

TUOTETIETO JA TEKNISET DOKUMENTIT

Case: Yritys Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-
ohjelma
Tuotantopainotteinen mekatronikka
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Merja Sarkkinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SARKKINEN, MERJA:

Tuotetietoja tekniset dokumentit
Case: Yritys Oy

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 41 sivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä tuotetietoon ja 3D-suunnitteluun. Työssä tutustutaan siihen, miten tuotetiedon teknisiä dokumentteja tehdään 3D-ohjelmistolla ja miten niihin kytketään tuotetietoa, sekä perehdytään tuotetiedon järkevään hallintaan. Työssä tutkittiin pienyrityksen näkökulmasta tuotetiedon ja teknisten dokumenttien hyödyntämistä yrityksen toiminnassa.

Opinnäytetyö alkaa teoreettisella osalla. Teoreettisessa osassa käsitellään tuotetiedon teoriaa, siitä mitä ja millaista tuotetieto on, sekä käydään läpi, miten tuotetietoon liittyviä tietoja voidaan hyödyntää yrityksessä. Eräs tapa hyödyntää tuotetietoa on hallita sitä järkevästi. Tähän on kehitetty omia ohjelmistoja (PDM-järjestelmiä), joiden avulla voidaan tehostaa yrityksen toimintaa. Teoreettisessa osassa perehdytään myös 3D-suunnitteluohjelmiston ominaisuuksiin ja sen käyttöperiaatteisiin. Tässä työssä 3D-suunnittelu ohjelmaksi valittiin SolidWorks.

Case-osuudessa perehdyttiin Yritys Oy:n hyötyyn ottaa käyttöön SolidWorks-ohjelmisto ja tuotetiedon hallinta-järjestelmä. Yritys Oy on kuvitteellinen, koska työllä ei ole toimeksiantajaa.

Opinnäytetyön yhteenvedossa esitettiin päätelmiä siitä, mitä yrityksen kannattaisi tehdä SolidWorksin käyttöönoton kanssa ja mitä hyötyä yritys saisi SolidWorksin käytöllä. Lisäksi käydään läpi, miten käyttöönotto suositellaan tehtäväksi.

Avainsanat: tuotetieto, tuotetiedon hallinta, tekniset dokumentit, PDM, 3D-suunnittelu, SolidWorks

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering and Production
Technology

SARKKINEN, MERJA:

Product data and technical documents

Case: Yrityys Oy

Bachelor's Thesis in Production oriented Mechatronics, 41 pages

Spring 2015

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to study product information and 3D design. This work consists of how to create technical documentation with 3D software, and how those are connected to product information. It also discusses the correct way to control and organize product information. In a small business perspective is considered in how to take advantage of product information and technical documentation in everyday business.

The study starts with the theoretical part. The theoretical part includes the theory of product information. Then, it continues to how discuss to make use of this information in a company. One of the ways is to manage product information efficiently. For this purpose, there is special software (PDM-system) which will enable a company to take full advantage of the information in its daily work. The theoretical part consists also of the features of 3D design software and its principles of use. In this work, the main software is SolidWorks.

The case section focusses on a company called Yrityys OY I mainly on the benefits to use SolidWorks and the product information software. Yrityys Oy is partly fictional.

In the conclusion part of the study, suggestions on what a company should consider when starting to use SolidWorks are given. Recommendations on how to commission the system are also given.

Key words: Product information, control of product information, technical documentation, PDM, 3D design, SolidWorks.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUOTETIETO	2
2.1	Attribuutit	3
2.2	Nimikkeistö	5
2.2.1	Nimikkeiden tunnisteet ja kuvaukset	5
2.2.2	Nimikkeiden luokittelu	6
2.3	Nimikeversiot	9
2.3.1	Nimikerevisiot	10
2.3.2	Nimike variantit	11
3	TUOTETIEDON HALLINTA	13
3.1	Tuotetiedonhallinta ohjelmistot	13
3.2	PDM-järjestelmän toiminnallisuus	14
4	3D-OHJELMAN KÄYTTÖ DOKUMENTTIEN TEOSSA	17
4.1	3D-mallinnus	17
4.2	Kokoonpanot	20
5	MALLINNUS SOLIDWORKS OHJELMALLA	21
5.1	2D-piirustukset	22
5.2	Kokoonpano	23
5.3	Kokoonpano-ohjeet (työohjeet)	25
5.4	Lujuuslaskenta, FEM-analyysi	27
5.6	SolidWorks MBD	30
6	CASE: YRITYS OY	31
6.2	Ratkaisuehdotus Yritys Oy:lle tuotetiedon hallinnan kehittämiseen	32
6.3	Nimikkeistön luominen	32
6.4	Toteutus SolidWorksillä	34
6.4.1	Komponenttien mallintaminen SolidWorksillä	34
6.4.2	Kokoonpanojen tekeminen	35
6.4.3	2D-piirustukset	36
6.4.4	Tuotannon työohjeet	36
6.4.5	Tuotetiedonhallinta	37
6.4.6	Sähkösuunnittelu sekä johtimien mallinnus ja reititys	37

6.4.7	Ilmainen SolidWorks eDrawings Viever	37
6.4.8	Muutokset yrityksessä	38
6.5	Yritys Oy:n tuotetieto-projektin johtopäätökset	39
7	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41

1 JOHDANTO

Vielä on olemassa pieniä yrityksiä, joilla ei ole sähköistä piirustus- tai suunnitteluohjelmistoa, saati 3D-suunnitteluohjelmistoa. On myös olemassa yrityksiä, joilla on jokin piirustusohjelma, mutta tuotetietojen järkevä hallinta puuttuu. Keskisuurissa ja suurissa yrityksissä nämä asiat ovat jo hallinnassa.

Tämän opinnäytetyön tavoite oli perehtyä yrityksen tuotetiedon perusteisiin: mitä tuotetieto käsittää, miten sitä tulisi hallita ja mitä hyötyä tuotetiedon hallinnasta on yritykselle, sekä perehtyä tuotesuunnitteluun 3D-mallinnuksen avulla. Työn tavoite oli perehtyä tuotetiedon dokumentteihin, joita 3D-suunnitteluohjelmalla on mahdollista tehdä. Työssä käytettäväksi 3D-ohjelmaksi oli valittu SolidWorks. Työssä perehdyttiin SolidWorks-ohjelmiston ominaisuuksiin, siihen miten laajasti sitä voisi hyödyntää teknisten dokumenttien teossa ja tuotetiedonhallinnassa.

Teoreettisen osan yksi tavoite oli perehtyä 3D-mallintamisen perusteisiin. Tavoite oli saada mallinnettua rakennuspyörösaha. Tämän mallinnuksen avulla oli tavoite tehdä esimerkkejä SolidWorks-ohjelman ja lisäosien ominaisuuksista ja niiden hyödyistä. Lopussa käydään, Yritys Oy:n, esimerkilä läpi edellä mainittujen asioiden vaikutusta yrityksen toimintaan ja siitä saatavaa hyötyä.

Opinnäytetyön rajauksena oli tutustua tuotetietoon ja sen hallinnan perusteisiin. Tarkoituksena oli saada yleiskäsitys siitä, mitä tietoa ja miten sitä pystytään hyödyntämään. 3D-suunnittelusta kertovan osan rajauksena oli 3D-mallintamiseen tutustuminen. Työssä selvitettiin, miten mallinnettuja komponentteja tai kokoonpanoja voidaan hyödyntää eri dokumenttien tekemiseen. Työssä ei perehdytty eri dokumenttien syvällisempään tekemiseen, vaan ohjelmiston koko ajan kehittyviin mahdollisuuksiin.

2 TUOTETIETO

Yrityksen toiminnassa syntyy koko ajan erilaisia tietoja valmistettavaan tuotteeseen liittyen. Tätä tietoa kutsutaan tuotetiedoksi. Hallittaessa tätä tietoa puhutaan tuotetiedon hallinnasta eli usein käytetään pelkästään termiä PDM, joka tulee englannin kielen sanoista Product Data Management.

Tuotetieto tarkoittaa tuotteisiin liittyviä tietoja:

- piirustukset
- 3D-mallit
- esitteet
- hinnastot
- valmistusohjeet
- testaustulokset
- tilaukset
- toimitetut tuotteet
- osaluettelot
- NC-ohjelmat
- sulautetut ohjelmistot.

Periaatteessa suurin osa yrityksen tiedoista voisi olla tuotetietoa. Tuotetiedon hallinnasta puhuttaessa tuotetiedolla tarkoitetaan kuitenkin yleensä tuotteisiin liittyviä teknisiä tietoja. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 9.)

Jos tuotetietoa halutaan ryhmitellä, niin se voidaan jakaa kolmeen ryhmään: tuotteen määrittely- ja elinkaari- sekä metatietoon. (Sääksvuori & Immonen 2002, 17).

Tuotteen määrittelytiedot määrittävät fyysiset ja toiminnalliset rajat valmistukselle, jotta asiakkaan käyttötarkoitus saavutetaan. Tieto voi olla hyvin tarkkaa teknistä tietoa sekä mielikuvia että abstrakteja ja käsitteellistä tietoa. (Sääksvuori & Immonen 2002, 17.)

Tuotteen elinkaaritiedot ovat tuotteeseen liittyvää tietoa koko tuotteen elinkaaren ajalta. Tieto liittyy tuote- tai asiakasprosessin vaiheeseen, tuotesuunnitteluun, valmistukseen, käyttöön, tuotteen huoltoon sekä sen hävittämiseen. Myös tuotteeseen voi liittyä viranomais määräyksiä. (Sääksvuori & Immonen 2002, 17.)

Metatieto informaatiota tiedosta, muun muassa missä muodossa tieto on, mistä tietovarastosta se löytyy, kuka sen on tallentanut ja milloin. (Sääksvuori & Immonen 2002, 17.)

Tuoterakenne on tuotetietoon läheisesti liittyvä käsite. Tästä käytetään myös nimitystä tuotetietomalli tai tuotemalli. Tuoterakenteen englanninkielinen termi on BOM (Bill of Materials). BOM tarkoittaa osaluetteloa. Se ei ole tarkasti sama asia kuin tuoterakenne. Tuoterakenne käsittää kaikki tuotteeseen liittyvät komponentti-, kokoonpano- ja tuotehierarkian. Valmistus käyttää yleisesti osaluetteloa, joka on lista valmistuksessa tarvittavista komponenteista. (Sääksvuori & Immonen 2002, 17.)

2.1 Attribuutit

CAD-dokumentteihin voidaan tallentaa tuotetietoa attribuuttitietojen muodossa. Ne tallentuvat dokumentin mukana. Näitä tietoja pystytään muokkaamaan ja tarkastelemaan kaikissa elinkaaren vaiheissa. Yleisesti attribuuttitieto kytketään myös PDM-järjestelmään. (Hietikko 2013, 108.)

Attribuuttitieto voi olla joko piirustus- tai komponenttikohtainen. Kokoonpanopiirustuksissa oleviin osaluetteloihin tiedot tulee kaikkien komponenttien tiedoista. Komponentteihin tallennetuista tiedoista voidaan määrittellä mitä informaatiota halutaan osaluetteloon näkyviin. Näitä tietoja voidaan käyttää myös osa- ja kokoonpanopiirustusten otsikkoalueissa. (Hietikko 2013, 108.)

Yleisesti kokoonpanopiirustuksien osaluetteloissa on seuraavat tiedot:

- osan numero
 - piirustusnumero tai tavaratunnus
 - osan (tai osakokoonpanon) nimitys
 - standardi tai luettelo
 - muoto, malli, laatu
 - kappalemäärä
- (Hietikko 2013, 108).

Piirustusten otsikkoalueessa käytetään yleisesti seuraavia tietoja:

- nimitys (yleensä sama kuin osaluettelossa olevan osan tai kokoonpanoryhmän nimitys)
- piirustusnumero (sama kuin osaluettelon piirustusnumero tai tavaratunnus)
- revisio (kun piirustuksessa esitetty malli on muuttunut, siitä on tullut uusi revisio)
- nimikeryhmä (esimerkiksi omavalmiste tai alihankintaosa)
- yleistoleranssi (jota sovelletaan toleroimattomiin mittoihin)
- pinnoite
- massa
- entinen (piirustusnumero, jonka tämä piirustus korvaa)
- uusi (piirustusnumero, jolla tämä piirustus on korvattu)
- liittyy (osakokoonpano, johon tämä osa tai kokoonpano kuuluu)
- tuote (pääkokoonpano, johon tämä ja edellisessä kohdassa mainittu kokoonpano kuuluvat)
- mittakaava
- suunnitellut
- piirtänyt
- tarkastanut
- hyväksynyt

(Hietikko 2013, 108).

2.2 Nimikkeistö

Ennen kuin yritys voi käyttöönottaa PDM-järjestelmää, on sillä oltava luotuna nimikkeistö. Nimikkeistön hallinta on tärkein osa PDM-ohjelmistoissa, koska ne perustuvat toimivaan nimikkeistöön (items). Nimike on systemaattinen ja standardi tapa nimetä ja koodata fyysinen tuote, tuotteen osa tai komponentti, materiaali, palvelu tai dokumentti. Yritys itse määrittelee, mitä dokumentteja ja tietoja haluaa nimikkeistönsä kuuluvan. Se on riippuvainen toimintatavoista ja tuotteista. Nimikkeistö voi kattaa kaiken, muun muassa pakkaukset, muotit, ohjelmat, asennustarvikkeet. (Sääksvuori & Immonen 2002, 19.)

Usein nimikkeet liittyvät tiettyihin tuotteisiin. Tuotteet ovat myös yhdenlaisia nimikkeitä. Komponentti on nimike, joka liittyy tiettyyn tuotteeseen tai tuotteisiin siten, että komponentti on tuotteen osa. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 18.)

2.2.1 Nimikkeiden tunnistet ja kuvaukset

Nimikkeille tulee tehdä yksikäsitteinen tunniste, esimerkiksi W123456. Se on nimikkeen koodi. Yleisesti nimikkeellä on lyhyt (esimerkiksi korkeintaan 20 merkkiä pitkä) määrämuotoinen tunniste ja pidempi vapaamuotoinen kuvaus. Jos yritys toimii kansainvälisesti, tulee kuvaus olla useammalla kielellä. Usein toisena kielenä on englanti. Nimikkeen koodi kannattaa olla käytettävissä usealla kielellä. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 16 – 17.)

Nimikkeiden kuvauksille on syytä yrityksen tehdä sisäisesti sovitut tai standardista saadut termit. On tiedettävä esimerkiksi käytetäänkö ”pultteja” vai ”kuusioruuveja”. Monikielisiä kuvauksia käytettäessä kuvausten kääntämistä varten pitää olla sanasto. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 17.)

2.2.2 Nimikkeiden luokittelu

Nimikkeistöstä saadaan hyötyä yrityksen toimintaan, kun sen suuresta nimikejoukosta pystytään hakemaan nimikkeitä tietyillä perusteilla. Esimerkiksi suunnittelija haluaa tietää, millaisia ohutlevykomponentteja yrityksen nimikkeistöstä löytyy tai mitä komponentteja yritys ostaa tietyltä toimittajalta. Näin pystytään suunniteltaessa uusia tuotteita tai vaihdettaessa toimittajaa hyödyntämään nimikkeistöä. Vastaavia hakuja varten yrityksen nimikkeistö tulee ryhmitellä. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 28.)

Nimikkeet voidaan ryhmitellä kolmella tavalla: mielivaltaisesti, attribuuttiperusteisesti tai käyttää hierarkkista luokittelua. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 27).

Mielivaltaisessa ryhmittelyssä muodostettuun ryhmään valitaan mielivaltainen joukko nimikkeitä, jotka muodostavat jollain tavalla mielekkään kokonaisuuden. Esimerkiksi ”toimittajan vaihtamisen vuoksi tarkistettavaksi otettavat komponentit” voi olla yksi mielivaltainen ryhmä. Ryhmän nimikkeillä ei ole muuta yhteistä kuin, että joku on määritellyt niiden kuuluvan ryhmään. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 28.)

Attribuuttiperusteisessa ryhmittelyssä ryhmä muodostetaan tietokantahaulilla. Ryhmään kuuluvat kaikki nimikkeet, jotka toteuttavat attribuuttien kyselyn hakuperusteen ehdot. Tietokannan nimikkeistö voi muuttua koko ajan. Tällöin tulee ryhmään liittyä toiminto, joka tekee tietokantahaun uudestaan ja päivittää nimikkeiden joukon vastaamaan sen hetkistä tilaa. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 28.)

Luokittelulla tehtyyn ryhmään valitaan nimikkeitä etukäteen päätettyjen luokittelun perusteella. Nimikkeet on luokiteltu hierarkkisiin ryhmiin. Yritys määrittelee itselleen luokittelukriteerit. Yrityksen sisällä sama nimikejoukko voidaan luokitella useammalla rinnakkaisella tavalla. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 28.) Kuvassa 1 on esimerkkejä luokittelutavoista, ja kuvassa 2 on esimerkki siitä, kuinka komponentti – tai komponentin aihio ja valmis komponentti – voidaan luokitella eri tavoin näkökulmasta riippuen.

Luokittelukriteeri	Esimerkki
tuoteperhe	Tuote X
muotoilu	DeLuxe
koko	alle 5 tonnia
tuoteteknologia	paristokäyttöinen
liitäntä	SCSi-liitäntäinen
väri	punainen
markkina-alue	Pohjoismaat ja Saksa

KUVA 1. Nimikkeiden luokittelutapoja

luokittelukriteeri	esimerkki	esimerkkejä luokittelun soveltamis-kohteista
muoto ja materiaali	St34 työstetty pyöreä tanko	ostettavat perusmateriaalit
perustoiminto	akseli	alihankittavat osat
käyttö	pesukoneen rummun akseli	itse valmistettavat osat, ostettavat palvelut, myytävät palvelut

KUVA 2. Saman komponentin erilaisia luokittelukriteerejä

Luokittelulla helpotetaan nimikkeiden käytettävyyttä. Jos esimerkiksi tappeja ei ole luokiteltu omaksi ryhmäksi, suunnittelija ei välttämättä löydä tarpeeseen sopivaa tappia. Tällöin hän suunnittelee uuden ja pian erilaisia tappeja on niin monta kuin tuotteitakin. Tällöin tappien määrä kasvaa turhaan. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 29.)

Osaan komponentteihin on standardisoituja luokitteluja. Yksi näistä on sähkötekniikan komponenttien luokittelu, jossa käytetään IEC 61360 standardia, joka määrittelee lähes 200 komponenttiluokkaa, joissa on kymmeniä attribuutteja. Näilläkin voi olla lisäksi muita luokittelukriteerejä. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 29.)

Nimiketyyppien oleellinen ominaisuus on, että erityyppisillä nimikkeillä voi olla eri attribuutit. Kun nimikkeet luokitellaan nimiketyyppien avulla, kuhunkin luokkaan voidaan liittää attribuutteja, jotka ovat vain kyseisen luokkaan kuuluvilla nimikkeillä. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 32.)

2.3 Nimikeversiot

Nimikkeiden hallinnassa tärkeimpiä osa-alueita on versiointi. Sanasto on vaihtelevaa tällä kohtaa. Tässä työssä määritellään termit ”versio”, ”revisio” ja ”variantti”. Nämä voivat toisessa yhteydessä tarkoittaa aivan muuta. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 32.)

Tässä työssä nimikkeeseen voi liittyä joukko nimikerevisioita, joiden avulla kuvataan kahta erillistä mutta toisiinsa liittyvää ilmiötä. Nimikkeellä voi olla ajallista kehitystä kuvaavia peräkkäisiä revisioita ja vaihtoehtoisia rinnakkaisia variantteja. Versioiden järjestämiseen ei ole mitään yhtä ”oikeaa” ratkaisua. Haluttaessa yrityksen sisälläkin erityyppisten nimikkeiden versioita voidaan haluta käsitellä eri tavoin. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 32.)

Nimikkeeseen, joka on komponentti, liittyy yleensä sitä kuvaavia dokumentteja. Jos dokumentteja on useita, niin yksi näistä on yleensä ”päädokumentti”. Mekaanisen komponentin päädokumentti on yleensä 3D-malli. Nimikeversiot vastaavat yleensä päädokumentin versioita. Muiden kuin päädokumenttien versiointi ei välttämättä vastaa nimikkeen versiointia. Esimerkiksi testausohjeesta voi tulla uusi versio, vaikka tuote ei muutu ja päinvastoin, tuotteeseen voi tulla muutos, joka ei vaikuta testausohjeeseen. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 33.)

On tarvittavaa tehdä selvä ero nimikkeen ja nimikkeen yksittäisen version välillä eli näillä tulee olla eri attribuutit. Esimerkkinä käyttöönottopäivä voi olla nimikeversion attribuutti. Vastaavasti nimikkeestä vastaava osasto attribuutti koskee nimikettä kokonaisuutena. Tämä tieto tulee esittää nimikkeen eikä yksittäisen nimikeversion attribuuttina. Tämä tieto on oleellinen PDM-järjestelmässä tietoja haettaessa. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 33.)

2.3.1 Nimikerevisiot

Nimikerevisiot liittyvät nimikkeiden muutoksen hallintaan. Jos nimikettä muutetaan niin, että sen uusi versio korvaa vanhan, syntyy uusi nimikerevisio. Esimerkkejä syistä, joiden takia tuotteista tehdään uusia revisioita:

- Tuote ei toimi tyydyttävästi
- Tuotannossa ongelmia (esim. liian tiukat toleranssit)
- Muutoksia tuotantomenetelmissä
- Suorituskyky kaipaa parannusta
- Kustannusten vähentäminen
- Joidenkin osien saatavuus tuotannossa
- Uudet markkinat vaativat lisäominaisuuksia
- Muutoksia viranomais määräyksissä

(Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 33.)

Nimikkeen versioiden yhteensopivuudessa on yleisesti käytössä sääntö, että nimikkeen uutta revisiota voi käyttää minkä tahansa vanhan revision paikalla, mutta vanhaa revisiota ei välttämättä voi käyttää uuden revision paikalla. Jos uutta revisiota ei voida käyttää vanhan revision tilalla, kyseessä onkin silloin uusi nimike. Välillä uudeksi revisioksi ajateltu versiosta tuleekin uusi variantti. Tällöin tulee uusi version rinnakkainen vaihtoehto, eikä korvaa näin ollen vanhaa versiota. Myös voi tapahtua toisinpäin, eli uudeksi variantiksi suunnitellusta versiosta tuleekin uusi revisio, jos vanhaa versiota ei enää haluta säilyttää uuden rinnalla. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 33.)

Pääperiaatteelta uuden revision tulee noudattaa ns. fff-periaatetta (form, fit and function):

Revision muodon, toimintojen ja yhteensopivuuden on oltava korvattavan revision kanssa osan käytön kannalta yhtäläisiä. Osan uuden revision pintakäsittely tai väri voi siis erota vanhasta, jos osa on näkymättömissä tuotteen sisällä. Näkyvällä osalla tämä ei ole yleensä mahdollista. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 34.)

Tunnisteina revisioille käytetään yleensä peräkkäisiä numeroita tai kirjaimia. Esimerkiksi revisio tunnisteena voidaan käyttää muotoa 1.2. Tässä 1 on ”päärevision” numero ja 2 on ”alirevision” numero. Kun nimikkeeseen tehdään pienempi muutos, on se 1.3, eli luodaan uusi alirevisio. Jos muutos on suurempi, silloin luodaan uusi päärevisio, jolloin versionumero on 2.0. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 34.)

2.3.2 Nimike variantit

Nimike variantti muodostuu, kun nimikkeeseen tehdään vaihtoehtoisia, samankaltaisia hieman toisistaan poikkeavia vaihtoehtoja. Eri varianttien eroina voi olla esimerkiksi väri, kokoonpano, koko tai pakkaus. Variantti voi olla myös ”moniulotteinen”. Tällöin variantit voivat erota useamman ominaisuuden suhteen. Esimerkiksi autoissa väri ja moottorin koko vaihtuvat. Variantit eivät ole käytössä kaikissa yrityksissä ja kaikissa tuotteissa. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 36.)

Monesti nimikkeiden variantit eroavat toisistaan niin vähän, että ne kuvataan yhdellä dokumentilla. Tällöin se sisältää kaikkien varianttien yhteiset osat sekä varianttien väliset erot. Esimerkiksi kasvihuoneen erikokoiset variantit on kuvattu yhdellä piirustuksella, johon on merkitty varianttien vaihtuvat mitat. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 36.)

Yhdellä dokumentilla esitetyt variantit muistuttavat asiakasmuunneltavan tuotteen konfigurointia. Tällöin asiakkaalle myytävän lopputuotteen varioitavuus näkyy nimikkeissä ja niiden koodeissa. Voidaan käyttää myös erilaisia variantteja, jotka koostuvat samoista nimikkeistä. Tuote voidaan

myydä erivärisinä variantteina siten, että kaikki sisältävät samat nimikkeet. Väritieto tulee vasta valmistuksessa mukaan, kun tuote maalataan tilauksen mukaiseksi. Tällöin tuotteella on erikseen valmistusnimike ja joukko myyntinimikkeitä (tai yksi myyntinimike, josta monta varianttia). Valmistusnimikkeeseen sisältyy työvaihe maalauksen osalta, mutta tiettyä väriä ei ole määritelty. Myyntinimikkeeseen (tai sen varianttiin) sisältyy määrätty väri. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 37.)

3 TUOTETIEDON HALLINTA

Usein tuotetiedon hallinta-järjestelmä eli PDM-järjestelmä käsittelee erityisesti tuotesuunnittelun tuottamia tietoja. PDM-järjestelmä ei ole yleensä ole esimerkiksi tilaus- ja toimitusprosessien, hintojen, kustannusten tai valmistusaikojen ensisijainen talletuspaikka, vaikka tämäntyyppisiä tietoja voidaankin siirtää PDM-järjestelmään muista järjestelmistä. (Peltonen, Martio & Sulonen 2002, 9 - 10.)

Kenneth McIntoshin määritelmän mukaan:

Tuotetiedon hallinta on systemaattinen tapa suunnitella, hallita, ohjata ja valvoa kaikkea sitä tietoa, jota tarvitaan tuotteen dokumentoimiseksi, tuotteen kehittämisen-, suunnittelun-, valmistus-, testausprosessien ja käytön aikana, tuotteen koko elinkaaren ajan. (Sääksvuori & Immonen 2002, 18).

Tuotetiedonhallinnan merkitys kasvaa etenkin valmistavan teollisuuden yrityksissä. Tuotteiden ja komponenttien elinkaaret lyhenevät jatkuvasti; samalla uusia tuotteita on saatava markkinoille entistä nopeammin. Tämän vuoksi yritykset muodostavat verkostoja, joissa kukin toimija erikoistuu tuotteen tietyn osa-alueen suunnitteluun tai valmistamiseen. Yhteistä lopputuotetta koskevan tiedon täytyy kulkea yritysten välillä nopeasti, virheettömästi ja automaattisesti, jotta pystytään kilpailemaan tehokkaasti kansainvälisillä markkinoilla. (Sääksvuori & Immonen 2002, 9.)

3.1 Tuotetiedonhallinta ohjelmistot

PDM-järjestelmän avulla voidaan hallita tuotteen markkinoillesaattamis- ja kehitys- eli tuoteprosessia, tilauksen ja toimituksen välistä prosessia eli asiakasprosessia sekä tuotteeseen liittyvää tietoa koko tuotteen elinkaaren ajan idea vaiheesta tuotteen romuttamiseen. Lähes poikkeuksetta PDM-lyhenteellä tarkoitetaan myös tuotetiedon hallintaan kehitettyä tietojärjestelmää. Tuotetiedon hallinnalla on keskeinen osa nykyaikaisessa tuotesuunnittelussa. Se mahdollistaa osien uudelleen käytön ja tuoterakenteiden hallinnan. Näin suunnitteluprosessista tulee nopeampaa. Myös tur-

hia samankaltaisten osien uudelleensuunnittelua ei synny. (Sääksvuori & Immonen 2002, 14 – 15.)

Tuotetiedon hallintaan on kehitetty omia ohjelmistoja, jolla tuotetietoja hallitaan järkevästi. Esimerkkejä käytössä olevista ohjelmista on kuvassa 3. Näistä useat ovat laajennettavissa myös tuotteen elinkaaren hallinta- eli PLM- järjestelmiksi (engl. Product Lifecycle Management).

- Modultekin Aton (Aton PDM ja Solid PDM)
- SolidWorksin EPDM
- Vertex (ohjelmisto) Flow (suomalainen)
- Econocap Engineering CISS Base (suomalainen)
- Enovia Smarteam
- Enovia LCA
- Enovia MatrixOne
- Auric Evo (nykyisin Sovelia PDM)
- PTC Windchill PDMlink (MultiCAD)
- Teamcenter engineering & enterprise
- PDMWorks

KUVA 3: PDM-ohjelmia (Valokyna 2/2011)

3.2 PDM-järjestelmän toiminnallisuus

PDM-järjestelmän tarkoitus on tarjota tuotteeseen ja prosessiin liittyvää tuotetietoa oikea aikaisesti sitä tarvitseville, tuotetiedon luontiin ja hallintaan suunnitellulla käyttöliittymällä.

Tuotetiedonhallinnan ydin on yrityksen valmistamaan tuotteeseen ja sitä kautta yrityksen toimintaan liittyvän tiedon luominen, säilyttäminen ja tallentaminen siten, että päivittäisessä toiminnassa tarvittavan tiedon löytäminen, jalostaminen, jakelu ja uudelleenkäyttö on helppoa, nopeaa ja vaivatonta. Toisin sanoen, jo kerran tehtyä työtä tulee voida hyödyntää uudestaan paikasta, ajasta ja tiedon omistajasta riippumatta – luonnollisesti tehtyjen rajausten mukaan. Samalla ajatuksena on muuttaa yrityksissä toimivien työntekijöiden, asiantuntijoiden ja osajien hallitsema tieto

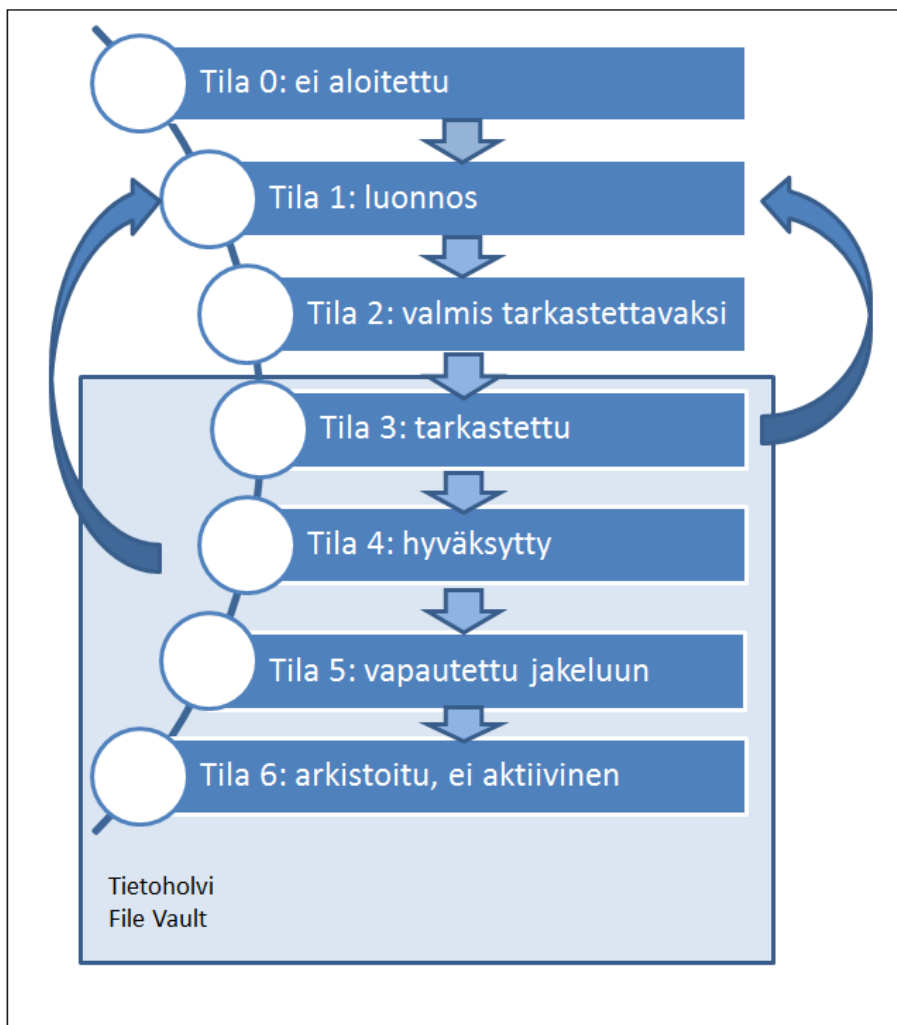
yrityksen pääomaksi, joka on helposti hallittavissa ja jaettavassa muodossa – bitteinä. (Sääksvuori & Immonen 2002, 13.)

Nykypäivänä yritysten toimintaan liittyy verkostoituminen. Monesti tuote syntyy monen yrityksen yhteistyönä. Kukin näistä yrityksistä vastaa tuotteen jonkin osan suunnittelusta, komponenttien valmistamisesta tai kokoonpanosta. Päämiehen, eli tuotemerkin tai –konseptin omistaja tai päämiehen rooliin valitun yrityksen, tehtäväksi muodostuu koko verkoston hallinta ja yhteistoiminta ei ole helppoa. Se vaatii hyvin toimivaa tiedonhallintaa. (Sääksvuori & Immonen, 13.)

PDM-järjestelmään kuuluu yleensä viisi perustoimintoa (Hietikko 2013, 107.):

1. **Tietovarasto** (tietoholvi, data vault), johon kaikki dokumentit tallennetaan ja jonka välityksellä niitä hallitaan. Holvi pitää mm. huolen siitä, että dokumenttia voi muokata vain yksi henkilö kerrallaan ja että dokumentit tallennetaan holviin versio- ja revisiohallinnan sääntöjen mukaisina.
2. **Työnkulun ja prosessinhallinta**, joka huolehtii siitä, että dokumentit ja suunnitelmat siirtyvät järjestelmässä eteenpäin oikeassa järjestyksessä ja että muutokset toteutetaan hallitusti ja sääntöjen mukaan. Esimerkiksi voidaan ajatella, että dokumentti on suunnittelijan sitä työstäessä elinkaaren tilassa In Design. Dokumenttien valmistuttua suunnittelija muuttaa sen elinkaaren tilaksi Pending, jolloin se odottaa suunnittelupäällikön tai tiiminvetäjän tarkastusta. Tarkastuksen jälkeen dokumentti voidaan palauttaa tilaan In Design, jos siinä on korjattavaa tai se voidaan siirtää Released-tilaan, jolloin se on valmis tuotantoon. Kuvassa 4 on esitetty dokumentin elinkaaren aikainen kulku.
3. **Tuoterakenteen hallinta**, joka huolehtii muun muassa osaluettelosta, tuotteiden konfiguraatioista ja asiakaskohtaisista räätälöinneistä.

4. **Osiin hallinta**, joka huolehtii standardiosien etsimisestä, käytöstä sekä valmistettavien osien uudelleenkäytöstä.
5. **Projektin hallinta**, joka sisältää mm. eri prosessien välisen koordinaation, resurssien aikataulutuksen sekä projektien seurannan.



KUVA 4. Esimerkki dokumentin elinkaaren vaiheista PDM-järjestelmässä (Sääksvuori & Immonen 2002, 35.)

4 3D-OHJELMAN KÄYTTÖ DOKUMENTTIEN TEOSSA

Viime vuosina 3D-mallintamisen osuus tuotesuunnittelussa on kasvanut huomattavasti. Yritykset ovat ottaneet käyttöön 3D-ohjelmia, koska ne ovat tehokkaampia kuin 2D-ohjelmat. (Tuhola & Viitanen 2008, 13.)

Uusia tuotteita suunniteltaessa ja prototyyppien valmistuksessa 3D-mallinnuksella säästää pitkällä aikavälillä kustannuksia. 3D-mallinnuksen käyttö tuotekuvien tekemiseen on monipuolinen. Suurin hyöty saavutetaan, kun sitä käytetään osien yhteensovittamiseen ja rakenteen toimivuuden varmistamiseen jo ennen kuin yhtään osaa on valmistettu. 3D-mallilla on suuri merkitys muiden dokumenttien pohjana, esimerkiksi lujoustarkastelu, esityskuvat, erilaiset ohjeet ja tuotetarkastus. (Tuhola & Viitanen 2008, 13.)

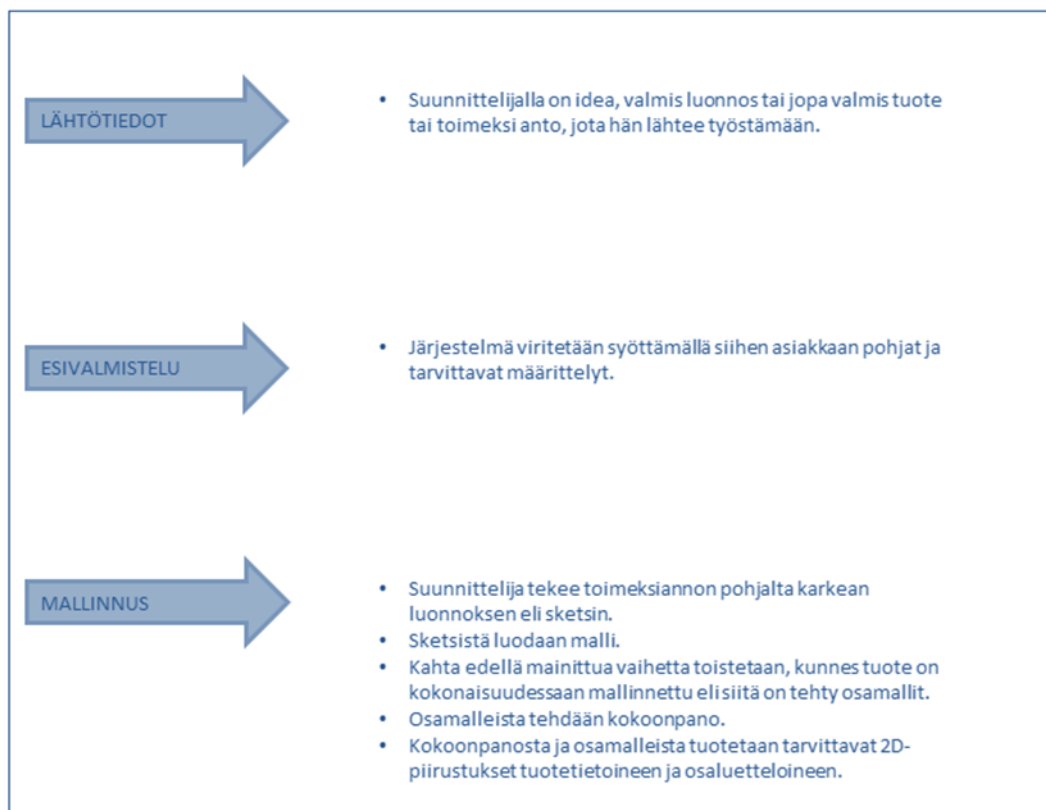
Teollisuuden alalla käytettäviä 3D-mallinnus ohjelmia on muun muassa: Autodesk Inventor, Solid Edge, Alibre Design, Cadmatic, Vertex, CATIA, PDMS sekä Pro/Engineer. Tässä työssä käsitellään SolidWorks-ohjelmaa. (Tuhola & Viitanen 2008, 16).

4.1 3D-mallinnus

Erilaisten tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti kutsutaan 3D-mallinnukseksi.

Suunnittelijan näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että kapaleet, osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki ne fysikaaliset sekä mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettavalla tuotteella todellisuudessa on. (Tuhola & Viitanen 2008, 17).

Käytännössä mallinnusprosessi kulkee kuvan 5 mukaista reittiä pitkin. (Tuhola & Viitanen 2008, 19).



KUVA 5. Mallinnusprosessi

3D-mallinnusmenetelmät voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin: kappalemallinnus, levymallinnus ja pintamallinnus.

Kappalemallinnus eli solidmallinnus: Mallinnuksen lähtökohtana ovat valmiit umpinaiset muodot, esimerkiksi kartio, ympyrä, neliö tai kolmio. Näitä muotoja muokataan tarvittavalla tavalla. Muokkaus tapahtuu yleisimmin pursottamalla lisää tai leikkaamalla jo olevasta muodosta pois. Kappalemallinnettujen tuotteiden työstömenetelmiä ovat lastuavat työstömenetelmät:

- sorvaus
- jyrsintä

- poraus ja erilaiset työstökeskukset, jotka voivat sisältää edellä mainittujen työstömenetelmien yhdistelmiä.

Levymallinnus: Mallinnuksen lähtökohtana on erilaisten levyjen käyttö.

Käytettävän levyn paksuus vaikuttaa, puhutaanko ohutlevymallinnuksesta vai levymallinnuksesta (sheet metal). Ohutlevymallinnuksessa levyn paksuus on $0,1 \text{ mm} \leq x \leq 6,0 \text{ mm}$ ja levymallinnuksessa levyn paksuun on $\geq 6,0 \text{ mm}$. Levymallinnettujen tuotteiden työstömenetelmiä ovat levyille tyypilliset työstömenetelmät:

- kanttaus
- särmäys
- puristus ja vetotyökalut
- pyöristyskoneet
- erilaiset levytyöstökeskukset, jotka voivat sisältää edellä mainittujen työstömenetelmien yhdistelmiä.

Pintamallinnus: Mallinnuksen lähtökohtana on mallin muotoilu erilaisten pintojen avulla. Mallinnusmenetelmä on täysin erilainen kuin kaksi edellä mainittua. Yleisimmin tätä mallinnusta käyttää muotoilija. Esimerkkejä pintamallinnetuista tuotteista ovat puhelimen kuori ja veneen muotti. Pintamallinnettujen tuotteiden työstömenetelmiä ovat seuraavat menetelmät:

- valaminen
- erilaiset muovimuotit
- pursotustyökalut.

Yksittäistä mallia ei voida tehdä käyttäen kaikkia mallinnustapoja, vaan käytetään vain yhtä tapaa. Teknisessä suunnittelussa käytetään yleisesti vain kappale- ja levymallinnusta. Yksittäisistä malleista koostuva kokoonpano voi sisältää molemmilla mallinnustavalla valmistettuja malleja. Tämä

perustuu siihen, että kappale- ja levymallinnuksen ominaisuudet ovat erilaiset. Myös tuotannollisesti menetelmät eroavat toisistaan huomattavasti. (Tuholla & Viitanen 2008, 26 – 30.)

4.2 Kokoonpanot

Kokoonpanosta puhuttaessa tarkoitetaan kokonaisuutta, johon ydinosan ympärille tuodaan muita siihen liittyviä osia. Esimerkiksi pyörösahan moottorin ympärille tuodaan osat, joilla moottori kiinnitetään runkoon kiinni. Yleensä osat luodaan erikseen. Tällöin ne ovat helposti muokattavissa tulevaisuudessa. Yksittäisinä osina mallinnettaessa voidaan osiin liittää attribuuttitietoja, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi 2D-piirustuskuvia tehtäessä. 3D-suunnittelujärjestelmät tuottavat projektiot automaattisesti arkkipohjaan 3D-mallin perusteella. (Tuholla & Viitanen 2008, 26 – 30.)

Monesti yksittäinen osa ei ole itsenäinen komponentti, vaan osa suurempaa kokonaisuutta. Esimerkiksi pyörösahan akselin laakeri on osa moottorin kokonaisuutta. Kokoonpanoja voi olla monenlaisia:

- osista koostuvia
- mekanismeja
- koneita
- edellä mainittujen yhdistelmiä
- lujuustarkasteluun käytettyjä omia kokonaisuuksia.

Kaikki tuotteet, jotka sisältävät enemmän kuin yhden osan, ovat kokoonpanoja. Kokoonpanon luonne määräytyy aina sen käyttötarkoituksesta. (Tuhola & Viitanen 2008, 98 – 99.)

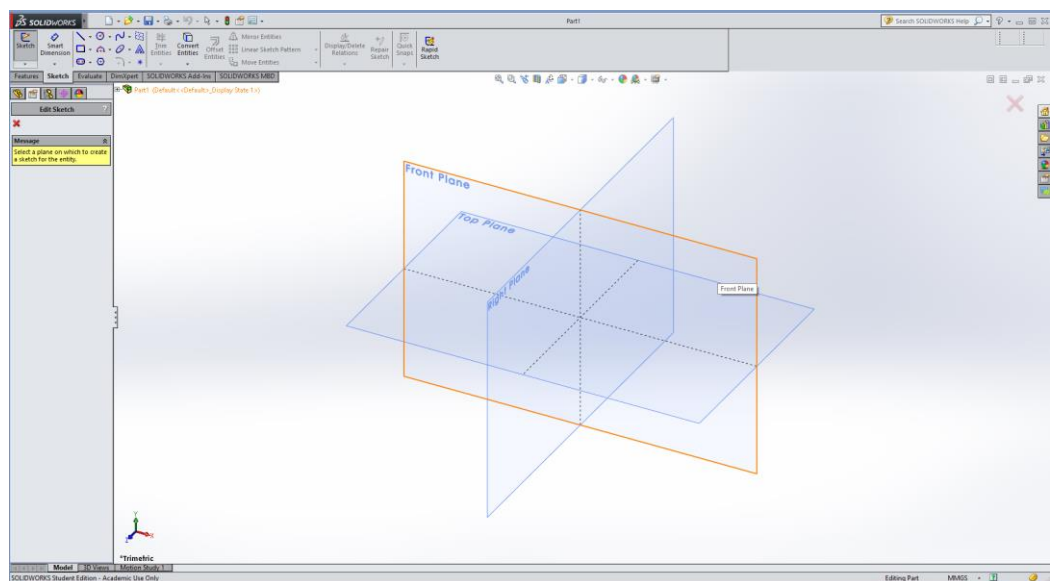
5 MALLINNUS SOLIDWORKS OHJELMALLA

SolidWorks-ohjelmassa käytetään oikeakätistä koordinaatistoa, jossa y-koordinaattiakseli osoittaa ylöspäin, x-koordinaattiakseli osoittaa oikealle päin ja z-koordinaattiakseli osoittaa näytöstä kohti käyttäjää.

Käyttäjän on ymmärrettävä, että kappaletta pyöritetään kolmiulotteisessa avaruudessa. Tämä merkitsee sitä, että kappaletta pyöritettäessä myös koordinaatisto kääntyy vastaavasti.

3D-mallintaminen perustuu tuotteen osista tehtäviin kolmiulotteisiin kappaleisiin. Näistä kolmiulotteisista malleista luodaan 2D-piirustukset. Suunniteltaessa ja muutoksia tehtäessä täytyy muistaa, että kaikki muutokset tehdään 3D-malliin. 3D-mallista muutokset päivitetään 2D-piirustukseen. Piirustukset täytyy käydä päivittämässä muutoksenteon jälkeen, jotta muutokset tulevat näkyviin.

SolidWorksissä osan 3D-mallintaminen toteutetaan Part-tilassa. Mallintaminen alkaa tyhjältä ”arkilta”, johon tehdään ensin 2D-sketsi osasta tai osan jostakin pinnasta. Tätä varten valitaan parhaiten sopiva piirtosuunta (Front-, Top- tai Right-plane). SolidWorksin uuden sketsin aloitus näkymä on kuvassa 6. Kuvan vasemmassa alalaidassa näkyy koordinaatisto.



KUVA 6. SolidWorks näkymä

5.2 Kokoonpano

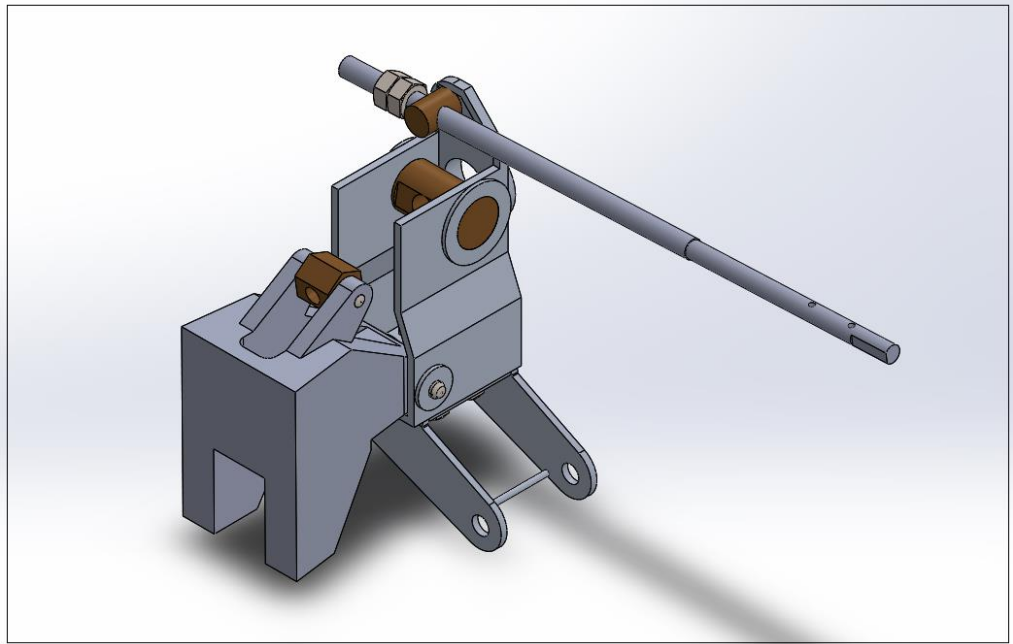
Kokoonpano on suunnittelun eniten hyödynnettävä osa-alue 3D-maailmassa. Tämän pohjalta SolidWorksissä pystytään luomaan useita eri dokumentteja. Kokoonpanot voidaan määritellä kolmeen osaan: osakokoonpano, pääkokoonpano ja tuotannon kokoonpano.

Osakokoonpano on jonkin suuremman kokoonpanon itsenäinen osa. Suuremmat kokonaisuudet kannattaakin jakaa valmistuksen kannalta järjkeviin kokonaisuuksiin.

Pääkokoonpano on lopullinen valmis tuote. Pääkokoonpano sisältää kaikki lopulliseen tuotteeseen tarvittavat osat.

Tuotannon kokoonpano sisältää osien lisäksi kaikki määreet, joita osille on annettu. Osien tuontitiedon on siis oltava tässä vaiheessa olemassa. Tuotetiedon puuttuminen aiheuttaa lisätyövaiheen, jossa puuttuvat tiedot annetaan. Pääkokoonpanot ovat yleensä myös tuotannollisia kokoonpanoja, ellei niitä ole luotu vain markkinoinnin käyttöön.

Kokoonpanojen tekeminen tapahtuu Assembly-tilassa. Ensin tuodaan osa, joka on keskeinen kokoonpanossa eli ydinosa. Tämän ydinosanympäriille liitetään muita osia (Mate eli liitä-toiminto). Kuvassa 8 on esimerkki osakokoonpanosta.

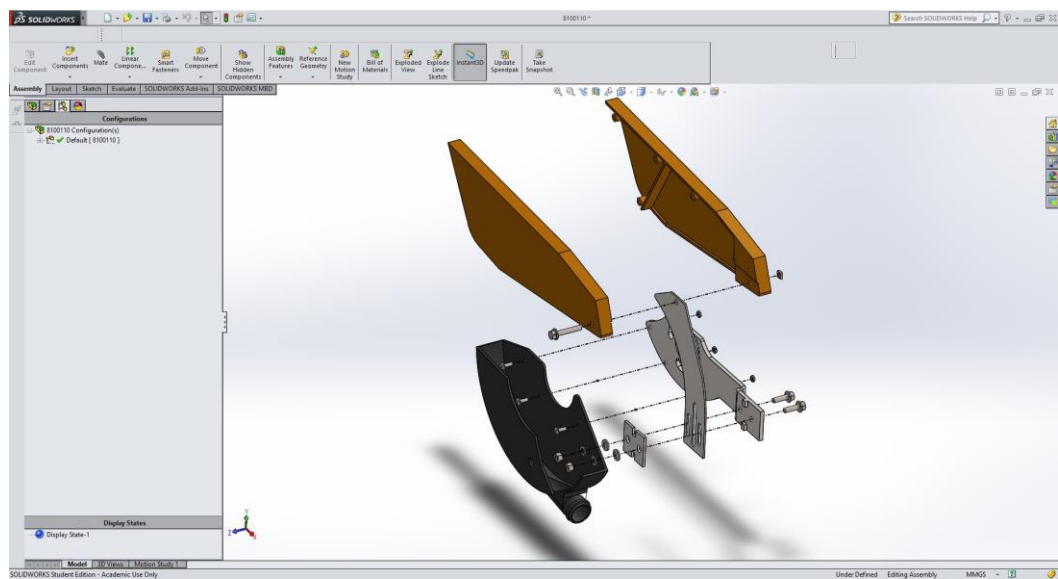


KUVA 8. Osakokoonpano (moottorin kiinnike / kallistus- ja korkeussäätöyksikkö)

3D-ympäristö on vain työkalu asioiden esittämiseksi – se ei itsekseen suunnittele mitään. Varsinkin piirrettäessä kokonaan uusia tuotteita tai tehtäessä syvälle käyvää tuotekehitystyötä suunnittelijoiden ammattitaidolla on suuri merkitys. 3D-suunnittelutyökalut antavat suunnittelijalle tarpeellisen tiedon osien muodon vaikutuksesta toiminnallisuuteen ja työn onnistumisen voi varmistaa etukäteen. Tässä kohdin on myös syytä miettiä valmistusta. Suunnittelijan on selvitettävä, miten tuote voidaan valmistusteknisesti toteuttaa. Hänen on mallia tehtäessä oltava aina selvillä mahdollisista valmistustekniikan rajoituksista, ettei kävisi niin, että osista tulee vaikeita valmistaa, kalliita, toteutuskelvottomia, sopimattomia käytössä oleviin työmenetelmiin tai sellaisia, ettei niihin löydy kelvollisia raaka-aineita.

5.3 Kokoonpano-ohjeet (työohjeet)

SolidWorksillä voi luoda räjäytyskuvan kokoonpanoista. Tätä voidaan käyttää kokoonpanon ohjeena, miten osat sijoittuvat toisiinsa. Tässä pystytään esittämään esimerkiksi pulttien ”akseli-linjat” ja se mitä osia ne lävistävät. Kuvassa 9 on esimerkki räjäytyskuvasta. Kokoonpanon yhteydessä voidaan tehdä räjäytyskuva Exploded View -tilassa. Räjäytetyn ja räjäyttämättömän kokoonpanon välillä voi siirtyä piirrepuusta valitsemalla Collapse tai Explode riippuen kumpi tila on käytössä.



KUVA 9. Teränsuojan räjäytetty kokoonpanokuva

SolidWorksiin on saatavilla lisäosa SolidWorks Composer, joka on tarkoitettu teknisen viestinnän dokumenttien tekoon. Tällä lisäosalla voi helposti hyödyntää olemassa olevia 3D-tiedostoja. Näistä malleista voidaan nopeasti luoda laadukasta grafiikkaa tuotemateriaaleihin, esimerkkinä photo-view-kuva pöytäsiirrelistä (kuva 10). SolidWorks Composerissa on helposti käytettäviä työkaluja esimerkiksi räjäytyskuvien, esityskuvien tai erilaisten ohjeiden vaatimiin kuviin. SolidWorks Composerin avulla on helppo ja nopea luoda muun muassa:

- Valmistus-/kokoonpano-ohjeet
- Tuoteoppaat
- Asennusohjeet

- Huolto- ja korjausoppaat
- Koulutusjärjestelmät
- Asiakas- ja toimittajatarkistus esitykset
- Esitteet
- Tuotteen Web-sivut
- Interaktiiviset, mukautettavat tuote-esittelyt
- Myyntitarjoussarjat.



KUVA 10. pöytäsiirrelistä tehty Photoview-kuva SolidWorksissä

Esimerkiksi Ikean kokoonpano-ohjeet on tehty SolidWorks Composer -lisäosalla. Ne ovat yksinkertaisia ja helppolukuisia. Seuraavasta osoitteesta internetistä löytyy esimerkkivideo:

<https://www.youtube.com/watch?v=KFiq8lcr9bY>.

SolidWorks Composerilla pystyy myös perinteisen ”pysäytetyn kuvan” lisäksi luomaan vaikka kokoonpano-ohjeet animaationa. Tietysti aina on mietittävä, mikä on järkevin tapa esittää tarvittavat tiedot sitä tarvitsevalle. Animaatio voi olla järkevä tapa tehdä esimerkiksi tuotteesta esittelyvideo.

Ohjelmistolla luodun grafiikan pystyy myös liittämään saumattomasti 3D-suunnitteluun. Tällöin seuraavat toimenpiteet ovat mahdollisia:

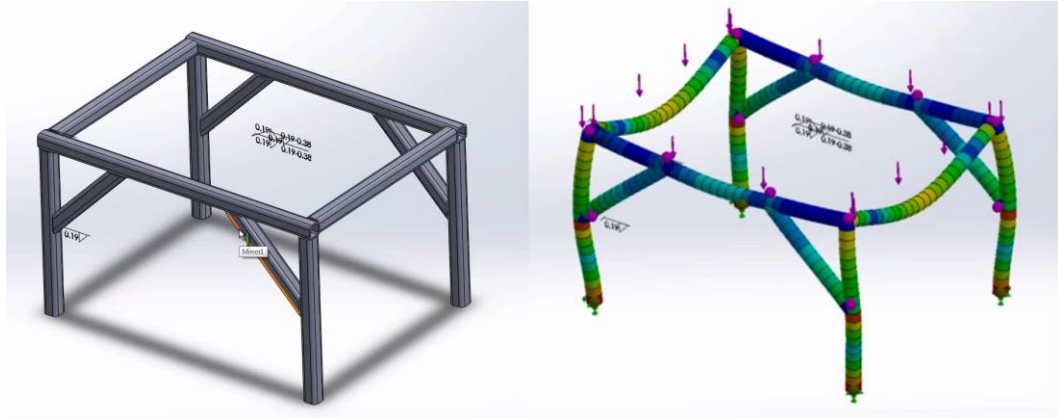
- Synkronoidaan tekninen viestintä suunnitteluprosessin kanssa, jotta graafiset elementit päivitetään automaattisesti, kun mallia muutetaan.
- Kehitetään teknisen viestinnän tuotoksia prosessissa ja pidetään ne ajantasaisina sen sijaan, että ei tarvitse odottaa, kunnes tuote on valmis.
- Voidaan esitellä tuotteet jo ennen niiden tuottamista 2D- ja 3D-piirustusten ja interaktiivisten animaatioiden avulla
- Lisätään teknisen viestinnän visuaalisuutta ja tehokkuutta valmistus- ja palvelutiimeille, toimittajille ja asiakkaille kielestä ja kulttuurista riippumatta käännosten määrän vähentämiseksi.

(SOLISWORKS 2015.)

5.4 Lujuuslaskenta, FEM-analyysi

SolidWorksin perusohjelmistoon sisältyy yksinkertainen ja samalla varsin riisuttu FEM-ratkaisija, jolla voidaan nopeasti tarkastaa käsiteltävän kappaleen lujuus ja muodonmuutokset. Sillä voidaan myös tarvittaessa varmistaa tietyissä tapauksissa muilla menetelmillä toteutetun lujuusanalyysin tuloksia. (Hietikko 2014, 255.)

Kuvassa 11 on esimerkkinä erään metallirungon lujuusanalyysi.



KUVA 11. Metallikehikon lujuusanalyysi (YOUTUBE 2015.)

5.5 Tuotteen tarkastusdokumentointi

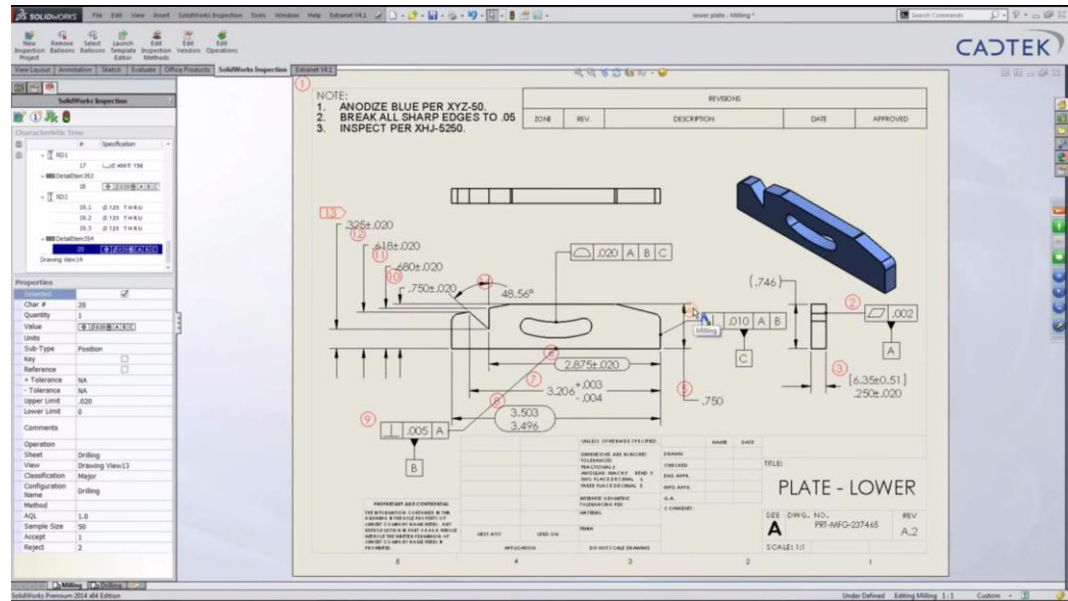
SolidWorksin Inspection on ohjelmisto, jolla voi tuottaa tarkastusasiakirjoja. Se automatisoi osanumeroviitteellisten tarkistuspiirustusten ja tarkistusarkkien luonnin ensimmäisen tuotteen tarkistusta (FAI eli First Article Inspection) ja prosessitarkistuksia varten (vakiopohjat AS9102, PPAP jne. lomakkeille).

Ohjelmassa pystytään käyttämään osanumeroviitteellisiä kuvia, joiden tarkistusmitat on määritellyt suunnittelija tai mekaaninen suunnittelija (2D-piirustusten muoto voi olla SolidWorks-, PDF- tai TIFF-muotoisia). Ohjelmistolla pystytään vertailemaan piirustusversioita ja alkuperäisiä versioita muutosten nopeaksi määrittämiseksi. Tämä säästää aikaa ja poistaa virheet nopeuttamalla tätä toistuvaa manuaalista prosessia.

2D-kuvasta (SolidWorks-, PDF- tai TIFF-muotoinen) voidaan poimia helposti mitattavien kohteiden mitat ja määritellä niille sallittu poikkeama toleranssi (kuva 12). Tämän pohjalta Excelissä pystytään tekemään tarkastusraportti, johon tuodaan aikaisemmin määritellyt mittauskohtien tiedot ja muutkin osaa koskevat tiedot (kuva 13). Tähän dokumenttiin lisätään suoraan mittauksen tulokset. Ja saadaan nopeasti tulostettava tarkastusraportti valmiiksi.

Ohjelman Professional-versiolla on mahdollista verrata osan piirustusta kyseisestä osasta tehtyyn 3D-skannauskuvaan (esimerkiksi GOM 3D-

skannausohjelmalla tehtyyn). Mitta-arvoja voidaan tuoda myös suoraan mittalaitteelta ohjelmaan. (SOLIDWORKS 2015.)



KUVA 12. Tuotetarkastuksen mittauspisteet määritettynä (YOUTUBE 2015.)

Microsoft Excel - A91021 [Compatibility Mode]

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Developer Team

Clipboard Font Paragraph Styles Cells Editing

115

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

First Article Inspection Report
 Form 3 Characteristic Accountability, Verification and Compatibility Evaluation

1. Part Number		2. Part Name		3. Serial/Lot Number						
Lower-Plate-001		LOWER PLATE								
Characteristic Accountability										
5. Char. No.	6. Reference Location	7. Characteristic Designator	8. Requirement	9a. UoM	9b. Upper Limit	9c. Lower Limit	9. Results	10. Designed Tooling	11. Non-Conformance Number	14. Notes
1.1		NA	NOTE:							
1.2		NA	1. ANODIZE BLUE PER XYZ-50.							
1.3		NA	2. BREAK ALL SHARP EDGES TO .05							
1.4		NA	3. INSPECT PER XHJ-5250.							
2		Flatness	0.020		0.0020	0.0000	0.0010			
3		Length	250	in	0.2700	0.2300	0.2200			
4		Profile	0.020 A B C		0.0200	0.0000				
5		Perpendicularity	0.101 A B		0.0100	0.0000				
6		Length	750	in	0.7550	0.7450				
7		Length	3.206	in	3.2090	3.2020				
8		Length	2.875	in	2.8950	2.8550				
9		Length	3.503 3.496	in	3.5030	3.4960				
10		Perpendicularity	0.005 A		0.0050	0.0000				

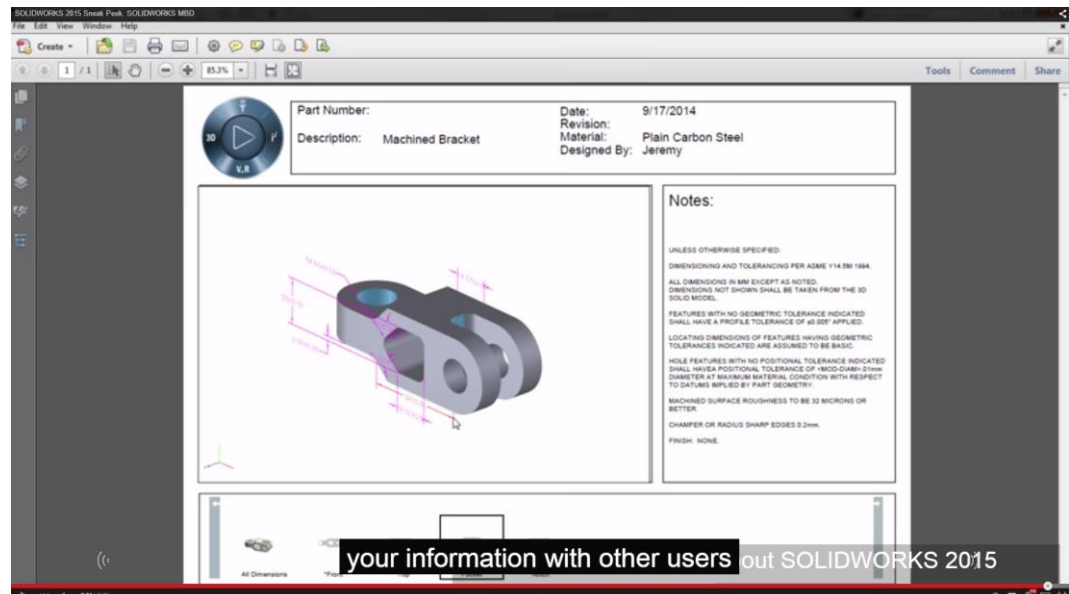
Ready

KUVA 13. Tuotetarkastuksen mittausraporttipohja Excelissä (YOUTUBE 2015.)

5.6 SolidWorks MBD

MBD (Model Based Definition) on uusi tapa tuotesuunnitteluun. Tämä tapa ei ole vielä laajasti käytössä. Se perustuu 3D-malliin tuotteesta, johon sisällytetään kaikki tuotetieto osasta, kuten materiaali, mitat, pintamerkinntät (kuva 14). Osien valmistuksessa piirustukset, eli 3D-malli, on kolmiulotteisena, josta käy ilmi kaikki osan mitat. Kuvaa pystyy tarkastelemaan tietokoneella, tabletilla tai älypuhelimella.

Alihankintaan osien kuvia annettaessa voidaan määritellä mitä tietoja alihankkija saa käyttöönsä 3D-mallista. Tämä perustuu siihen, että alihankinta saa vain tarvitsemansa tiedon.



KUVA 14. Esimerkki Solidworks MBD tarkastelu näkymästä (YOUTUBE 2015)

6 CASE: YRITYS OY

6.1 Yritys Oy:n lähtötiedot (osittain kuvitteellinen)

Yritys Oy on pieni metallialan yritys, jolla on yhteensä 7 työntekijää.

- Näistä yksi on omistaja (ikä 50 vuotta), joka pääasiassa hankkii materiaalit yrityksen käyttöön ja hoitaa tilaukset, tarjoukset ja markkinoinnin.
- 2 työntekijää (suunnittelija 1 (ikä 59 vuotta) ja suunnittelija 2 (ikä 45 vuotta) on pääasiallisesti vastuussa yrityksen töiden suunnittelusta ja työn johtamisesta tuotannossa.
- 4 työntekijää on tuotannon työntekijöitä (iät ovat 20, 38, 45 ja 48 vuotta).

Yrityksen toiminnan tuloksesta 50 % tulee muiden yritysten alihankintatöistä. Omaa tuotantoa on 40 % ja 10 % on satunnaisia tilaustöitä. Alihankintatöistä yrityksellä on toimeksiantajien toimittamat työpiirustukset.

Omasta tuotannosta suurin osa on "vanhoja" tuotteita, joita on tehty useampi vuosi. Näiden piirustukset ovat paperille piirrettyjä ja kuluneita. Tuotanto valmistaa ne "niin kuin on ennenkin tehty", osittain muistin varaisilla mitoilla ja sovittamalla tilausten mukaan sopiviksi. Oman tuotannon työt ovat linja-autopysäkkien runkojen valmistusta, työpisteiden runkojen valmistusta ja erilaisten pienkoneiden ja niiden runkojen valmistusta.

Suurin osa tuotteiden tiedosta on hiljaisena tietona vanhemman, 59 vuotiaan, töiden suunnittelusta vastaavan työntekijän omana tietona. Tätä tietoa ei ole mitenkään dokumentoitu. Hän on alkanut puhumaan omistajalle eläkkeelle jäämisestä ennen varsinaista eläkeikää. Muutenkin töiden tiedot ovat työntekijöiden hiljaisina tietoina, joita ei ole kirjoitettu mihinkään ylös. Omistaja on alkanut miettimään, miten työntekijöiden hiljainen tieto saataisiin hyödynnettyä yrityksen käyttöön jatkossakin. Myös yrittäjällä on huoli siitä, miten eläkkeelle jääminen vaikuttaisi mahdollisimman vähän yrityksen toimintaan.

Materiaalihankinta on toiminut siten, että omistaja on käynyt kyselemässä tuotannosta, mitä pitäisi tuoda ja kuinka paljon. Materiaalihankinta on epäselvää ja ennakkointia ei ole lainkaan tulevia tilauksia varten. Tällaisella tavalla tulee tilanteita, että materiaaleja ei ole heti saatavilla. Silloin yritys joutuu odottamaan materiaaleja ja tulee hukka-aikoja tuotantoon.

6.2 Ratkaisuehdotus Yritys Oy:lle tuotetiedon hallinnan kehittämiseen

Tässä esitellään yksi mahdollisuus Yritys Oy:lle hiljaisen tiedon dokumentointiin. Tietojen dokumentoimisella yritys saa näistä pääomaa itselle. Samalla yrityksen kannattaa miettiä komponenttiansa nimeämistä toimivaksi nimikkeistöksi. Tällöin nimikkeistö olisi valmiina otettavaksi käyttöön PDM-järjestelmään samalla tai myöhemmin.

Yritykselle ehdotetaan otettavaksi käyttöön ranskalaisen Dassault Systèmesin tuote SolidWorks. SolidWorksiä on saatavana useampana erilaisena pakettina, perusversio tai erilaisiin käyttötarkoituksiin räätälöityjä laajoja versioita. Yrityksen käyttötarve määrittelee, millainen paketti kannattaa ottaa käyttöön. Esimerkiksi SolidWorks Standard sisältää seuraavat toiminnot: liikkuvien mekanismien tarkastelu, ohutlevy ja ristikkorakenteet, kameratoiminto tuotteen esittelyyn, piirustusten ja osaluetteloiden nopea teko, pintamallinnus, muottityökalut, NC-tiedonsiirto ja tiedonsiirto muista CAD-ohjelmista.

Yritys Oy:n tarve on saada tuotteista seuraavia dokumentteja: 3D-mallinnus (osat ja kokoonpano), 2D-piirustukset, katkaisulistat, esityskuvat tuotteista, mekanismien tarkastelu, tuotannon työohjeet (kokoonpano-ohjeet), turvallisuus ja huolto-ohjeet ja mahdollisesti sähkösuunnittelu ja johtimien mallinnus sekä reititys.

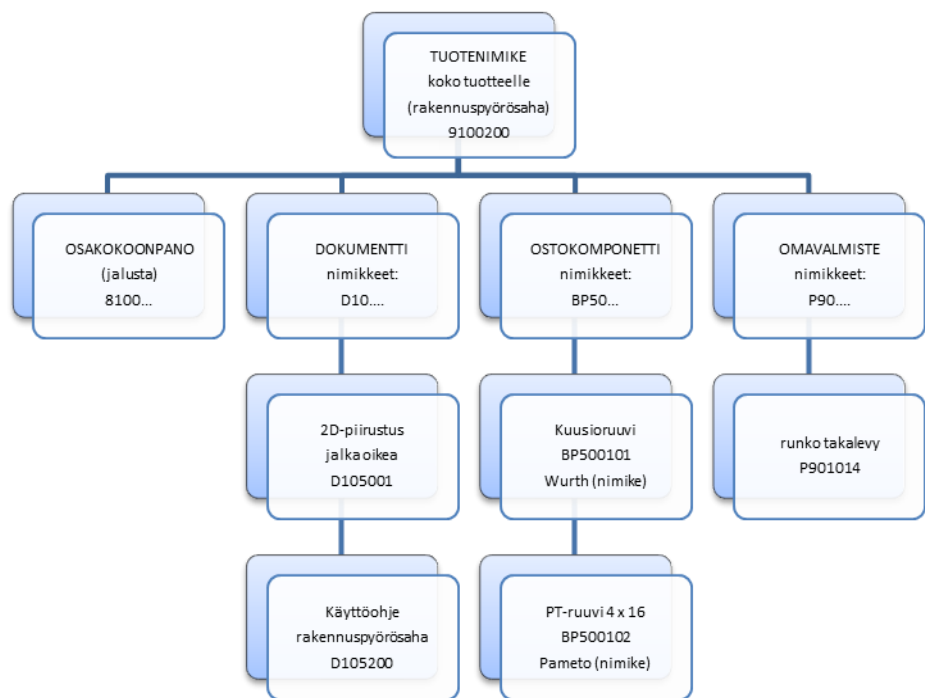
6.3 Nimikkeistön luominen

Yritys aloittaa muutoksen tekemällä selvityksen osistaan, mitä osia yritykseltä löytyy, onko näiden joukossa osia, joita ei enää tarvita ja mitä osia

käytetään edelleen. Tällä osien inventaariolla voidaan poistaa turhat osat pois hyllytilaa viemästä.

Kun yrityksessä tehdään päätös ottaa 3D-ohjelmisto käyttöön, niin on järkevää miettiä samalla käytettäville ja suunniteltaville osille nimikkeistö. Näin on mahdollista kontrolloidusti hallita osia. Lisäksi osiin pystytään liittämään attribuutteja, joka helpottaa osien etsimistä attribuuttien avulla. Näin yritys pääsee hyödyntämään nopeasti jo olemassa olevia osia. Osien nimikkeistölle on kannattavaa rakentaa hierarkia, miten osia luokitellaan. Tämä luo pohjan, millä perusteella osat saavat nimikkeensä.

Yrityksen käyttämien osien hierarkiassa voitaisiin käyttää seuraavanlaista, kuvan 15 mallia.



KUVA 15. Komponenttien luokitteluhierarkia malli

Komponenttien hierarkia perustuu ratkaisuun, että

- TUOTENIMIKE = valmis kokonainen tuote
 - on muotoa: numerosarja 910.... (7numeroa yhteensä)
 - myyntinimike on rakennuspyörösaha

- OSAKOKOONPANOT = tuotannon kokoonpano, joka ei ole kokonainen tuote, esimerkkinä jalusta
 - on muotoa: numerosarja 810... (7 numeroa yhteensä)
 - sanallinen nimike jalusta
- DOKUMENTIT = esimerkki 2D-opiirustus
 - on muotoa: D ja numerosarja 10... (6 numeroa yhteensä)
- OSTOKOMPONENTIT = muualta ostettavat osat esim. ruuvit
 - on muotoa: BP ja numero 50... (yhteensä 6 numeroa)
 - Yrityksellä on käytössä oma nimike ja toimittajalla oma. Toimittajan vaihtuessa yrityksen nimikkeistö ei muutu kuin attribuuttien osalta.
- OMAVALMISTE = itse valmistettavat osat
 - on muotoa: P ja 90... (6 numeroa yhteensä)

6.4 Toteutus SolidWorksillä

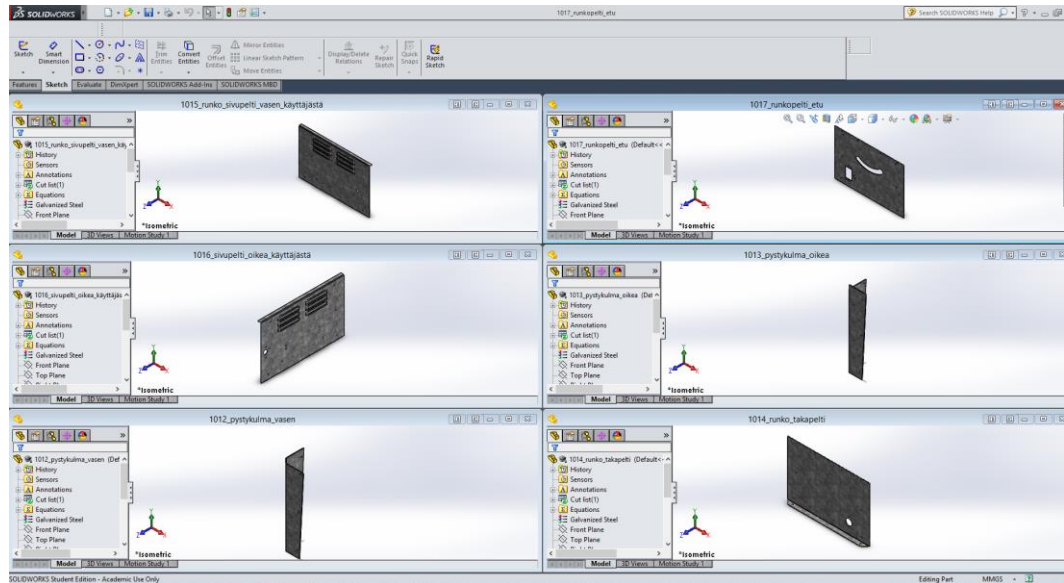
Seuraavassa käydään läpi, mitä dokumentteja Solidworksillä pystyy tuottamaan yrityksen tarpeisiin ja miten ne helpottavat yrityksen toimintaa jatkossa. Yritys aloittaa SolidWorksin käyttöönoton mallintamalla jo jonkun valmistuksessa olevan tuotteen.

Työssä käytetään esimerkkinä tuotetta rakennuspyöräsahaa. Tuotetta valmistetaan vuodessa 100 - 120 kappaletta. Tuotetta on valmistettu monia vuosia ja samalla mallilla. Tuotteesta on vain vanhat piirustukset. Näistä käy selville päämitat ja miltä saha näyttää. Muuten tuote valmistetaan muistin pohjalta niin kuin on ennenkin tehty. Materiaaleja omistaja hankkii suurin piirtein mitä tarvitaan ja vähän ylimääräistä ”että varmasti riittää”.

6.4.1 Komponenttien mallintaminen SolidWorksillä

Ensimmäiseksi mallinnetaan 3D-mallinnuksella kaikki sahaan tulevat komponentit. Samalla komponenttien tietoihin voi lisätä attribuuttitietoa. Solid-

Worksissä on oma materiaaliarkisto, josta voidaan valita komponenttien materiaali. Tämän materiaalitieto sisältää materiaalinominaisuudet, joita käytetään hyväksi esimerkiksi lujuusanalyysien teossa. Kuvassa 16 on rakennuspyörösahan rungon komponentteja.

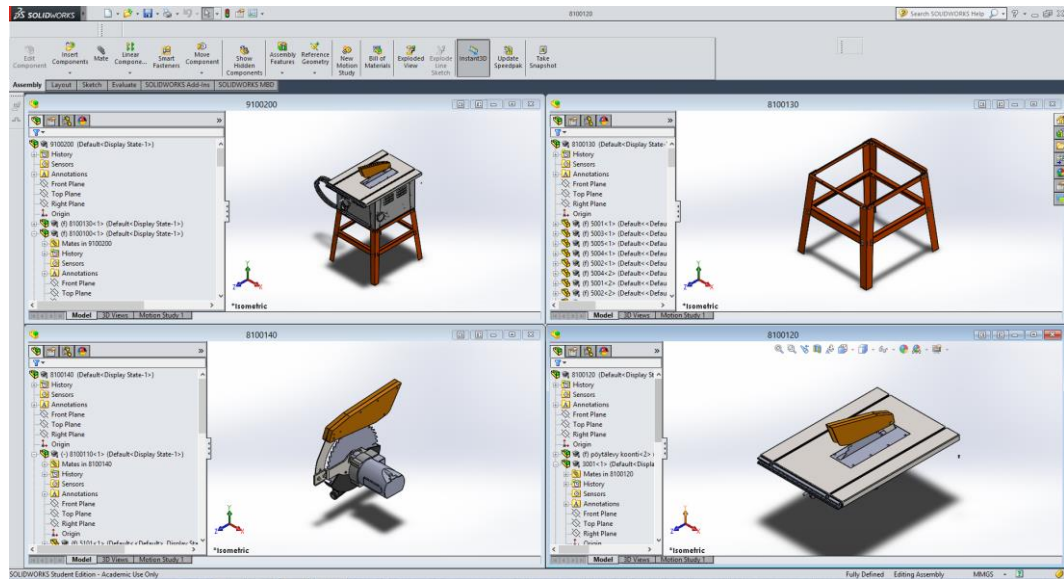


KUVA 16. rakennuspyörösahan rungon komponenttien mallinnuksia

6.4.2 Kokoospanojen tekeminen

Kokoospanoja tehtäessä kannattaa miettiä tuotteen tuotantoprosessia, miten tuote valmistetaan tuotannossa. Tuotannon valmistus määrittää minkälaisia osakokoospanokokonaisuuksia on tarpeen tehdä. Jos tällaisia tehdään, on syytä myös mallinnuksen kokoospanoa tehdessä tehdä vastavat osakokoospanot. Tämä helpottaa suunnittelua ja mukailee tuotannon valmistusprosessia. Myös osakokoospanoihin pystytään lisäämään attribuuttitietoja. Osakokoospanosta saadaan automaattisesti tehtyä osaluetteloa kyseissä kokoospanossa käytetyistä osista.

Rakennuspyörösahan tapauksessa jalusta on yksi osakokoospano, pyörösahan runko yksi osakokoospano. Kuvassa 17 on osakokoospanoja.



KUVVA 17. Osakokoonpanoja

6.4.3 2D-piirustukset

3D-mallista tehdään 2D-piirustukset. Suunnittelija määrittelee käytettävän paperiarkin koon ja suunnan. Myös muita piirtämiseen liittyviä toimintoja voidaan ja tulee määritellä, esimerkiksi käytetäänkö kolmen- vai yhdenkäännöksen standardia. Valitaan 3D-malli, joka tuodaan ja määritellään, mitä projektioista tästä näytetään. Suunnittelija lisää tarvittavat piirustus-tekniset tiedot, mitä valmistus tarvitsee. Automaattisesti saadaan esimerkiksi osaluettelo. Suunnittelija määrittelee mitä tietoja tässä näytetään. Attribuuteissa määritellyt tiedot voidaan linkittää otsikkoalueeseen, osaluetteloon tai mihin tahansa piirustuksessa olevaan tekstiin. Yrityksen kannattaa luoda omia piirustus pohjia (template), johon on määriteltä valmiiksi otsikotaulu ja piirustus pohjaa koskevat asiat. Tämä helpottaa ja nopeuttaa piirustusten tekoa. Kuvassa 7 on malli 2D-piirustuksesta.

6.4.4 Tuotannon työohjeet

Yritys aloittaa siirtymisen työohjeissa nykyaikaisempiin dokumentteihin käyttämällä räjäytyskuvia. Räjäytyskuvilla ja kokoonpanokuvilla saadaan tuotannolle tärkeimmät tiedot valmistuksen kannalta tuotettua. Kuvassa 9 on esimerkki moottorin ja teräsuojan räjäytyskuvasta. Yrityksen pienen

koon takia myös kasvotuksin tapahtuvalla kommunikaatiolla voidaan myös edelleen toimia.

Alkuvaiheessa on niin paljon muutakin uutta opittavaa. Ajatuksiin jätetään SolidWorks Composerin mahdollinen käyttöönotto. Tämän lisä-osio käyttöönotolla saadaan lisäominaisuuksina helppo ja nopea toteutustapa kokoonpano- ja huolto-ohjeille sekä esityskuvien tekemiseen.

6.4.5 Tuotetiedonhallinta

Solidworksissä on oma kevyt PDM-järjestelmämahdollisuus. Tämä riittää yrityksen tarpeisiin ainakin aluksi. Jos nimikkeiden lukumäärä kasvaa huomattavasti, tulee harkita erillistä ja laajempaa PDM-järjestelmää.

6.4.6 Sähkösuunnittelu sekä johtimien mallinnus ja reititys

SolidWorksin uusimpia lisäosia on SolidWorks Electrical. Tämän avulla pystytään tekemään laitteiden sähkösuunnitteluja. Tämän sähkökaavion avulla tehdään johtojen mallinnus tuotteeseen. Esimerkkinä olevasta rakennuspyörösahasta tehtäisiin ensin sähkökaavio. Tämän jälkeen ohjelmalla pystytään osoittamaan sahanrungossa johtimien kiinnityspisteet, joiden kautta johtimet vedetään. Näin tehtynä johtimiin saadaan attribuuttitietoa sisällytettyä ja esimerkiksi katkaisulista tehtyä.

Toinen tapa, jota muissakin yrityksissä käytetään, on mallintaa johdot putkina ja väri valitaan johtimen värin mukaan. Näin ei saada johtimista mitään tuotetietoa piirustukseen.

6.4.7 Ilmainen SolidWorks eDrawings Viever

SolidWorksin mukana tulee ilmainen SolidWorks eDrawings Viewer, jolla pystytään tarkastelemaan SolidWorksillä tehtyjä dokumentteja. SolidWorks eDrawings Viewerillä voidaan tarkastella piirustuksia, eikä tällöin tarvita SolidWorksin lisenssiä.

6.4.8 Muutokset yrityksessä

Ennen tuotetiedon käyttöönottoa kannattaa tähän muutokseen valmistautua hyvin. Jos valmistelun tekee huolimattomasti, on suuri riski epäonnistua. On tärkeää miettiä, mitä tietoa yritys tarvitsee ja mihin sitä tarvitaan, sekä miten tätä tietoa pystytään hyödyntämään. Tuotetiedon dokumentointi projektin johtajan osaamisella on suuri merkitys projektin onnistumiseen. Tuotetiedon käyttöönotto-vaiheessa pitää varata resursseja nimikkeistön luomiseen ja osien inventoimiseen. Otettaessa käyttöön PDM-järjestelmää, näin kevyttäkin, sitoo se yritykseltä resursseja. Ei ole yksinkertaista ja helppoa lähteä tyhjästä luomaan nimikkeistöä. Samalla kannattaa miettiä nimikkeistön laajuus tulevaisuuden tarpeiden varalle. Projektin aikana on tarve myös kouluttaa yrityksen henkilöstöä. SolidWorksin käyttöönotto vaatii, että osa henkilöstöstä osaa käyttää SolidWorksia ja ymmärtää tuotetiedon dokumentoimisen. Yritys Oy:n resursseista riippuu se, että koulutetaanko jo olevasta henkilökunnasta suunnittelija vai otetaanko talon ulkopuolelta uusi työntekijä, jolla ohjelma käyttö on jo hallinnassa. Ainakin kahden työntekijän tulisi osata käyttää ohjelmaa. Tällöin varmistetaan, että esimerkiksi loma-aikoina yritys pystyy hyödyntämään SolidWorksia.

Jos jo yrityksessä oleva työntekijä koulutetaan SolidWorksin käyttöön, tarvitaan ulkopuolinen koulutus. Yksi vaihtoehto on suorittaa internetissä sertifikaatti-kurssi. Kurssissa on tehtäviä, jotka tulee tehdä, ja lopuksi on verkko-tentti. Kursseja on kolme eri tasoa: A, B ja C.

Yrityksen tulee hankkia sopiva laitteisto SolidWorks-ohjelman käyttöön. Laitteiston vaatimukset saa SolidWorksin kotisivuilta internetistä. Myös ohjelma täytyy hankkia ja siihen tarvittava määrä lisenssejä.

6.5 Yritys Oy:n tuotetieto-projektin johtopäätökset

Yritys Oy:lle olisi hyödyllistä ottaa käyttöön SolidWorks-ohjelmisto. SolidWorks on todella laaja toimintoinen ja jatkuvasti kehittyvä ohjelmisto. Näin saataisiin dokumentoitua jo olemassa olevat piirustukset nykyaikaiseen muotoon. Samalla kannattaisi ottaa SolidWorks Explorer -ohjelma, joka on tuotetiedonhallinta-järjestelmä (PDM-järjestelmä). Kyseinen PDM-järjestelmä palvelee vielä tämän kokoisen yrityksen tarpeita.

Yritys Oy:n kannattaisi ensimmäiseksi tehdä toimiva nimikkeistö tuotetiedoilleen. SolidWorksin käyttöönotto kannattaa aloittaa mallintamalla jo olemassa olevat osat ja tehdä tuotekokoonpanot. Näin saadaan tuotetietotaltteen yrityksen käytössä olevista osista. Silloin tätä iäkkään työntekijän hiljaista tietoa saadaan dokumentoitua sähköiseen muotoon ja tästä muodostuu yritykselle pääomaa, joka säilyy sen tuotetietoholvissa (DataVault).

Myös materiaalihankintoja varten saadaan valmiit katkaisulistat ajettua SolidWorksin avulla. Jos erituotteiden samoja materiaaleja hankitaan samalla kerralla, voidaan saada hyötyä muun muassa toimituserä alennuksilla, hukan vähäisemmällä määrällä ja kuljetuskustannuksien säästöllä. Mahdollisesti saadaan myös osien määrää pienennettyä.

Uusia tuotteita suunniteltaessa voidaan näistä jo olemassa olevista osista etsiä hyödynnettäviä osia. Esimerkiksi rakennuspyörösahan jalustasta ja rungosta voi muokata käsiyläjyrsimelle pöydän, johon jyrsin on kiinnitetty. Näin säästetään aikaa suunnittelussa, kun osat ovat jo valmiina. Myös ohjelmalla saadaan nopeasti luotua malli, jota päästään tarkastelemaan. Syntyneellä mallilla pystytään myös asiakkaalle esittelemään tuotetta, vaikka sitä ei ole vielä valmistettu.

Tilaustoissa saadaan SolidWorksillä myös nopeasti ja helposti tehtyä malli, jonka avulla on helpompi asiakkaalle esitellä tuotetta. Mallia pystytään myös tarkastelemaan ja tekemään malliin mahdolliset muutokset ennen kuin aloitetaan fyysisen tuotteen valmistus.

7 YHTEENVETO

Tuotetiedon perehtymisen perusteella voidaan ajatella, että dokumentoitu tuotetieto on yritykselle pääomaa. Tuotetieto kertoo erilaisia asioita yrityksen tuotteista ja osista. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi koko yrityksen toiminnoissa.

Tuotetiedon hallinta tekee tuotetiedosta vieläkin arvokkaampaa pääomaa. Tarkasti ja systemaattisesti nimikoitu tuotetieto on tehokkaasti varsinkin tuotesuunnittelun hyödynnettävissä. Tällöin syntyy suurin rahallinen hyöty yritykselle, kun voidaan hyödyntää jo olemassa olevia osia ja osakokoonpanoja uusia tuotteita suunniteltaessa.

3D-mallinnuksella tehty tuotesuunnittelu tuo mahdollisuuden tutkia komponenttien tilavarauksia, törmäämisiä, mekaanisia toimintoja ja tuotteiden ulkonäköä jo ennen kuin yhtään fyysistä tuotetta on tehty. Tämä tehostaa suunnittelua ja vähentää protomallien materiaalikustannuksia. Näin tehtynä pystytään saattamaan nopeammin valmiimpia tuotteita markkinoille. Mallinnuksen pohjalta saadaan esimerkiksi helposti tehtyä tuotteenkokoonpano-ohjeet helposti ja nopeasti.

Työn alussa asetetut tavoitteet saavutettiin tuotetiedon ja sen hallinnan perusteiden osalta. 3D-mallinnuksen osalta aika ei riittänyt aivan täydelliseen mallintamiseen. Kun mallintaminen aloitetaan täysin alusta, on pohjatyötä suuri määrä. Kun on jo mallinnettuja komponentteja, joita pystytään hyödyntämään, silloin työ helpottuu. Esimerkiksi muttereista ja pulteista kannattaa tehdä konfiguroitavia, tällöin niitä pystyy helposti muokkaamaan tarvittavaan kokoon. Mahdollisesti kannattaa tehdä oma malliarkisto kalustetuista muttreista, joissa on jousialuslaatat ja aluslaatat valmiiksi yhdessä. Tämä nopeuttaa kokoonpanojen tekoa.

Osa esimerkeistä on myös muilla kuin omilla mallinnetuilla komponenteilla, koska näin laajan kokonaisuuden opetteleminen käytettävissä olevan ajan puitteissa ei onnistunut. SolidWorks-ohjelmiston erilaiset mahdollisuudet tulivat kuitenkin tutuksi.

LÄHTEET

Hietikko, E. 2014. SolidWorks Tietokoneavusteinen suunnittelu 2014. Helsinki: BoD – Books on Demand

Peltonen, H., Martio, A. & Sulonen, R. 2002. PDM – Tuotetiedonhallinta. Helsinki: Edita, IT Press

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta PDM. Jyväskylä : Gummerus

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

Valokynä 2/2011 CAD/CAM-yhdistyksen lehden artikkeli. CAD/CAM-yhdistyksen tekemä markkinatutkimus

SÄHKÖISET LÄHTEET

SOLIDWORKS. 2015. SolidWorks datasheets [20.4.2015]. SolidWorks. Saatavissa:
https://www.solidworks.com/sw/products/9694_ENU_HTML.htm

YOUTUBE. 2015. Vertanux1: P2 - SolidWorks Weldments and Frame Stress Analysis [viitattu 20.4.2015]. Youtube. Saatavissa:
<https://www.youtube.com/watch?v=OjEDW1WDLIQ>

YOUTUBE. 2015. Innova System: Creating Installation instruction using SOLIDWORKS Composer [viitattu 20.4.2015]. Youtube. Saatavissa:
<https://www.youtube.com/watch?v=KFjq8lcr9bY>.