestelmä mahdollistaa organisaation tiedonvälityksen radikaalin tehostamisen erityisesti hajautetussa toimintaympäristössä, jopa maailmanlaajuisesti.
9. Tiedostojen ja dokumenttien hallinta – Tieto siitä, mikä tieto sijaitsee missäkin.
10. Tiedon katoamisen estäminen päivitysten aikana.
11. Varmuuskopioiden hallinta – Automaattinen loki tehdyistä varmuuskopioista.
12. Lokikirjanpito – Voidaan jäljittää kaikki tehdyt toimenpiteet.
13. Tietoholvi – Tiedostojen tallennuspaikka.

ERP-järjestelmien yleisenä tavoitteena on hallita lähes kaikkia yrityksen tietoja, joten myös tuotetiedon hallintaan liittyvät toiminnot voidaan ajatella kuuluvan ERP-järjestelmien alueelle. On tärkeää määritellä työnjako PDM:n ja ERP:n välillä, koska järjestelmissä usein käsitellään samoja tietoja. Tuotetiedonhallintaan erikoistuneissa järjestelmissä on paljon erityisesti nimikkeiden ja dokumenttien käsittelyyn tarkoitettuja toimintoja ja piirteitä, jotka ovat harvinaisia esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmissä tai CAD-järjestelmissä. Toisaalta PDM- järjestelmissä ei ole yleensä ominaisuuksia, joita on toiminnanohjausjärjestelmissä. Näin ollen ERP ja PDM eivät sulje toisiaan pois vaan voivat täydentää toisiaan. (Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 2002)

PDM-järjestelmät ovat olleet perinteisesti tuotetiedon tuottajien, kuten tuotekehityksen, pääjärjestelminä. ERP-järjestelmät taas ovat olleet tiedon käyttäjien, kuten tuotannon, järjestelminä. PDM:ssä hallitaan nimikkeitä ja nimikerakenteita, mutta harvoin nimikkeiden varastosaldoja tai tilauskantaa. Näitä tietoja hallitaan toiminnanohjausjärjestelmien avulla, mutta esimerkiksi nimikkeiden perustiedot saatetaan lukea PDM-järjestelmästä. Tuotetiedolla voidaan periaatteessa tarkoittaa kaikkia tuotteeseen liittyviä tietoja, mutta yleensä tuotetiedon hallinnalla tarkoitetaan ennen kaikkea tuotteiden teknisiä tietoja. PDM-järjestelmä ei yleensä esimerkiksi käsittele hinta- tai valmistusaikatietoja. Tuotetieto- ja toiminnanohjausjärjestelmien välille onkin käytännössä rakennettava yhteys, joka voi esimerkiksi tarvittavan liitoksen laajuudesta ja käytettävistä tietokannoista riippuen toimia siirtotiedostojen pohjalta tai tietokantaintegraatiolla. (Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 2002)

Useat PDM-järjestelmät ovat kehittyneet alun perin eri CAD-ohjelmien piirustusten hallintaan tehtyjen ohjelmistojen pohjalta. Vähitellen ohjelmiin on kuitenkin tullut lisää toiminnallisuksia, ja nykyään tuotetiedonhallintaohjelmat eivät yleensä enää ole esimerkiksi CAD-ohjelmien lisäosia. Pikemminkin ne toimivat hyvin laajasti

kaikenlaisten sovellusten kanssa, joista CAD on vain yksi. Työnjako PDM- ja CAD-järjestelmien välillä on kuitenkin selvä: PDM-järjestelmällä hallitaan sitä tietoa, mitä CAD-ohjelmalla on tuotettu. PDM:ssä ei ole kuitenkaan varsinaiseen mallinnustyöhön liittyviä toiminnallisuuksia. (Sääksvuori & Immonen 2002)

Myös piirustusten otsikkotauluihin ja osaluetteloihin tulevat nimikekohtaiset tiedot voidaan lukea esimerkiksi PDM-järjestelmän nimiketietokannasta. Tämä voi tapahtua muun muassa siten, että suunnittelija ajaa osaluettelotietoja täyttäessään aliohjelmat, eli makron, joka noutaa CAD-ohjelman näytöllä olevaan malliin liittyvien nimikkeiden tiedot PDM:n tietokannasta, ja siirtää ne osaluetteloon haluttuihin sarakkeisiin. (Sääksvuori & Immonen 2002)

Kohdeyrityksessä on käytössä SolidWorksin lisäosa CustomTools, jonka avulla pystytään helposti lisäämään tietoja 3D-malleihin sekä linkittämään tietoja esimerkiksi piirustuksiin. Sillä voidaan mahdollistaa toistuvien ja monimutkaisten tehtävien automatisointi. CustomToolsin avulla voidaan toteuttaa yhtenäistä tietojenkäsittelyä koko yrityksen mittakaavassa ja siten lisätä tehokkuutta ja täsmällisyyttä. Lisäosassa on myös hakutoiminto, jolla mallinnettuja osia voidaan etsiä halutuilla parametreilla. CustomTools toimii eräänlaisena SolidWorks-dokumentin mukana kulkevana tietokantana, jonka sisältö voidaan räätälöidä täysin käyttäjälle sopivaksi. Suunnitteluun ja valmistukseen yms. liittyvien tuotetietojen hallinta tapahtuu suoraan SolidWorks-käyttöliittymässä. CustomToolsissa on siis PDM-järjestelmän ominaisuuksia, vaikka se ei sellainen varsinaisesti olekaan. Tässä työssä se voidaan kuitenkin rinnastaa esimerkiksi varsinaisiin PDM-järjestelmiin, joita on saatavilla SolidWorksiin lisäosina. (CadOn 2010, CustomTools 2010)

3. JÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ YRITYKSESSÄ

Luvussa on esitetty integroitavien järjestelmien käyttö tilaus-toimitusprosessin mukaisessa järjestyksessä. Järjestelmien käyttöä ei ole käyty yksityiskohtaisesti läpi vaan on keskitytty lähinnä toimintaan, johon integraatiolla on suurimmat vaikutukset. Viimeisenä on esitetty järjestelmien nykyisessä käytössä ilmenneitä ongelmia. Tammerneon Oy:n yksinkertaistettu tilaus-toimitusprosessi on esitetty liitteessä 1.

3.1. Myynti

Tilaus-toimitusprosessi lähtee liikkeelle myyntiosastolta, jossa myydään asiakkaalle vakiotuote tai asiakkaan itse määrittelemä tuote. Melkein kaikki yrityksen tuotteet sisältävät ainakin jonkin verran räätälöintiä, usein koko tuote on räätälöity asiakasvaatimusten mukaisesti. ERP-järjestelmään luodaan myyntiosastolla myyntinimikkeet, jotka ovat yleensä suurempia kokonaisuuksia, esimerkiksi pääkokoonpanoja. Myyntinimikkeisiin lisätään vielä suunnittelua varten nimikekohtaiset lähtötiedot ennen kuin niistä tehdään myyntitilaukset ja prosessi etenee suunnitteluosastolle. Lähtötiedot ovat erilaisia asiakkaasta riippuen ja vaihtelua on muutamasta lauseesta paksuun tuotekatalogiin asti.

3.2. Suunnittelu

CAD-suunnittelija tekee myynniltä saatujen lähtötietojen perusteella tuotteesta ja sen osista 3D-mallit CAD-ohjelmistolla. Mallien nimeäminen juoksevasta numerosarjasta ja lisätietojen kirjoittaminen osille tehdään CustomToolsin Custom Properties -valikossa (jatkossa suunnitteluvalikko), joka on esitetty kuvassa 6. Tiedot linkittyvät automaattisesti mallista tehtävän piirustuksen otsikkotaulun tekstikenttiin. Nykyinen otsikkotaulu on esitetty kuvassa 7.

Kuva 6. Nykyinen Suunnitteluvalikko.

Tämä asiakirja on Tammeneon Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa luovuttaa kolmannelle osapuolelle tai muuten käyttää ilman Tammeneonin kirjallista lupaa. This document is property of Tammeneon and it is not allowed to represent or give to a third party.					
Path Drw - Polku Piir	Draw2.sldrw				
Path Model - Polku Malli					
Color - Väri	Projection - Projektiio	Scale - Mittakaava	g	Name - Nimi	Date - Päiväys
Material - Materiaali		1:1		Drawn - Piirsi	
Size - Koko				Checked - Tark.	
Product - Tuote				Approv. - Hyv.	
Part - Osa	Customer - Asiakas				
Tammeneon		THE IMAGE BUILDER		Drw No - Piir. Nro	Rev - Ver
					Page - Sivu 1 / 1
				PwEd	A3

Kuva 7. Nykyinen otsikkotaulu.

Käytössä oleva osaluettelo (Kuva 8) on sama sekä osille että kokoonpanoille. Osille taulussa on varsinaista lisätietoa vain aihiomitat, koska muut taulun tiedot ovat myös otsikkotaulussa.

Osa nro	Piir. Nro	Osa	Materiaali	Mitat	kpl
1	TN123456	Etupintalevy	Alumiini	800X1200	2

Kuva 8. Esimerkki nykyisestä osaluettelosta.

Teräs- ja alumiinirunkoja mallinnetaan myös SolidWorksin Weldments-työkalulla. Mallinnustapa eroaa kokoonpanosta siten, että osien liittämisen sijaan piirretään rautalankamalli, johon valitaan kullekin viivalle käytettävä profiili. Tällä työkalulla tehtyä metallirakennetta käsitellään mallinnusohjelmassa osana eikä kokoonpanona. Weldments-työkalua käytettäessä osan piirustukseen liitetään katkaisulista (Kuva 9), johon on eritelty jokaiseen osaan käytetty profiili ja osan pituus.

Osa nro	Määrä	Nimike	Aihiomitat	Pituus
1	2	Neliöputki	15x15x1	1500

Kuva 9. Esimerkki nykyisestä katkaisulistasta.

Suunnittelija tekee mallista piirustukset, joissa on projektioita mallista eri suunnista. Myös kokoonpanon räjäytyskuvat tai yksityiskohtaiset ohjeistuskuvat tehdään niitä tarvittaessa. Lopuksi suunnittelija tallentaa mallit, piirustustiedostot ja piirustuksista tehdyt tiedostomuunnokset kuten PDF- ja DXF-kuvat projektikohtaiseen kansioon. Kun suunnittelutyö on valmis, suunnittelija tekee merkinnän myyntitilauksiin ERP-järjestelmässä.

3.3. Tuotanto ja osto

ERP-järjestelmään luodaan tuotenimikkeet mallin kokoonpanosta, osakokoonpanoista sekä osista. Osa nimikkeiden tiedoista saadaan 3D-suunnittelijoiden tekemistä piirustuksista, loput tiedoista täyttää tuotannosuunnittelija. Myyntinimikkeille luodaan rakenteet eli osahierarkiat ja materiaalit, jotka ovat projektia varten luotuja tuotenimikkeitä tai aikaisemmin määriteltyjä vakio-osa- ja materiaalinimikkeitä. Suunnittelurakenteesta luodaan siis valmistusrakenne määrittämällä tarkemmin käytettävät materiaalit. Tuotteelle tehdään vaiheistus ja jokainen tuotteen osa sidotaan johonkin vaiheeseen. Rakenteelle tai yksittäiselle nimikkeelle lisätään myös CAD-ohjelmalla tehdyt piirustukset manuaalisesti OLE-linkkiin (Object Linking and Embedding). Piirustuksista nähdään esimerkiksi osien geometria, tärkeimmät mitat, massa, asiakas sekä mahdollisesti myös jotain materiaalmääriä. Piirustuksista lasketaan myös pinta-aloja esimerkiksi maalimäärien tarvetta varten.

Kun ERP-järjestelmään on lisätty rakenne, materiaalmäärät, vaiheistus ja piirustukset, tehdään nimikkeistä tarvittavat tuotantotilausehdotukset ja prosessi siirtyy valmistusvaiheeseen. Ennen tuotteen varsinaista valmistusta täytyy ostosaston luonnollisesti tehdä tarvittavat hankinnat, joita varten tuotannosuunnittelija tekee ostotilausehdotukset ostosastolle. Ostosastolla tehdään varastonimikkeiden hankinnat tarpeen mukaan sekä ostotilaukset ostotilausehdotusten mukaan.

3.4. Tietovirta-analyysi

Lapinleimun et al. [1997] mukaan yrityksen tietovirrat voidaan jakaa karkealla tasolla seuraaviin kahteen osaan:

- Geometriseen (tuotteen muotoon ja ominaisuuksiin perustuvaan) tietovirtaan tuotesuunnittelusta työsuunnittelun kautta valmistukseen.
- Tilaustietoon (tuotteen rakenteeseen sekä materiaalien ja resurssien hallintaan perustuvaan tietovirtaan) markkinoinnista tuotannonohjauksen kautta valmistukseen.

Eri toimintojen tarvitsemista tiedoista ja niiden muodoista tehdään analyysi tiedon siirron järjeistämiseksi. Analyysin tavoitteena on vähentää siirrettävää tietoa, poistaa päällekkäisyyksiä, lisätä tiedon havainnollisuutta sekä parantaa tiedon käyttökelpoisuutta. Lapinleimu et al. esittävät kirjassaan esimerkin, jossa tietovirroista voidaan muodostaa matriisi selvittämällä jokaisen toiminnon osalta seuraavat tiedonkäsittelyä koskevat kysymykset:

- Kuinka haluamme prosessin toimivan ja millainen on prosessin vuorovaikutussuhde ympäristönsä kanssa?
- Kuinka varmistamme, että prosessi toimii kuten haluamme?
- Mitä lähtötietoja tarvitaan sekä mistä, miten ja missä muodossa ne saadaan?
- Mitä, miten ja missä muodossa tietoja tuotetaan?
- Mitä tietoja mihinkin jaetaan?
- Missä muodossa tietoja jaetaan?

On siis kysymys myös prosessin ja toimintojen mallintamisesta. Ajattelutavassa on paljon yhteneväisyyksiä laatuajrjestelmän kehittämisen kanssa. Taulukossa 1 on esitetty osastojen tarvitsemat ja tuottamat tiedot vastualueittain.

Taulukko 1. Vastualueiden tarvitsemat ja tuottamat tiedot.

	Mitä tarvitsee?	Mitä tekee?	Mitä tuottaa?
Myynti	Asiakkaan tiedot, tarjouspyyntö asiakkaalta lähtötietoineen.	Tarjouspyynnön arviointi, ABC-analyysi, alustavat materiaalivalinnat, hinnoittelu.	Perustaa ERP-järjestelmään projektit, myyntinimikkeet ja myyntitilaukset lähtötietoineen.
Suunnittelu	Myyntitilaukset lähtötietoineen ERP:ssä, asiakkaan tuotekatalogit.	Suunnittelee uudet tuotteet, tekee tuotteista 3D-mallit, suunnittelurakenteen ja piirustukset, laatii valmistusta tai kokoonpanoa koskevat dokumentit.	Dokumenteja tuotteista sekä niiden valmistuksesta ja kokoonpanosta.
Tuotannon suunnittelu	Myyntitilaukset lähtötietoineen ERP:ssä, suunnittelurakenteet, piirustukset tuotteista.	Suunnittelurakenteen tarkennus valmistusrakenteeksi, valmistusnimikkeiden luominen, piirustusten linkitys projektikansioista, maalimäärien laskeminen, työn vaiheistus, kuormitustiedot, varastojen hallinta	Nimikkeiden rakenteet, työjonot valmistusryhmittäin, työmääräimet, ostoehdotukset varastotarpeen mukaan tai alihankintana ERP-järjestelmään.
Osto	Ostoehdotukset- tai tarve, piirustukset tuotteista.	Toimittajien kilpailutus, hankintaehdotusten luominen varaston tai tuotannon näkökulmasta.	Ostotilaukset ja ostonimikkeet ERP-järjestelmään.
Tuotanto	Ostotilaukset, työjonot, työmääräimet, tuotantorakenne.	Tuotteiden valmistus työjonon mukaisesti, tuntien ja materiaalien kirjaus ERP-järjestelmään.	Kuormitustiedot

3.5. Ongelmia nykyisessä toiminnassa

Suurimmat ongelmat ilmenevät tiedon etsimisessä. Koska CAD-suunnittelijat eivät käytä ERP-järjestelmää eivätkä toiminnanohjauksen suunnittelijat CAD-ohjelmaa, tietoa haetaan monesta eri paikasta eri nimillä, mikä väistämättä johtaa epäselvyyksiin ja ajan tuhlaamiseen. Tiedostojen ja niiden sisältämien tietojen tallentamisessa ja

nimeämisessä ei ole järjestelmällisyyttä, ja samaa tietoa voi olla monessa eri paikassa. Myös revisioiden hallinta on vallitsevassa tilanteessa vaikeaa ja esimerkiksi samasta piirustuksesta voi olla käytössä monta revisiota samaan aikaan.

Sekä ERP-järjestelmän nimikkeiden että CAD-mallien tiedot riippuvat liikaa käyttäjästä. Nykyisen suunnitteluvalikon (kuva 7, kokonaisena liitteessä 2) tiedot lisätään kirjoittamalla tyhjiin tekstikenttiin, jolloin tiedot ovat täysin suunnittelijan itse määritettävissä. Tällöin ei voida saavuttaa yhtenäisyyttä tuotetiedoissa ja riski virheisiin on suuri. Myös kenttien jättäminen täysin tyhjiksi on mahdollista. Tietoja on vaikea hakea tehokkaasti, jos samankaltaisetkin tuotteet ovat nimettyinä eri tavalla, ja vielä kahdessa eri järjestelmässä. Myös piirustuksissa näkyy suunnittelijakohtainen kädenjälki, koska esimerkiksi mallista näytettävät projektiot ovat suunnittelijan päätettävissä.

3D-mallien ja piirustusten nimet saadaan juoksevasta numerosarjasta, jolla ei kuitenkaan ole mitään yhtäläisyyttä ERP-järjestelmän nimikkeiden kanssa. 3D-mallien, niistä tehtyjen piirustusten ja ERP-järjestelmään luotujen nimikkeiden välillä ei ole muuta yhteyttä kuin manuaalisesti nimikkeisiin linkitetyt piirustukset. Toiminnanohjauksessa joudutaan etsimään piirustukset projektikohtaisesta kansiorakenteesta, jotta linkitys onnistuisi. Koska tiedostojen nimeäminen eroaa nimikkeiden nimeämisestä, joudutaan pahimmassa tapauksessa kaikki projektin piirustukset käymään läpi oikean piirustuksen löytymiseksi.

Materiaalien laskenta vie myös paljon aikaa. Toiminnanohjauksessa materiaalmäärät lasketaan suoraan piirustuksissa olevien mallien mitoista ja geometrioista, jolloin esimerkiksi monimutkaisten levygeometrioiden laskeminen on hidasta, jos piirustukseen on merkitty vain päämitat.

Tammerneon Oy valmistaa korkealaatuisia tuotteita asiakkaan antamien lähtötietojen perusteella, eikä projektikohtaisesta toiminnasta olla luopumassa ainakaan lähitulevaisuudessa. Asiakkaan mukaan räätälöitävät tuotteet vaativat kuitenkin aina uutta suunnittelutyötä, johon kuluu aikaa ja rahaa. Vaikka toiminta on projektityötä eikä uudelleenkäyttö ole aina mahdollista, voisi se silti olla tuotteiden ja tehdyn suunnittelutyön kohdalla nykyistä tehokkaampaa.

4. TUOTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

Järjestelmäintegraation lisäksi työn tavoitteena oli tutkia toiminnan ja tuotteiden kehittämistä siten, että suunnitteluun saataisiin lisää tehokkuutta. Luvussa on käyty läpi suunnittelutoimintaa eri laatu näkökulmista sekä hyötyjä, joita tuotteiden vakioinnilla voitaisiin saavuttaa.

4.1. Toiminnan parantaminen

Prosessijohtamisessa ohjaus ja organisointi eivät tapahdu funktionaalisesti, vaan ensisijaisesti prosessien pohjalta. Lähtökohtana on yrityksen ydinprosessien ja niiden suoritusmittarien tunnistaminen. Tyypillisiä ydinprosesseja teolliselle yritykselle ovat esimerkiksi uuden tuotteen kehittäminen ja sen saattaminen markkinoille sekä operatiivinen tilaus- ja toimitusketju. Kyseiset ydinprosessit leikkaavat yrityksen eri yksiköitä sekä ulottuvat oman yrityksen ulkopuolelle kattaen myös asiakkaiden, alihankkijoiden, jälleenmyyjien ja muiden sidosryhmien toimintoja. Olennaisinta prosessijohtamisessa on siis horisontaalinen toiminnan ohjaus, joka perustuu asiakkaan tarpeisiin. (Hannus 1993)

Hannuksen [1993] mukaan yrityksen prosessien suoritustekijät voidaan jakaa ydinprosessien ja operatiivisen tason suoritustekijöihin. Asiakastyytyväisyys kuvaa ulkoisten ja sisäisten asiakkaiden asettamien odotusten hallintaa ja toteuttamista. Asiakastyytyväisyyden mittarit operatiivisella tasolla määrittellään eri laatutekijöiden ja toimitustäsmällisyyden perusteella. Joustavuus ja nopea reagoiminen ovat oleellisia suoritusmittareita, joiden perustana on osaamisen jatkuva kehittäminen. Näillä mittareilla kuvataan prosessin sopeutumiskykyä asiakastarpeiden tai toimintaympäristön muuttuessa. Tehokkuudella kuvataan kuinka tehokkaasti aikaa ja muita resursseja hallitaan asiakastyytyväisyyden ja joustavuuden saavuttamiseksi. Asiakastyytyväisyys, joustavuus ja tehokkuus ovat ydinprosessien tärkeimmät suoritustekijät. Operatiivisella yksikkö- ja työryhmätasolla keskeisimmät suoritustekijät voidaan jakaa seuraaviin osiin:

- Laatu sisäiselle tai ulkoiselle asiakkaalle – Asiakkaan vaatimukset täyttävät toimitukset tai palvelut.
- Sisäinen sekä ulkoinen toimitusaika ja -varmuus – Sisäiset läpimenoajat ja valmistuksen läpäisy aika sekä dokumenttien käsittelyajat eri osastoilla.
- Kustannukset ja hukka – Arvoa tuottavien toimintojen vaatima aika suhteessa kokonaisläpimenoaikaan.

Tietotekniikan avulla voidaan tehokkaasti uudistaa ydinprosesseja ja kehittää toimintaa jatkuvan parantamisen tai radikaalien kertaparannusten kautta. Jatkuvan parantamisen mallissa olemassa olevia tietojärjestelmiä kehitetään edelleen käyttäjien tarpeiden pohjalta. Ydinprosessien uudistamisen ja tietojärjestelmien uudistamisen tulee nivoutua tiiviisti toisiinsa. (Hannus 1993)

Useimmissa yrityksissä organisaatorakenteet perustuvat perinteiseen funktionaaliseen työnjakoon. Funktionaalissa rakenteessa saman työnkuvan omaavat henkilöt kootaan samaan organisaatioyksikköön. Teollisuusyrityksessä ja sen tulosityksiköissä rakenne muodostuu siten monesti esimerkiksi osto-, suunnittelu-, tuotanto-, varastointi-, jakelu-, myynti- ja huolto-osastoista. Funktionaalista rakenteesta seuraa osaoptimointitilanne, jossa jokainen yksikkö saattaa ajaa vain omaa etuaan ja omia tavoitteitaan. Yrityksen asiakkaat eivät kuitenkaan arvioi yrityksen toimintaa funktionaalisesti vaan vertikaalisesti. Asiakkaille yrityksen ja sen alihankkijoiden sisäisellä vastuunjaolla ei ole mitään merkitystä. Funktionaalinen työnjako yrityksen sisällä sekä yrityksen ja sen alihankkijoiden välillä johtaa käytännössä usein päällekkäiseen toimintaan, sitoutuneen pääoman hitaaseen kiertoon, huonoon laatuun sekä sisäiseen kaupankäyntiin, jolla ei ole lopulliselle asiakkaalle mitään arvoa. Panostamalla yrityksen sisäisen toiminnan kehittämiseen, parannetaan asiakkaalle arvoa tuottavan toimintaketjun kaikkien lenkkien laadunvarmistusta. Tällöin yrityksen sisäiset muutokset näkyvät asiakkaalle myös konkreettisesti tuotteen parempana laatuna. (Hannus 1993)

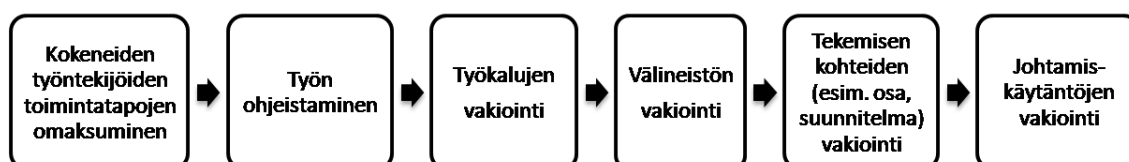
Projektiorientoituneessa organisaatiossa tuotekehitystoimintaa tarkastellaan tyypillisesti yksittäisten projektien näkökulmasta. Tällöin tiedostamattaankin toistetaan aktiviteetteja kuin ne olisivat kertaluontoisia tai jätetään toistuvia tehtäviä huomiotta. Kehitystoiminnassa on kuitenkin sekä toistuvia että kertaluontoisia tehtäviä. Tuotteiden alustarakenteet sekä eritasoiset vakiosuunnitelmat ovat tuotannossa toistuvia elementtejä. Niiden suunnittelu ja ylläpitäminen voidaan erottaa tuotekehitysprojekteista erillisiksi, mutta ei kuitenkaan täysin riippumattomiksi tehtäviksi. Eriyttäminen parantaa erityisesti kohteen suunnitelmien laatua ja tuotekehityksen tehokkuutta, mutta välillisesti myös tuotannon laaduntuottokykyä. Tuotekehityksessä pyritään vähentämään hajontaa, mutta myös säilyttämään luovuus. Alemman tason tehtäviä vakioimalla voidaan saavuttaa joustavuutta myös ylemmällä tasolla. Kehittämällä tuoterakenteiden riippumattomuutta ja uudelleenkäyttöä, on mahdollista pyrkiä yhtenäiseen tuotearkkitehtuuriin ja modulaarisuuteen. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

Tuotekehitys, strategiasta yksityiskohtaiseen suunnitteluprosessiin, voi kehittyä toimintatapojen, suunnitelmien tai vaaditun dokumentoinnin puitteissa. Näitä tukemassa ovat erilaiset tarkistuslistat, joiden avulla tarkastetaan aina vaiheiden päätteeksi, onko asiat tehty oikein. Tuotekehityksessä tarkistuslistoja on käytetty suunnittelun tukena jo pitkään. Parhaiksi havaittujen käytäntöjen vahvuudet voidaan hyödyntää vain, jos ne on integroitu koko prosessin tukemiseen. Toiminnan vakioimisessa on kyse tehtävien,

niiden suoritusjärjestyksen ja niihin kuluvan ajan vakioinnista sekä näistä saatujen tietojen hyödyntämisestä prosessien kehittämisessä. (Huhtala & Pulkkinen 2009, Mörup 1993)

Usein merkittäviä tuloksia voidaan saavuttaa yhtenäistämällä toimintatapoja organisaation sisällä. Työntekijöillä voi olla useita erilaisia tapoja toteuttaa samoja toimintoja, jos niitä ei ole ohjeistettu millään tavalla. Kohtiin, joihin ei ole olemassa menettelyä, tulee laatia sellainen. Huolehditaan siis siitä, että tehdään oikeita asioita. Tämä edellyttää nykyisen toiminnan sekä sen parantamiseen tarkoitettujen menetelmien ymmärtämistä. Pyrkimyksenä on siis parempi toiminnan tasalaatuisuus ja hajonnan pienentäminen prosessissa. Oppiminen ja tiedon levittäminen ovat yksi tärkeimmistä asioista tässä yhteydessä. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

Työnjohto sekä tiimien vetäjät ovat lähimpänä suorittavaa tasoa. Tällä tasolla ongelmanratkaisu ja kehittäminen voi ilmetä toiminnan hajonnan ja siitä seuraavan tuhlauksen eliminointina. Yksi käytännön lähestymistapa toiminnan kehittämiseen on vakioidun työn käsite. Sen mukaan jokaiselle prosessille on olemassa paras ja luotettavin sisältö, järjestys ja suoritustapa. Tätä kokonaisuutta kehitetään jatkuvan parantamisen periaattein eteenpäin. Työllä on siis vakioinnista huolimatta dynaaminen sisältö. Samalla vakioitu työ on myös menetelmä sen sisällön määrittämiseen. Työn vakioinnin kehittämisessä voidaan erottaa kuvassa 10 esitetyt vaiheet. Kuvan vaiheita voidaan tarkastella organisaation kypsyystason kehittymisenä. Kahdella alimmalla tasolla pyritään edistämään vakiointia kopioimalla parhaita toimintatapoja sekä kehittämällä työn ohjeistusta. (Huhtala & Pulkkinen 2009)



Kuva 10. Vakioitu työ ja kehittymisen portaavat. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.76)

Prosessijohtamisen periaatteet nostavat kannattavuuskriteerien rinnalle selkeästi laatuun ja aikaan perustuvat kriteerit. Laatuksiteereitä voidaan tarkastella esimerkiksi TQM:n (Total Quality Management) tai DFQ:n (Design For Quality) pohjalta ja aikakriteereitä taas TBM:n kautta (Time-based Management). Tammerneon Oy:ssä pyritään selkeästi asteittain siirtymään funktionaaliseen toimintatavasta prosessijohtamisen periaatteita hyödyntävään toimintaan. Tästä esimerkkeinä ovat 3D-suunnittelun ja toiminnanohjauksen yksiköiden tuleva fuusio sekä suunnittelijoiden kokemusperäisten tietojen ja taitojen parempi hyödyntäminen koko suunnitteluosastolla. Yrityksellä on siis vahva pyrkimys yhtenäiseen ja tehokkaampaan toimintaan parantamalla tekemisen laatua ja ajan käyttöä, mihin myös tällä diplomityöllä pyritään.

4.2. Sisäinen ja ulkoinen asiakastyytyväisyys

Laatu voidaan Mörupin [1993] mukaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen laatuun riippuen siitä, onko sidosryhmä ulkoinen vai sisäinen. Ulkoinen sidosryhmä on tuotteen tekijästä riippumaton, esimerkiksi asiakas, loppukäyttäjä tai jälleenmyyjä. Sisäisillä sidosryhmillä tarkoitetaan kaikkia eri osastoja ja työntekijöitä, jotka ovat tuotteen kanssa tekemisissä yrityksen sisällä.

Aito asiakaslähtöisyys tarkoittaa, että koko asiakkaalle arvoa tuottava prosessi on kaikissa vaiheissaan kehitetty tuottamaan parasta mahdollista tulosta myös varsinaisen asiakasrajapinnan takana. Asiakaslähtöisyyden paras keino onkin parantaa varsinaisen asiakasrajapinnan taustalla olevan operatiivisen tilaus-toimitusprosessin suorituskykyä. Jokaisen prosessiin eri vaiheissa osallistuvan työntekijän panos on tärkeää asiakastyytyväisyyden saavuttamiseksi. Asiakkaan tyytyväisyys ei siis ole pelkästään asiakaspalveluhenkilöstöön ja sen motivaatioon liittyvä asia, vaan todellinen tuotettu arvo syntyy koko prosessin vaiheiden summana. Oikein tehtynä laadun kehittämisellä on suora yhteys kustannustehokkuuden parantamisen ja läpimenoaikojen lyhentämisen kanssa. (Hannus 1993)

Tehtäviä asioita on turha ainoastaan luetella, jos samalla ei selitetä, miksi kyseiset asiat tulee tehdä. Toimintalähtöinen kehittäminen takaa sen, ettei mitään tärkeitä prosessin vaiheita laiminlyödä. Laadunohjauksen toteutuksessa ei voida liikaa korostaa systemaattisen menetelmän merkitystä. Ohjausta toteutettaessa on luotava organisaatio, määritettävä vaatimukset ja standardit ja tehtävä päätökset niiden mukaan. Vaatimuksia ja standardeja voivat olla esimerkiksi erilaiset materiaalikriteerit, puolivalmisteita koskevat kriteerit, tuotekriteerit, työvälaineitä koskevat kriteerit, suunnitelmia ja kaavioita koskevat kriteerit, suunnittelustandardit, työohjeet, tekniset standardit sekä prosessinohjauksen standardit. On erittäin tärkeää, että näistä vaatimuksia ja standardeja noudatetaan täsmällisesti. Sattumanvarainen sääntöjen noudattaminen johtaa tilanteeseen, jossa laadunohjaus ei ole tehokasta. (Mizuno 1993)

Moderni ohjausjärjestelmä rakentuu Hannuksen [1993] mukaan muun muassa seuraavan kahden peruseriaatteen varaan:

1. Suoritustavoitteet ja mittarit asetetaan sekä funktionaalisesti (vertikaalisesti) että ydinprosessikohtaisesti (horisontaalisesti). Laatuun ja aikaan (toimitusaika, toimitusvarmuus, läpimenoajat) perustuvia avainmittareita tarkastellaan rinnan kustannustehokkuutta kuvaavien mittareiden kanssa.
2. Kaikki ydinprosessit ja niiden aliproessit tähtäävät asiakkaiden tarpeiden tehokkaaseen tyydyttämiseen. Asiakkaat voivat olla sisäisiä tai ulkoisia.

Prosessijohtamisessa eri funktioiden tavoitteet yhdensuuntaistetaan. Tärkeitä asioita ovat prosessilähtöiset suoritustavoitteet ja -mittarit sekä avoin kommunikointi ja tiivis

yhteistyö osastojen ja työntekijöiden välillä. Operatiivinen tehokkuus jakautuu sisäiseen toiminnan laatuun ja määrälliseen suorituskyykyyn. Toiminnan yhtenäinen laatu konkretisoituu oikeiden asioiden kustannustehokkaana tekemisenä prosessin joka osaluueella. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Hannus 1993)

Prosessitoimintatavassa suorituskyykyyn mittarit ovat voimakkaasti asiakaslähtöisiä, ja myös sisäinen toiminta rakentuu sisäisistä asiakas-toimittajaketjuista. Avoin tiedonkulku, osaamisen jatkuva kehittäminen konkreettisen valmentamisen kautta, itseohjautuvat ryhmät, asiakassolut, monitaitoisuus yms. periaatteet ja käsitteet kuvaavat hyvin tältä osin prosessitoimintatapaa. Yrityksen ongelmana voi olla koko henkilöstön ja muiden voimavarojen suuntaaminen samaan tavoitteeseen. Strateginen tehokkuus ilmenee juuri siinä, muodostavatko eri yksiköt ja yksilöt yhtenäisen tavan toimia eli onko niillä yhtenäinen toimintalogiikka. Yhtenäinen toimintatapa taas perustuu henkilöstön yhteiseen näkemykseen yrityksen strategiasta. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Hannus 1993)

Integrointia voidaan tarvita usealla tasolla. Yrityksen osastojen integrointi mahdollistaa eri asioita tekevien ihmisten laadukkaamman yhteistyön, jotta voidaan saavuttaa halutun strategian tavoitteet. Operatiivisella tasolla esimerkiksi käytettävät työkalut voivat muodostaa rajapinnan johdon ja tuotekehityksen välille tarjoamalla tuotteesta päätöksen tekoa helpottavia tietoja ja malleja. (Mörup 1993)

Sisäistä toiminnan laatua voidaan arvioida kustannussäästöinä eli lähinnä laatukustannuksina, saavutettuna uutena myyntinä ja parantuneena katteena sekä kolmantena palvelun jatkuvuutena asiakkaan näkökulmasta. Tyypillisesti operatiivista tehokkuutta on parannettu uutta teknologiaa yhdistämällä ja toimintatapoja systematisoimalla. Toiminnan laadussa on kyse ensisijaisesti yhtenäisestä ja systemaattisesta tavasta toimia. Ala-Mutkan ja Talvelan [2004] mukaan tällainen toimintatapa edellyttää

- sovittua yhtenäistä tapaa toimia
- toiminnan mittaamista ja seuranta (mitataan lopputuloksen sijasta käytännön tekemistä ja toiminnan edellytyksiä)
- liiketoiminnalle oleellisen asiakastietojen ja tapahtumien ylläpitoa tietojärjestelmässä sekä
- osaamisen, kokemuksen ja asiakastuntemuksen jakamista organisaatiossa.

DFX:ssä suunnittelua tarkastellaan halutun näkökulman X kautta, joka voi tarkoittaa jotain elinkaaren vaihetta, kuten kokoonpanoa, tai yhtä seitsemästä universaalista hyveestä. Hyveitä ovat kustannus, aika, laatu, hyötysuhde, joustavuus, riski ja ympäristömyötäisyys. Yleiset hyveet liittyvät kaikkiin mahdollisiin elinkaarisysteemeihin ja niillä on luonnostaan tärkeä merkitys käyttäjän, tuotteen ja

ympäristön kannalta. DFQ tarkoittaa siis suunnittelua laadun näkökulmasta. (Mörup 1993, Huhtala & Pulkkinen 2009)

Mörupin [1993] tutkimus esittää, että yrityksen tulisi luoda edellytykset DFQ:lle strategian, organisaation, teknologian ja mittausysteemien kautta. Uusien teknologioiden käyttöönottoa ei pidä kuitenkaan mieltää kehityksen loppupisteeksi vaan keinoiksi parantaa kilpailukykyä jatkossa. Lisäksi käytössä tulee olla DFQ:ta tukevia toimintatapoja koskien työkaluja ja tekniikoita, suunnittelun toimintatapoja sekä ulkoisen että sisäisen laadun juurruttamista suunnittelijoiden valintojen perusteeksi työssään. Systemaattiset toimintatavat ratkaisuiden luomiseen yhdessä muiden suunnittelutyökalujen kanssa lisäävät rakennetta ja hallittavuutta yksittäisen suunnitteluinsinöörin tekemään suunnitteluprosessiin. Asiakkaan tarpeiden, odotusten ja jopa arvojen ymmärtäminen tulisi olla suunnitteluryhmän jäseniä ohjaava tekijä jokapäiväisessä työssä.

Tehokkaasta sisäisten asiakkaiden tarpeiden täyttämisestä seuraa yrityksen parempi kustannustehokkuus. Kustannusten aleneminen voi koostua esimerkiksi vähentyneistä laatu- ja kustannuksista, lyhentyneestä läpäisyajasta, vähentyneestä varastointitarpeesta ja sitoutuneesta pääomasta sekä kokonaisuutena paremmasta sisäisestä tehokkuudesta. (Mörup 1993)

Sisäisen laadun konseptin tärkein piirre on sen kvalitatiivinen luonne, koska sen avulla tiedostetaan sisäisten asiakkaiden antaman välittömän palautteen tärkeys lähtökohtana DFQ:lle. Perinteisemmät yrityksen määritelmät laadulle ovat yleensä kvantitatiivisia ja saatavilla vasta suunnittelun ja tuotannon alkamisen jälkeen, jolloin niiden hyödyntäminen DFQ:ssa on liian myöhäistä. Konseptin avulla voidaan kuvata laatua jokaisessa tuotantoketjun vaiheessa asiakkaan vaatimuksista valmiiseen tuotteeseen. (Mörup 1993)

4.3. Aikatehokkuus

Prosessilähtöisessä toiminnan kehittämisessä aikaan perustuva johtaminen on lähestymistapa, jossa aika on kriittinen resurssi ja keskeinen suoritustekijä. Lähtökohtana on asiakaslähtöinen ydinprosessien tarkastelu sekä toimintojen analysoiminen perustuen niiden tuottamaan jalostusarvoon. Tavoitteena on läpimenoaikojen radikaali nopeuttaminen tuottamattomasta ajasta eli hukkaa eliminoimalla. Tuottamattoman ajan eliminoiminen parantaa asiakastyytyvyyttä ja vähentää virheitä. Operatiivisen prosessin aikatehokkuuden tavoitteena on vähentää hankinnan ja tuotannon sisäistä läpäisyäikää. Siten on mahdollista parantaa yrityksen tuotteiden ja palveluiden toimitusvarmuutta asiakkaille. (Hannus 1993)

Mörupin [1993] mukaan tuotekehitysprosessien tulee olla rakenteellisia. Toimenpiteet rinnakkaissuunnittelun mahdollistamiseksi tuotekehityksessä ovat välttämättömiä projektien nopeuttamiseksi ja koko organisaation tietotaidon hyödyntämiseksi yli funktionaalisten rajojen. DFQ-menetelmä toimii kehyksenä, jossa voidaan kyseisen projektin luonteesta riippuen kartoittaa tarkastuspisteet sekä työkalujen, tekniikoiden ja muiden aktiviteettien käyttö.

4.4. Suunnitteluprosessien hajonta

Tuotteen suunnittelussa päätökset eri aktiviteettien aloittamisesta ja toimeenpanosta tekee yksilö. Tuotekehitysprosesseja voidaan kuvata mustiksi laatikoiksi, joiden lähtötiedot ja haluttu lopputulos tiedetään, mutta itse prosessia ei ole määritelty. Tämän takia tulokset ja laatu ovat voimakkaasti riippuvaisia tuotteen suunnittelijasta. Suunnittelijan toimintaan vaikuttavat tiedon lisäksi henkilökohtaiset mieltymykset, aikomukset, kunnianhimo, ymmärrys ja tavoitteet. Näiden asioiden tuloksena suunnittelutulos on jotakuinkin arvaamaton ja vaihteleva kerrasta toiseen. Suunnittelijoille tulisi pystyä iskostamaan sekä yleisenä strategiana että jokapäiväisessä työssä laadun tärkeys asiakkaalle, olipa asiakas sitten ulkoinen tai sisäinen. (Mörup 1993)

DFQ-menetelmässä on kolme eri aktiviteettityyppiä, joille voidaan käyttää eri työkaluja:

1. Spesifikaatiotyökalut – Ohjataan suunnittelijan työtä laatutavoitteiden ja spesifikaatioiden avulla, esimerkiksi tarkistuslistoilla ja standardeilla.
2. Synteesin työkalut – Ohjataan suunnittelijan tekemiä yksityiskohtaisia ratkaisuja esimerkiksi katalogeilla ja suunnittelutyökaluilla.
3. Verifiointityökalut – Verifioidaan ratkaisuiden laatua suhteessa spesifikaatioihin, esimerkiksi käyttövarmuus- ja vikapuu-analysillä.

Mörup [1993] kertoo tutkimuksessaan DFQ:n tärkeimpien näkökulmien olevan teknisten systeemien sekä suunnittelun teoriat. Nämä teoriat on esitelty seuraavaksi.

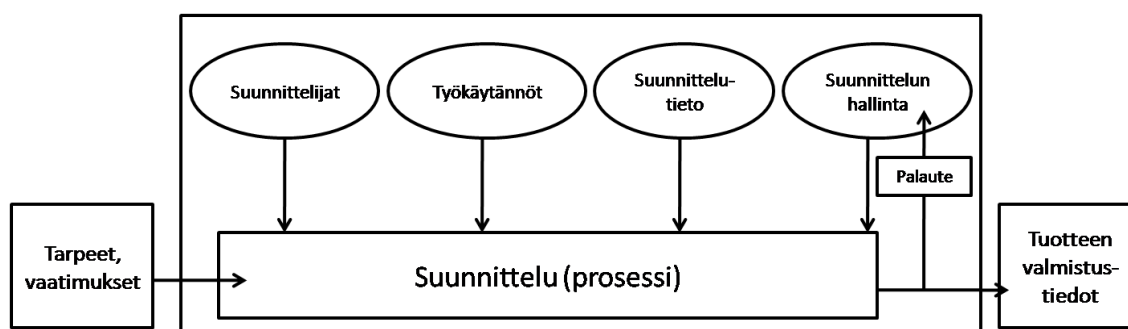
4.4.1. Teknisten systeemien teoria

Useimmissa teknisissä prosesseissa muutosprosessi realisoituu teknisen systeemin ja sen käyttäjän yhteistyönä. Prosessissa muutettavat kohteet muodostuvat joko materiaalista, energiasta tai informaatiosta. Tjalve [1979] esittää, että tuotteen suunnittelussa on olemassa viisi perusominaisuutta. Nämä ovat tuotteen rakenne ja osien suhteet toisiinsa sekä osakohtaiset ominaisuudet, joita ovat muoto, mitat, materiaali ja pinnanlaatu. Tuotteelle voidaan johtaa suunnittelumetodeja vain jos se hahmotetaan useampana systeeminä, joilla kaikilla on omat tuotteeseen vaikuttavat piirteensä. Niin voidaan asettaa sääntöjä teknisten tuotteiden mallintamiseen ja niiden jakamiseen alisysteemeiksi eri hierarkiatasojille. Suunnittelun tekee vaikeaksi se, että

ominaisuuksilla on tuotteessa omat prioriteettinsa, mutta tuotteen yhteen ominaisuuteen ei voida tehdä pieniäkään muutoksia muuttamatta muita ominaisuuksia. (Mörup 1993)

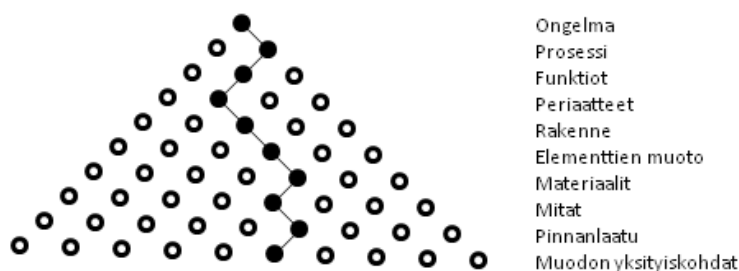
4.4.2. Suunnittelun teoria

Hubkan [1992] mallissa suunnitteluprosessi kuvataan muutosprosessina, jossa vaatimukset muutetaan teknisen systeemin suunnitteluspesifikaatioiksi (Kuva 11). Muutos perustuu olemassa olevaan suunnittelutietoon, suunnittelijoiden antamaan työpanokseen sekä työkäytäntöihin kuten suunnittelutyökaluihin ja -metodeihin. Suunnittelun hallinta ohjaa prosessia. Suunnitteluprosessi voidaan mieltää ”mustana laatikkona”, jonka hallinta ei ole suoraan mahdollista, koska tietoon perustuvia vaiheita on vaikeaa mallintaa. Tällöin lopputuloskin on aina jossain määrin satunnainen. Samoilla lähtötiedoilla voidaan siis suunnitella täysin erilaisia tuotteita, jolloin myös laatu on väistämättä satunnaista. Prosessia voidaan hallita ainoastaan epäsuorasti kappaleessa aikaisemmin mainituilla muutosta ohjaavilla tavoilla sekä erilaisilla suunnittelumenetelmillä ja tekniikoilla. (1993 Mörup)



Kuva 11. Hubkan malli suunnitteluprosessista. (Mörup 1993, s.42)

Suunnitteluprosessin vaiheet muodostuvat jokaisen osan piirteen kohdalla tehtävästä valinnasta. Jokaiselle piirteelle on useita ratkaisuvaihtoehtoja, joten eri vaihtoehtojen määrä kasvaa koko ajan prosessin edetessä. Suunnittelun aikana mahdolliset päätökset voidaan kuvata pyramidina, jossa on lukuisia vaihtoehtoisia reittejä. Andreasen ja Hein [1987] esittävät pyramidin ”suunnittelun vapausasteina” (Kuva 12). Suunnittelu voi alkaa tehtävästä riippuen miltä tahansa pyramidin tasolta. Menetelmäsuunnittelu käyttää hyväkseen synteositeorian ominaisuutta jakaa ja paloittaa suunniteltava tuote ja prosessi hallittaviin osiin. (Mörup 1993)



Kuva 12. Suunnittelun vapausasteet. (Mörup 1993, s.44)

4.5. Tuotetiedon hallinta

Tuotetiedon kehittämisessä kehitetään yrityksen prosesseja. Kehitystyön tueksi otetaan käyttöön PDM-järjestelmä tai laajennetaan olemassa olevien järjestelmien toiminnallisuutta mahdollistamaan paremman tuotetiedon hallinta. Yksi tärkeimmistä tehtävistä on edesauttaa yrityksen työntekijöiden välistä kommunikointia, jonka parantamiseksi tuotteisiin liittyviä käsitteitä ja prosesseja pyritään yhtenäistämään yrityksen sisällä. Tuotetiedonhallinnan kehittäminen ja sen myötä erilaisten tuotetiedonhallintajärjestelmien käyttö perustuu hyvin pitkälle toimivan nimikkeistön varaan. Nimike on systemaattinen ja standardi tapa identifioida, koodata ja nimetä fyysinen tuote, tuotteen osa tai komponentti, materiaali tai palvelu. Fyysisiä nimikkeitä voivat olla esimerkiksi osat, kokoonpanot, aihiomateriaalit ja asennustarvikkeet. Palvelunimike taas voi olla jokin huoltotoimenpide ja toimintonimike esimerkiksi asennus. Toisaalta myös dokumentit tunnustetaan nimikkeistön avulla. (Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 2002)

Vähimmäisvaatimus nimikkeelle on yksiselitteinen tunniste, jonka perusteella se voidaan tunnistaa ja mahdollisesti luokitella. Yleensä nimikkeillä on tunnusteen lisäksi ainakin nimi tai kuvaus, joka voi olla tunnusta vapaamuotoisempi. Kuvauksissa on käytettävä johdonmukaisesti ennalta sovittuja termejä, joten on tarpeellista määrittellä, puhutaanko esimerkiksi ”pulteista” vai ”kuusioruuveista”. Kokonaisuuden tekee haastavaksi se, että kaikki tietotekniset ongelmat eivät ratkea yhdellä tietojärjestelmällä vaan niitä on hankittava useampia, ja usein näiden tietojärjestelmien käsitteet poikkeavat toisistaan. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002)

Käsitteet ovat ihmisten välisen kommunikoinnin perusta. Käsite on reaali maailmaan kuuluva asia tai ilmiö, joka voidaan yksilöidä, esim. henkilö, sidosryhmä, projekti, suunnitelma tai vastaava asia. Käsitteet ovat sekä tietoteknisen järjestelmän suurimpia haasteita että niiden ratkaisuja. Käsitteiden merkitykset ja sisällöt ovat organisaatiossa opittuja. Usein käytettävillä käsitteillä on erilaisia merkityksiä ja sisältöjä eri yksilöissä ja eri maissa. Kun käsitteviidakkoon laitetaan mukaan koko yrityksen yhteinen tietojärjestelmä, joka ymmärtää käsitteet vain yhdellä tavalla, tulee ongelmia. Hyödyntämällä uuden teknologian mahdollisuuksia ja suunnittelemalla yrityksen sisäiset ydinprosessit uudelleen, on mahdollista saada aikaan radikaaleja suorituskyvyn parannuksia laadussa, läpimenoajoissa ja kustannustehokkuudessa. Edellytyksenä on, että tieto- ja viestintäjärjestelmät on rakennettu prosessilähtöisesti yhteistä filosofiaa noudattaen ja varmistaen ydintietojen yhtenäinen esitystapa. Jonkun on luovuttava omista käsitteistään ja omaksuttava uusia. Prosessilähtöisen tietojärjestelmien rakentamisen suurimpia ongelmia ovat valmisohjelmistojen funktionaalisuus sekä prosessiajattelua tukevien työkalujen puute. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002)

Kansainvälisessä toiminnassa kuvaus täytyy olla käännettävissä useammalle kielelle, minkä takia eri kielille pitää luoda sanastot. Nimikkeellä voi edellä mainittujen tietojen lisäksi olla muitakin parametreja. Parametrien arvotyyppienä käytetään yleensä ainakin kokonaislukuja, merkkijonoja sekä päivämääriä. Monesti voidaan määritellä erilaisia valintalistoja, joihin on määritetty haluttuja valintavaihtoehtoja. Jos tuotteilla halutaan esimerkiksi olevan parametri markkina-alueelle, muodostetaan eri markkina-alueista valintalista, joka määritetään parametrin arvotyyppiä. Ilman valintalistoja tai muita rajoittavia tekijöitä, käyttäjät voivat antaa parametrien arvoiksi mielivaltaista tekstiä. Tällöin samaakin arvoa tarkoittavat tekstit voivat olla kirjoitettu monella eri tavalla, mikä vaikeuttaa tiedon hakemista ja lajittelua parametrien perusteella. Tietoyhtenäisyys, eli koko organisaation yhteinen käsitelmä, helpottaa tiedon siirtoa, hyödyntämistä ja ymmärtämistä. Tietojärjestelmäratkaisuja suunniteltaessa tai muutettaessa tulee arvioida, miten järjestelmä on mukautettavissa yrityksen käsitteisiin ja käsitelmään. Teknisiä ongelmia tulee eteen, kun tietoja pitää integroida sovelluksesta toiseen, koska organisaatioilla on yhä enemmän tarpeita jakaa yhteistä tietoa. Yrityksen koko vaikuttaa erityisesti strategiseen ja operatiiviseen tehokkuuteen, jossa yhdenmukaisella toiminnalla saadaan aikaiseksi laadukasta toimintaa, ja ohjelmiston suhteellinen hyöty kasvaa käyttäjien lukumäärän kasvaessa. Organisaation yhteiset käsitteet ja käsitelmät ovat edellytyksiä tietoyhtenäisyydelle ja tiedon yhteiskäyttöisyydelle. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002)

Nimikkeen tunniste voi olla luokitteleva, jolloin siitä voidaan esimerkiksi päätellä, onko tuote valmistettu vai ostettu. Luokittelevien nimikkeiden käyttö on yleistä, mutta niistä saattaa myös aiheutua ongelmia, jos luokittelutieto voi muuttua. Ei-luokittelevat nimikkeet edellyttävät, että tietojärjestelmästä voidaan hakea nimikkeitä muiden tietojen, esimerkiksi kuvauksen perusteella. Nimikkeiden selkeä ja looginen ryhmittely eri luokkiin helpottaa nimikkeistön hallintaa ja yksittäisten nimikkeiden etsimistä. Toisaalta liian tarkalle tasolle menevä luokittelu jäykistää toimintaprosesseja ja lisää huomattavasti nimikkeistön ylläpitämiseen vaadittavaa työtä. Nimikkeen rakenne tulee dokumentoida. Lisäksi nimikkeiden ja nimikeluokkien väliset suhteet ja hierarkiat tulee ottaa huomioon koodistoa luotaessa. Nimikkeiden hallinnan tulee siis olla kunnossa ennen kuin voidaan saavuttaa laajempia tuloksia tuotetiedon hallinnassa. Nimikkeet ovat harvoin täysin itsenäisiä. Yleensä ne liittyvät johonkin toiseen nimikkeeseen, esimerkiksi pääkokoonpanoon. (Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 202)

Versiointi on yksi tärkeimmistä asioista nimikkeiden hallinnassa. Termit ”versio”, ”revisio” ja ”variantti” voivat aiheuttaa sekaannusta. Nimikkeeseen voi liittyä joukko nimikeversioita, joiden avulla kuvataan kahta erillistä mutta toisiinsa liittyvää ilmiötä. Jos nimikkeen uusi versio korvaa vanhan version niin, ettei vanhaa versiota enää käytetä, kutsutaan uutta versiota revisioksi. Revisiot tehdään yleensä vanhan revision pohjalta. Oletuksena on, ettei revisiota enää muuteta, jos on olemassa uudempi revisio.

Variantit ovat nimikkeen versioita, jotka ovat rinnakkaisia, vaihtoehtoisia ja samankaltaisia, mutta silti hieman toisistaan poikkeavia. Esimerkiksi saman osan eri väri vaihtoehdot ovat toistensa variantteja. Dokumenttien versiointiin pätevät samat säännöt kuin nimikkeiden versiointiin. (Peltonen et al. 2002)

Piirustusten ja muiden dokumenttien tekeminen ja muokkaaminen tietokoneella on nykyään suhteellisen helppo tehtävä. Usein ongelmana ei ole datan tai tiedon saatavuus ja olemassaolo vaan tiedon hankinnan ja käsittelyn hallitsemattomuus. Yritykset kamppailevat usein valtavan tietotulvan kourissa, pyrkivät verkottamaan sisäisen tietonsa ja luomaan yhä uusia teknisiä ratkaisuja. Metrikaupalla tuotettavien raporttien ja numerotietojen määrä ei tunnu auttavan liiketoimintaa toivotulla tavalla. Dokumentit tehdään työntekijän henkilökohtaisella tietokoneella, mikä saattaa aiheuttaa ongelmia dokumenttien hallinnassa. Ei välttämättä tarkkaan tiedetä mistä dokumentti löytyy tai mikä on käytössä oleva versio. Puutteet tiedon tuottamisen ja hallinnan prosesseissa, standardeissa ja työkaluissa aiheuttavat käytännön toimintamallin rapautumisen. Henkilöt ja organisaatiot alkavat tallentaa samaa tietoa kukin omaan paikkaansa, jolloin kukaan ei tiedä enää varmasti, sijaitseeko viimeisin versio sovitussa paikassa. Suuri haaste on saada tieto ihmisten käyttöön ja muuntaa yksilöiden tieto koko organisaation osaamiseksi. Organisaation eri osissa on runsaasti tietoa, mutta puutteellisen systematiikan vuoksi se ei aina tule jaetuksi eikä hyödynnetyksi. Yhteisten toimintatapojen luominen ja noudattaminen ovat avain tiedon luomisen ja jäsentelyn parantamiseen. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002, Sääksvuori & Immonen 2002)

Yleensä yrityksessä tuotetaan dokumentteja useilla eri työkaluilla. Tavallisesti jollain tietyllä työkalulla, kuten CAD-ohjelmalla, tehtyä dokumenttia ei pystytä käsittelemään muilla työkaluilla. Dokumentilla voi myös olla useita käyttäjiä, jotka tarvitsevat dokumentissa olevaa tietoa vaikka heidän ei tarvitse muuttaa sen sisältöä. Usein dokumentin sisältöä saakin muuttaa vain tietyt henkilöt. Monesti dokumenteista on erikseen muokattava esitysmuoto ja katseluesitysmuoto. Muokattava esitysmuoto on yleensä käytetyn työkalun oma esitysmuoto, esimerkiksi CAD-ohjelman tai tekstinkäsittelyohjelman oma tiedostoformaatti. Katseluesitysmuotoinen dokumentti tehdään muokattavasta esitysmuodosta aina kun dokumentin sisältöä muutetaan. Tällä hetkellä PDF (Portable Document Format) on käytetyin tiedostoformaatti katseluesitysmuodolle. (Peltonen et al. 2002)

Tyypillisesti on ollut helpompaa kehittää uusia versioita osista, kokoonpanoista ja tuotteista, kuin hyödyntää olemassa olevia rakenteita. Tavallista on, että olemassa oleviin komponenttietoihin viitataan vain kerran niiden elinkaaren aikana eli suunniteltu osa on tapauskohtainen. Tämä on kuitenkin varsin tuhlailtava tapa toimia, sillä jokainen uusi nimike, joka tallennetaan tuotetiedon hallinnan ja toiminnanohjauksen tietojärjestelmiin, kasvattaa tuotteiston hallinnasta johtuvia kuluja.

Tämän takia esimerkiksi valtaosa suunnittelijoiden ajasta on kulunut tiedon etsintään ja oikeellisuuden varmistamiseen. Tavoitteena on entistä enemmän pyrkiä hyödyntämään olemassa olevaa tietoa sen sijaan, että tuotetaan lisää tietoa. Muutosta voidaan hallita pitämällä tiukasti kiinni sovitusta säännöistä. Tuotesuunnittelua on tuettava tehokkaasti tarjoamalla sille mahdollisuus hyödyntää vanhoja tuotesuunnitelmia, tehdä niihin tarvittavat muutokset annettujen ryhmäteknologisten rajojen mukaan ja tallentaa ne takaisin oikeaan paikkaan ryhmäteknologisessa tietokannassa. Toimiva järjestelmä perustuu tuotetiedon tehokkaaseen luokitteluun. (Huhtala & Pulkkinen 2009, Lapinleimu et al. 1997)

Jotta tehokas tiedonkäsittelyn kokonaisjärjestelmä voitaisiin muodostaa, on eri alijärjestelmien tietokannat kyettävä liittämään tehokkaasti yhteen. Tietoa käsitteleviin pisteisiin on pyrittävä tarjoamaan tarvittu tieto oikeaan aikaan ja samalla huolehdittava, ettei tietoa kahdenneta tarpeettomasti. Jos tiedonkäsittelysaarekkeet on rakennettu ilman kokonaisvaltaista suunnitelmaa, yksittäiset tiedot joudutaan joskus monistamaan hyvinkin moniin osajärjestelmiin. Jos tietoon tehdään jossain sarakkeessa muutoksia, joudutaan tiedot päivittämään kaikkiin muihinkin osajärjestelmiin. Joustavasti automatisoidussa valmistuksessa kuvatus kaltainen tilanne johtaa ennen pitkää kaaokseen. (Lapinleimu et al.1997)

Keskeinen sanoma on pyrkimys yksinkertaistamiseen ja standardointiin. Kun järjestelmän tietovirrat, fyysiset liittynät ja tietokannat on suunniteltu oikein prosesseista ja käyttäjistä liikkeelle lähtien, järjestelmän käyttäminen, päivittäminen ja muuttaminen myös helpottuvat. Tällöin yrityksen tuotantofunktio pääsee toteuttamaan päätehtävänsä tuotantoa eikä aika kulu massiivisten tieto- ja ohjausjärjestelmien ylläpitoon. Kilpailukyvyyn on perustuttava ylivoimaiseen osaamiseen ja joustavaan nopeaan toimintaan. Ilmeistä on, että parempi yhteistoiminta parantaa mahdollisuuksia laajan ylivoimaisen osaamisen saavuttamiseen. (Lapinleimu et al.1997)

4.6. Tuotteiden yhtenäistäminen

Lapinleimun et al. [1997] mukaan tuotannon ohjattavuuteen vaikuttavat kaikki tekijät koko valmistavan yrityksen osa-alueilla myynnistä ja osahankinnoista valmistukseen asti. On siis ymmärrettävää, että hyvä ohjattavuus todennäköisesti mahdollistaa tuotantojärjestelmän muidenkin ominaisuuksien parantamisen, muun muassa paremman kustannustehokkuuden. Hyvin ohjattavan tuoterakenteen ominaisuuksia ovat

- rakenteen selkeys
- modulaarisuus
- yksityiskohtien kohtuullinen pysyvyys
- erilaisten osien pieni lukumäärä tuotteen kokoon nähden
- osien sopivuus tuotantojärjestelmään ja
- osien lyhyt läpäisy aika valmistuksessa.

Tuotteen selkeä rakenne, jossa tuote koostuu osakokoonpanoista tai moduuleista ja ne puolestaan osista, selkeyttää ohjausta. Osakokoonpanotason tulee olla sellainen, että se on myös valmistuksessa järkevää tehdä omana erillisenä vaiheenaan ja siirtää syntyneet moduulit seuraavaan vaiheeseen, esim. loppukokoonpanoon. Tuotteiden oikeat tuotetiedot ja niiden riittävyys ovat ohjaukselle tärkeitä. Myös MPB- (Make Partner Buy) ja IVX-päätösten (tilaus-, varasto- tai erikoisohjaus) täytyy sisältyä tuotetietoihin. (Lapinleimu et al. 1997)

Ohjautuvuudelle tärkeitä materiaaleihin liittyviä asioita ovat

- pieni materiaalinimikkeiden määrä
- materiaalien saatavuus
- materiaalien toimitusajat ja toimitusaikapito
- laatuhäiriöt ja
- samojen materiaalien käyttäminen kaikissa tuotteissa.

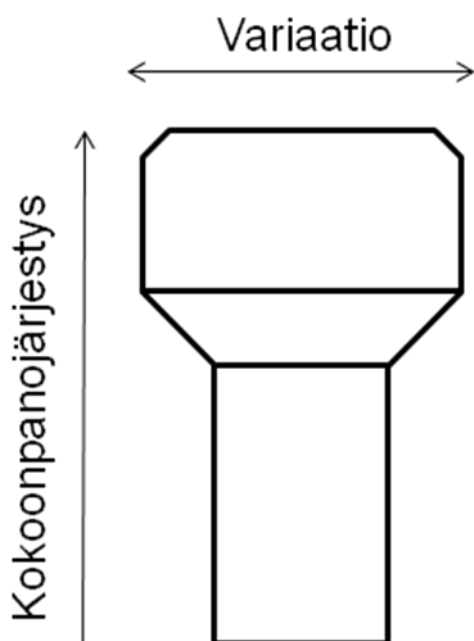
Pieni materiaalinimikkeiden määrä alentaa varastoja, niistä aiheutuvia kuluja sekä helpottaa varastointiin tarvittavaa logistiikkaa. Pieni nimikemäärä helpottaa ohjausta vähentämällä hoitoja. Ohjautuvuutta huonontavat voimakkaasti kriittiset materiaalit, minkä vuoksi ne onkin pyrittävä muuttamaan normaaleiksi tilausohjautuviksi materiaaleiksi erilaisilla tuotesuunnittelun keinoilla sekä etsimällä nopeampia hankintalähteitä. Mikäli toimitusaikaa ei saada tilausohjausta varten riittävän lyhyeksi, on pyrittävä vähentämään nimikemäärää standardoinnilla, jolloin riski epäkuranttiuteen pienenee ja materiaaleja voidaan pitää varastossa. (Lapinleimu et al. 1997)

Tuotealustoihin perustuvat strategiat toteutetaan yleensä vakio-osien ja osakokoonpanojen avulla. Suunnitelmien uudelleenkäyttö on ollut harvinaisempaa kuin valmiiksi suunniteltujen komponenttien käyttö. Yleensä vakioidut ratkaisut eivät näy asiakkaalle, mutta asiakkaalle näkyvän ulkopinnan alla olevat osat voivat olla ennakoitua merkittävämmässä asemassa järjestelmän toiminnan kannalta. Tuotealustan implementointi konkretisoituu yleensä vakioimalla toleransseja ja rajapintoja sekä strategian onnistumisena kokoonpanossa. Koska systemaattisten suunnitelmien uudelleenkäyttö on usein vaativaa, saatetaan sitä yrittää välttää käytännössä. Systemaattisella uudelleenkäytöllä voidaan kuitenkin saavuttaa merkittäviä vaikutuksia. Esimerkkeinä ovat selkeä paraneminen laadussa ja toiminnan tehokkuudessa verrattaessa systemaattista uudelleenkäyttöä suunnittelussa perinteiseen reaktiiviseen tai osatason uudelleenkäyttöön. Yhtenevyydestä ja samankaltaisuudesta seuraa välillisiä ja välittömiä hyötyjä. Välitöntä hyötyä seuraa kun osaa tai kokoonpanoa ei tarvitse suunnitella, vaan olemassa olevasta valikoimasta voidaan poimia valmiiksi suunniteltu komponentti. Tuotetiedon hallinnan helpottuminen, tuotannon virtaviivaistuminen ja varastoinnin tarpeen väheneminen ovat välillisesti saatuja hyötyjä. Yhtenevyys ja samankaltaisuus korkeammalla abstraktiotasolla vaikuttavat sekä tuotesuunnitteluun että

tuotannon ja hankintojen kyvykkyyksiin ja osaamistarpeisiin. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

”Jos tuotteessa on esimerkiksi 10 uutta suunniteltua osaa tai moduulia ja kaikilla on 90 % todennäköisyys vastata kaikkiin asetettuihin vaatimuksiin, koko projektin suunniteltujen kustannusten ja aikataulun toteutumisen todennäköisyys on vain 35 %. Toisaalta, jos tuotteessa on 9 vanhaa osaa joiden todennäköisyys vaatimuksiin on 99 % ja riski kohdistetaan yhteen uuteen osaan, jolla on vain 80 % todennäköisyys kohdata vaatimukset, koko projektin menestymisen todennäköisyys on silti 82 %.” (Holmes 1993, Mörupin 1993 mukaan)

Osittain konfiguroituvassa tuotteessa on vakiorakenteiden ja konfiguraatioiden lisäksi puhtaasti asiakasvarioituvia rakenteita, joiden vaikutusta on pyritty minimoimaan vakiorajapinnoilla. Niiden avulla toimituskohtaisesti suunniteltu komponentti voidaan helposti liittää muihin tuoterakenteisiin. Merkittävää nimike- ja tuoteversioiden suhteen on se, missä vaiheessa suunnittelu- tai valmistusprosessia tuotteen variointiin ryhdytään. Mitä myöhemmissä vaiheissa variointiin ryhdytään, sitä parempi. Aikaisessa vaiheessa varioinnissa nimikevarianttien määrä kasvaa hankalasti hallittavaksi. Projektikohtaisessa toiminnassa jokaisessa vaiheessa on tapauskohtaisesti määriteltävää työtä. Varioinnin viivästyttämistä on helppoa havainnollistaa Whitneyen sienimallilla (Kuva 13). Ainesvariantteja tulisi välttää enemmän kuin esimerkiksi saman aineen eri geometriamuunnelmia. Samoin aihiovariantteja pitäisi välttää enemmän kuin koneistusvariantteja, kuten pieniä muunnelmia osien mitoissa. Edelleen pintakäsittelyvariantit ovat suositeltavampia kuin geometriavariantit. (Huhtala & Pulkkinen 2009)



Kuva 13. Whitneyen sienimalli. (Huhtala & Pulkkinen 2009, s.168)

Jos tuotteistosta ei ole ollut tapana poistaa vanhoja versioita, vaan vain täyttää variaatioavaruutta varianteilla, yrityksellä on helposti satojatuhansia itse suunniteltuja nimikkeitä. On kohtuullista olettaa, että silloin, kun tuotepolitiikka on yrityksessä joko puutteellista tai liian sallivaa, sekä nimikkeistö että siihen johtavat tuoterakenteet ovat turvonneet hallitsemattomiksi - variaatioavaruus on liian täynnä. Suunnittelun ja tuotteen osien uudelleenkäytöllä voidaan merkittävästi nopeuttaa tuotekehitystä ja läpäisyaikaa sekä vähentää riskiä huonoon laatuun. Yksi tehokkaimmista ratkaisuista on luoda tuotteelle platformit, tuotealustat, joiden ympärille luodaan varioituvuutta vakiokomponenteilla ja moduuleilla. (Mörup 1993)

4.6.1. Yritysstandardointi

”Liike-elämän tutkimuksessa yritykset arvioivat yritysstandardien positiiviset vaikutukset kilpailukykyyn lievästi suuremmiksi kuin teollisuusstandardien vastaavat vaikutukset” (SFS 2002, s. 37).

Standardointi ja modulointi sen sovelluksena ovat tärkeä tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistoiminnan työvälineitä. Yrityksen kannalta tärkeintä on yritystasolla tehtävä standardisointi. Yritysstandardit ovat erinomaisia informaation lähteitä ja apuneuvoja yrityksen johdolle täsmällisyytensä ja helpon saavutettavuutensa ansioista. Niillä on mahdollista koordinoita eri organisaatioiden toimintaa sekä auttaa ratkaisemaan toistuvat rutiiniongelmät aina samalla tavalla. Standardit ovat tehokas tapa pitää variaatioiden kasvua kurissa ja niillä on positiivinen vaikutus yksittäisten detaljien tasolta laajasti aina tuotekokonaisuuden tasolle asti. Muu rationalisointi, esim. moduulien suunnittelu, saattaa olla erittäin haastavaa, mutta toimivilla standardeilla toiminnalle voidaan luoda edellytykset. (Lapinleimu et al. 1997)

Yritysstandardisointi toimii monen hyvän asian perustana ja on myös erinomainen informaatiöväline. Lapinleimun et al. [1997] mukaan yritysstandardi voidaan jakaa kolmelle tasolle:

1. Yleisin ja helpoin taso on materiaalien ja tarvikkeiden standardisointi, esim. käytettävien teräslaatujuen, aihiomittojen, ruuvien, muttereiden jne. vakioiminen. Tähän tasoon voidaan rinnastaa yleisistä standardeista mukailut suunnitteluohjeet, esimerkiksi sovitestandardit, tuotantokalustostandardit kuten työvälinestandardit. Tällä tasolla tuotto on pieni, mutta sovelluskohteiden määrä toisaalta suuri, joten kokonaisuutena tulos voi kasvaa merkittäväksi. Tämä taso on tehtävä ennen kuin voidaan siirtyä ylemmille standardoinnin tasoille.
2. Komponenttistandardisointi on materiaalistandardisointia vaativampi taso. Komponentti on yleensä valmiina ostettava kokonaisuus, jossa ei kuitenkaan ole paljon omaa työtä. Yrityksen käyttämät komponentit ovat tavallisesti toisen yrityksen tuotteita.

3. Tuotestandardisoinnilla voidaan tuottaa standardituotteita tai moduuleita, joista kootaan tuotteita. Tuotestandardisointi on yritysstandardisoinnin vaativin taso. Standardituote on kerralla valmistettava kokonaisuus, jonka varioituvuus mahdollistetaan käyttämällä standarditarvikkeita ja standardikomponentteja. Tuotteen kasaamiseen käytetään moduuleita, jos täysin standardoitu tuote ei sovellu esimerkiksi asiakasvaatimuksiin, joita yrityksen tuotteiden tulisi vastata.

Tuotestandardeissa määritellään vaatimukset, jotka tuotteen tai tuoteryhmän on täytettävä, jotta ne sopivat tarkoitukseensa. Vaatimuksia voidaan määrittää esimerkiksi mitoitukselle tai tuotteen rakenteelle. Standardin käyttäjien on oltava vakuuttuneita siitä, että järjestelmä toimii ja että siitä on hyötyä. Muuten järjestelmä on vain prosessin riesana, eikä siitä saada täyttä hyötyä. (Lapinleimu et al. 1997, SFS 2002)

Suunnittelustandardit voivat sisältää määritelmiä tuotteen ja tuotannon suunnittelusta tai vaikka tuotanto- ja työskentelyolosuhteille asetettavista vaatimuksista. Sanastostandardit taas sisältävät käsitteiden määritelmiä ja niitä täydentäviä selityksiä, kuvia tai esimerkkejä. Liitännästandardeilla voidaan määrittää vaatimuksia, jotka koskevat tuotteiden ja järjestelmien liitännäkohtien yhteensopivuutta. Standardisoinnilla tuotteet, palvelut ja menetelmät saadaan johdonmukaisemmin sopimaan siihen käyttötarkoitukseen ja niihin olosuhteisiin, joihin ne on tarkoitettu. Yksi standardisoinnin tärkeimmistä tehtävistä on myös vähentää sellaista hajontaa tuotteiden ominaisuuksien välillä jolla ei ole asiakkaalle käytännön merkitystä. Teknisesti ja kaupallisesti merkityksettömät erilaisuudet vähentävät suurtuotannon etuja, estävät avointa kilpailua markkinoilla sekä lisäävät kustannuksia. Ylimääräisiä kuluja kertyy esimerkiksi varastoinnista ja kuljetuksista. Standardisoinnilla voidaan myös tehokkaasti varmistaa, että tuotteet ja järjestelmät ovat fyysisesti ja toiminnaltaan yhteensopivia toistensa kanssa. Tuotteiden, menetelmien ja palvelujen täytyy myös olla keskenään vaihdettavia. Vaihdettavuudella voidaan koskea sekä tuotteen mittoja että toiminnallisia ominaisuuksia. Tuotevalikoimaa optimoidaan valitsemalla tuotteiden, menetelmien tai palvelujen tyyppiä tai kokoja järkevä määrä, jolloin toiminta pysyy selkeänä ja helposti hallittavana. (SFS 2002)

Standardeja käyttämällä voidaan suunnitelmallisesti kehittää sekä tuotevalikoimaa että koko yrityksen toimintaa ja tuottavuutta. Yritysstandardeilla on suuri myönteinen vaikutus liiketoimintaan, sillä niiden avulla voidaan parantaa yrityksen ydinprosesseja. Pääasiassa teollisuusstandardeja käytetään keinona alentamaan liiketoiminnasta aiheutuvia kuluja sekä parantamaan toimittajien ja asiakkaiden välisten markkinavoimien hallittavuutta. Standardisoinnilla voidaan saada aikaan entistä alhaisemmat yrityksen liiketoiminnasta aiheutuvat kokonaiskustannukset. Säästöjä saadaan toki myös yksittäisissä liiketoiminnoissa. Yksi syy kustannusten merkittävään alenemiseen on standardisoidun tiedon tehokkaampi käytettävyys ja saatavuus kaikilla sidosryhmillä. Standardisoinnin tarkoituksena ei pelkästään ole hyödyttää teollisuutta

vaan koko yhteiskuntaa. Kaikilla aloilla yhteisesti hyväksytyt käsitteet ja määritelmät nopeuttavat työtä, vähentävät virheitä ja väärinkäsityksiä ja auttavat saamaan entistä parempia käytännön tuloksia. (SFS 2002)

4.6.2. Platformit

Platformin eli tuotealustan ympärille koottavat tuotteet perustuvat olemassa olevaan teknologiseen alijärjestelmään. Koska platformia pyritään hyödyntämään mahdollisimman useassa tuotteessa, sen kehittämistyö vaatii huomattavia panostuksia. Platformiin perustuvan tuotteiston yksittäisiä tuotteita voidaan suunnitella huomattavasti nopeammin kuin kokonaan uusia, koska suunnittelutyötä on vähemmän ja tuotteen perusta on jo testattu markkinoilla toimivaksi. Voidaan siis mahdollistaa toiminta alhaisemmilla kustannuksilla sekä kevyemmällä prosessilla, jonka riski on oleellisesti pienempi ja toistuvuus merkittävästi suurempi. Tästä voi esimerkiksi seurata, että johdannaisia voidaan alkaa kehittää sellaisiinkin tarpeisiin, joihin se ei aikaisemmin ole ollut taloudellisesti tai ajallisesti mahdollista. Systemaattisesti räätälöitävät tuotteet ovat vakioituneen tuoterakenteen pohjalta tehtäviä tilauksen perusteella valmistettavia asiakaskohtaisia variantteja. Systemaattisesti räätälöitävän tuotteen kehitysprosessin vaiheistus saattaa olla hyvinkin hienojakoinen. Tilauskohtaisen informaation käsittely ja jakaminen kehitysprosessissa on sen keskeisin haaste. Yleensä vaatimuksiin tehokkuudesta ja toimitusajasta on pyritty vastaamaan hyvin dokumentoiduilla ja hienojakoisella prosessilla. Edellä mainittu luokittelu ei kuitenkaan sulje pois mahdollisuutta, jossa asiakasvarioituva tai kompleksi tuote voisi perustua platformiin. Monimutkainenkin tuote voi olla platformista johdettu ja siis edelleen asiakasvarioituva. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

Platformiin perustuvien tuotteiden kehittämiseen pyrkivissä hankkeissa muutokset tuotteessa ja prosessissa ovat yleensä laajempia kuin johdannaistuotteisiin tähtäävissä hankkeissa. Platformituotteissa ei yleensä kuitenkaan tuoda markkinoille uutta teknologiaa tai uusia materiaaleja. Platformit kohdistetaan vastaamaan tärkeimpien asiakasryhmien tarpeita, mutta niitä on pystyttävä muokkaamaan johdannaistuotteiksi ominaisuuksia lisäämällä, korvaamalla tai poistamalla. Hyvin suunnitellulla tuotealustalla voidaan myös mahdollistaa suhteellisen vaivaton siirtyminen eri tuotesukupolvien välillä. Siirtymisestä aiheutuvat vaikutukset asiakkaalle ja toimitusverkkoon jäävät tällöin myös pieniksi. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

Yrityksen ketteryydellä tarkoitetaan sen kykyä vastata muutostarpeisiin nopeasti. Massaräätälöinnillä tarkoitetaan tuotteiden valmistamista suurissa erissä niin, että asiakkaan yksilölliset tarpeet pystytään silti toteuttamaan. Asiakaskohtaiset muutokset pyritään tekemään mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa, yleensä vasta loppukokoonpanossa. Räätälöinti aiheuttaa varioituvuutta, jolloin yrityksen ketteryyttä mitataan suunnittelu- ja tuotemuutoksien hallinnalla, eli erilaisten versioiden tuottamisella samasta asiasta. Monesti ratkaisuksi variaatioihin ja versioihin esitetään

sekä vakioituja että pysyviä rakenteita, kuten tuoteperheitä ja -platformeja. Länsimaissa varasto-ohjautuva massamarkkinoiden suursarjatuotanto ei ole enää vallitseva liiketoimintatapa. Nykyään yksilöllinen palvelu ja asiakaskohtaisesti räätälöidyt tuotteet ovat nousseet avainasemaan. Täysin asiakaskohtaisesti suunnitellun tuotteen valmistaminen ei kuitenkaan yleensä ole kannattavaa muun muassa vaihtelevan, tapauskohtaisen suunnitteludokumentaation ja tuotteen teknisen laadun, korkeiden kustannusten sekä hitaan ja epävarman toimitusprosessin takia. Tuotteen arkkitehtuurin kehitys mahdollistaa tuotteiston kokonaisvaltaisemman kehityksen. Se voi ilmetä esimerkiksi suunnittelupiirteiden karsimisena ja yhdistelynä sekä tuotteen elinkaaren eri vaiheiden tarpeista lähtevänä tuotteiston kehittämisenä. Mallintamalla tuotteiston nykyistä tilaa voidaan mahdollisesti osoittaa variaatioiden olemassaolon syyt. Voidaan tehdä valintoja variaatioiden vähentämiseksi tuotantojärjestelmä ja toimitusverkko huomioiden tuotteiston arkkitehtuurin lähtökohdista. (Huhtala & Pulkkinen 2009, Soronen 1999)

Yksittäisten tuotteiden sijaan tuotteiston, tuoteperheiden ja -platformien kehittäminen tehostaa suunnittelun uudelleenkäyttöä sekä mahdollistaa tuotannon ja tuotantoverkoston kehittämisen systemaattisesti satunnaisen ja tapauskohtaisen toiminnan sijaan. Vaikutukset liiketoimintaan voivat olla merkittäviä. Tuoteperheiden ja -platformien myötä tuotekehityksessä voidaan siirtyä projektitoiminnasta systemaattiseen tuotteiston suunnitteluun (Harlou 2006). Se tarkoittaa uusia haasteita suunnittelun valmisteluun ja erityisesti perusteiden määrittelyyn, vastuiden jakamiseen ja uudelleenkäytön huomioonottavaan dokumentointiin. Tuoteperheen tuotteissa on sekä samoja tai samankaltaisia kokoonpanoja ja osia että samankaltaisia yhteyksiä näiden välillä. Yhteydet ovat muun muassa osien, kokoonpanojen ja moduulien välisiä suhteita. Vaikka tuoteperheet voidaankin määritellä eri käyttäjien tarpeista, kaikille näkökulmille yhteistä on, että tuoteperhe on määritelty rakenteellisesti. Se siis koostuu toisistaan poikkeavista, mutta samankaltaisista tuoteyksilöistä. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

Osien uudelleenkäytöstä platformien kanssa hyödytään usealla eri alueella. Tuotealustoilla pyritään myös vaikuttamaan tuotekehityksen organisointiin. Ennen kuin tuoteperheen jäseniä voidaan tarkemmin määritellä, tulee eritellä tuotteen vakioidut ja varioituvat osuudet. Tuoteperhe ja sen arkkitehtuuri tulee kehittää huomioiden myös liiketoiminnan kehittäminen ja tuotteen elinkaari. Esimerkiksi huollon ja palveluliiketoimintojen toimivuus on ennakoitava jo määriteltäessä tuotteen perusratkaisuja. Arkkitehtuuria kehitettäessä voidaan päättää tuotteen jakamisesta osatoimintoihin, teknologiavalinnoista sekä rajapinnoista, jotka konkretisoituvat liitosmenetelmissä ja kytkennöissä tuotetta ympäröivään infrastruktuuriin. Monimutkaisten tuotteiden hallinta edellyttää luokittelua, jossa eritellään tuotteiden vakiintuneet ja muuttuvat osuudet. Tuotteesta on pystyttävä seulomaan suhteellisen riippumattomat osatoiminnot sekä niitä vastaavat osatuotteet ja osatuotteiden toimittajat. Samalla on tehtävä myös tapauskohtaisesti suunniteltavien ja valmistettävien

osatuotteiden erittely. Tuotearkkitehtuurin määräämiä vakiorajapintoja on pystyttävä hyödyntämään. Tällöin kokonaisuus, loppukokoonpano, asiakaskohtaisesti räätälöidyt osat sekä vakionimikkeet ovat yrityksen hallinnassa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, Lehnerd 1997)

Whitney [2004] sekä Riitahuhta ja Andreasen [1998] esittävät tuoteperheille ja niiden arkkitehtuureille tärkeimmiksi suhteellisiksi ominaisuuksiksi kyvyt edesauttaa

- varianttien tuottamista
- suunnitteluratkaisujen yhtäläisyyttä tai keskinäistä samankaltaisuutta
- vakiosuunnitelmien siirrettävyyttä tuotteesta toiseen sekä
- suunnitelmien uudelleenkäyttöä.

Modulaarisessa arkkitehtuurissa on paljon toisistaan suhteellisen riippumattomia lohkoja. Lohkojen vaihtokelpoisuutta tuotteessa helpottavat ennalta suunnitellut vakiorajapinnat. Rajapintojen hallinta ja suunnittelu mahdollistavat tuotannon, käytön ja kierrätyksen paremman joustavuuden. (Huhtala & Pulkkinen 2009)

5. JÄRJESTELMÄINTEGRAATIO

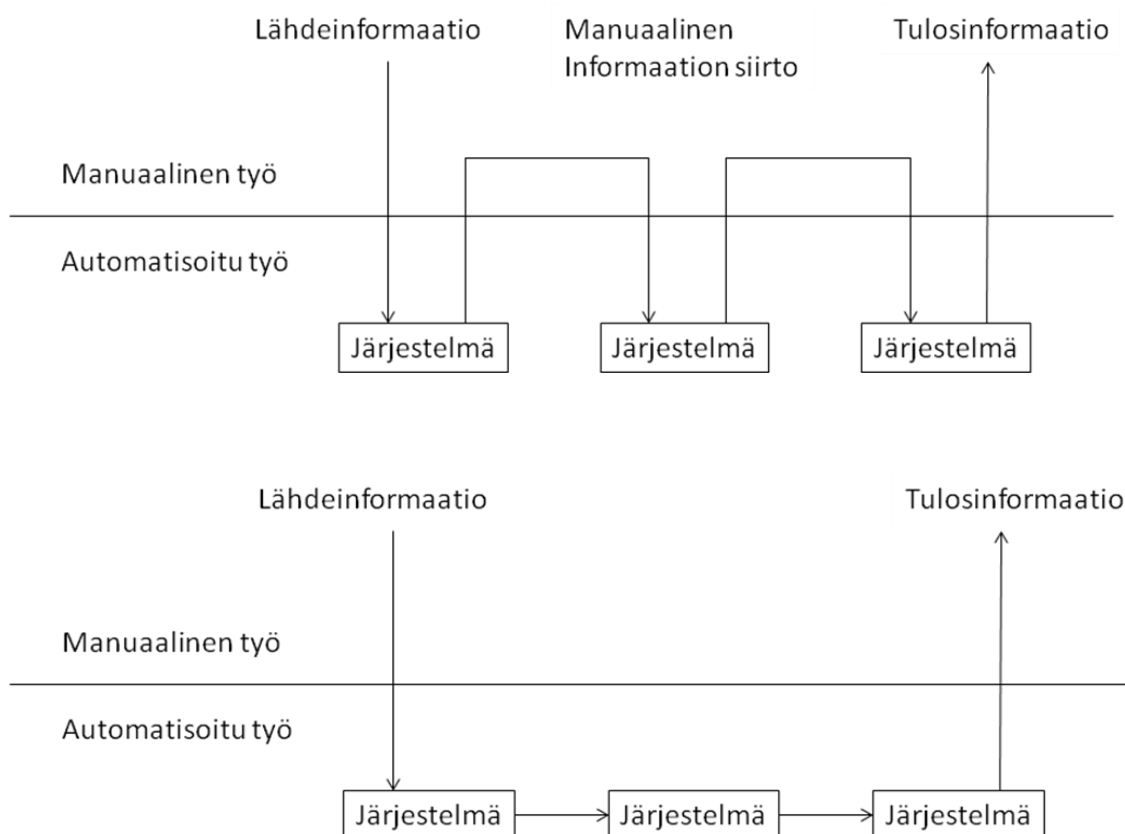
Fyysisten standardiliityntöjen lisäksi myös tuotannon tietojärjestelmät tarvitsevat menetelmiä, joiden avulla suoritetaan tiedonsiirtoa järjestelmien välillä. Tietotekniikkaa hyödyntämällä voidaan tehostaa toimintaa ja lyhentää läpimenoaikoja merkittävästi. Nopean läpimenoajan strategisen merkityksen kasvaessa joustava tuotanto nousee yhä tärkeämpään asemaan. Joustavassa tuotannossa voidaan valmistaa eri tuotteita ja variaatioita pienissä erissä. Erillisten automaatioosaarekkeiden – kuten CAD ja ERP – yhdistämistä yhtenäisen ja jaetun tietokannan avulla voidaan pitää seuraavana vaiheena tuotantoautomaation kehittämisessä. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Hannus 1993)

Tässä luvussa käydään läpi järjestelmäintegraation teoriaa, kuten erityyppiset integraatoratkaisut. Luvussa on myös käsitelty integraation rakenne Tähtisen [2005] esittelemän mallin mukaan. Viimeisenä on esitetty järjestelmäintegraatiolla mahdollisesti saavutettavia vaikutuksia tuotettavuuteen.

5.1. Yleistä

Linthicumin [2000] mukaan järjestelmäintegraatiolla tarkoitetaan tiedon ja prosessien rajoittamatonta jakamista minkä tahansa organisaatiossa olevien järjestelmien ja tietolähteiden välillä. Tähtinen [2005] määrittelee järjestelmäintegraation toimintamalleiksi ja tekniikoiksi, joiden avulla voidaan saattaa vähintään kaksi eri toiminnallisuutta tarjoavaa tietojärjestelmää jakamaan informaatiota siten, että informaation siirto ja muunnokset ovat kontrolloitavissa ja monitoroitavissa yhdestä tai useammasta keskitetystä pisteestä. Tähtinen esittää myös, että järjestelmäintegraation tarkoitus on erityyppisten tietojärjestelmien välisen vuoropuhelun automatisoiminen (Kuva 14). Informaation jakaminen järjestelmien välillä ei kuitenkaan ole itseisarvo, vaan järjestelmäintegraatiosta täytyy olla jotain konkreettista hyötyä.

Integraatiossa on tärkeää varmistaa tiedon kulku sekä toisiin sovelluksiin ja järjestelmiin helppo liittyminen. Helpolla liittymisellä tarkoitetaan, ettei vaadita suuria muutoksia integroinnin kohteena oleviin sovelluksiin. Muutoksien tarve pyritään siis pitämään mahdollisimman pienenä tai mahdollisesti poistamaan kokonaan. Organisaation olemassa olevat toimintaprosessit pyritään myös ottamaan huomioon ja mahdollisesti yhdistämään ne uuden toimintamallin mukaisiksi. Vaihtoehtoisesti uusi prosessi voidaan myös räätälöidä vanhojen prosessien mukaan. (Lahti 2003)



Kuva 14. Informaation jakaminen järjestelmien välillä sekä manuaalisesti että automaattisesti. (Tähtinen 2005, s.23 ja 25)

Teollisuusyrityksen toimintojen ja poikkiorganisatoristen liiketoimintaprosessien integroinnin ydin on hyvä tuotetietojen hallinta. Tiedon luominen, käsittely, jakaminen kehittäminen ja raportointi liittyvät yhteen organisaation aineettoman ja aineellisen osaamisen ja muodostavat niistä varsinaisen fyysisen tuotteen. (Sääksvuori & Immonen 2002)

Ala-Mutkan ja Talvelan [2004] mukaan kahden tietojärjestelmän välisessä järjestelmäintegraatiossa selvitetään muun muassa seuraavia asioita:

1. Tietolähteenä olevan datan ja informaation omistus, laatu ja vastuhenkilö (toiminnallinen määrittäminen). Lisäksi määritetään systeemi-integraation toteutus: tietokanta, sovelluspalvelin tai käyttöliittymä (tekninen määrittäminen).
2. Rajapinnat tietolähteenä olevasta tietojärjestelmästä (tekninen määrittäminen).
3. Systeemi-integraatio tehdään kahden järjestelmän välisenä integraationa tai järjestelmien väliin voidaan sijoittaa integrointialusta (tekninen määrittäminen). Lisäksi liiketoiminta asettaa vaatimuksia tiedonsiirrolle; esimerkiksi tiedonsiirron ajastaminen tai tiedonsiirto tapahtuu, kun jokin tekijä aktivoi sen (toiminnallinen määrittäminen).
4. Tiedonsiirtoformaatti.

5. Tiedonsiirron reaaliaikavaatimus: On-line tai eräajo (toiminnallinen määrittäminen).
6. Systeemi-integraation toteutus: Käyttöliittymä, sovelluspalvelin tai tietokanta (tekninen määrittäminen).

Yleensä yrityksellä on käytössään useita tietojärjestelmiä eri käyttötarkoituksiin. Suunnitteluun voi olla yksi tai useampi CAD-järjestelmä ja tuotanto vaatii tuotannon- tai toiminnanohjausjärjestelmän. Myös ostolla tai myynnillä voi olla omat järjestelmänsä. Monia tuotteisiin liittyviä tietoja tarvitaan sekä PDM- että ERP-järjestelmässä. Osaluetteloita voidaan käsitellä myös CAD-järjestelmässä. Useimmiten mikään yksittäinen järjestelmä ei tallenna kaikkia nimikkeeseen liittyviä tietoja, esimerkiksi suunnittelu tuottaa piirustuksia ja ERP-järjestelmässä lisätään valmistukseen liittyviä tietoja. Tärkeää on päättää, missä järjestelmässä mitään tietoa voidaan tai saadaan muuttaa ja miten tieto siirretään muihin järjestelmiin. Integraatiota suunniteltaessa on selvitettävä, mikä järjestelmä omistaa mitkä tiedot. Omistaminen tarkoittaa tässä alkuperäisen tiedon sijaintia, josta muut käytössä olevat tietojärjestelmät kopioivat ne omaan tietokantaansa. Järjestelmäintegraation toiminnallisessa määrittämisessä selvitetään taustajärjestelmien tiedon laatu, tiedonkäsittely integraatiossa ja reaali vaatimukset tiedon siirrolle. Integraation teknisessä määrittämisessä taas määritetään tiedonsiirtoformaatti sekä se, millä tasolla integraatio toteutetaan. (Ala-Mutka & Talvela 2004, Peltonen et al. 2002)

Käytännön ongelmaksi usein muodostuu järjestelmän, johon tietoja syötetään, kykenemättömyys käsitellä kaikkia kohdejärjestelmässä tarvittavia tietoja. Integraatiota suunniteltaessa onkin syytä huomata, että järjestelmien välille ei ehkä saada aikaiseksi haluttua toiminnallisuutta, ei ainakaan minimikustannuksilla. Markkinoilla onkin vielä käytössä vanhoja ERP-järjestelmiä, joiden integroiminen muihin järjestelmiin voi olla melkein mahdotonta. Konfiguroitavat tuotteet hankaloittavat järjestelmien integrointia, koska monet PDM- ja ERP-järjestelmät eivät osaa kunnolla käsitellä niitä. Komponenttien väliset suhteet ovat varsinkin konfiguroitaville tuotteille vaikeaa hallita. (Peltonen et al. 2002)

Jokaisen yrityksen tavoitteena on säästäminen sekä joustavuuden, raportoinnin ja valvonnan kehittäminen. Useasti nykyaikaisissa yrityksissä liiketoiminnan työkaluina käytetään suurta määrää erilaisia ohjelmistojärjestelmiä, joten järjestelmäintegraatiolla voidaan luoda paremmat mahdollisuudet näiden tavoitteiden saavuttamiseen. Eri toimintoja on pyritty kytkemään toisiinsa tietoteknisin keinoin. Lähtökohtana voi olla tietokantapohjainen järjestelmä, joka mahdollistaa eri toimintoja tukevien sovellusten tietojen välityksen. Monissa yrityksissä eri tehtäviin hankittujen järjestelmien kytkettävyys varmistetaan standardoituja rajapintoja hyödyntämällä. (Hannus 1993, Tähtinen 2005)

Piirustusten ja tuoterakenteiden yhteneväisyys parantuu CAD-integraatiolla, joka voi olla yksi- tai kaksisuuntainen. CAD-ohjelmasta siirrettäviä tietoja voi olla piirustustietojen lisäksi suunnittelijan tiedot sekä tuotteen parametritiedot kuten massa ja materiaalmäärät. Kaksisuuntaisessa integraatiossa tietoa voidaan myös siirtää esimerkiksi PDM-järjestelmässä olevan tuotteen tuoterakenteesta CAD-järjestelmän vastaavaan tuoterakenteeseen. Tällainen integraatio on kuitenkin erittäin työläs toteuttaa, koska CAD-järjestelmä vaatii osien ja kokoonpanojen keskinäisen hierarkiatiedon lisäksi tarkempaa tietoa komponenttien geometrisestä sijainnista toistensa suhteen. Integraatiossa on tärkeää päättää, kummassa järjestelmässä nimikkeet ja tuoterakenteet luodaan. Sama pätee parametrien muuttamiseen ja hallintaan. (Peltonen et al. 2002)

Kohdeyrityksessä järjestelmäintegraatiolla ERP-järjestelmän ja CAD:n välillä voidaan nopeuttaa suunnittelun läpimenoaikaa yksittäisiä tehtäviä nopeuttamalla tai automatisoimalla ne kokonaan. Integraatio mahdollistaa myös kehityksen yhdenmukaisempaan toimintaan koko suunnitteluosastolla.

5.2. Eri integraatiomuodot

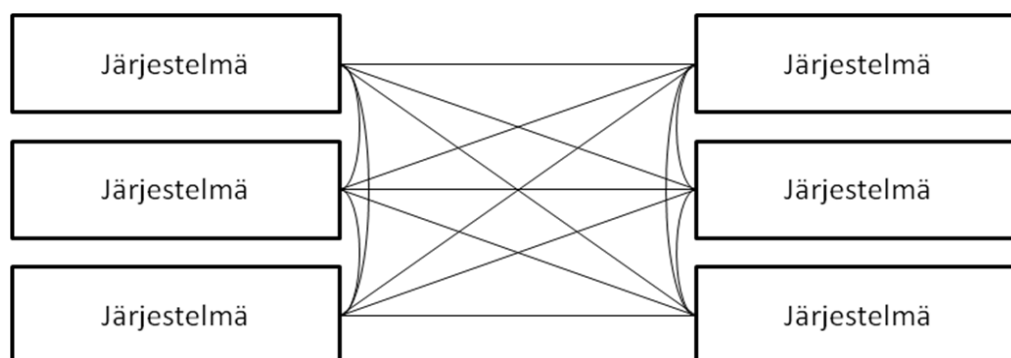
Käytännössä tiedon siirtoon järjestelmästä toiseen on kaksi eri ratkaisua: tiedon siirtäminen tai jakaminen. Ratkaisut eroavat toisistaan tiedon kopioimisen osalta. Tiedon siirtämismenetelmää käytettäessä ennen tiedon varsinaista siirtoa tieto pitää ensin kopioida. Yleisin tapa tiedon siirtämiseen on siirtotiedostojen luominen. Siirto toimii luomalla siirtotiedosto manuaalisesti tai automaattisesti siinä ohjelmistossa, jossa jaettavaksi haluttava tieto on luotu. Sen jälkeen vastaanottava järjestelmä lukee tiedostosta siirrettävän datan. Jos tietoja halutaan siirron sijasta jakaa, käytetään yhteistä tietokantaa. Tällöin monet eri tahot pääsevät tietokantaan tarpeen mukaan myös yhtä aikaa. Hajautettujen tietokantojen hallinta on mahdollista monitoimittajaympäristössä, mutta käytännössä ratkaisu edellyttää homogeenisia tietokantajärjestelmiä. Usein se tarkoittaa, että järjestelmien on oltava saman toimittajan tarjoamia. Operatiivisissa järjestelmissä, joissa voi olla suuria tapahtuma- ja käyttäjämääriä, ratkaisuun saattaa liittyä myös ongelmia suoritustehossa. (Hannus 1993)

Tieto on usein helpompaa siirtää kuin jakaa, koska tiedon jakaminen edellyttää käytössä olevien ohjelmistojen perusmekanismien tarkkaa tuntemista. Joskus tiedon jakamisen mahdollistamiseksi on myös tehtävä sovelluskohtaisia räätälöintejä. Ongelmia on silti myös tiedon siirtämisessä. Usein on erittäin vaikeaa varmistua kaikkien kopioitujen tiedostojen yhteneväisyydestä, koska siirrettyyn tietoon tehdyt muutokset eivät päivyty alkuperäisiin tiedostoihin. Tietojen siirto on siis tiedostojen avulla vain yksisuuntaista. (Sääksvuori & Immonen 2002)

Hannuksen [1993] mukaan sanomapohjainen integraatio standardoituja rajapintoja käyttäen on perustana järjestelmän toiminnalle. Tietokantajärjestelmien ei tarvitse olla homogeenisia, joskin se helpottaa kokonaisuuden hallitsemista. Sanomien välittäminen järjestelmien välillä voi perustua sanomanvälitysohjelmistojen sovellusliitännän hyödyntämiseen, palveluverkon palveluihin tai esimerkiksi eräsiirtoihin. Lisäksi tarvitaan hallintaohjelmisto, jonka avulla voidaan ohjata ja valvoa sanomaliikennettä.

Yleensä tietokantaintegraatiossa on kyse yhteisen tietokannan käyttämisestä, jolloin tietoa jaetaan kahden tai useamman sovellusohjelman kanssa. Tietokantaintegraatiossakin tieto sijaitsee vain yhden ohjelman tietokannassa. Muut sovellukset voivat esimerkiksi ainoastaan hakea tietoa omaan käyttöönsä ilman oikeuksia tiedon muuttamiseen. Tietokantaintegraatiossa haettu tieto on myös mahdollista kopioida eli replikoida toiseen tietokantaan. Tällöin kyseessä on tiedon siirtäminen, mutta menetelmänä on siirtotiedoston sijaan tietokantaintegraatio. (Tähtinen 2005)

Yksinkertaisin tiedonsiirron sekä mahdollisten tietomuunnosten ja kontrolloinnin asettamat vaatimukset täyttävä integraatiotapa on point-to-point-integrointi. Kyseisessä ratkaisumallissa luodaan linkit ohjelmistoparien välille tarpeen vaatiessa. Integraation hallinnointi on hajautettua, eikä ole siis yhtä pistettä, josta tiedonsiirtoa ja tietomuunnoksia hallittaisiin koko yrityksen tai konsernin tasolla. Point-to-point -arkkitehtuurin huonot puolet ilmenevät, jos integroitavia järjestelmiä on useita. Tällöin joudutaan jokaisen linkin toteuttamiseksi miettiä tapa, jolla integraatio toteutetaan. Jos käytettävät järjestelmät muuttuvat, saatetaan kaikki linkit joutua määrittämään uudelleen. Tämän takia on erittäin tärkeää, että linkkien toteuttaminen on dokumentoitu kattavasti. Linkkien määrä kasvaa neliössä integroitavien järjestelmien lukumäärään nähden. Point-to-point -integraatio on esitetty kuvassa 15. (Tähtinen 2005)

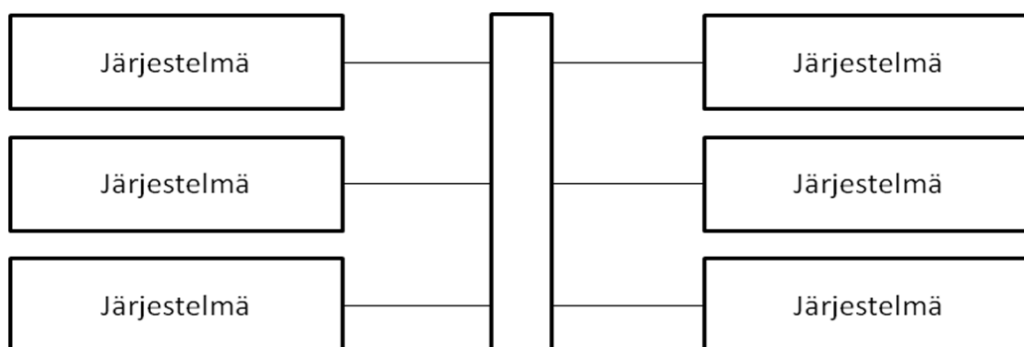


Kuva 15. Point-to-point-integraatio. (Tähtinen 2005, s.30)

Vaativampi integraatio voidaan tehdä järjestelmien ohjelmointirajapintojen (API, Application Programming Interface) avulla. Tällöin esimerkiksi PDM-järjestelmä voi käsitellä ERP-järjestelmään tallennettuja tuoterakenteita. Sovellukset voivat myös hakea

tietoa suoraan toistensa tietokannoista, mutta näin toteutetussa integraatiossa voi ilmetä ongelmia muun muassa järjestelmien päivitysten yhteydessä. (Peltonen et al. 2002)

Tehokkain integroinnin kontrollointitapa on keskittää kontrollointi yhteen pisteeseen (Kuva 16). Tällaisessa lähestymistavassa voidaan kontrollointi ja valvonta tehdä keskitetysti esimerkiksi yhdeltä työasemalta. Keskitetty ratkaisu on käytännöllisin, jos integroitavia järjestelmiä on useita, koska rajapintojen määrä on suoraan verrannollinen integroitavien järjestelmien määrään. Mitä vähemmän järjestelmien välisiä liityntöjä on, sitä helpompaa on systeemin hallinta ja muuttaminen. (Tähtinen 2005)



Kuva 16. Keskitetty integraatoratkaisu. (Tähtinen 2005, s.30)

Sääksvuori ja Immonen [2005] vertaavat siirtotiedosto- ja tietokantaintegraatiota sekä listaavat kummankin menetelmän hyviä ja huonoja puolia. Siirtotiedoston hyviä puolia ovat sen kevyt ja edullinen toteuttaminen sekä siirrettävien tietojen määrittelyihin tehtävien muutosten helppous. Huonoja puolia taas ovat toimimattomuus reaaliajassa, hitaus, tiedon replikoiminen useaan tietokantaan, siirtojen manuaalinen ajastus sekä mahdollisesti hallinnan raskaus, jos siirtotiedostoja on paljon. Tietokantaintegraation hyviä puolia ovat nopeus, automatiikka ja tiedon sijainti vain yhdessä paikassa. Huonot puolet tietokantaintegraatiolla ovat raskas toteutus, muutosten tekemisen vaikeus sekä kallis hinta.

5.3. Järjestelmäintegraation rakenne

Yksinkertaisimmillaan integraatio voi olla kahden samalla koneella olevan sovelluskomponentin yhdistäminen siten, että niistä muodostuu yhdessä toimiva kokonaisuus. Sovelluksilla pitää myös olla jonkinlainen yhteydenpitokanava sekä yhdenmuotoinen tietoformaatti, jotta yhteistoiminta on mahdollista. (Lahti 2003)

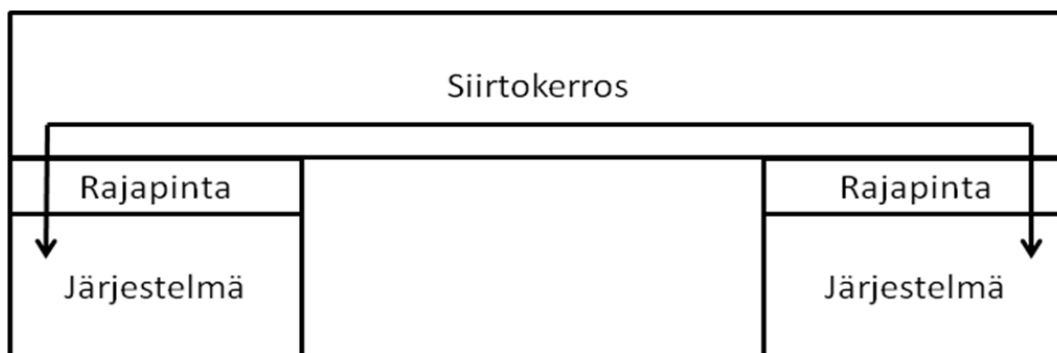
Tässä työssä järjestelmäintegraation rakenteen havainnollistamisen pohjana on käytetty Tähtisen [2005] esittämää rakennemallia. Mallissa integraatoratkaisu koostuu useasta tasosta, jotka ovat tässäkin työssä järjestyksessä käyty läpi. Tähtisen mukaan järjestelmäintegraatiossa on yksinkertaisimmillaan kysymys kolmesta asiasta, jos

integraatoratkaisussa pyritään saamaan muutoin keskenään yhteensopimattomat ja keskenään kommunikoimattomat järjestelmät keskustelemaan toistensa kanssa:

1. Informaation siirtäminen integroitavien järjestelmien välillä.
2. Järjestelmien sisäisten esitysmuotojen väliset tietomuunnokset.
3. Integraatioprosessin kontrollointi sekä siihen liittyvä valvonta ja raportointi.

5.3.1. Rajapinnat ja siirtokerros

Järjestelmien välinen informaation siirto on mahdollista ainoastaan integroitavien järjestelmien tarjoamilla rajapinnoilla. Rajapintojen välityksellä järjestelmistä voidaan hakea tietoa ja niiden kautta tapahtuu myös informaation syöttäminen järjestelmiin. Rajapintojen lisäksi järjestelmien välillä täytyy vielä olla jokin fyysinen siirtotie informaation kuljettamiseen, kuten tietoverkko tai jokin tietoverkkojen päällä toimiva sanomajärjestelmä. Järjestelmien rajapinnat ja siirtokerros on esitetty kuvassa 17. (Tähtinen 2005)



Kuva 17. Kahden järjestelmän integrointi yksinkertaisimmalla mahdollisella tavalla. (Tähtinen 2005, s.53)

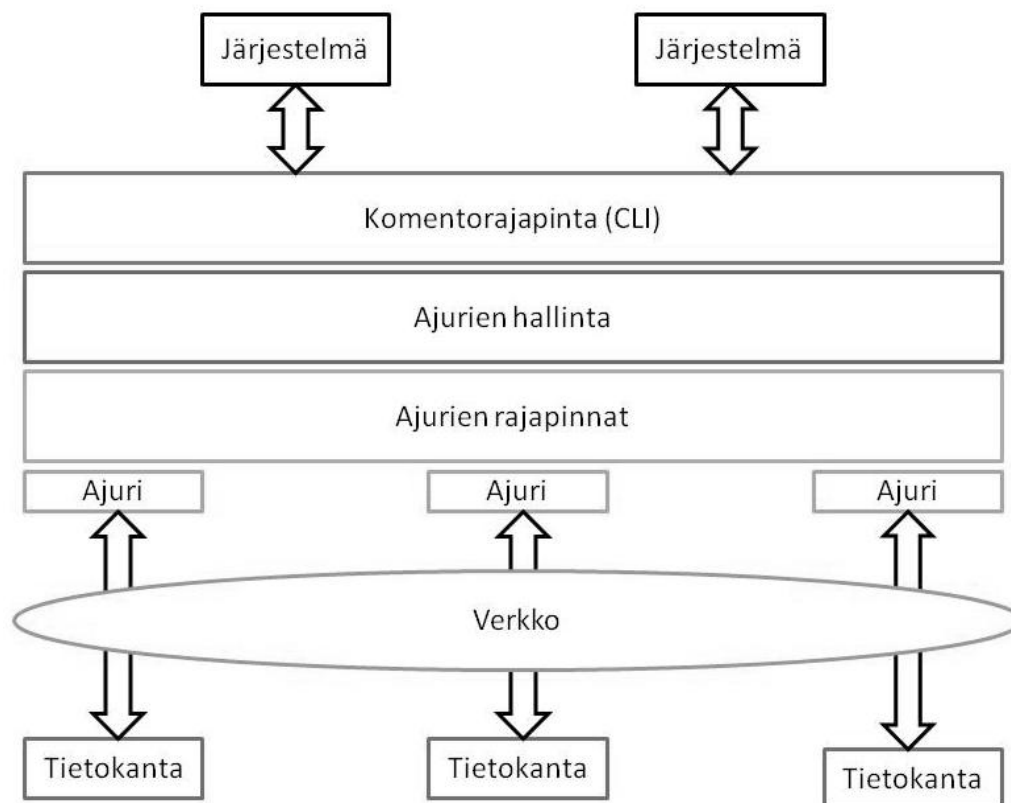
Järjestelmien integrointi voi olla yksi- tai kaksisuuntainen. Yksisuuntaisessa integraatiossa tietoa siirtyy vain yhteen suuntaan, esimerkiksi CAD-ohjelmasta ERP-järjestelmään. Kaksisuuntaisessa järjestelmässä tietoa siirtyy kumpaankin suuntaan. Yleensä kaksisuuntaisen integraation toteuttaminen on yksisuuntaista vaikeampaa. Esimerkiksi tuoterakenteita voidaan siirtää tekstitiedostona. Siirtotiedostointegraatio on helppo ja nopea toteuttaa. Myös siirtoprosessin automatisointi on mahdollista, mikä voi helpottaa virheiden käsittelyä. Yksinkertaisimmillaan järjestelmät tai sovellukset voivat vaihtaa tietoa ASCII-tiedostojen muodossa (American Standard Code for Information Interchange). ASCII-formaatin tiedostot ovat yksinkertaisia tekstitiedostoja. (Peltonen et al. 2002, Lapinleimu et al. 1997)

Olemassa olevilla rajapinnoilla on suuri merkitys integraatoratkaisun kannalta. Mikäli järjestelmissä ei ole informaation lukemiseen tai kirjoittamiseen minkäänlaisia rajapintoja, integraatiosta tulee vaikeaa. Useimmiten, kuten myös tämän työn tapauksessa, fyysisenä siirtotienä toimii yrityksen sisäinen paikallisverkko. (Tähtinen 2005)

Tiedon välittäminen ohjelman ja tietokannan välillä tai eri tietokantojen välillä voidaan toteuttaa tietokantaväliohjelmistojen avulla. Tietokantaväliohjelmistot voivat periaatteessa toimia kahdella eri tavalla, käyttäen tietokantatyypinä joko komentorajapintoja (CLI, Call-level Interface) tai natiivia tietokantaväliohjelmistoa. Natiivin väliohjelmiston käyttäminen usein edellyttää, että kaikki käytettävät tietokannat ovat samalta valmistajalta. Helpoiten tietokantaintegraatio voidaan toteuttaa käyttämällä standardoituja komentorajapintoja. Näitä ovat muun muassa ODBC (Open Database Connectivity), JDBC (Java Database Connectivity) ja OLE DB (Object Linking and Embedding Database). (Linthicum 2000, Lahti 2003)

Koska ajurien rajapinnat ovat sovellukseen päin samat, voidaan ajureita ja tietolähteitä vaihtaa muuttamatta sovelluksia. Ajurienhallintakomponentti hoitaa yhteyden yksittäisiin ODBC-ajureihin. Sovelluskehittäjän työksi jää Ajurien hallitsijan liittäminen käytettävään sovellukseen jää sovelluskehittäjän työksi. ODBC:n käyttämät tietolähteet voivat olla tietokantojen lisäksi esimerkiksi Excel- tai tekstitiedostoja. Ajurit pystyvät tulkitsemaan sovelluksien tekemät SQL-kyselyt niin, että tieto luetaan halutuista tiedoston kohdista. (Lahti 2003)

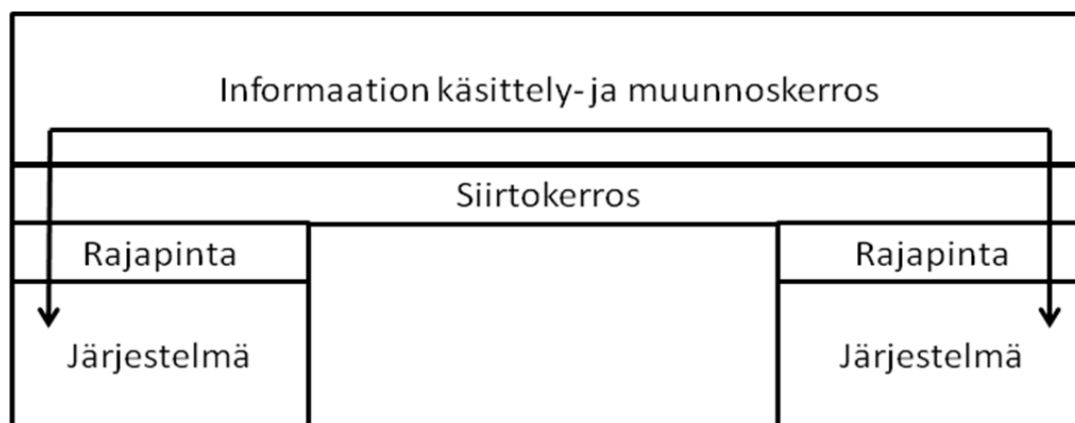
Komentorajapintoja käytetään varsin yleisesti, kun luodaan relaatiotietokantoja. Esimerkiksi ODBC on Microsoftin kehittämä standardirajapinta, joka on riippumaton käytetystä tietokantatyypistä. Microsoftin tarjoamat työkalut pystyvät useimmiten kommunikoimaan tietokannan kanssa ainoastaan ODBC-yhteydellä, joten sen käyttö on Windows-ympäristössä suotavaa. ODBC-yhteydellä voidaan yhtä rajapintaa käyttämällä muodostaa yhteys useaan tietokantaan ja yhteyksiä voidaan hallita ajureilla. Ajurien hallinnalla voidaan päättää mitä tietokantaa milloinkin käytetään. Vaikka ODBC-rajapinta on ilmainen, sen ajurit täytyy ostaa niitä myyviltä yrityksiltä. ODBC-yhteyden toimintaperiaate on esitetty kuvassa 18. (Linthicum 2000)



Kuva 18. ODBC-yhteyden toiminta. (Linthicum 2000, s.197)

5.3.2. Informaation käsittely- ja muunnoskerros

Lisäksi muutama tekijä rajoittaa järjestelmäintegraation toimintaa. Vaikka kumpikin järjestelmä pystyisi jo sekä antamaan että vastaanottamaan tietoa käytettävän siirtotien kautta, tiedot eivät välttämättä ole samassa muodossa. Sovellukset pystyvät kommunikoimaan keskenään vain jos ne ymmärtävät toistensa informaation esittämistapaa. Informaation käsittely- ja muunnoskerros ovat kuvassa 19. Jos järjestelmien käyttämät tiedot eivät ole samassa tietomuodossa, järjestelmän saumattoman toiminnan luomiseksi tarvitaan tietomuunnoksia. (Tähtinen 2005)



Kuva 19. Integraatioarkkitehtuuri, johon on lisätty informaation käsittely- ja muunnoskerros. (Tähtinen 2005, s.57)

Yhteiset termit ja käsitteet sekä muun muassa tietojen luokituksiin ja rakenteisiin liittyvät asiat on tarkasti selvitettävä. On tarkasti määritettävä:

- Mitä tietoa siirretään?
- Miten tietoa siirretään?
- Missä muodossa tietoa siirretään?

Määrittelyt kirjataan yleensä erityiseen määrittelydokumenttiin, jonka perusteella siirtotiedoston luomiseen tarvittavat ohjelmat koodataan. Määrittelydokumentista on esitetty esimerkki taulukossa 2.

Taulukko 2. Siirrettävien tietokenttien määrittelyt. (Sääksvuori & Immonen 2002, s.63)

Kentän nro	Kentän nimi vastaanottavassa ohjelmassa	Kentän nimi lähetävässä ohjelmassa	Kentän maksimipituus lähetävässä ohjelmassa	Kentän pituus siirto-tiedostossa	Onko tieto pakollinen siirto-tiedostossa
1	Tuotekoodi	Nimikekoodi	18	18	On
2	Tyhjä	Tyhjä	-	-	Ei
3	Nimitys	Kuvauskenttä 1	38	38	On
4	Tekninen tieto	Kuvauskenttä 2	50	50	On
5	Yksikkö	Nimikkeen suure: kpl/kg	3	3	On
6	Piirustusnumero	Nimikekoodiin liitetyn dokumentin koodi	18	18	On
7	Piirustuksen revisio	Nimikekoodiin liitetyn dokumentin revisio	3	3	On

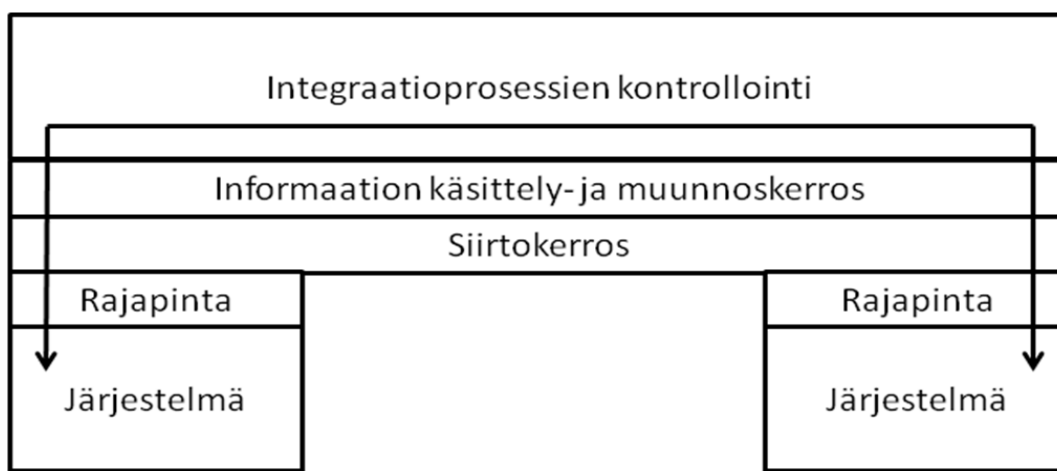
Siirtotiedosto voi olla esimerkiksi yksinkertainen tekstitiedosto, jossa siirrettävät tiedot on eroteltu ennalta määritetyllä erotinmerkillä. Taulukon 2 mukaisilla määrittelyillä voisi muodostua esimerkiksi seuraavanlainen siirtotiedoston rivi:

948269|ETUPINTALEVY|S=15|KPL|P011269|C

Käsittely- ja muuntokerroksen pitää pystyä muodostamaan vastaanottavan järjestelmän ymmärtämä tietokokonaisuus. Se voidaan koota kokonaisuudessaan lähetävän järjestelmän tuottamasta informaatiosta tai vaihtoehtoisesti useammasta eri lähteestä. Informaatiota voidaan myös täydentää itsenäisesti erilaisten vakioasetusten avulla, jolloin siis tietyt tuotteen tiedot täytetään automaattisesti joka kerta ennalta määritellyllä vakioarvolla. (Tähtinen 2005)

5.3.3. Integraatioprosessien kontrollointi

Järjestelmien välistä tiedonsiirtoa ei pystytä vielä tekemään automatisoidusti. Vaikka järjestelmät ymmärtävätkin jo toisien lähettämiä tietoja, ne eivät tiedä, milloin niiden pitäisi lähettää tai vastaanottaa tietoja. Siihen tarvitaan siirtoprosessien kontrollointia, johon tarkoitettu integraation kontrollointikerros on esitetty kuvassa 20. Informaation siirtoon käytetään usein jotain verkkokerroksen päällä toimivaa etäkutsu- tai sanomansiirtoarkkitehtuuria, jolloin siirto voidaan hallita halutulla tavalla. Tiedot voidaan esimerkiksi lukea ennalta määritellystä paikasta halutuin väliajoin. (Tähtinen 2005)



Kuva 20. Arkkitehtuuri, johon on lisätty integraatioprosessien kontrollointi. (Tähtinen 2005, s.64)

”Yksittäiset integraatiotapahtumat ovat kontrolloivan kerroksen välittämiä kutsuja alla oleviin kerroksiin - informaation hakuja taustajärjestelmistä siirtokerroksen läpi, tietomuunnosten avulla tapahtuvia kohdeinformaation koostamisia ja vientejä kohdejärjestelmiin.” (Tähtinen 2005, s.59)

Integraatioprosessin kontrolloinnissa on siis tehtävä myös erilaisia määrittelyjä siirrettävien tietojen kohteesta sekä tietojen viennistä kohteisiin. Silloin oikeat tiedot löytyvät siirron jälkeen oikeista paikoista. Integraatioprosessien kontrollointi on aina yrityskohtaista, koska määrittelyt täytyy tehdä käytettävien järjestelmien mukaan. Sovellukset ja järjestelmät taas vaihtelevat eri yritysten ja alojen mukaan. (Tähtinen 2005)

5.4. Integraation vaikutus tuotettavuuteen

Asiakkaalle lisäarvoa ja itselleen tulosta tuottavat yrityksen liiketoimintaprosessit jakautuvat lähes aina usealle eri sovellukselle. Organisaatiolla on kuitenkin tarve automatisoida tietoteknistä ympäristöään yksittäisten sovellusten rajojen ulkopuolelle. Järjestelmäintegraation avulla voidaan mahdollistaa sovelluskehitys, jonka tuloksena

yksittäisiä osa-alueita hoitavista järjestelmistä kootaan yrityksen ”supersovellus”. Nykyään yritykset käyttävät hyväksi yhä enemmän erilaista informaatiota liiketoimintaa ohjailevissa prosesseissaan, kuten myynti-, markkinointi- sekä tilaus- ja toimitusprosesseissa. Prosesseihin liittyy informaationkäsittelyä, jota saatetaan hallita monissa eri tietojärjestelmissä. Prosesseja saadaan nopeutettua ja virheitä vähennettyä, jos informaation jakaminen käytettävien järjestelmien välillä voidaan automatisoida. Prosessien nopeutumisesta ja virheiden vähenemisestä puolestaan seuraa kustannussäästöjä ja sitä kautta positiivinen vaikutus yrityksen kilpailukykyyn. (Tähtinen 2005)

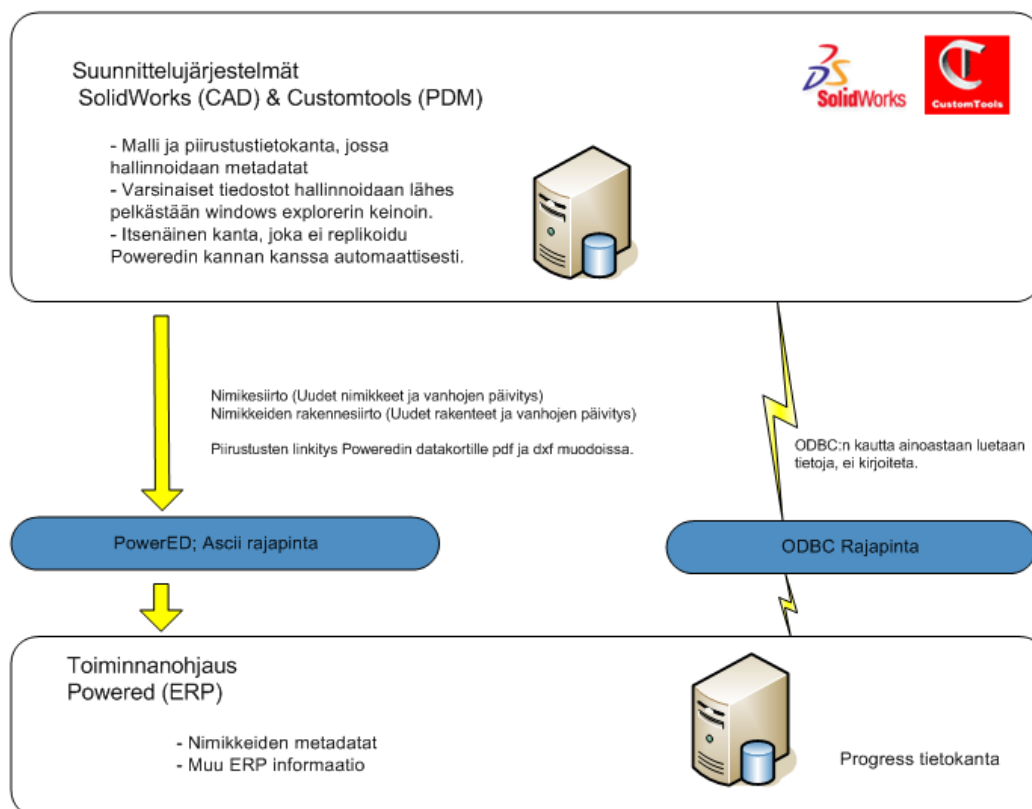
Yrityksen toimintaprosessien automatisoinnin avulla saavutettavat hyödyt realisoituvat prosessien nopeutumisena ja virheiden vähenemisena. Samalla manuaalisesti suoritettuihin prosesseihin sidottu työvoima vapautuu muihin arvoa tuottaviin tehtäviin. Prosessien nopeutuminen voi puolestaan johtaa asiakastyytyvyyden paranemiseen sekä esimerkiksi varastojen pienenemiseen. Sen lisäksi hyvin suunniteltu integraatoratkaisu yksinkertaistaa yrityksen tietojärjestelmäarkkitehtuuria. Yksinkertainen tietojärjestelmäarkkitehtuuri taas vähentää ylläpidon tarvetta, mikä tarkoittaa säästöjen kasvamista. Järjestelmäintegraatiolla helpotetaan myös informaation synkronointia eri järjestelmien välillä. Sen sijaan, että järjestelmän käyttäjä joutuisi syöttämään tietoja erikseen useaan eri järjestelmään, integraation avulla informaatiota voidaan jakaa useiden eri järjestelmien kesken. Tietokantapohjaisten järjestelmien avulla voidaan toteuttaa kattava ja yhtenäinen raportointijärjestelmä, jonka ansiosta voidaan parantaa toiminnan ohjattavuutta. Jo tietojen moninkertaiseen syöttämiseen kuluvan ajan säästäminen voi edesauttaa henkilötyön tehostumista. Integraatioprojektien suurin haaste ei ole tekniikka vaan organisaation ajattelutapojen ja ihmisten toimintamallien muuttaminen. (Tähtinen 2005, Hannus 1993)

6. JÄRJESTELMÄINTEGRAATIO KOHDEYRITYKSESSÄ

Tässä luvussa on esitetty vaiheittain järjestelmäintegraation toteutus Tammerneon Oy:ssä. Aluksi on kerrottu, kuinka tietojen hakeminen tietokannasta on toteutettu. Sen jälkeen on kartoitettu, mitä tietoja ERP-järjestelmään ja piirustuksiin tulee linkittää ja kuinka linkitys on toteutettu. Lopuksi on käyty läpi tietojen siirtäminen ERP-järjestelmään.

6.1. Lähtökohdat

Yhteneväisyyden vuoksi integraatio oli tarkoitus toteuttaa samalla tavalla kuin emoyhtiössä (Kuva 21). Käytettävät järjestelmät olivat siis myös samat, SolidWorks (CAD) ja Powered (ERP). Integraation tulisi toimia niin, että CAD-ohjelmistosta siirtyisi nimiketietoja, rakennetietoja ja piirustuksia automaattisesti ERP-järjestelmään.

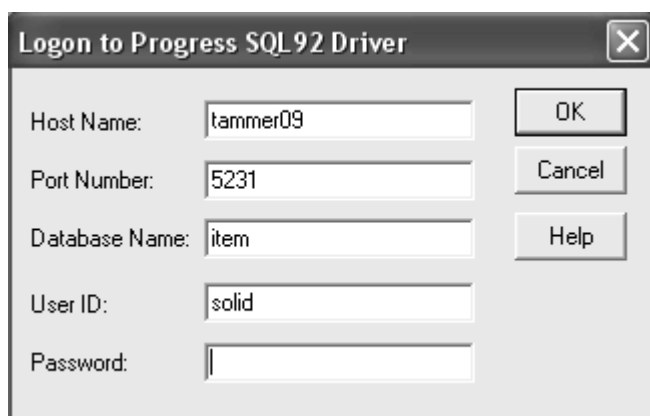


Kuva 21. Järjestelmäintegraatio Oy Tamware Ab:ssä. (Suojansalo 2009)

Tämä tulisi toteuttaa siirtotiedostojen avulla. Olisi myös luotava yhteys toiseen suuntaan, jolloin ERP-järjestelmässä olevien nimikkeiden tietoja voitaisiin lukea CAD-ohjelmistossa. Tarkoituksena oli pelkästään lukea tietoja muun muassa materiaalinimikkeille, eikä siis tehdä esimerkiksi rakennehierarkioita ERP:n kautta. Tietojen lukeminen ERP-järjestelmästä tuli toteuttaa tietokantalukuna ODBC-rajapinnalla.

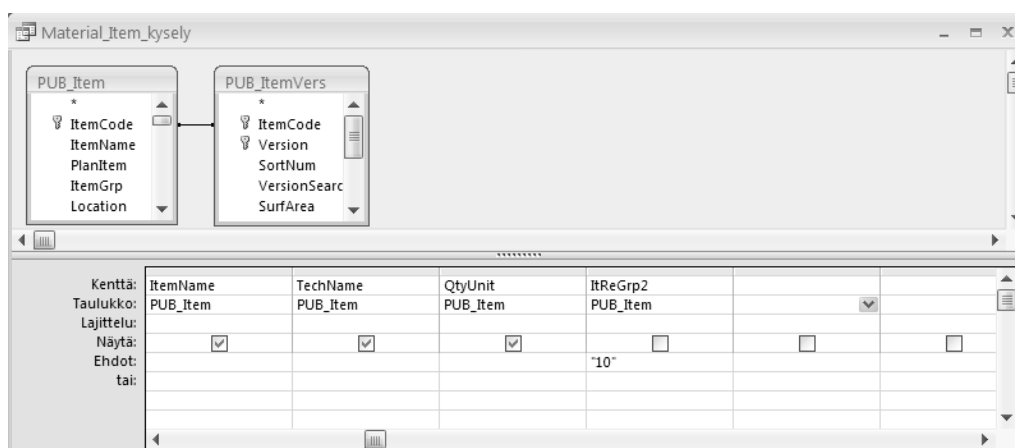
6.2. Tietojen lukeminen ERP-järjestelmästä

Tietojen lukeminen ERP-järjestelmästä toteutettiin ODBC-yhteydellä. Luvun 5 kuvassa 18 on esitetty ODBC-yhteyden toimintaperiaate. Linkin luominen oli yksinkertaista, koska voitiin käyttää pääosin samoja asetuksia kuin emoyhtiössä. Esimerkiksi ajuri ja ERP-järjestelmään liittyvät asetukset olivat jo käytännössä valmiina. Ajurin hallinnassa voitiin valita porttinumero, jonka perusteella tietoja luetaan halutusta paikasta, esimerkiksi kuvassa 22 näkyvä porttinumero 5231 tarkoittaa ERP-järjestelmän testikantaa. Ajurin asetukset laitettiin kuntoon jokaisen suunnittelijan työkonella.



Kuva 22. ODBC-ajurin asetukset.

Tietokantana käytettiin Windowsin Access-työkalua. Access-tiedostoon luotiin taulukko, johon aikaisemmin luodulla ODBC-yhteydellä luettiin tietoja valitun porttinumeron mukaan. Toisin sanoen taulukkoon linkittyivät kaikkien ERP-järjestelmän nimikkeiden tiedot. Lisäksi Access-tietokantaan luotiin nimiketaulukon perustuvia kyselytaulukoita. Näihin taulukoihin voitiin listata nimiketaulukon alkioita erilaisilla rajauksilla. Kuten kuvasta 23 nähdään, materiaalinimikkeet koottiin Material_Item_kysely -taulukkoon ItReGRp2:n eli ERP-järjestelmässä olevan Raportointiryhmä2:n arvolla.



Kuva 23. Materiaalinimikkeiden rajaaminen Access-tietokannassa.

SolidWorksin CustomToolsissa määritettiin käytettävä tietokanta sekä CustomToolsin hakutoiminnoissa käytettävät taulukot. CustomToolsin materiaalihakuun saatiin siten rajattua ERP-järjestelmän materiaalinimikkeet. Access-kannassa voitiin myös rajata, mitä nimiketietojen sarakkeita haluttiin näkyviin CustomToolsin hakutoiminnoissa. Yleiseen nimikehakuun käytettiin toista taulukkoa, johon haettiin kaikki nimikkeet ilman rajoituksia. Rajauksien lisääminen niitä tarvittaessa on jatkossa kuitenkin helppoa.

6.3. Tuotetietojen lisääminen CAD-järjestelmässä

Olellainen osa koko työssä oli suunnitteluvalikon muokkaaminen juuri Tammerneon Oy:n tarpeiden mukaiseksi. Uuden valikon räätälöiminen tarkoitti käytännössä uuden CustomTools -käyttäjaprofiilin luomista. Profiilin asetuksia, ja siis myös valikon ulkoasua, voidaan helpoiten muokata SolidWorksin, mutta myös tekstipohjainen muokkaaminen suoraan profiilin konfiguraatitiedostossa on mahdollista. Luvussa 6.4. on kerrottu konfiguraatitiedostosta tarkemmin.

Kaikki tuotteen tiedot tulisi pystyä lisäämään suunnitteluvalikossa niin, että ne tulisivat samalla tavalla ja oikein joka kerta käyttäjistä riippumatta. Aikaisemmin lähes kaikki tiedot kirjoitettiin kenttiin manuaalisesti, mutta tiedon yhtenäisyyttä tavoiteltaessa parempi ratkaisu on käyttää erilaisia sanakirjoja ja valikoita, joihin on määritelty valintavaihtoehdot ennalta. Nämä valikot ja sanakirjat vastaavat teoriaosuudessa mainittuja valintalistoja. Ennen suunnitteluvalikon muokkaamista oli selvítettävä, mitä tietoja piirustuksiin ja ERP-järjestelmään tulisi siirtää.

6.3.1. ERP-järjestelmään siirrettävät nimiketiedot

Aluksi oli selvítettävä, mitä tietoja oli mahdollista siirtää ERP-järjestelmään ja millä tavalla. Nimikkeellä tarvittavat tiedot voitiin jakaa kolmeen ryhmään, jotka on myös kuvassa 24 merkitty eri väreillä:

1. Vihreällä merkittyjen kenttien arvot päivittyvät, kun nimike siirretään ERP-järjestelmään SolidWorksista. Arvoiksi voidaan määrittää jonkin CustomToolsissa määritetyn tietokentän arvo tai vaihtoehtoisesti vakioarvo. Jos vakioarvoa muutetaan siirron jälkeen ERP-järjestelmässä, ei uusi siirto kuitenkaan päivitä kenttää takaisin vakioarvoon. Näitä tietokenttiä vastaavat arvot tulisi siis jollain tavalla määrittää jo CAD-ohjelmassa.
2. Punaisella merkityille kentille ei voida määrittää nimikekohtaisia arvoja, vaan niille on määritelty vakioarvot ERP-järjestelmän järjestelmäparametreissa. Arvot päivittyvät aina vakioarvoihin uuden siirron yhteydessä, vaikkei niin välttämättä tahdottaisikaan.
3. Keltaisella merkityjä kenttiä ei voida päivittää siirrossa millään tavoin, joten ne on kaikissa tapauksissa täytettävä jälkikäteen ERP-järjestelmässä. Nämä arvot eivät päivity tai tyhjenny, jos olemassa oleva nimike päivitetään siirtämällä se uudestaan CAD-ohjelmasta.

The screenshot shows the 'Nimike - New' dialog box with the following sections and fields:

- Perustiedot:**
 - Nimiketunnus: (green)
 - Nimi: (green)
 - Tekn. nimi: (green)
 - Piirustus: (green)
 - Suunnittelija: (green)
 - Raaka-aineet: (green)
 - Tullinimike: (green)
 - CN-luokka: (green)
 - Alkuperämaa: (red)
 - Min. kate%: 0,00
 - Perusyksikkö: (green)
- Ohjaustiedot:**
 - Myyntinimike
 - Ostonimike
 - Varastosaldot
 - Tarvelaskennassa
 - Suunnitelmassa
 - Toimittajien hyväksyntä
 - Eräseuranta
 - Erätietojen seuranta
 - Alihankinta
 - Vaihe-eränumerointi
 - Erävalmistus
 - Sarjanumerot
 - Hyväksyttävä
 - Hyv.ryhmä: (dropdown)
 - Hyvitysnimike
 - Ohjaustapa: (dropdown)
 - Käsittelytapa: (dropdown)
- Ryhmittelytiedot:**
 - Nimikeryhmä: (green)
 - Rap.ryhmä 1: (yellow)
 - Rap.ryhmä 2: (yellow)
 - Tilointiryhmä: (red)
 - Hintaryhmä: (green)
 - Alennusryhmä: (green)
 - Valvoja: (yellow)
 - Ostaja: (green)
- Mittatiedot:**
 - Nettopaino: 0,0
 - Bruttopaino: (green)
 - Tilavuus: (green)
 - Pinta-ala: (green)
 - Std-aika: 0
- Sallitut versiot:** (empty list)
- Lisätiedot:**
 - Korvaava tunnus: (dropdown)
 - Oletus toim.yks.: (red)
 - Vii. erätunniste: 0
 - Perustettu: (green)
 - Poistettu: (green)
 - Oletusversio: (dropdown)

Kuva 24. Nimiketiedot ERP-järjestelmässä.

Todennäköisesti olisi mahdollista räätälöidä ERP-järjestelmää ja siirtoparametreja niin, että nimikesiirrossa kaikki tiedot voitaisiin määrittää jo CAD-ohjelmiston puolella, tai että valitut kentät päivittyisivät vain silloin kun niin halutaan. Tämän työn aikana investointeja ERP-järjestelmän räätälöintiin ei ole kuitenkaan tarkoitus tehdä.

6.3.2. Piirustuksissa tarvittavat tiedot

Olennaista oli myös selvittää, mitä tietoja tarvitaan piirustuksien otsikkotauluissa ja osaluetteloissa. Aikaisemmin piirustusohjan otsikkotaulussa oli turhia kenttiä, jotka eivät tuoneet dokumenttiin mitään lisätietoa tai niitä ei edes täytetty. Päätettiin tehdä kokonaan uudella otsikkotaululla uusi piirustusohja, johon olisi valittavissa osaluettelo tai katkaisulista osan tyyppin mukaan. Vanhaa piirustusohjaa käytettäessä saattoi piirustuksissa olla myös projektioita epäluonnollisista suunnista, mikä aiheutti virheitä esimerkiksi ohutlevyosien kanttaamisessa ja maalaamisessa. Uuteen piirustusohjaan lisättiin valmiiksi oletusprojektiosuunnat ja projektioden paikat. Niin saatiin piirustusten ulkoasuun yhtenäisyyttä ja selkeyttä sekä automatisoitiin projektioden siirtäminen piirustukseen.

Otsikkotaulussa tuli olla samoja tietoja kuin ERP -järjestelmässä, kuten nimiketunnus, tuotteen kuvaus, asiakas, nimikeryhmä sekä kyseisen osan tai kokoonpanon massa. Lisäksi tärkeitä tietoja olivat osassa käytettävän maalin väri sekä maalattava pinta-ala. Maalattava pinta-ala saatiin linkitettyä myös ERP-järjestelmään, mutta maalin RAL-koodi vain piirustukseen. Pinta-alan laskemiseen tulee käyttää mallista otettuja mittoja, joten valikkoon oli lisättävä mittatietoja käsitteleviä kenttiä. Kokoonpanon maalitytöt ei voida sisällyttää otsikkotauluun, koska maaleja on yleensä useita ja maalattu pinta-ala on aina maalikohtainen. Kokoonpanon maalitytöt oli siis saatava kokoonpanon osaluetteloon. Osatyyppi haluttiin sekä otsikkotauluun että kokoonpanon osaluetteloon osien välisen hierarkian hahmottamiseksi. Kuvassa 25 on esitetty uusi otsikkotaulu.

Polku - Path		K:\Testiansio\Mallit\TestiKotelo\LH00042			
Tämä asiakirja on Tammerneon Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa luovuttaa kolmannelle osapuolelle tai muuten käyttää ilman Tammerneonin kirjallista lupaa. This document is property of Tammerneon and it is not allowed to represent or give to a third party without written permission of Tammerneon.		Yleistoleranssit, General Tolerances	Pituusmitat Kulma- mitat Hitsaus Lastuaminen Terminen leikkaus	SFS-EN 22768-1, luokka c SFS-EN 22768-1, luokka c SFS-EN ISO 13920, luokka c SFS 4011 SFS-EN ISO 9013, luokka 2	
		Väri Color	RAL 5005 Signal blue		
		Osatyyppi Type	Osa	Massa Weight	1,30 kg
Nimitys-Title Testi Kotelo 2000 Sivulevy		Nimikeryhmä Group	0040	Maalipinta Painted sur.	0,32 m ²
		Piir.no-Draw.nr.	Rev.	Piirretty Drawn	LHu 24.03.2010
		LH00042		Hyväksytty Approved	
Mittakaava Scale		1:10		LoMAKE Form	A3 Sivu Page (1/1)

Kuva 25. Uusi Otsikkotaulu.

Osille ei aikaisemmin ollut käytössä materiaalitietoja sisältävää ”osaluetteloa” vaan käytettiin kokoonpanon osaluetteloa, jossa aihiomitat olivat ainoa olennainen tieto otsikkotaulun tietojen lisäksi. Osan ”osaluettelossa” tulisi jatkossa olla käytettävän aihiomateriaalin nimike, materiaalinimikkeen perustiedot sekä aihion mitat. Koska materiaalinimikkeen tiedot haetaan tietokannasta, ainoa valikon muokkausta vaativa tieto on aihion mittatieto. Osan materiaalitaulu on kuvassa 26.

Pos	Materiaalinimike Material Item	Nimi Name	Tekninen nimi Technical Name	Aihiomitat Dimensions	Määrä Qty	Yksikkö Unit
1	O0101651	Levy 2mm	EN AW-5754 H22/32 (AlMg3)	1000x320	0,32	m2

Kuva 26. Osan materiaalitiedot.

Kokoonpanon osaluettelon tiedot koostuvat kokoonpanon osien ja alikokoonpanojen tiedoista, joten se ei aseta valikolle mitään lisävaatimuksia. Weldments-työkalulla tehtyjen runkorakenteiden piirustuksiin lisätään osaluettelon sijaan katkaisulista, johon on listattu käytettävät profiilinimikkeet tietoineen sekä profiilien pituudet ja kappalemäärät. Profiilinimikkeiden tiedot syötetään täysin erillisinä profiilitiedostoihin, joten niilläkään ei ole yhteyttä valikossa syötettäviin tietoihin. Uusi kokoonpanon osaluettelo ja uusi katkaisulista ovat kuvissa 27 ja 28.

Pos	Nimike nro Item Code	Rev	Osan nimi Part Name	Massa Weight [kg]	Väri Color	Pinta-ala Area [m ²]	Osatyyppi	Kpl Pcs
1	LH00054		Runko	22,58			Alikokoonpano	1
2	LH00040		Kulmalista	0,34	RAL 5005 Signal blue	0,08	Osa	4
3	LH00041		Kansi/Pohjalevy	3,40	RAL 5005 Signal blue	0,84	Osa	2
4	LH00042		Sivulevy	1,30	RAL 5005 Signal blue	0,32	Osa	2
5	LH00039		Etupintamuovi	3,54	RAL 5005 Signal blue	0,98	Osa	4

Kuva 27. Uusi kokoonpanon osaluettelo.

Pos	Nimike Item	Kuvaus Description	Materiaali Material	Pituus Length	Määrä QTY.
1	O000136	Neliöputki 40x40x3	EN AW-6063-T6	2000	4
2	O000136	Neliöputki 40x40x3	EN AW-6063-T6	920	4
3	O000136	Neliöputki 40x40x3	EN AW-6063-T6	240	6

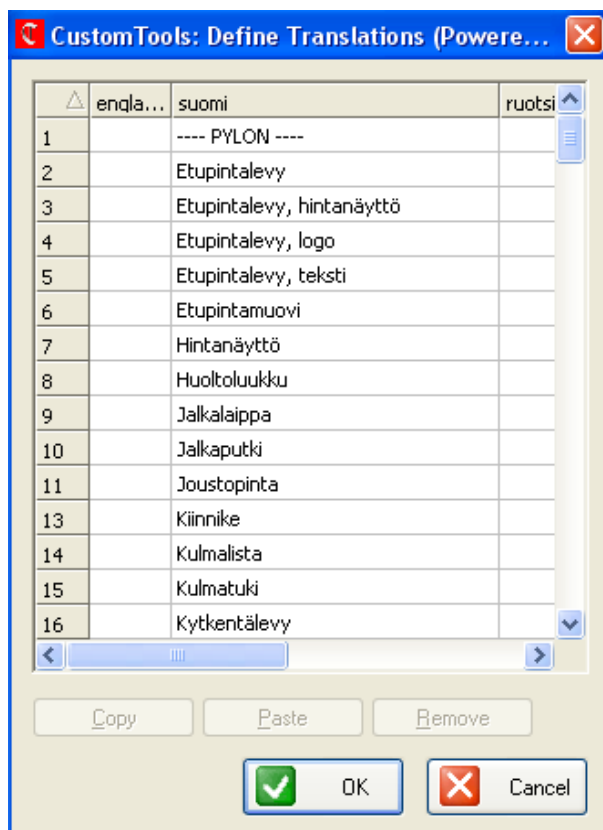
Kuva 28. Uusi katkaisulista.

6.3.3. Suunnitteluvalikon muokkaus

Edellisten lukujen yhteenvetona voidaan sanoa, että ERP-järjestelmään siirrettävien tietojen (kuvassa 23 merkitty vihreällä) lisäksi suunnitteluvalikossa tulee olla kentät osatyypille ja värille. Näiden lisäksi valikossa tulee olla mittakenttiä aihoiden ja maalipinta-alojen laskemiseksi. Vakioarvoina siirrettäville tiedoille ei tarvita valikossa tietokenttää. Koska osille ja kokoonpanoille voidaan räätälöidä omat valikkonsa, kokoonpanon valikosta voidaan jättää pois kaikki materiaaleihin, ahiomittoihin ja maalitietoihin tarkoitetut kentät, koska niihin lisätään vain osakohtaista tietoa.

Nimiketunnus valitaan juoksevasta numerosarjasta tai joissain tapauksissa manuaalisesti. Valikossa on vain yksi kenttä, ”Päämitta/Lisätieto”, joka täytetään manuaalisesti. Kaikkien muiden kenttien tiedot valitaan alasetoalikoista,

sanakirjoista, kalentereista tai muista ennalta määritetyistä arvojoukoista. Osien nimeämiseen koottu sanakirja on esitetty kuvassa 29. Melkein kaikki mallinnettavat nimikkeet ovat valmistettavia ja myytäviä nimikkeitä, joten osalle CAD:sta siirrettäville nimiketiedoille valittiin vakioarvot. Näitä olivat tullinimike (Valokilpien osat, muut), CN-luokka (Valokilpien osat, muut), perusyksikkö (Kpl) ja ohjaustapa (Valmistus).



Kuva 29. Sanakirja osien nimille.

Osa valikon tietokentistä täyttyy muihin tietokenttiin tehtyjen valintojen perusteella. Piirustusnumero määräytyy suoraan nimiketunnuksen ja revision mukaan sekä osan massa valitun materiaaliheyden mukaan. Tämän työn aikana tehtiin päätös, että ERP-järjestelmässä oleva ”Tekninen nimi” -kenttä halutaan jatkossa esittää kolmen eri arvon yhdistelmänä; ”Asiakas Tuotetyyppi Päämitta/Lisätieto”. Tuotetyyppejä ovat yrityksessä valmistettavat tuotteet, kuten pylonit, irtokirjainmainokset ja hintanäytöt. Mittatieto voi olla esimerkiksi pylonin korkeus. Valikossa nimikkeen teknistä nimeä vastaava kenttä on nimetty päätuotteeksi, jonka avulla tuotekohtaisia hakuja on helppo tehdä sekä CAD- että ERP-järjestelmässä. Suunnitteluvalikon yläosa on esitetty kuvassa 30. Tässä työssä on käytetty esimerkkinä valikossa olevaa nimikettä LH00042 myös siirron muissa vaiheissa, jotta siirtoprosessi ja siinä tehtävät määrittelyt olisivat mahdollisimman havainnollisia.

CustomTools: Custom Properties (Powered Tammerneon (Lauri Hurri))

Configurations
Currently active: Default
Change properties in: This Configuration

OK Cancel
Search Get

Custom properties of LH00042.sldprt

Nimiketunnus: LH00042
Revisio: A
Piirustus: LH00042A
Asiakas: Testi
Tuotetyyppi: Kotelo
Päämitta/Lisätieto: 2000
Päätuote: Testi Kotelo 2000
Osan nimi: Sivulevy
Osatyyppi: Osa
Nimikeryhmä: 0040 Kotelot
Tiheys: Alumiini
Massa: 1.30 Precision: 0 Decimals: 2
Väri: RAL 5005 Signal blue

Kuva 30. Uuden suunnitteluvalikon yläosa.

Valikossa on materiaalihauille nappi, josta avautuu kuvassa 31 esitettävä lista kaikista materiaalinimikkeistä, jotka rajoitustekijöillä suodatettiin tietokannan materiaalitaulukoon. Tietokannasta saadaan tiedot käytettävän materiaalin nimiketunnukselle, nimelle, tekniselle nimelle sekä perusyksikölle.

Lisäksi ahiomitat, materiaalmäärä ja maalattava pinta-ala määräytyvät muiden kenttien arvojen mukaan automaattisesti. Ahiomitat saadaan mittatiedoista valitun ahiotyypin mukaan, levyille ”Pituus” x ”Leveys” ja profiileille $L = \text{”Pituus”}$. Materiaalmäärä lasketaan samojen mittatietojen avulla, kenttään saadaan arvo metreinä tai neliömetreinä. Maalipinnaksi valitaan joko levyn, pyöröputken tai suorakaiteen muotoisen palkin pinta-ala, jolloin maalattava pinta-ala saadaan neliömetreinä syötettyjen mittatietojen mukaan. Valikkoon on lisätty mittatiedoille kaksi lisäkenttää pyöröputkien ja palkkien ulkopinta-alojen laskemiseen.

CustomTools: Material Items

Search
Sort field: [QtyUnit] Search criteria: [] Get Items

Results:

MAT Nimiketun...	MAT Nimi	MAT Tekn nimi	MAT Perusyksikkö
00100571	Levy 2mm	EN AW-1050A H14/24 (Al 99.5)	m2
00101651	Levy 2mm	EN AW-5754 H22/32 (AlMg3)	m2
0020176	Levy 2mm kirkas uv-suoj	PC	m2
00306131	Levy 2mm kyva DCO1	EN 10130-2 S235J2	m2
0020080	Levy 2mm Opal	PMMA XT+ R65	m2

Kuva 31. Uuden suunnitteluvalikon materiaalihaku.

Suunnittelijan tunnus päivittyy tietokenttään automaattisesti Windowsin käyttäjätunnuksen mukaan. Päivitys toimii tosin vain niille käyttäjille, joiden oletetaan käyttävän CAD-ohjelmaa, muuten kenttä on oletuksena tyhjä. Viimeisenä valikossa on suunnittelun aloituspäivämäärä sekä päivämäärä, jolloin mallinnettu nimike on valmis ja siirretään ERP-järjestelmään. Aloituspäivämäärä määräytyy automaattisesti sen mukaan, milloin nimiketietoja on ensimmäisen kerran täytetty. Uuden suunnitteluvalikon alaosa on esitetty kuvassa 32.

MAT Nimiketunnus	O0101651	
MAT Nimi	Levy 2mm	
MAT Tekn nimi	EN AW-5754 H22/32 (AlMg3)	
Pituus	1000,00	<input checked="" type="checkbox"/> D1@Sketch1
Leveys	320,00	<input checked="" type="checkbox"/> D2@Sketch1
Dim Profiili 1		<input checked="" type="checkbox"/>
Dim Profiili 2 / Ø		<input checked="" type="checkbox"/>
Aihiotyyppi	Levy	
Aihiomitat	1000,00x320,00	<input checked="" type="checkbox"/>
MAT Määrä	0,32	<input checked="" type="checkbox"/>
MAT Perusyksikkö	m2	
Maalipinta	Levyn pinta-ala	
Maalattava m ²	0,32	<input checked="" type="checkbox"/>
Suunnittelija	LHu	
Perustettu	22.02.2010	<input checked="" type="checkbox"/>
Valmis pvm	22.02.2010	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 32. Uuden suunnitteluvalikon alaosa.

6.4. Konfiguraatitiedosto

CustomTools -profiilin valinta tapahtuu ottamalla käyttöön vastaavan profiilin konfiguraatitiedosto, jossa on ASCII-tekstimuodossa kaikki profiilin asetukset. Järjestelmien välisen tiedonsiirron aikaansaamiseksi CAD-ohjelmaan asennettiin lisäosa, Powered add-in, jonka koodaustyö ostettiin yrityksen ulkopuolelta. Suurinta osaa profiilin asetuksista voidaan muokata CAD-ohjelmassa, mutta määrittelyt tietojen siirtämiseksi ERP-järjestelmään – eli lisäosan asetukset – pystytään tekemään ainoastaan konfiguraatitiedoston tekstiä muokkaamalla.

Lisäosan asetuksiin määritettiin nimikkeiden ja rakenteiden siirtotiedostojen tallennuskansiot sekä siirrettäviä nimike- ja rakennetietoja vastaavat suunnitteluvalikon tietokentät. Kuvassa 33 on esitetty valikon kenttien tunnuksot, otsikot ja tyypit. Kenttien otsikot näkyvät valikossa kun tietoja täytetään, mutta siirtoa varten vastaavuuden valitaan kentän tunnuksen mukaan.

Custom properties:

Hide	Key	Label	Type
<input type="checkbox"/>	item	Nimiketunnus	Editbox
<input type="checkbox"/>	version	Revisio	Editbox
<input type="checkbox"/>	Piirustus	Piirustus	Combinationbox
<input type="checkbox"/>	Asiakas	Asiakas	Editbox
<input type="checkbox"/>	Tuote	Tuotetyyppi	Editbox
<input type="checkbox"/>	paamitta	Päämitta/Lisätieto	Editbox
<input type="checkbox"/>	desc1	Päätuote	Combinationbox
<input type="checkbox"/>	desc2	Osan nimi	Editbox
<input type="checkbox"/>	Osatyyppi	Osatyyppi	Combobox

Kuva 33. Valikon tietokenttiä vastaavat tunnukset.

Lisäosan asetuksissa on jokaista ERP-järjestelmään siirrettävää nimiketietoa varten oma rivi. Rivillä on ensimmäisenä määritelty ERP-järjestelmässä olevan tietokentän vastaava suunnitteluvalikon kentän tunnus. Määrittelytietojen erotteluun käytetään välimerkkiä `þ`. Tunnuksen jälkeen rivillä on määritetty tiedon pakollisuus siirron suorittamiseksi (pakollinen = 1, vapaa = 0). Kolmas määrittely koskee sallittuja arvoja ja neljäs oletusarvoa, mutta nämä kaksi määrittelyä eivät ole käytössä. Siirrettävä tieto voi olla merkkijono tai jokin luku. Tiedon tyyppi määritetään samalla tavalla kuin pakollisuuskin, merkkijonoa vastaava arvo on 0 ja lukua 1. Viimeisenä rivillä on määritetty siirrettävän tiedon maksimipituus. Jos siirrettävä tieto on luku, on määritetty numeroiden maksimimäärät ennen ja jälkeen desimaalipisteen. Samalla periaatteella määritetään myös rakennesiirron kentät. Alla on esitetty asetusrivin rakenne kokonaisuudessaan, sekä muutama esimerkki käyttöön otettavan systeemin asetuksista. Kaikki määrittelyt ovat koottuna liitteessä 3.

ERP:n kentän nimi = [Kentän tunnus CAD:ssa] `þ` Pakollisuus (1/0) `þ` Sallitut arvot `þ` Oletusarvo `þ` Merkkityyppi (1/0) `þ` Merkkijonon maksimipituus

Nimiketunnus=[item]`þ`1`þþþ`0`þ`20

Nimi=[desc2]`þ`1`þþþ`0`þ`35

Bruttopaino=[weight]`þ`1`þþþ`1`þ`7.5

6.5. CAD-järjestelmäparametrit ERP-järjestelmässä

Yrityksen ERP-järjestelmässä voidaan järjestelmäparametreihin määrittää erilaisia asetuksia CAD-ohjelmistosta tapahtuvaa tiedonsiirtoa varten. Parametreihin voidaan määrittää esimerkiksi nimikkeiden kuormitus- ja vaiheistustietoja, mutta niitä ei haluta siirron yhteydessä päivittää. Siirron kannalta olennaiset parametrit ovat:

1. Hakemistopolku, josta luetaan nimikkeiden siirtotiedostot.
2. Hakemistopolku, josta luetaan rakenteiden siirtotiedostot.
3. Hakemistopolku, johon luodaan raportit siirtotapahtumista.
4. Hakemistopolut, joihin luodaan nimikesiirrossa OLE-linkit

(DXF-, PDF- ja JPG-tiedostot).

5. Nimikesiirrossa vakioarvoihin päivittyvien nimiketietojen oletusarvot (ohjaustiedot, alkuperämaa, käsittelytapa, tiliöintiryhmä ja oletustoimiyksikkö).

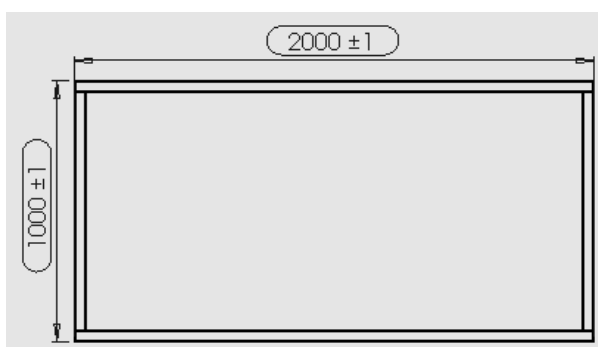
Siirtotiedostojen lukemista varten hakemistopoluiksi määritettiin polut kansioihin, jotka määritettiin konfiguraatiotiedostossa siirtotiedostojen tallennuskohteiksi. Samoin OLE-linkityksiin valittiin polut kansioihin, jotka määritettiin DXF-, PDF- ja JPG-tiedostoille tallennuskohteiksi CAD-järjestelmässä. Nimiketietojen vakioarvoiksi valittiin arvot, jotka olisivat oikein suurimmalle osalle siirrettävistä nimikkeistä.

6.6. Nimikkeen ja rakenteen siirtäminen ERP-järjestelmään

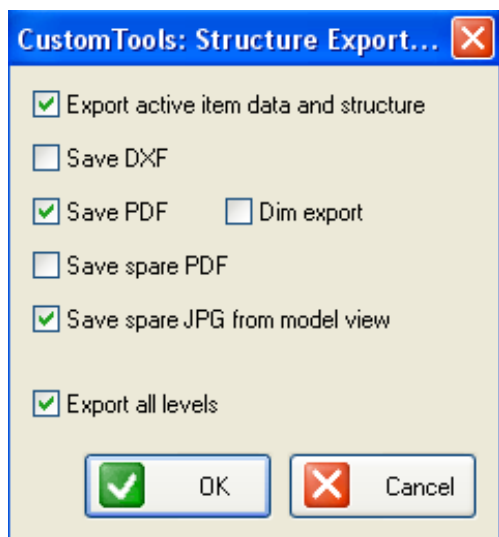
Tässä alaluvussa käydään läpi suunnittelijan tekemä varsinainen tiedonsiirtoprosessi. Aluksi esitetään, kuinka suunnittelija valitsee mallinnuksen jälkeen tallennettavat dokumenttiformaatit sekä siirrettävät nimikkeet ja rakenteet. Viimeisenä käydään läpi siirtotiedostojen lukeminen ERP-järjestelmässä.

6.6.1. Siirrossa luotavat tiedostot

Ensimmäisenä siirtoprosessissa valitaan piirustuksista tallennettavat tiedostoformaatit. Toisin sanoen muokattavasta esitysmuodosta luodaan katseluesitysmuodot, valinnan mukaan DXF- ja PDF-formaatteina. 3D-mallista voidaan myös ottaa siirron yhteydessä JPG-kuva ennalta määritetyssä katselukulmassa, esimerkiksi isometrisesti. Kuvia voidaan käyttää vaikka varaosien (Spare) arkistoinnissa. Jos halutaan, saadaan samasta näkymästä luotua myös PDF-tiedosto. Lisäksi jälkiseuranta varten voidaan luoda tekstitiedosto piirustukseen merkityistä tärkeistä mittatiedoista (Dim export). Tärkeiden mittojen merkkaukset on esitetty kuvassa 34. ”Export all levels”-valinnalla voidaan päättää, siirretäänkö alustavasti koko rakenne viimeistä ruuvia myöten vai siirretäänkö pääkokoonpanon lisäksi vain yhtä hierarkiatasoa alemmat komponentit. Siirrossa luotavien tiedostojen valintaikkuna on esitetty kuvassa 35. Lopulliset päätökset siirrettävistä nimikkeistä ja rakenteista tehdään kuitenkin vasta myöhemmin siirtoikkunassa.



Kuva 34. Tärkeitä mittatietoja jälkiseuranta varten.



Kuva 35. Piirustusten, kuvien ja mittatietojen valinta.

6.6.2. Siirtoikkuna

Siirtoikkuna on jaettu kahteen osioon (Kuva 36). Yläosassa on siirrettävät nimikkeet ja alaosassa siirrettävän kokoonpanon rakenne. Nimikkeen siirto päivittää nimikkeelle CAD:ssa ja ERP:n järjestelmäparametreissa määritetyt arvot. Samalla luodaan myös automaattisesti OLE-linkit siirron yhteydessä tallennettujen piirustusdokumenttien polkuihin. Polut on määritelty ERP-järjestelmän järjestelmäparametreissa. Jos nimikkeen jokin pakollinen tieto on jäänyt täyttämättä, näkyy nimikkeen ja sen rakenteen rivit siirtoikkunassa punaisella.

ERP-järjestelmään luotavat tai päivitettävät nimikkeet voidaan valita vapaasti. Aikaisemmin todettiin, että siirron yhteydessä järjestelmäparametreissa määritetyt nimiketiedot päivittyvät vakioarvoihin. Tämän takia jo ERP-järjestelmässä valmiina olevia nimikkeitä - varsinkaan vakiokomponentteja - ei pidä siirtää uudelleen ellei kyseessä ole uusi revisio.

Rakennesiirrossa linkitetään osia ja kokoonpanoja toisiinsa, eli luodaan nimikkeelle 3D-mallin osahierarkiaa vastaava rakenne. Myös siirrettävää rakennetta voidaan vapaasti muokata. Se on tarpeellista vain harvoin, koska siirrettävän osan tai kokoonpanon 3D-mallissa on yleensä vain ne komponentit, jotka rakenteelle tuleekin siirtää. Rakenteiden siirrot eivät päivitä nimikkeiden tuotetietoja.

Nimiketunnus	Versio	Nimi	Tekninen nimi	Piirustus	Perusyksikkö	Nimikeryhmä	Bruttopaino	Ohjaustapa	Perustettu	Suunnittelija
LH00042		Sivulevy	Testi Kotelo 2000	LH00042A	kpl	0040	1.30000	Valmistus	19.03.2010	LHu

Nimike	Emorimike	Emoversio	Emopiirustus	Osanumero	Nimiketunnus	Versio	Nimi	Perusyksikkö	Yksikkömäärä
LH00042				0	LH00042		Sivulevy	kpl	1
O0101651	LH00042		LH00042A	1	O0101651		Levy 2mm	m2	0.32

Kuva 36. Siirtoikkuna.

6.6.3. Siirtotiedostojen lukeminen ERP-järjestelmässä

Siirtotiedostoja luodaan kaksi, yksi nimikkeestä ja toinen rakenteesta. Tiedostot ovat ASCII-tekstitiedostoja, joissa siirrettävät tiedot on jaoteltu erotinmerkillä. Alla ovat esimerkkeinä siirtotiedostojen sisällöt samasta nimikkeestä, jonka tiedot olivat täytettyinä suunnitteluvalikkoon luvussa 6.3.3.

Nimikkeen siirtotiedosto:

```
LH00042¶Sivulevy¶Testi Kotelo 2000¶¶¶LH00042¶kpl¶0040¶1.30000¶
Valmistus¶19.03.2010¶LHu¶¶¶Laurih¶0.32000¶9405990090¶94059900¶4¶x
```

Rakenteen siirtotiedosto:

```
LH00042¶LH00042¶1¶O0101651¶Levy 2mm¶m2¶0.32¶x
```

Siirtotiedostot luetaan ERP-järjestelmässä erikseen (Kuva 37). Ensin luetaan nimikkeet ja sen jälkeen rakenteet. Järjestys on tärkeä, koska rakenteiden lukeminen ei onnistu, jos niille siirrettäviä nimikkeitä ei ole olemassa. Siirtotiedostojen lukeminen voidaan automatisoida, jolloin siirtotiedostojen tiedot voidaan lukea ERP-järjestelmään halutuin aikavälein. Tamwarella tietojen lukeminen on automatisoitu tapahtuvaksi muutaman minuutin välein. Tammerneonilla siirtoprosessia ei automatisoida heti integraatioprojektin jälkeen, koska suunnittelijat tarvitsevat aluksi kokemusta siirtoprosessin toteuttamisesta oikein. Kun kokemuspohjaa on tarpeeksi, automatisoidaan siirto myös Tammerneonilla. Nimikkeen ERP-järjestelmään siirretyt nimiketiedot ovat kuvassa 38 ja rakenne kuvassa 39. Liitteessä 4 on esimerkki laajemman kokoonpanon siirtoprosessista.

Nimikkeet SolidWorksista

Tiedosto Muokkaa Ohje

Kirjoitin: Screen
 Tiedosto: \\Tammer08\customtoolstamware\Siirtotiedosto\TN-Testi\item
 Lue hakemistosta

Rajaustekijät
 Nimikekoodi: [] +/-Max []

Enter data or press ESC to end.

Rakenteet SolidWorksista

Tiedosto Muokkaa Ohje

Kirjoitin: Screen
 Tiedosto: \\Tammer08\customtoolstamware\Siirtotiedosto\TN-Testi\str
 Lue hakemistosta

Rajaustekijät
 Nimikekoodi: [] +/-Max []

Ei päivitetä olemassa olevien osien tietoja
 Ei käsitellä vaiheistusta
 Ei päivitetä olemassa olevien vaiheiden tietoja

Kenttäerotin
 Vertex
 Sarkain
 Parametrissa

Enter data or press ESC to end.

Kuva 37. Nimikkeiden ja rakenteiden siirtotiedostojen lukeminen hakemistosta.

Nimike - LH00042 Sivulevy

Tiedosto Muokkaa Siirtyminen Toiminnot Alennukset Ohje

Tekstit Tuot.nimikkeet Lisäk. Rakenne Käyttö Saldot Versiot

Nimike Nimet Yksiköt Valm.yksiköt Hinnat Kustannukset Tarvelaskenta Ulk.tun

Perustiedot

Nimiketunnus: LH00042
 Nimi: Sivulevy
 Tekn. nimi: Testi Kotelo 2000
 Piirustus: LH00042A
 Suunnittelija: LHU
 Raaka-aineet:
 Tullinimike: 9405990090 Valokilpien osat, muut
 CN-luokka: 94059900 Valokilpien osat, muut
 Alkuperämaa: FI Min.kate%: 0,00
 Perusyksikkö: kpl

Ohjaustiedot

Myyntinimike Hyväksyttävä
 Ostonimike Hyv.ryhmä: []
 Varastosaldot
 Tarvelaskennassa Hyvitysnumike
 Suunnitelmassa
 Toimittajien hyväksyntä
 Eräseuranta Ohjaustapa: Valmistus
 Erätietojen seuranta Käsitelytapa: []
 Alihankinta
 Vaihe-eränumerointi
 Erävalmistus
 Sarjanumerot

Ryhmittelytiedot

Nimikeryhmä: 0040
 Rap.ryhmä 1: []
 Rap.ryhmä 2: []
 Tiliointiryhmä: Myyntinimikk
 Hintaryhmä: []
 Alennusryhmä: []
 Valvoja: []
 Ostaja: []

Mittatiedot

Nettopaino: 0,0
 Bruttopaino: 1,3
 Tilavuus: 0,0
 Pinta-ala: 0,32
 Std-aika: 0,

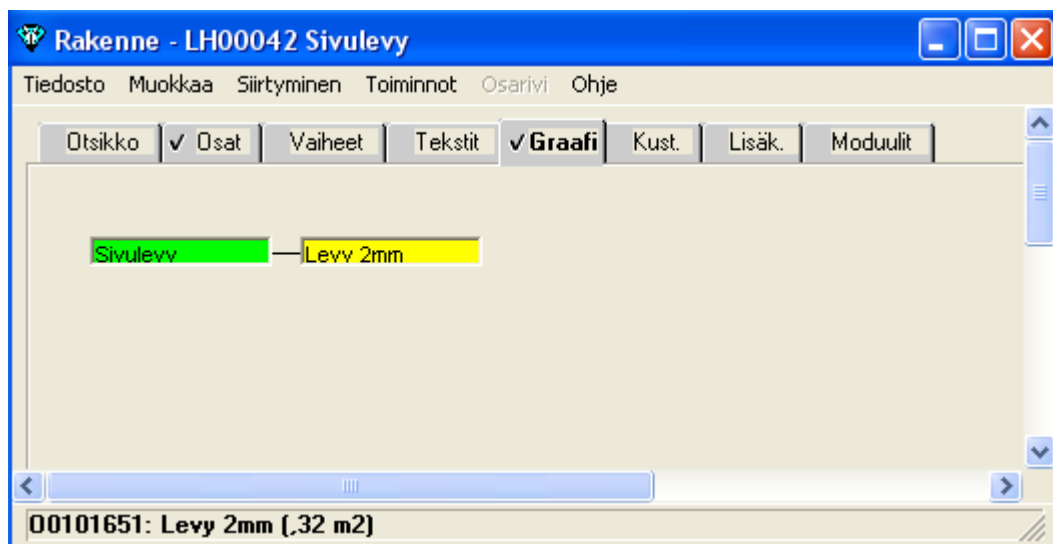
Sallitut versiot

Lisätiedot

Korvaava tunnus: []
 Oletus toim.yks.: Tammerneon
 Viim. erätunniste: 0
 Perustettu: 19/03/10
 Poistettu: []
 Oletusversio: []

Enter data or press ESC to end.

Kuva 38. ERP-järjestelmään siirretyn nimikkeen nimiketiedot.



Kuva 39. ERP-järjestelmään siirretyn nimikkeen rakenne.

Nimikkeistä ei ole tarkoitus tallentaa ERP-järjestelmään eri versioita, vaan jokaisesta versiosta luodaan oma nimike. Nimikkeiden revisiointi tapahtuu siirtämällä CAD-ohjelmistossa revisioitu nimike vanhan nimikkeen päälle, jolloin luodaan uusi OLE-linkki uuden revision piirustukseen. Vanhojen revisioiden piirustukset säilyvät linkkiluettelossa, joten voidaan helposti selvittää nimikkeen muutoshistoria piirustusten avulla. Toki uuden revision piirustuksessa on nimikkeeseen tehdyt muutokset merkitty myös revisiotauluun. Myös pienemmät muutokset, jotka eivät vaadi uuden revision tekemistä, pystytään tekemään päivittämällä käytössä olevan revision piirustusta. Koska piirustusten avaaminen ERP-järjestelmässä perustuu tiedostojen linkitykseen, ei nimikettä tarvitse siirtää uudelleen ERP-järjestelmään ellei sen tiedot ole muuttuneet.

7. PYLONIN MATERIAALIEN JA SUUNNITTELUMENETELMIEN YHTENÄISTÄMINEN

Tässä luvussa on käsitelty kohdeyrityksen päätuotteen ja sen suunnitteluun käytettävien menetelmien yhdenmukaistamiseksi tehtyjä toimenpiteitä. Luku on jaettu materiaalien valintaa koskevaan sekä suunnitteluohjelman mahdollistamaan vakiointiin.

7.1. Materiaalien valinta

Pyloneissa käytettävät materiaalit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: runkorakenteiden materiaalit, pintaosien materiaalit sekä sähkökomponentit ja hintanäytöt. Kahden jälkimmäisen ryhmän materiaalit ovat ennalta määriteltyjä suurimmassa osassa tuotteita. Pintaosiin käytetään 2 mm paksua alumiinilevyä. Sähkökomponentit ja hintanäytöt ovat vakiokomponentteja. Näin ollen materiaalien vakiointi keskittyi runkorakenteisiin.

Rungon vaakapalkkeille ei kohdistu suuria kuormituksia. Niiden tehtävänä onkin lähinnä pitää pylonin mittasuhteet kasassa kokoonpanovaiheessa ennen tuotteen lopullista asennusta, sekä kannatella pylonin sisällä olevia komponentteja. Pylonien vaakapalkkien materiaaliksi voitiinkin valita ohut, 30x30x3 teräksinen neliöprofiili. Yleensä pystypalkkien materiaaleina on käytetty poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisia profiileja niiden hyvän taivutusvastuksen takia. Käytetyimmät aihioykoot ovat millimetreinä ilmoitettuna 200x100x5, 200x100x8 sekä 250x150x10. Teräslaatu on jokaisella käytettävällä materiaalilla sama EN 10219-2 S355J2G3.

Työssä laskettiin kaksijalkaisen pylonin pystytolppien materiaalivaatimukset tuulikuormasta aiheutuville voimille eurokoodin EN 1991-1-4 mukaan. Tällä hetkellä tuulikuormia lasketaan myös rakentamismääräyskokoelman B-osan mukaisesti, mutta eurokoodin laskentamenetelmään on siirryttävä viimeistään 1.4.2010, jolloin eurokoodi täysimittaisesti korvaa RakMk:n ohjeistuksen.

Palkin sallittu taivutusmomentti varmuuskertoimella 1,5 saatiin laskettua lujuuslaskennan kaavoilla (1-5). Sallituiksi taivutusmomenteiksi saatiin taulukossa 3 esitetyt arvot.

$$\text{Taivutusmomentti} \quad M_{sall} = \sigma_{sall} \times W \quad (1)$$

$$\text{Taivutusjännitys} \quad \sigma_{sall} = \frac{Re}{n} = 237 \text{ Mpa} \quad (2)$$

$$\text{Taivutusvastus} \quad W = \frac{I_x}{a} \quad (3)$$

$$\text{Neliömomentti} \quad I_x = \frac{h^3 b}{12} \quad (4)$$

$$\text{Reunaetäisyys} \quad a = \frac{h_{paikki}}{2} \quad (5)$$

Taulukko 3. Käytettävien profiilimateriaalien sallitut taivutusmomentit.

Profiilin mitat [mm]	Msall [kNm]
100x200x5	36,030
100x200x8	54,576
150x250x10	120,233

7.1.1. Tuulikuormien laskeminen

Standardin EN 1991-1-4 mukaan tuulikuorman kokonaisvoima saadaan kaavasta:

$$F = q_{ref} \times C_s(Z) \times C_d \times C_f \times A_{ref} \quad (6)$$

Keskimääräinen vertailutuulen nopeuspaine q_{ref} saadaan alueellisen vertailutuulen nopeuden (Liite 5, kuva 1) ja ilman tiheyden mukaan kaavalla:

$$q_{ref} = \frac{\rho_{ilma}}{2} \times V_{ref}^2 \quad (7)$$

Standardin mukaan ilman tiheydelle voidaan käyttää vakioarvoa $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Altistuskerroin ottaa huomioon maaston karheuden, pinnanmuodostuksen ja korkeuden maanpinnan yläpuolella, kun tuulen nopeus ja pyörteisyys on keskimääräistä. Referenssipinta-alan keskipisteen Z korkeudelle se määritetään kuvan 40 graafista, tai lauseesta:

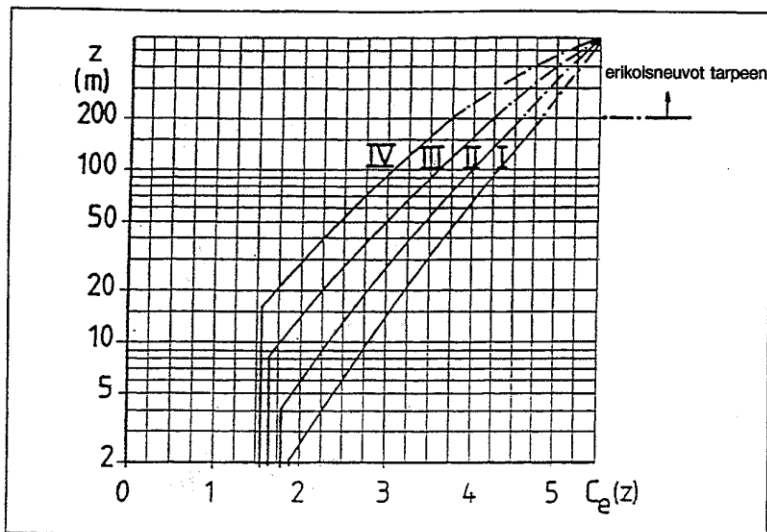
$$C_s(Z) = C_r^2(Z) \times C_t^2(Z) \times \left[1 + \frac{7 \times k_T}{C_r(Z) + C_t(Z)}\right] \quad (8)$$

Karheuskerroin $C_r(Z)$ määritetään kaavoilla korkeuden Z ja valitun maastoluokan mukaisilla laskentaparametreilla, jotka ovat taulukossa 4.

$$C_r(Z) = k_T \times \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (9)$$

$$C_r(Z) = C_r(Z_{min}), \text{ jos } Z < Z_{min} \quad (10)$$

Maastoluokkien parametreja ovat maastokerroin k_T , karheusparametri Z_0 ja rakenteen minimikorkeus Z_{min} . Tammerneon Oy:n tuotteille käytetään maastoluokkaa II.



Kuva 40. Altistuskerroin korkeudella Z eri maastoluokissa. (SFS EN-1991-4-1, s.36)

Taulukko 4. Maastoluokat ja niiden mukaiset laskentaparametrit. (SFS EN-1991-4-1, s.31)

Maastoluokka	k_T	z_0 [m]	z_{min} [m]	ϵ
I Tuulinen avomeri, yli 5 km järven- selkä tuulen yläpuolella sekä sileä, tasainen ja esteetön maa	0,17	0,01	2	[0,13]
II Maatalousmaa raja-aitoineen, satunnaisia pieniä maatilaraken- teita, taloja tai puita	0,19	0,05	4	[0,26]
III Esikaupunki- tai teollisuusalueet ja metsät	0,22	0,3	8	[0,37]
IV Kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennusten peitossa ja niiden keskimääräinen korkeus on yli 15 m	0,24	1	16	[0,46]

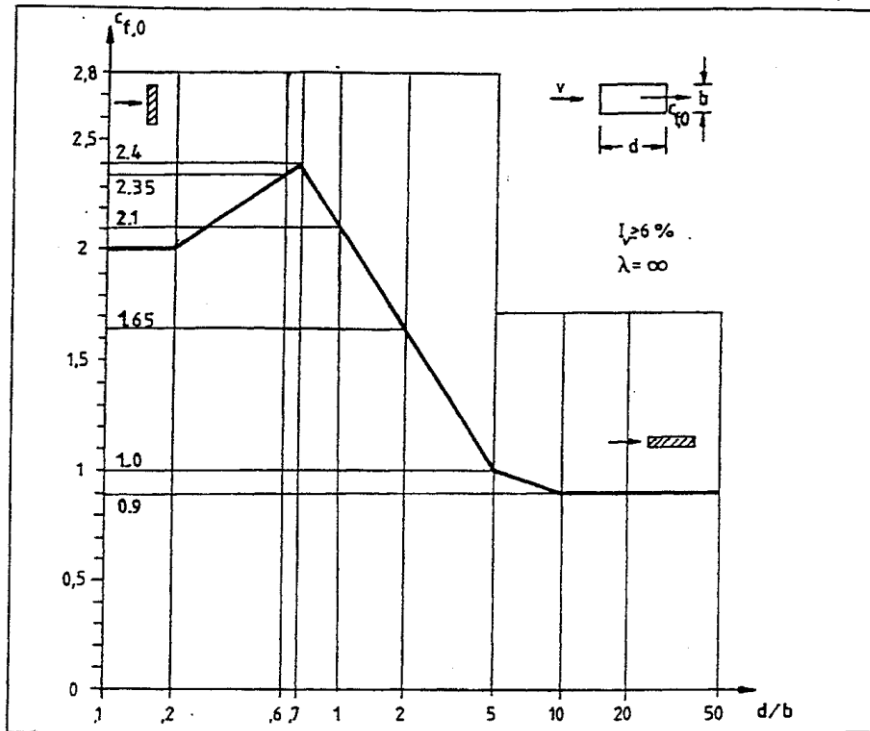
Pinnanmuotokerroin C_t ottaa huomioon keskimääräisen tuulennopeuden lisääntymisen kumpuilevilla ja vuoristoisilla seuduilla. Normaaliolosuhteissa sille voidaan valita arvoksi 1,0.

Standardin mukaan pylonien kokoluokkaa edustaville teräsrakenteille voidaan dynaamiselle kertoimelle C_d valita arvoksi 0,95 - 1,0 (Liite 5, kuva 2). Laskujen yksinkertaistamiseksi arvoksi on valittu 1,0.

Tuulen puhaltaessa kohtisuoraan pintaa vasten, saadaan poikkileikkaukseltaan suorakulmaisten rakenneosien voimakkeroin C_f kaavasta:

$$C_f = C_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda \quad (12)$$

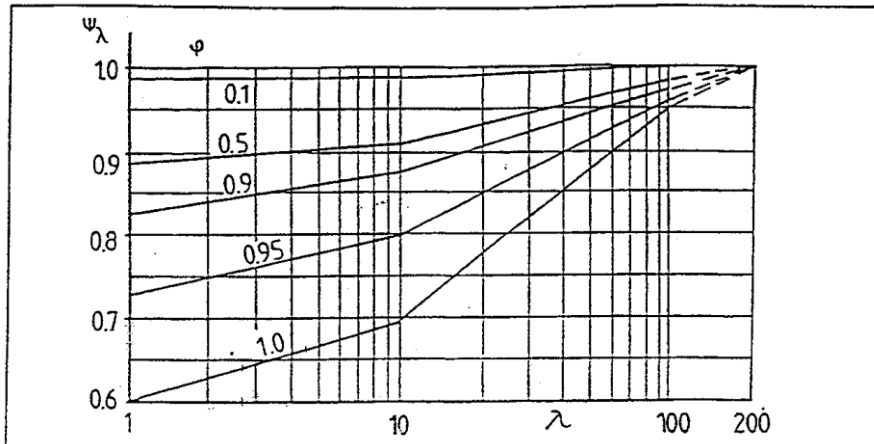
$C_{f,0}$ on kuvassa 41 esitetyn kuvaajan mukainen voimakerroin teräväsärmäisille suorakulmaisille profiileille. Käytettävien profiilien mittojen mukaisesti voimakertoimeksi $C_{f,0}$ voidaan valita vakioarvo 2,0.



Kuva 41. Voimakerroin suorakulmaisille profiileille. (SFS EN-1991-4-1, s.75)

ψ_r on pienennyskerroin pyöreäkulmaiselle neliöprofiilille. Koska tuulesta aiheutuva voima ei suoraan kohdistu palkin pinnalle, voidaan pyöristysten vaikutus jättää huomioimatta.

Palkin hoikkuuden pienennyskerroin ψ_λ saadaan palkin umpinaisuuskertoimen ja hoikkuuden funktiona (kuva 42). Koska tuulta kohtisuoraan olevaa rakennetta käsitellään laskuissa täysin umpinaisena, voidaan umpinaisuuskertoimeksi valita 1,0. Hoikkuus saadaan palkin pituuden ja tuulta vastaan kohtisuoran leveyden suhteena, esimerkiksi kuuden metrin pituiselle 100x200x5-palkille saadaan hoikkuudeksi λ arvo laskemalla $6000 \text{ mm} / 100 \text{ mm} = 60$.



Kuva 42. Hoikkuuden pienennyskerroin umpinaisuuskertoimen ja hoikkuuden funktiona. (SFS EN-1991-4-1, s.95)

Umpinaisuuskertoimella 1,0 saadaan tällöin kuvan 42 graafista pienennyskerroimeksi 0,9. Pylonin koon kasvaessa pienennyskerroin lähenee arvoa 1, joka laskujen yksinkertaistamiseksi valittiin vakioarvoksi. Näin ollen voimakertoimen C_f arvoksi saatiin:

$$C_f = C_{f,0} = 2,0$$

7.1.2. Tulokset

Pylonit voitiin jakaa leveyden ja korkeuden mukaan muutamaa tavanomaisimpaan kokoluokkaan. Kokoluokkien ulkomitat ovat leveysuunnassa 1,5 m, 2 m ja 3 m ja korkeussuunnassa 6 m, 9 m ja 12 m. Työssä laskettiin jokaisen pystypalkin kokoluokan maksimikorkeus pylonin eri leveyksillä Suomen olosuhteissa. Käytännössä siis laskettiin pylonien pystytolppien maksimitaivutusmomentit tuulikuormilla, jotka kohdistuvat pylonin tuulta vastaan kohtisuoralle pinnalle, kun vertaistuulen nopeus on 23 m/s. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Kaikki laskut on esitetty liitteessä 6.

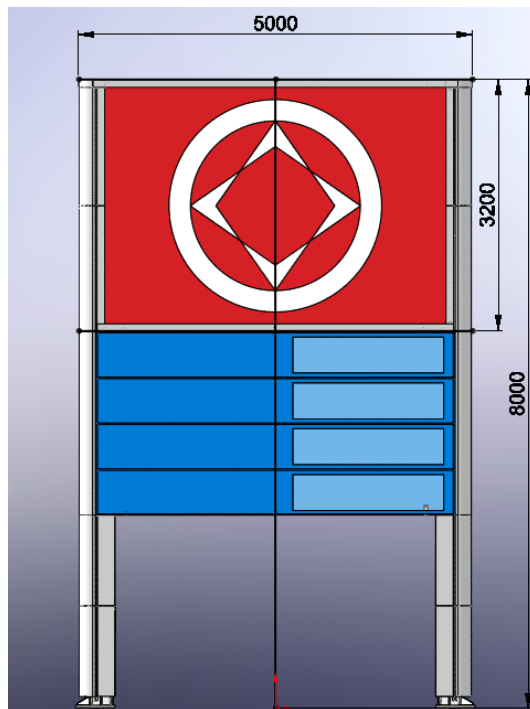
Taulukko 5. Pylonien maksimikoot eri pystyprofiilien kokoluokissa.

Profiilipalkin koko	Pylonin leveys [m]	Pylonin korkeus [m]	Vref [m/s]	Mpalkki [kNm]
100x200x5	1,5	8,8	23	35,62
100x200x5	2	7,7	23	35,3
100x200x8	1,5	10,5	23	53,53
100x200x8	2	9,3	23	53,96
100x200x8	3	7,8	23	54,33
150x250x10	1,5	14,9	23	119,4
150x250x10	2	13,1	23	118,6
150x250x10	3	11	23	119,1

7.2. Aloitusmallit

Teoriassa esitettiin, että suunnittelu on sattumanvaraista, koska suunnittelija päättää itse käyttämistään työkaluista ja menetelmistä. Silloin samankaltaisia komponentteja voi samakin suunnittelija suunnitella eri tavalla päivästä ja mielialasta riippuen. CAD-ohjelmisto kaiken lisäksi tarjoaa useita eri työkaluja samojen toimintojen toteuttamiseksi. Miten voitaisiin helposti rajoittaa suunnittelun satunnaisuutta ja samalla jopa huomattavasti nopeuttaa sitä?

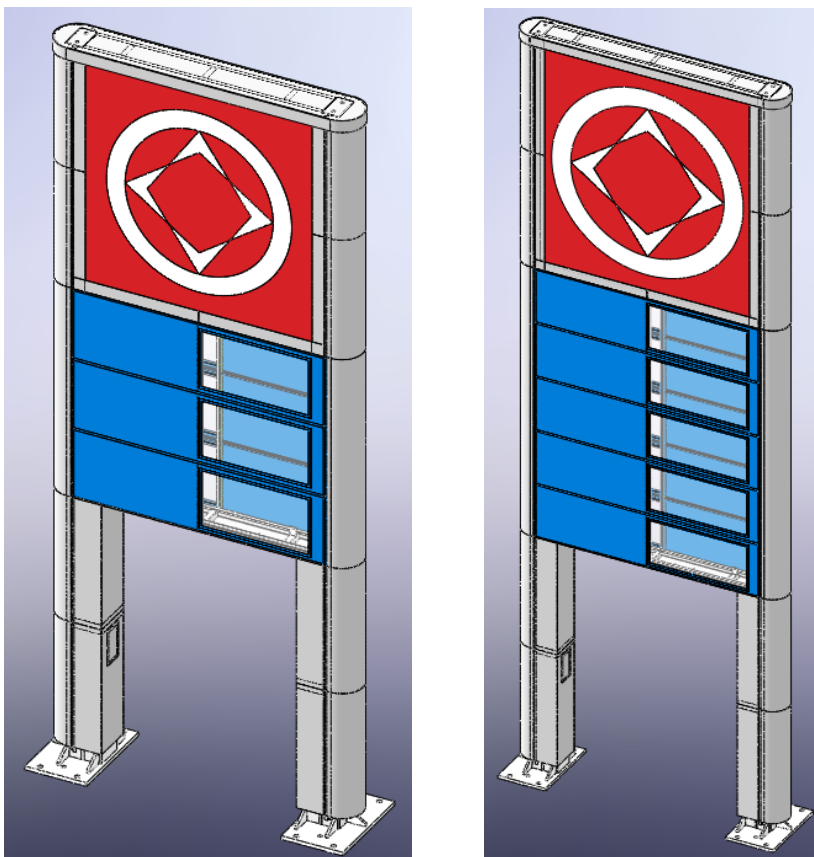
Aikaisemmin todettiin, että kohdeyrityksen tuotteiden asiakkaalle näkyviä komponentteja ei käytännössä voida käyttää uudelleen kuin harvoin. Kuitenkin tuotteissa käytettävien komponenttien piirteet ovat melkein aina samat. CAD-ohjelmistolla voidaan suunnitella aloitusmalleja, jotka antavat suunnitteluun aina samat lähtökohdat. Aloitusmalleja voidaan tehdä helposti sekä osa- että kokoonpanotasolla tallentamalla mallinnettu osa aloitusmallin tiedostomuodossa. Aloitusmalleja käyttämällä voidaan suunnitella erikokoisia, -värisiä ja -muotoisiaakin osia niin, että mallinnetut piirteet ovat kuitenkin aina samat. Mallintaminen lähtisi siis aina samoista lähtökohdista liikkeelle, eikä aina alusta tai sattumanvaraisesti valitusta samankaltaisesta tuotteesta.



Kuva 43. Aloitusmalliin syötetyt tuotteen päämitat.

CAD-ohjelmistossa mallinnettaviin osiin ja kokoonpanoihin on mahdollista lisätä riippuvaisuuksia. Riippuvaisuudet muokkaavat osien, kokoonpanojen sekä niiden piirteiden mittoja ja määriä eri parametrien mukaan. Kuvassa 43 on skissi, johon on muutamalla viivalla ja mitoituksella luotu yksinkertainen geometria. Skissiin tehdyn

mitoituksen perusteella on erilaisten yhtälöiden avulla luotu riippuvuuksia kokoonpanon osien välille. Näin saadaan luotua nopeasti samankaltaisia osia ja kokoonpanoja eri mitoilla. Kaikki piirteet kuitenkin säilyvät samoina. Kuvassa 44 on esitetty kaksi samalla aloitusmallilla tehtyä pylonikokoonpanoa. Pyloneille on ainoastaan syötetty päämitat kuvassa 43 näkyvään skissiin sekä määritelty etupintalevyjen lukumäärä. Kun aloitusmallin avulla on luotu kokoonpanon tai osan piirteet ja mitat automaattisesti, jäljelle jää käytännössä vain asiakaskohtaiset määrittelyt kuten eri tekstit, värit ja logot. Asiakaskohtaisille piirteillekin voidaan luoda valmiudet jo aloitusmalliin. Tarvittavien ominaisuuksien mukaan tehdään valinta, käytetäänkö työkalua osan mallintamisessa vai ei. Samoin aloitusmalleihin voidaan lisätä valmiiksi ”tyhjiä” malleja, joiden avulla rakenteeseen saadaan lisättyä aineettomia töitä kuten asennuksia.



Kuva 44. Aloitusmallista muokattuja tuoteyksilöitä erilaisilla mittaparametreilla.

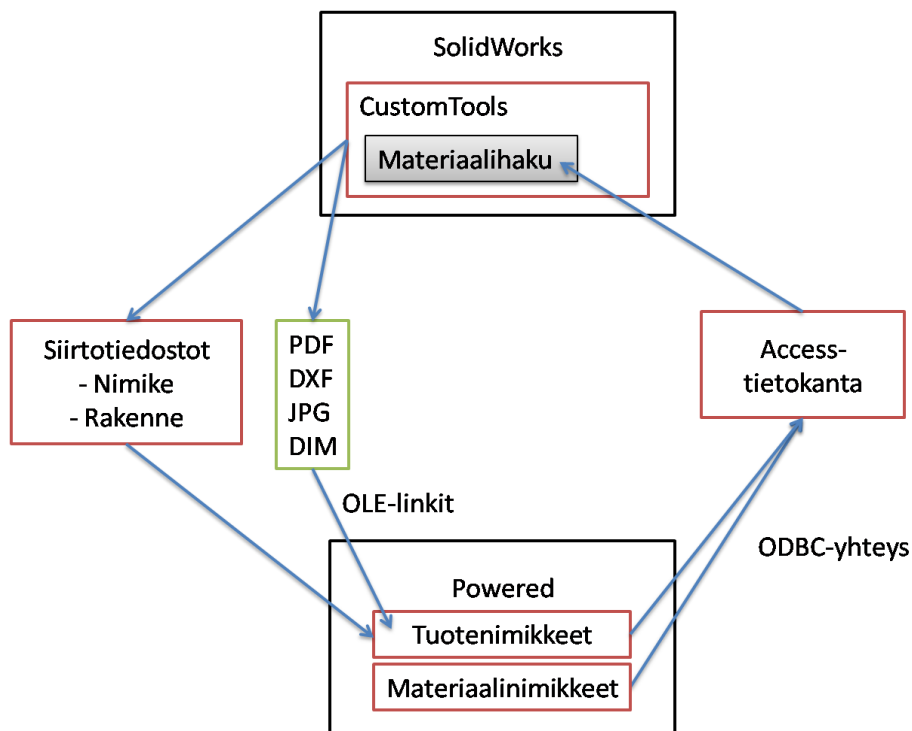
Aloitusmallien käytölle ei ole yleensä mitään estettä. Niiden käyttöä ei kuitenkaan koeta hyödylliseksi, jos suunnittelu niiden avulla ei ole selvästi helpompaa tai nopeampaa. Tällöin usein kuitenkin unohdetaan muut kuin ajalliset hyödyt, kuten piirteiden ja suunnittelurakenteiden yhtenäisyys. Riippuvaisuuksien käyttö aloitusmalleissa saattaa joissain tilanteissa olla hankalaa ja luoda jopa varsinaisia ongelmia, joten niiden käyttäminen ei ole aina hyödyllistä. Toisaalta ne mahdollistavat erittäin nopean mallintamisen, jos niiden käyttö soveltuu mallinnettavalla tuotteella tai osalla.

8. TYÖN TULOKSET, ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tähän lukuun on koottu työssä tehtyjen toimenpiteiden tulokset. Luvussa on selitetty toteutetun järjestelmäintegraation toiminta sekä työn vaikutus tietoyhtenäisyyteen uuden suunnitteluvalikon, piirustusohjien ja aloitusmallien käyttöönoton myötä. Luvussa on myös esitetty materiaalin valintaa koskevien tuulikuormalaskujen tulokset. Tuloksia on myös verrattu työlle asetettuihin tavoitteisiin. Lopuksi ovat esitetty työstä tehdyt johtopäätökset ja mahdolliset kehitysehdotukset.

8.1. Järjestelmäintegraatio

Työssä toteutettiin järjestelmäintegraatio CAD-ohjelmisto SolidWorksin ja ERP-järjestelmä Poweredin välillä. Integraatio tehtiin samalla tavalla kuin emoyhtiö Oy Tamware Ab:ssä vuonna 2008. Nimike- ja rakennetietojen siirto SolidWorksista Powerediin tehtiin käyttämällä siirtotiedostoja, joihin luettiin tiedot CAD-ohjelmiston suunnitteluvalikosta tai ennalta määritetyistä vakioarvoista. ERP-järjestelmässä olevien nimiketietojen lukeminen CAD-ohjelmistossa taas toteutettiin tietokannan avulla. Alla on esitetty kuva järjestelmäintegraation toiminnasta.



Kuva 45. Toteutetun järjestelmäintegraation toiminta.

Nimikkeen siirron yhteydessä järjestelmä luo automaattisesti OLE-linkit 3D-mallista ja piirustuksista tehtyihin dokumentteihin. Nimiketietojen linkitys tietokantaan toteutettiin ODBC-yhteydellä. Tietokannassa luotiin rajoitteita, joiden mukaan vain halutut nimikkeet näkyvät CAD-ohjelmistossa tehtävässä materiaalihaussa.

Tietojen siirto sekä siirtotiedostoilla että tietokannasta lukemalla saatiin toteutettua tavoitteiden mukaan onnistuneesti ja emoyhtiön mallin mukaisesti. Työn tuloksena pystyttiin rakenteelle myös siirtämään muutamia nimiketyyppejä, joiden siirtäminen työn alkupuolella näytti epätodennäköiseltä.

Järjestelmäintegraation toteuttaminen emoyhtiön mallin mukaisesti oli kaikista yksinkertaisin ja halvin tapa Tammerneon Oy:lle. Kokonaan uuden integraatoratkaisun läpivieminen olisi ollut huomattavasti hankalampaa sekä vienyt reilusti enemmän aikaa ja rahallisia resursseja. Toteutetulla integraatoratkaisulla kuitenkin saavutettiin kaikki mahdolliset tavoitteet. Järjestelmäintegraatiolla ei saatu toteutettua kaikkia haluttuja toimintoja, mutta syynä ei ollut integraatoratkaisun vaan ERP-järjestelmän soveltumattomuus näille toiminnoille.

Uusi toimintatapa voitiin ottaa käyttöön kahdessa vaiheessa. Ensin siirtoprosessia kokeiltiin testikannassa, minkä jälkeen siirryttiin tuotantokantaan. Uuden toimintatavan käyttöön ottaminen ei käytännössä muuttanut olennaisesti suunnitteluprosessia, vaikka muutamia työvaiheita jouduttiinkin tekemään aikaisemmasta poiketen.

Point-to-point-integraatio on järkevä ratkaisu, kun järjestelmiä on vain muutama. Jos tulevaisuudessa järjestelmät vaihtuvat tai niitä tulee lisää, linkit on mahdollisesti luotava uudestaan järjestelmien välille. Tammerneon Oy:ssä käytettävien järjestelmien vaihtuminen on kuitenkin lähitulevaisuudessa erittäin epätodennäköistä. Myös yhden uuden järjestelmän integroiminen vanhoihin järjestelmiin voidaan todennäköisesti toteuttaa muuttamatta tässä työssä toteutettua integraatiota.

8.2. Tietojen ja dokumenttien yhtenäisyys

Käytännön osuuden keskeisin tehtävä oli muokata CAD-ohjelmiston suunnitteluvalikko sellaiseksi, että piirustuksiin ja ERP-järjestelmään siirrettävät tiedot olisivat aina oikein suunnittelijasta riippumatta. Aikaisemmin melkein kaikki valikon arvot syötettiin tietokenttiin manuaalisesti, mutta uudessa valikossa yhtä kenttää lukuun ottamatta kaikki tiedot valitaan jostain ennalta määritellystä arvojoukosta, kuten alavetovalikosta tai sanakirjasta. ERP-järjestelmän nimiketietokentille määritettiin vastaavat suunnitteluvalikon kentät, joiden tiedot saatiin siirrettyä ERP-järjestelmään. Osa uudesta suunnitteluvalikosta ja vastaavan nimikkeen nimiketiedot siirron jälkeen ERP-järjestelmässä ovat esitetty kuvissa 46 ja 47.

CustomTools: Custom Properties (Powered Tammerneon (Lauri Hurri))

Configurations
 Currently active: Default
 Change properties in: This Configuration

OK Cancel
 Search Get

Custom properties of LH00042.sldprt

Nimiketunnus	LH00042
Revisio	A
Piirustus	LH00042A
Asiakas	Testi
Tuotetyyppi	Kotelo
Päämitta/Lisätieto	2000
Päätuote	Testi Kotelo 2000
Osan nimi	Sivulevy
Osatyyppi	Osa
Nimikeryhmä	0040 Kotelot
Tiheys	Alumiini
Massa	1.30 Precision: 0 Decimals: 2
Väri	RAL 5005 Signal blue

Kuva 46. Uusi suunnitteluvalikko.

Nimike - LH00042 Sivulevy

Tiedosto Muokkaa Siirtyminen Toiminnot Alennukset Ohje

Tekstit Tuot.nimikkeet Lisäk. Rakenne Käyttö Saldot Versiot

Nimike Nimet Yksiköt Valm.yksiköt Hinnat Kustannukset Tarvelaskenta Ulk.tun

Perustiedot

Nimiketunnus: LH00042
 Nimi: Sivulevy
 Tekn. nimi: Testi Kotelo 2000
 Piirustus: LH00042A
 Suunnittelija: LHu
 Raaka-aineet:
 Tullinimike: 9405990090 Valokilpien osat, muut
 CN-luokka: 94059900 Valokilpien osat, muut
 Alkuperämaa: FI Min.kate%: 0,00
 Perusyksikkö: kpl

Ohjaustiedot

Myyntinimike Hyväksyttävä
 Ostonimike Hyv.ryhmä:
 Varastosaldot
 Tarvelaskennassa Hyvitysnimike
 Suunnitelmassa
 Toimittajien hyväksyntä
 Eräseuranta Ohjaustapa: Valmistus
 Erätietojen seuranta Käsitteletapa:
 Alihankinta
 Vaihe-eränumerointi
 Erävalmistus
 Sarjanumerot

Ryhmittelytiedot

Nimikeryhmä: 0040
 Rap.ryhmä 1:
 Rap.ryhmä 2:
 Tiliointiryhmä: Myyntinimikk
 Hintaryhmä:
 Alennusryhmä:
 Valvoja:
 Ostaja:

Mittatiedot

Nettopaino: 0,0
 Bruttopaino: 1,3
 Tilavuus: 0,0
 Pinta-ala: 0,32
 Std-aika: 0,

Sallitut versiot

Lisätiedot

Korvaava tunnus:
 Oletus toim.yks.: Tammerneon
 Viim. erätunniste: 0
 Perustettu: 19/03/10
 Poistettu:
 Oletusversio:

Enter data or press ESC to end.

Kuva 47. Nimiketiedot ERP-järjestelmässä.

Työn tuloksena otettiin käyttöön myös uudet piirustusohjelmat, otsikkotaulu, osaluettelot ja katkaisulistat, joihin suunnitteluvalikon kautta saatiin linkitettyä nimikkeen tietoja. Piirustusohjelmiin lisättiin valmiiksi paikat 3D-mallin projektiolle, jolloin ne tulevat piirustukseen automaattisesti oikeista suunnista. Uusi otsikkotaulu on kuvassa 47.

Polku - Path		K:\Testkansio\Mallit\TestiKotelo\LH00042			
Tämä asiakirja on Tammerneon Oy:n omaisuutta, eikä sitä saa luovuttaa kolmannelle osapuolelle tai muuten käyttää ilman Tammerneonin kirjallista lupaa. This document is property of Tammerneon and it is not allowed to represent or give to a third party without written permission of Tammerneon.		Yleistoleranssit, General Tolerances		Pituusmitat Kulmamitat Hitsaus Lastaaminen Terminen leikkaus	
		SFS-EN 22768-1, luokka c SFS-EN 22768-1, luokka c SFS-EN ISO 13920, luokka c SFS 4011 SFS-EN ISO 9013, luokka 2			
		Väri Color	RAL 5005 Signal blue		
Nimitys-Title Testi Kotelo 2000 Sivulevy		Osatyypin Type	Osa	Massa Weight	1,30 kg
		Nimikeryhmä Group	0040	Maalipinta Painted sur.	0,32 m ²
Piir.no-Draw.nr. LH00042		Rev.	Piirretty Drawn	LHu	24.03.2010
			Hyväksytty Approved		
Mittakaava Scale		1:10		Lo make Form	A3 Sivun Page (1/1)

Kuva 47. Uusi otsikkotaulu.

Aikaisemmin kohdeyrityksessä ei ollut sovittu yhteistä käytettävää terminologiaa. Lisäksi tuotetietoa syötettiin kumpaankin järjestelmään manuaalisesti ja toisesta järjestelmästä erillään. Toiminta aiheutti sekaannuksia, virheitä ja tiedon etsiminen oli huomattavan hankalaa. Uudessa suunnitteluvalikossa tiedot täytetään ennalta valituista arvojoukoista, kuten valikoista ja sanakirjoista, joten tietokentät täyttyvät aina samalla tavalla. Yhdessä järjestelmäintegraation kanssa tietojen oikein täyttämällä helpotetaan huomattavasti tietojen etsimistä järjestelmissä. Lisäksi mallinnettavan kappaleen tiedoston nimi sekä kappaleen nimiketunnukset kummassakin järjestelmässä ovat samat, jolloin myös 3D-mallien hakeminen nimiketunnuksen ja tuotekuvauksen avulla on helppoa ja nopeaa. Nyt kummankin järjestelmän käyttäjät puhuvat lisäksi samoista asioista samoilla termeillä. Piirustusdokumenttien ulkoasu oli myös aikaisemmin täysin suunnittelijan määritettävissä ja piirustuksissa olevat tiedot olivat vaillinaisia. Uusien piirustusohjelmien ja otsikkotaulun myötä piirustuksiin saatiin yhtenäisyyttä sekä lisää hyödyllisiä tietoja, kuten käytettävät materiaalinimikkeet.

Aikaisemmin nimikkeiden, nimiketujen, rakenteiden ja OLE-linkkien luominen oli tuotannosuunnittelijan tehtävä. Piirustusten tiedostopolkujen etsimiseen kului myös paljon tuottamatonta aikaa. Järjestelmäintegraation avulla kaikki nämä työvaiheet on voitu automatisoida, jolloin työaikaa vapautuu muuhun arvoa tuottavaan toimintaan. Kokonaisuudessaan työ oli siis päätavoitteen osalta erittäin onnistunut.

Työssä myös esitettiin, että 3D-mallien suunnittelussa voitaisiin hyödyntää aloitusmalleja tehokkaammin. Ongelmana on ollut, että mallintamisessa käytetyt menetelmät ovat täysin riippuvaisia suunnittelijasta, jolloin syntyy liikaa virheitä ja hajontaa. Aloitusmalleja käyttämällä voitaisiin varmistaa, että osien piirteet ovat tehty aina samalla tavalla. Myös kokoonpanojen ja osien suunnittelurakenne pystyttäisiin vakioimaan. Suunnittelun nopeuttamiseksi aloitusmalleissa voitaisiin myös käyttää yhtälöillä luotavia riippuvaisuuksia aina kun se on mahdollista.

8.3. Materiaalien valinta

Työn toisena tavoitteena oli käytettävissä olevan ajan puitteissa pyrkiä vakioimaan yrityksen päätuotteen, pylonin, piirteitä ja käytettäviä materiaaleja. Työssä todettiin, että vakioinnin tulisi keskittyä asiakkaalta piilossa oleviin rakenteisiin, koska yrityksen valmistamien identifikaatiotuotteiden pintamateriaalit ja ulkonäkö ovat tarkasti asiakkaan määrittämiä. Pylonin pystypalkkien todettiin myös olevan ainoa runkomateriaali, jota ei voida täysin vakioida. Työssä laskettiin kolmen eri profiilikoon pystypalkkien maksimipituudet kaksijalkaista pylonia kohtisuoraan rasittavien tuulikuormien mukaan. Pylonien leveyksiksi valittiin yleisimpien kokoluokkien mitat. Laskut tehtiin eurostandardin SFS-EN 1991-1-4 ja Suomen olosuhteita vastaavien tuuliarvojen mukaan. Tulosten perusteella voidaan tehdä karkea jako käytettävistä profiileista eri kokoluokissa. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Pylonien maksimikoot eri pystyprofiilien kokoluokissa.

Profiilipalkin koko	Pylonin leveys [m]	Pylonin korkeus [m]	Vref [m/s]	Mpalkki [kNm]
100x200x5	1,5	8,8	23	35,62
100x200x5	2	7,7	23	35,3
100x200x8	1,5	10,5	23	53,53
100x200x8	2	9,3	23	53,96
100x200x8	3	7,8	23	54,33
150x250x10	1,5	14,9	23	119,4
150x250x10	2	13,1	23	118,6
150x250x10	3	11	23	119,1

Tuotteiden vakioiminen oli työn toissijainen tavoite, johon oli tarkoitus käyttää aikaa vain jos sitä jää. Vakioiminen rajattiinkin koskemaan vain kohdeyrityksen päätuotetta ja sen asiakkaalle piiloon jääviä rakenteita. Tuotteiden piirteiden ja rakenteiden vakioimisesta sekä platformien käytöstä voisi tehdä kohdeyrityksessä itsessään jo laajankin työn, mutta tässä diplomityössä asiaan ei käytännön tasolla syvennytty palkkiprofiilien tuulikuormalaskuja enempää.

8.4. Johtopäätökset

Diplomityön tärkeimpänä tavoitteena oli parantaa kohdeyrityksen tiedon hallintaa sekä suunnittelussa käytettävien järjestelmien tietoyhtenäisyyttä järjestelmäintegraatiolla. Ottamalla käyttöön uusi kohdeyrityksen tarpeisiin räätälöity suunnitteluvalikko ja mahdollistamalla tietojen siirto toiseen järjestelmään, tavoitteessa onnistuttiin. Toteutetulla integraatoratkaisulla saavutettiin lähes kaikki tavoitteet. Projektissa ainoat ongelmia tuottaneet asiat olivat kohdeyrityksen vähäinen lähtötieto emoyhtiön integraatiomallin toiminnasta sekä ERP-järjestelmän soveltumattomuus muutamalle toiminnolle tiedonsiirtoprosessissa. Työn tulosten perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että integraation avulla pystytään ottamaan suuriakin askelia kohti entistä tehokkaampaa

tiedonhallintaa. Tehokkaalla tiedonhallinnalla on suora yhteys tehokkaaseen ja tuottavaan toimintaan, joten siihen kannattaa panostaa jatkossakin. Rajoittamalla manuaalista tietojen syöttämistä voidaan karsia virheitä sekä varmistaa tehokas tietojen etsiminen integroitavissa järjestelmissä. Integraation avulla automatisoituja työvaiheita ei tarvitse enää suorittaa, jolloin aikaa jää muuhun arvoa tuottavaan työhön.

Työn toisena tavoitteena oli tuotteiden piirteiden ja materiaalien vakioiminen. Työssä laskettujen tulosten perusteella voidaan pyloneille valita oikean kokoluokan palkkiprofiili Suomen tuuliolosuhteissa. Käytännössä tuotteiden vakioiminen materiaaleja korkeammalla tasolla on erittäin vaikeaa, jos tuotteet valmistetaan suoraan asiakkaan vaatimien mittojen mukaan. Suunnitteluun ja osien piirteisiin voitaisiin silti saada yhtenäisyyttä käyttämällä aloitusmalleja suunnitteluohjelmistossa. Vakioiminen oli tässä työssä rajattu yrityksen päätuotteeseen, johon aloitusmallien käyttö soveltuu lähinnä osatasolle.

8.5. Kehitysehdotukset

Järjestelmäintegraatiosta huolimatta kohdeyrityksen tiedon hallinnassa on vielä runsaasti parannettavaa. Vaikka integraation jälkeen tietyt dokumentit löytyvät vaivattomasti, verkkoon tallennetaan edelleen tietoa epäjärjestelmällisesti. Verkkoon tallennettaville tiedostoille tulisi luoda selkeämpi kansiorakenne. Aikaisemmin 3D-mallit ja piirustukset on tallennettu projektikohtaisiin kansioihin, jotka on nimetty projektin tunnusnumeron mukaan. Tämä on helpottanut piirustuskäytön löytämistä niiden linkittämiseksi ERP-järjestelmään, mutta aiheuttanut muuten sekaannusta ja hidastanut tiedostojen etsimistä. Järjestelmäintegraation jälkeen ERP-järjestelmään linkitettävät dokumentit tallennetaan samaan kansioon, johon linkit siis luodaan automaattisesti siirtoprosessissa. Tämä mahdollistaa kansiorakenteen uudelleenjärjestämisen.

Uutta nimiketietoa tuotetaan jatkossakin paljon, joten tuotetiedon hallinnan kehittämiseksi varsinaisen PDM-järjestelmän käyttöönotto voisi tuoda toimintaan lisää selkeyttä ja varmuutta. Tämä tietenkin edellyttää, että järjestelmä on helppokäyttöinen sekä yhteensopiva vanhojen järjestelmien kanssa. Uuden järjestelmän käyttöönotto olisi luonnollisesti myös otettava huomioon järjestelmien integraatiossa, joten ensin tulisi selvittää uuden järjestelmän käyttöönotosta aiheutuvat muutostoimenpiteet. Ajankohtaisempi muutos järjestelmiin on ERP-järjestelmän räätälöiminen niin, että siirtoprosessissa saataisiin päivitettyä kaikki tarvittavat nimiketiedot. Nyt osa tiedoista joudutaan aina täyttämään ERP-järjestelmässä siirtoprosessin jälkeen. Toinen ERP-järjestelmää koskeva kehitystoimenpide on nimikekohtaisten dokumenttien linkittäminen ylemmän kokoonpanon rakenteelle, mikä oli käytännössä ainoa tämän diplomityöprosessin asia, jota ei voitu toteuttaa. Lähitulevaisuudessa järjestelmiin ei kuitenkaan olla tekemässä lisäinvestointeja.

Tuotteiden valmistamisesta projektikohtaisten mittatietojen mukaan tulisi pystyä siirtymään enemmän tuotealustoihin ja modulaarisuuteen perustuvaan valmistukseen. Vaikka tuotteiden ulkonäkö on vahvasti asiakkaan määritettävissä, ei se tarkoita ettei tuotteita voitaisi valmistaa joka kerta samoista lähtökohdista tuotealustan ympärille. Pienetkin mittamuutokset tuotteissa aiheuttavat paljon uutta suunnittelutyötä moneen tuotteen komponenttiin. Lähtökohtaisesti tuotteita tulisi yrittää myydä aina yrityksessä ennalta määritettyjen kokoluokkien mukaan, jolloin suunnittelu- ja valmistusprosessi nopeutuisi huomattavasti. Nopeampi tuotantoprosessi vähentäisi sitoutunutta pääomaa, jolloin tuotteita voitaisiin myydä paremmalla katteella tai halvemmalla hinnalla.

LÄHTEET

Ala-Mutka, J. & Talvela, E. 2004. Tee asiakassuhteista tuottavia - Asiakaslähtöinen liiketoiminnan ohjaus. Helsinki: Talentum Media Oy. 223 s. Tekniikka&Talous, 6. ISBN 952-14-0745-X.

Andreasen, M.M. & Hein, L. 1987. Integrated product development. London: IFS Publications Ltd, Springer-Verlag.

Chambers, S. & Slack, N. & Johnston, R. 2001. Operations Management. Harlow: Prentice Hall. 765 s.

Hannus, J. 1993. Prosessijohtaminen - Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 271 s. ISBN 951-96708-0-7.

Harlou, U. 2006. Developing product families based on architectures - Contribution to a Theory of Product Families. PhD-dissertation. Lyngby: Institute for Engineering Design, Technical University of Denmark.

Holmes, M. 1993. Competing Delivery. Manufacturing breakthrough.

Hubka, V. 1992. Design for Quality and Design Methodology. Journal of Eng Design. Vol. 3 No. 1.

Huhtala, P. & Pulkkinen, A. 2009. Tuotettavuuden kehittäminen - Parempi tuotteisto useasta näkökulmasta. Tampere: Teknologiateollisuus ry. 431 s. ISBN 978-952-238-002-9.

Lapinleimu, I. & Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY. 398 s. Konepajan tuotantotekniikka. ISBN 951-0-2143-1.

Lehnerd, A.P. & Meyer, M.C. 1997. The Power of Product Platforms.

Linthicum, D.S. 2000. Enterprise Application Integration. Reading: Addison-Wesley. 377 s. ISBN 0-201-61583-5.

Mizuno, S. 1993. Yrityksen laadunohjaus - Company-wide Total Quality Control. Helsinki: Rastor. ISBN 951-9415-84-X.

Mørup, M. 1993. Design for Quality. Institute for Engineering Design. Lyngby: Technical University of Denmark. 250 s. ISBN 87-90130-00-6

- Peltonen, H. & Martio, A. & Sulonen, R. 2002. PDM - Tuotetiedon hallinta. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy. 169 s. ISBN 951-826-664-6.
- Pärssinen, J. 2004. ERP-järjestelmän ja simulointiohjelmiston integrointi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietotekniikan osasto. Tampere. 59 s.
- Riitahuhta, A & Andreassen. M.M. 1998. Tukholma, KTH: Configuration by Modularisation. The Proceedings of NordDesign -98.
- SFS. 2002. Standardien tarkoitus ja käyttö. 4.painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS Ry. SFS-käsikirja 1. ISBN 952-5143-93-7.
- SFS-EN 1991-1-4. 2005. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Osa 2-4: Rakenteiden kuormat, tuulikuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS Ry. 254 s.
- Sinkkonen, Ville. 2007. ERP-järjestelmän valinta. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietotekniikan osasto. Tampere. 100 s.
- Soronen, P. 1999. Massaräätälöinti asiakasmyötäisessä tuotannossa. Metalliteollisuuden keskusliitto, MET. 1/1999. ISBN 951-817-704-X.
- Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta - PDM. Helsinki: Talentum Media Oy. 201 s. ISBN 951-762-796-3.
- Tjalve, E. 1979. A short course in industrial design. Lontoo: Newnes-Butterworth.
- Tähtinen, S. 2005. Järjestelmäintegraatio - Tarve, vaihtoehdot, toteutus. Helsinki: Talentum Media Oy. 217 s. Tekniikka&Talous, 10. ISBN 952-14-0854-5.
- Vilpola, I. 2008. Applying User-Centred Design in ERP Implementation Requirements Analysis. Tohturityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. ISBN 978-952-15-1984-0
- Whitney, D.E. 2004. Mechanical Assemblies - Their Design, Manufacture, and Role in Product Development. Oxford University Press.

Yrityksen sisäiset lähteet:

Korhonen, M. 2009. Laatupäällikkö, Oy Tamware Ab. Tampere. Tammerneonin tilaus-toimitusprosessi

Suojansalo, J. 2009. Suunnittelupäällikkö, Oy Tamware Ab. Tampere. Suunnittelujärjestelmän ja toiminnanohjauksen linkitys.

Internet-lähteet:

CustomTools [WWW]. [Viitattu 22.1.2010].
Saatavissa: <http://customtools.info/fin/Tuote>.

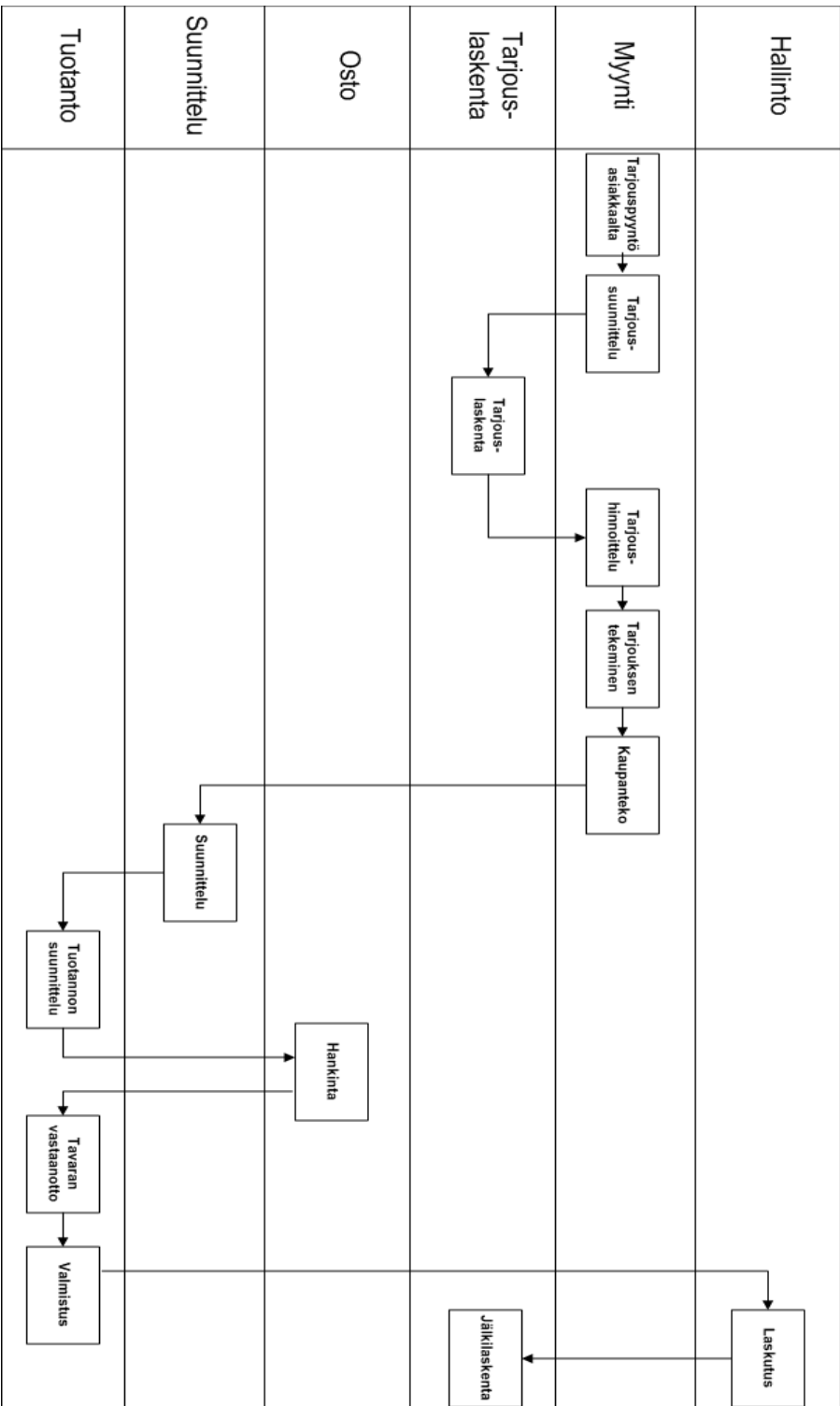
CadOn [WWW]. [Viitattu 22.1.2010].
Saatavissa: <http://www.cadon.fi/default.asp?viewID=2392>.

Lahti, K. 2003. Organisaation järjestelmäintegraatiot [Verkkodokumentti]. Jyväskylä: Syyskuu 2003. [Viitattu 8.3.2010] Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Tietotekniikan laitos. 69 s. Saatavissa PDF-tiedostona:
<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/12521/G0000301.pdf>.

Tammerneon Oy [WWW]. [Viitattu 20.11.2009].
Saatavissa: <http://www.tammerneon.fi/>.

Tilaus-toimitusprosessi Tammerneon

20.08.2009/ MKo



Kuva 1. Tammerneon Oy:n tilaus-toimitusprosessi. (Korhonen 2009)

LIITE 1

LIITE 2

CustomTools: Custom Properties (CustomTools-tammerneon)

Configurations
 Currently active:
 Change properties in:

Custom properties of Part1

Piirustusnumero	<input type="text"/>	<input type="button" value="..."/>
Tilausnumero	<input type="text"/>	
Tuote	<input type="text"/>	
Osa	<input type="text"/>	
Asiakas / Projekti	<input type="text"/>	
Paikkakunta / Maa	<input type="text"/>	
Powered - Tunnus	<input type="text"/>	
Myyntihenkilö	<input type="text"/>	<input type="button" value="v"/>
Yksikkö	<input type="text" value="KPL"/>	<input type="button" value="v"/>
Suunnittelija	<input type="text"/>	<input type="button" value="v"/>
Suun Pvm	<input type="text"/>	<input type="button" value="11/11"/>
Tarkastanut	<input type="text"/>	<input type="button" value="v"/>
Tark pvm	<input type="text"/>	<input type="button" value="11/11"/>
Hyväksynyt	<input type="text"/>	<input type="button" value="v"/>
Hyv pvm	<input type="text"/>	<input type="button" value="11/11"/>
Versio	<input type="text"/>	<input type="button" value="11/11"/>
Väri	<input type="text"/>	<input type="button" value="11/11"/>
Materiaali	<input type="text"/>	<input type="button" value="v"/>
Massa	<input type="text" value="0,00"/>	Precision: <input type="text" value="0"/> Decimals: <input type="text" value="2"/> <input type="button" value="∞"/>
Dim 1	<input type="text"/>	<input type="button" value="✓"/>
Dim 2	<input type="text"/>	<input type="button" value="✓"/>
Dim 3	<input type="text"/>	<input type="button" value="✓"/>
Dim 4	<input type="text"/>	<input type="button" value="✓"/>
Dim Editable	<input type="text"/>	
Mitta tyyppi	<input type="text"/>	<input type="button" value="v"/>
Mitat	<input type="text"/>	<input type="button" value="11/11"/>

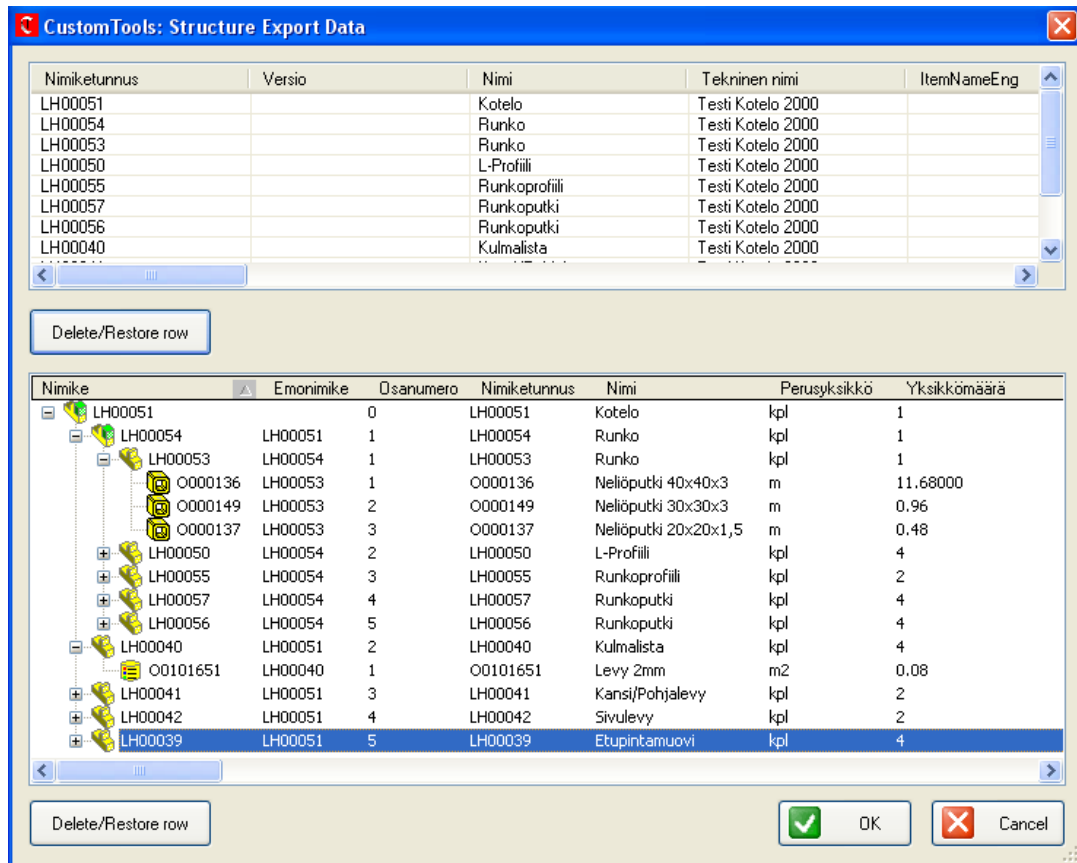
Kuva 1. Nykyinen Suunnitteluvalikko.

LIITE 3

Taulukko 1. Siirtokenttien määrittelyt.

Kentän nro	Kentän nimi vastaanottavassa ohjelmassa	Kentän nimi lähetävässä ohjelmassa	Kentän maksimipituus siirto-tiedostossa	Onko tieto pakollinen siirto-tiedostossa
1	Nimiketunnus	Item	20	On
2	Versio	-	-	Ei
3	Nimi	desc2	35	On
4	Tekninen nimi	desc1	35	On
5	Eng Nimi	desc2	35	Ei
6	Swe Nimi	desc2	35	Ei
7	Ger Nimi	desc2	35	Ei
8	Piirustus	Piirustus	40	Ei
9	Perusyksikkö	unit	12	On
10	Nimikeryhmä	nimikeryhma	12	On
11	Bruttopaino	weight	7.5	On
12	Ohjaustapa	Ohjaustapa	12	On
13	Perustettu	designdate	10	On
14	Suunnittelija	designer	50	On
15	Kommentti	-	-	Ei
16	Kustannuspaikka	-	-	Ei
17	Tekijä	WinUser	10	On
18	Pinta-ala	pintaala	8.5	Ei
19	Tullinimike	Tullinimike	50	On
20	CN-luokka	Cnluokka	80	On

LIITE 4



Kuva 1. Siirtoikkuna.

```
LH00051|kotelo|Testi Kotelo 2000|LH00051|kpl|0040|48.02000|valmistus|10.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|76061250|76061250|4|x
LH00054|Runko|Testi kotelo 2000|LH00054|kpl|0040|22.38000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|9405990090|94059900|4|x
LH00053|Runko|Testi kotelo 2000|LH00053|kpl|0040|14.99000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|9405990090|94059900|4|x
LH00050|L-Profiili|Testi Kotelo 2000|LH00050|kpl|0040|0.30000|valmistus|10.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|76042990|76042990|4|x
LH00055|Runkoprofiili|Testi Kotelo 2000|LH00055|kpl|0040|2.54000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|12000|9405990090|94059900|4|x
LH00057|Runkoputki|Testi Kotelo 2000|LH00057|kpl|0040|0.14000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|9405990090|94059900|4|x
LH00056|Runkoputki|Testi Kotelo 2000|LH00056|kpl|0040|0.14000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.00000|9405990090|94059900|4|x
LH00040|kulmalista|Testi Kotelo 2000|LH00040|kpl|0040|3.40000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.08000|76061250|76061250|4|x
LH00041|kansi/pohjalevy|Testi Kotelo 2000|LH00041|kpl|0040|3.40000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.84000|76061250|76061250|4|x
LH00042|Sivulevy|Testi Kotelo 2000|LH00042|kpl|0040|1.30000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.32000|76061250|76061250|4|x
LH00039|Etupintamuovi|Testi Kotelo 2000|LH00039|kpl|0040|3.54000|valmistus|22.02.2010|LHu|Lauri|0.98000|3920108100|39201081|4|x
```

Kuva 2. Nimikkeiden siirtorivit.

```
LH00051|LH00051|1|Runko|kpl|1|x
LH00051|LH00051|2|Kulmalista|kpl|4|x
LH00051|LH00051|3|Kansi/Pohjalevy|kpl|2|x
LH00051|LH00051|4|Sivulevy|kpl|2|x
LH00051|LH00051|5|Etupintamuovi|kpl|4|x
```

Kuva 3. Kokoonpanon rakenteen siirtorivit.

Rakenne - LH00051 Kotelo

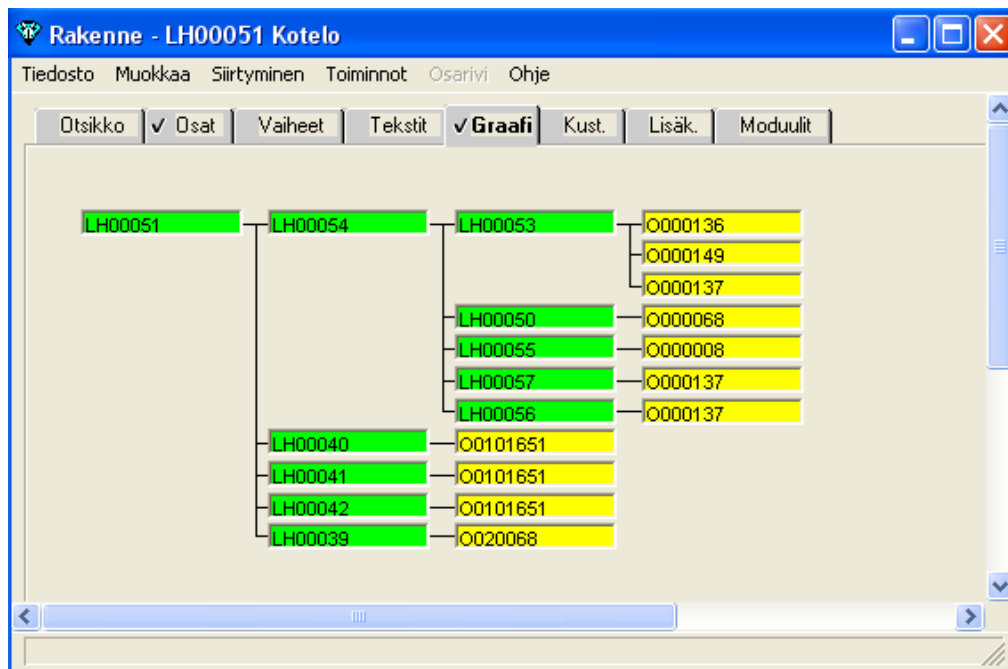
Tiedosto Muokkaa Siirtyminen Toiminnot Osarivi Ohje

Otsikko Osat Vaiheet Tekstit Graafi Kust. Lisäk. Moduulit

Onro	Osan tunnus	Nimi	Tekn. nimi	Yks.määrä	Perusyksikkö	Piirustus
1	LH00054	Runko	Testi Kotelo 2000	1, kpl		LH00054
2	LH00040	Kulmalista	Testi Kotelo 2000	4, kpl		LH00040
3	LH00041	Kansi/Pohjalevy	Testi Kotelo 2000	2, kpl		LH00041
4	LH00042	Sivulevy	Testi Kotelo 2000	2, kpl		LH00042
5	LH00039	Etupintamuovi	Testi Kotelo 2000	4, kpl		LH00039

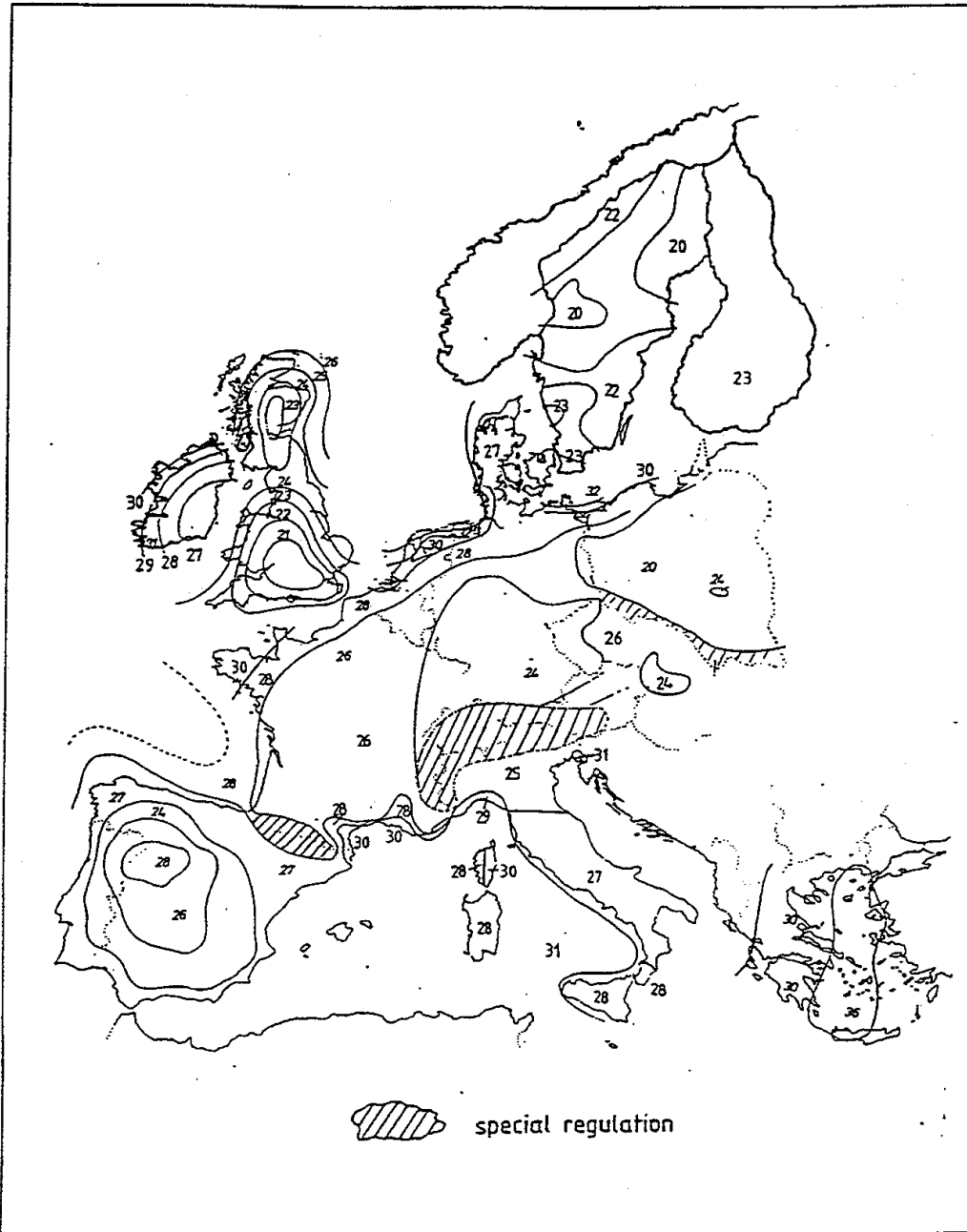
Enter data or press ESC to end.

Kuva 4. Rakenteen osat ERP-järjestelmässä.

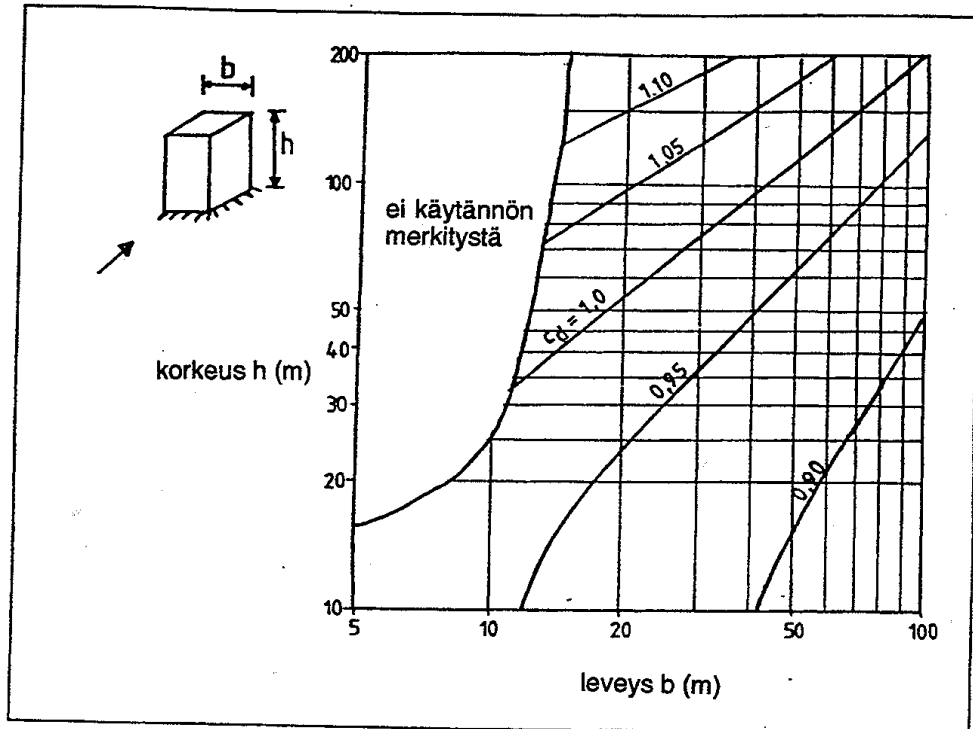


Kuva 5. Rakenteen graafi ERP-järjestelmässä.

LIITE 5



Kuva 1. Alueelliset vertaistuulennopeudet. (SFS-EN 1991-1-4, s. 29)



Kuva 2. Dynaamisen kertoimen arvot teräsrakennuksille. (SFS-EN 1991-1-4, s.40)

LIITE 6

Tuulikuormalaskujen vakioarvoja

Materiaalin myötöraja	$R_e := 355 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	
Varmuuskerroin	$n := 1.5$	
Maksimi taivutusjännitys	$\sigma_{\text{sall}} := \frac{R_e}{n}$	$\sigma_{\text{sall}} = 2.367 \times 10^8 \text{ Pa}$
Ilman tiheys	$\rho_{\text{ilma}} := (1.25) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	
Pinnanmuotokerroin	$C_t := 1$	
Maastokerroin, maastoluokka II	$k_T := 0.19$	
Karheusparametri, maastoluokka II	$Z_0 := 0.05 \text{ m}$	
Minimikorkeus, maastoluokka II	$Z_{\text{min}} := 4 \text{ m}$	
Dynaaminen kerroin	$C_d := 1$	
Voimakkerroin	$C_f := 2$	

Vertailutuulista aiheutuvat nopeuspaineet

Vertailutuulen nopeus	$v_{\text{ref}} := 23 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	
Keskimääräinen vertailutuulen nopeuspaine	$q_{\text{ref}} := \frac{\rho_{\text{ilma}} \cdot v_{\text{ref}}^2}{2}$	$q_{\text{ref}} = 330.625 \text{ Pa}$
Vertailutuulen nopeus	$v_{\text{ref}} := 32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	
Keskimääräinen vertailutuulen nopeuspaine	$q_{\text{ref}} := \frac{\rho_{\text{ilma}} \cdot v_{\text{ref}}^2}{2}$	$q_{\text{ref}} = 640 \text{ Pa}$

Palkin 100x200x5 maksimitaivutusmomentti

Palkin mitat:

$$b_{\text{palkki}} := 0.1\text{m}$$

$$h_{\text{palkki}} := 0.2\text{m}$$

$$t_{\text{palkki}} := 0.005\text{m}$$

$$I_z := \frac{\left[\left(b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3 \right) - \left[\left[b_{\text{palkki}} - (2 \cdot t_{\text{palkki}}) \right] \cdot \left[h_{\text{palkki}} - (2 \cdot t_{\text{palkki}}) \right]^3 \right] \right]}{12}$$

$$a := \frac{h_{\text{palkki}}}{2}$$

$$W_{\text{palkki}} := \frac{I_z}{a}$$

$$M_{\text{sall}} := \sigma_{\text{sall}} \cdot W_{\text{palkki}} \quad M_{\text{sall}} = 3.603 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Palkin 100x200x8 maksimitaivutusmomentti

Palkin mitat:

$$b_{\text{palkki}} := 0.1\text{m}$$

$$h_{\text{palkki}} := 0.2\text{m}$$

$$t_{\text{palkki}} := 0.008\text{m}$$

$$I_z := \frac{\left[\left(b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3 \right) - \left[\left[b_{\text{palkki}} - (2 \cdot t_{\text{palkki}}) \right] \cdot \left[h_{\text{palkki}} - (2 \cdot t_{\text{palkki}}) \right]^3 \right] \right]}{12}$$

$$a := \frac{h_{\text{palkki}}}{2}$$

$$W_{\text{palkki}} := \frac{I_z}{a}$$

$$M_{\text{sall}} := \sigma_{\text{sall}} \cdot W_{\text{palkki}} \quad M_{\text{sall}} = 5.458 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Palkin 150x250x10 maksimitaivutusmomentti

Palkin mitat:

$$b_{\text{palkki}} := 0.15 \text{ m}$$

$$h_{\text{palkki}} := 0.25 \text{ m}$$

$$t_{\text{palkki}} := 0.01 \cdot \text{m}$$

$$I_z := \frac{\left[\left(b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3 \right) - \left[\left(b_{\text{palkki}} - (2 \cdot t_{\text{palkki}}) \right) \cdot \left(h_{\text{palkki}} - (2 \cdot t_{\text{palkki}}) \right)^3 \right] \right]}{12}$$

$$a := \frac{h_{\text{palkki}}}{2}$$

$$W_{\text{palkki}} := \frac{I_z}{a}$$

$$M_{\text{sall}} := \sigma_{\text{sall}} \cdot W_{\text{palkki}} \quad M_{\text{sall}} = 1.202 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Profiili 100x200x5, 1,5 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus $Z := 4.4 \text{ m}$

Karheuskerroin $C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$

Altistuserroin $C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t} \right), \quad C_{e_z} = 1.855$

Pylonin korkeus $h := 8.8 \text{ m}$

Pylonin leveys $w := 1.5 \text{ m}$

Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala $A_{\text{ref}} := h \cdot w \quad A_{\text{ref}} = 13.2 \text{ m}^2$

Kokonaisvoima $F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}} \quad F_w = 1.619 \times 10^4 \text{ N}$

Taivutusmomentti yhdelle palkille $M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2} \right)}{2} \quad M = 3.562 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Profiili 100x200x5, 2 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := Z_{\min}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuserroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 1.801$	
Pylonin korkeus	$h := 7.7\text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 2\text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 15.4\text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 1.834 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdelle palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 3.53 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Profiili 100x200x5, 3 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := Z_{\min}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuserroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 1.801$	
Pylonin korkeus	$h := 6.3\text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 3\text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 18.9\text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 2.25 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdelle palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 3.544 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Profili 100x200x8, 1,5 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := 5.25 \cdot \text{m}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuskerroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 1.958$	
Pylonin korkeus	$h := 10.5 \text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 1.5 \text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 15.75 \text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 2.039 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdele palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 5.353 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Profili 100x200x8, 2 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := 4.65 \cdot \text{m}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuskerroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 1.887$	
Pylonin korkeus	$h := 9.3 \text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 2 \text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 18.6 \text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 2.321 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdele palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 5.396 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Profili 100x200x8, 3 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuuella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := Z_{\min}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuskerroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 1.801$	
Pylonin korkeus	$h := 7.8\text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 3\text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 23.4\text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 2.786 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdele palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 5.433 \times 10^4 \text{N} \cdot \text{m}$

Profili 150x250x10, 1,5 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuuella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := 7.45\text{m}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuskerroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 2.168$	
Pylonin korkeus	$h := 14.9\text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 1.5\text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 22.35\text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 3.205 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdele palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 1.194 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m}$

Profiili 150x250x10, 2 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := 6.55\text{m}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuserroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 2.09$	
Pylonin korkeus	$h := 13.1\text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 2\text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 26.2\text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 3.621 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdelle palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 1.186 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Profiili 150x250x10, 3 m leveän pylonin maksimikorkeus vertaistuulella 23 m/s.

Vaikutuskorkeus	$Z := 5.5\text{m}$	
Karheuskerroin	$C_r := k_T \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$	
Altistuserroin	$C_{e_z} := C_r^2 \cdot C_t^2 \left(1 + 7 \cdot \frac{k_T}{C_r \cdot C_t}\right)$, $C_{e_z} = 1.985$	
Pylonin korkeus	$h := 11\text{m}$	
Pylonin leveys	$w := 3\text{m}$	
Tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala	$A_{\text{ref}} := h \cdot w$ $A_{\text{ref}} = 33\text{m}^2$	
Kokonaisvoima	$F_w := q_{\text{ref}} \cdot C_{e_z} \cdot C_d \cdot C_f \cdot A_{\text{ref}}$	$F_w = 4.332 \times 10^4 \text{N}$
Taivutusmomentti yhdelle palkille	$M := \frac{\left(F_w \cdot \frac{h}{2}\right)}{2}$	$M = 1.191 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$