



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANTTI KEMPPAINEN
KONSEPTIN KEHITTÄMINEN TUOTEDOKUMENTIKSI
Diplomityö

Tarkastajat: professori Kari
Koskinen, yliopiston lehtori Antti
Pulkinen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
3. syyskuuta 2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

KEMPPAINEN ANTTI: KONSEPTIN KEHITTÄMINEN TUOTEDOKUMENTIKSI

Diplomityö, 54 sivua, 4 liitesivua

Elokuu 2014

Pääaine: Käyttötekniikka

Tarkastajat: professori Kari Koskinen, yliopiston.lehtori Antti Pulkkinen

Avainsanat: Tuotekehitysprosessi, PDM-järjestelmä, Tuotedokumentti

Tässä työssä tarkastellaan, mitä toimenpiteitä sekä minkälaista informaatiota tuotekonseptiin täytyy lisätä, kun konseptia kehitetään tuotantovalmiiksi tuotedokumentiksi. Materiaalina työssä on käytetty kohdeyrityksessä tehtyä case-projektia, jossa kehitettiin suuren kokoluokan pintaporauslaite. Työn kohdealue on tuotekonseptointia seuraava suunnitteluvaihe.

Teoriaosuudessa esitellään tapaustutkimuksen kohdealueella esiintyviä prosesseja kirjallisuuden näkökulmasta. Osiossa tarkastellaan suunnitteluprosessin, mallinnuksen sekä tuotetiedonhallinnan teoriaa. Seuraavassa osiossa tarkastellaan kohdeyrityksen yleisiä toimintatapoja, joiden pohjalta luodaan malli konseptin kehittymisestä tuotedokumentiksi. Toimintatavat sekä menetelmät pohjautuvat kohdeyrityksessä oleviin työhajeisiin. Tämän jälkeisessä osiossa tarkastellaan, kuinka suunnitteluprosessi eteni kohdeyrityksen case-projektissa. Edellisessä kappaleessa luotuun malliin sijoitetaan projektissa ollut tapaus ja sen avulla tarkastellaan vaiheissa tapahtuvia toimenpiteitä. Lopussa tarkastellaan saatuja tuloksia ja pohditaan kehitysmahdollisuuksia. Keskeinen havainto tässä on se, että kehitetty malli kuvaa hyvin sekä vaadittavat toimenpiteet että niiden tuottaman tietosisällön. Viimeiseksi tehdään yhteenveto työstä ja arvioidaan työn onnistumista.

Työn tuloksena on viisivaiheinen malli konseptin kehittämisprosessin vaiheista. Jokaisessa vaiheessa esitetään toimenpiteet ja informaatio, joita siinä tavanomaisesti joudutaan tekemään. Malli ja siihen kuuluva informaatio on luotu suunnittelun näkökulmasta.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

KEMPPAINEN, ANTTI: DEVELOPING CONCEPT TO PRODUCT DATA DOCUMENT

Master of Science Thesis, 54 pages, 4 appendices

August 2014

Major: Machine Operation

Examiners: Professor Kari Koskinen, Lecturer Antti Pulkkinen

Keywords: Product development, PDM-system, Product Data Document

The focus of this thesis is product development process in a company which develops surface drilling rigs for mining industry. The main purpose of this study is to show how product concept is developed into a product document, containing product data for further lifecycle phases, such as manufacturing. The material for this study was gathered from a case project of a Finnish manufacturing company. The company launched the project to develop new surface drilling rigs for mining and construction purposes.

The thesis starts with a literature study, where theories of product development, CAD modelling and product data management are introduced. In the second part the information gathered from the company's product development procedure is being introduced. The company's product development guides and literature have been used to create a model that illustrates the information and actions needed for the development of a product data document. In the empirical part of the study, the case-project's data is analyzed and entered in the above mentioned model. In the last part the conclusion and results of the study are presented.

As a result of the thesis is the model that is based on five phases. The actions taken and information added to the concept can be found in each phase of the model. After going through all the phases a concept has developed into a product data document.

ALKUSANAT

Tahdon kiittää kaikkia niitä, jotka ovat omalta osaltaan vaikuttaneet tämän diplomityön valmistumiseen. Suuri kiitos menee työn ohjaajalle yliopiston lehtori Antti Pulkkiselle ja Sandvikin Pitbull-tiimin henkilöstölle. Ilman heidän kaikkien panostaan tämä työ ei olisi onnistunut. Lisäksi haluan kiittää Tampereen Teknillistä Yliopistoa ja professori Kari Koskista työn tarkastamisesta.

Haluan kiittää perhettäni tuesta ja kannustuksesta opiskelujeni läpiviemisessä näiden kaikkien vuosien varrella. Suuri kiitos tämän työn valmistumisesta kuuluu myös avovaimolleni Sannalle, joka tuki minua erityisesti diplomityötä tehdessä.

Haluan erikseen kiittää myös opiskelutovereitani. Ilman teitä opiskelu ei olisi ollut opiskelun arvoista. Tai ainakin se olisi ollut paljon tylsempää. Kiitos!

Antti Kemppainen

15.9.2014

SISÄLLYS

Abstract	iii
1 Johdanto.....	1
1.1 Aineisto.....	1
1.2 Diplomityön tavoitteet.....	2
1.3 Diplomityön rakenne ja menetelmä	3
2 Tuotesuunnittelun ja -tiedon teoriaa	5
2.1 Tuotesuunnittelu osana tuotekehitystä	5
2.2 Tuotetiedon tuottamiseen ja hallintaan käytety ohjelmistot	9
2.2.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu.....	9
2.2.2 Yrityksen toiminnanohjauksen ja tuotetiedon hallinnan ohjelmistot	12
2.3 Tuotetieto ja sen hallinta.....	15
2.3.1 Nimikkeistö & attribuutit.....	17
2.3.2 Tuoterakenne – BOM	17
2.3.3 Nimikkeiden hallinta	19
2.4 Suunnittelijan ajankäyttö ja tiedonhallintajärjestelmien integrointi ajankäytön tehostamiseksi.....	20
3 Konseptin kehittämissprosessi case-projektissa	23
3.1 Suunnittelun lähtökohdat	23
3.1.1 Konseptivariaatiot.....	24
3.1.2 Tuotantovalmis dokumentti	24
3.2 Prosessin vaiheet konseptista tuotantovalmiiksi nimikkeeksi	25
3.2.1 Konseptin esitleminen.....	26
3.2.2 3D-mallin ja rakenteen luominen	27
3.2.3 2D-työkuvien valmistaminen	29
3.2.4 Työkierto ja muutostenhallinta.....	32
3.2.5 Nimikkeen tuotantoon siirtäminen	34
3.2.6 Yhteenveto: konseptin kehitysprosessimalli.....	35
4 Soveltava osuus.....	36
4.1 Pitbull-projekti	36
4.1.1 Suunnitteluorganisaatio	36
4.1.2 Tiedonjakamisen kanavat.....	37
4.1.3 PDM-järjestelmän vaihtaminen kohdeyrityksessä	38
4.2 Puskurikokoonpanon kehitys	38
4.3 Suunnittelu PDM-järjestelmän ulkopuolella	45
5 Tulokset ja niiden tarkastelu.....	48
5.1 Tuotesuunnittelun malli.....	48
5.2 Havaintoja tutkimustapauksesta ja kehityskohteita.....	50
6 Yhteenveto.....	52
Lähteet.....	53
Liitteet.....	55

1 JOHDANTO

Yritysten on tuotettava uusia tuotteita ja teknologiaa yhä nopeammin markkinoille. Samassa suhteessa kasvaa myös tuotteiden rakenne ja kompleksisuus. Tekniikan kehittyessä ovat suunnittelutyökalut muuttuneet merkittävästi. Rinnakkaiset järjestelmät pyritään integroimaan mukaan projektiin mahdollisimman nopeasti. Useissa yrityksissä tuotetiedon hallintajärjestelmä, PDM-järjestelmä, otetaan mukaan varsin aikaisessa vaiheessa. Tämä tuo lisää haasteita suunnitteluun, koska järjestelmien käyttö ja siihen liittyvät toimenpiteet vievät resursseja pois itse tuotteen kehittämisestä. Tuotetietojen täydentämiseen PDM-järjestelmään ja sen ylläpitoon kulutetaan paljon resursseja, vaikka varmuutta nimikkeiden päätyemisestä lopputuotteeseen ei olisikaan. Tällaisessa tapauksessa tehty työ PDM-järjestelmän ympärillä osoittautuu turhaksi. Rakenteiden ja attribuuttien määrä kasvaa helposti niin suureksi, että on hyvä miettiä, missä vaiheessa PDM-järjestelmä otetaan mukaan suunnitteluprojektiin.

1.1 Aineisto

Työssä tarkastellaan Sandvik Oy:llä toteutettua Pitbull-projektia. Projektissa kehitettiin markkinoille valikoimasta puuttuva pintaporauslaitteiden tuoteperhe. Pitbull-tuoteperhe koostuu suurikokoisista pintaporauslaitteista (kuva 1.1), johon kuulu DTH (Down The Hole) sekä TH (Top Hammer) laitteet erilaisilla varustelutasoilla. Tarkemmat tiedot laitteesta löytyvät liitteessä 1.

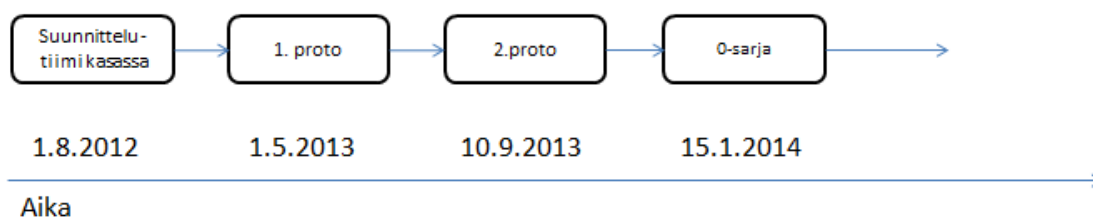


Kuva 1.1 Pitbull-projektissa kehitetty pintaporauslaite.

Kohdeyrityksessä haluttiin lähestyä tuotekehitysprojektia uudella tavalla. Perinteisen maltillisen tuotekehityksen sijaan, joka saattoi kestää vuosia, projektin oli tarkoitus olla nopea ja aggressiivinen (kuva 1.2). Tämä tarkoitti työtapojen sekä henkilöstön muutosta. Projektiin tarvittava suunnittelutiimi koottiin pääosin yrityksen ulkopuolisista henkilöistä, joilla ei ollut aikaisempaa kokemusta kaivoslaitteiden suunnittelusta.

Nopean tuotekehityksen oli tarkoitus tuottaa ensimmäinen prototyypilaitte vuoden kuluessa ja aloittaa 0-sarjan tuotanto noin 1½-vuotta suunnittelutyön aloittamisesta. Samaan aikaan projektin alkaessa yritys siirtyi käyttämään Siemens PLM:n Teamcenter PDM-järjestelmää kesällä 2012 samaan aikaan case-projektin suunnittelun alkaessa. Muiden laitteiden tavoin kehitettävän laitteen rakenteen sekä nimikkeiden tuli löytyä PDM-järjestelmästä, joka oli integroitu yrityksen muihin järjestelmiin, kuten yrityksen toiminnanohjauksessa käytettävään ERP-järjestelmään. Teamcenterin käyttöönotosta huolimatta yritys ei ollut ehtinyt luoda päteviä ohjeita ja vakiintuneita käytäntöjä PDM-järjestelmän käyttöön liittyen. Tämä aiheutti vaikeuksia Pitbull-projektin suunnittelutiimille, jossa suurimmalla osalla henkilöistä ei ollut aiempaa kokemusta käytettävästä PDM-järjestelmästä tai yrityksen toimintatavoista.

Suunnitteluprojektin aikataulu



Kuva 1.2 Pitbull-projektin aikataulu.

1.2 Diplomityön tavoitteet

Tämän työn tavoitteena oli määrittellä, minkälainen muunnos tuotekehityksessä tehdään, kun konseptista muokataan tuotantovalmis dokumentaatio.

Jotta pystytään vastaamaan edellä esitettyyn kysymykseen, täytyy määrittellä vastaukset seuraaville kysymyksille:

- Millaisia variaatioita konseptista on?
- Mikä on tuotantovalmis tuotedokumentti?
- Ja mikä ero näillä on?

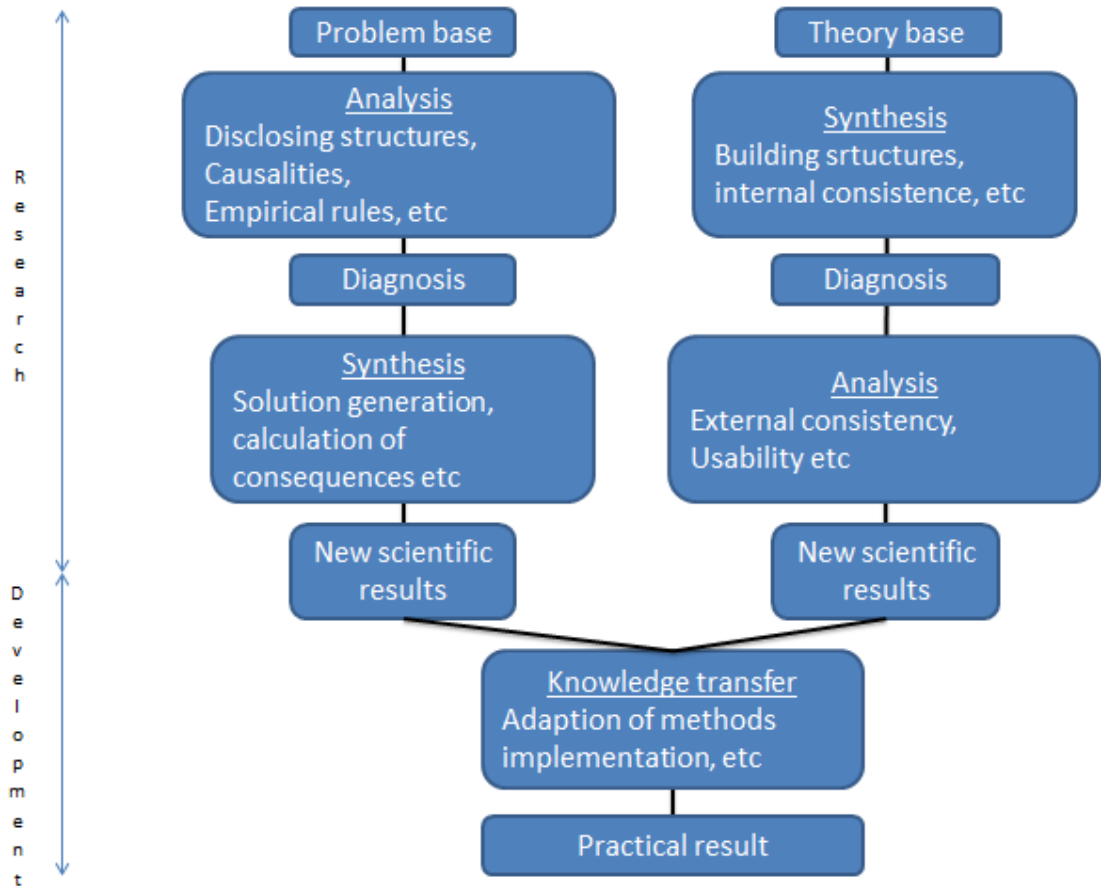
Lisäksi tarkastellaan yleisellä tasolla, kuinka tuotekehityksen alkupään teoria vastaa käytäntöä.

Diplomityössä tarkastellaan projektissa luotujen konseptien kehittämistä tuotantovalmiiksi dokumentiksi. Aihetta lähestytään suunnittelijoiden näkökulmasta, mikä myös rajaa aiheen. Projektista saatua materiaalia verrataan kirjallisuudessa yleisesti esitettyihin suunnittelukäytäntöihin sekä kohdeyrityksen omiin toimintaohjeisiin. Näiden pohjalta konseptin kehitysprosessi pystytään jakamaan vaiheisiin. Jokaiselle vaiheelle pystytään kirjaamaan toimenpiteitä, joita nimikkeelle tehtiin sen kehittämiseksi. Lopuksi pystytään pohtimaan mallin todenmukaisuutta sekä sopivuutta yleisesti suunnitteluun. Kehittämällä mallissa esiintyviä toimenpiteitä pystytään konseptin kehittämisprosessia mahdollisesti tehostamaan.

1.3 Diplomityön rakenne ja menetelmä

Diplomityön rakenne noudattaa kuvan 1.3 kaaviota. Työssä tarkastellaan suunnitteluprosessia kirjallisuuden sekä käytännön näkökulmasta. Näiden perusteella luodaan malli, jota hyödynnettiin kohdeyrityksen konseptin kehitysprosessia tarkastellessa.

Teoriaosuudessa esitellään työssä esiintyviä suunnitteluprosessin, mallinnuksen, sekä tuotetiedonhallinnan teoriaa kirjallisuuden näkökulmasta. Kolmannessa kappaleessa tarkastellaan yrityksen yleisiä toimintatapoja. Toimintatavat sekä menetelmät pohjautuvat kohdeyrityksessä oleviin työohjeisiin. Teorian, työohjeiden ja omien kokemusten perusteella luotiin malli, joka jakaa konseptin kehitysprosessin vaiheisiin. Neljännessä kappaleessa tarkastellaan, kuinka suunnitteluprosessi eteni kohdeyrityksen case-projektissa. Luotuun malliin on sijoitettu projektista saatu materiaali ja sen avulla pystytään tarkastelemaan vaiheissa tapahtuvia toimenpiteitä. Viidennessä kappaleessa tarkastellaan saatuja tuloksia ja pohditaan kehitysmahdollisuuksia. Kuudennessa kappaleessa tehdään yhteenveto työstä ja sen onnistumisesta.



Kuva 1.3. Kaavio teorian ja käytännön yhdistämisestä (Jørgensen 1992, lainattu Harlou 2006).

Käytännön osuudessa käytetään tutkimustyyppinä tapaustutkimusta, eli case-tutkimusta. Yinin (1994) mukaan case-tutkimus on empiirinen tutkimus, johon materiaali voi tulla kuudesta eri lähteestä. Lähteitä ovat tiedot, tallenteet, haastattelut, suorat havainnot, kokemuksen tuomat havainnot sekä fyysiset kappaleet. Lähteiden sopivuutta tutkimukseen täytyy tarkastella tapauskohtaisesti. Kaikkia lähteitä ei tarvitse, eikä välttämättä pystykään hyödyntämään materiaalia kerätessä. Materiaali tämän työn tutkimukseen tulee pääasiallisesti kokemuksen tuomista havainnoista sekä havainnoista kohdeyrityksen toimintatavoissa.

2 TUOTESUUNNITTELUN JA -TIEDON TEORIAA

Tässä luvussa käydään lävitse suunnittelun alkupään, mallintamisen sekä suunnittelujärjestelmien teoriaa.

2.1 Tuotesuunnittelu osana tuotekehitystä

Perinteisessä eli sekventiaalisessa tuotekehitysprosessissa tuotekehityksen vaiheet ovat peräkkäisiä erillisiä kokonaisuuksia. Tällaista menetelmää kutsutaan myös vesiputousmalliksi tai over-the-wall-malliksi. Nimityksillä pyritään kuvamaan siirtymävaihetta, jossa tuote siirtyy osastolta toiselle (Loch & Terwiesch 1997). Perinteisen tuotekehitysprosessin rinnalle on noussut useita erilaisia prosesseja. Yksi näistä on rinnakkaissuunnittelu. Rinnakkaissuunnittelulla tarkoitetaan tuotekehitysmallia, jossa tuotesuunnittelu, valmistuksen menetelmäsuunnittelu ja tuotannon kapasiteettisuunnittelu tapahtuvat limittäin. Valmistusprosessin yhdenaikaisella suunnittelulla ja yhteistyöllä tuotteen suunnittelun kanssa on tarkoitus säästää tuotekehitysprosessiin kuluva aikaa ja vähentää loppuvaiheessa ilmeneviä muutostarpeita (Stevensson 2005).

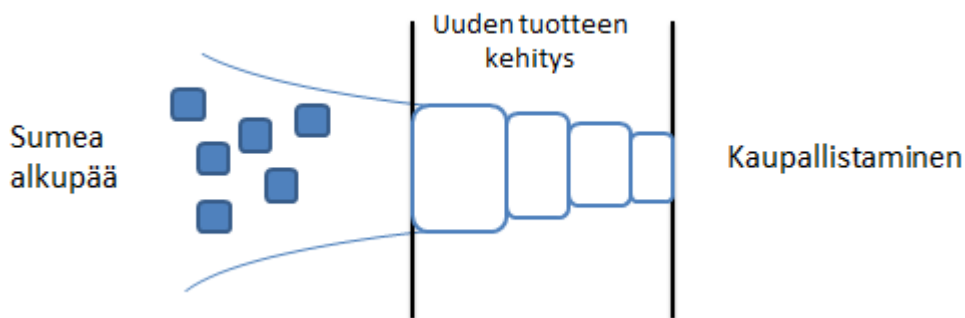
Tuotekehitys on määritelty joukoksi toimintoja. Tuotekehitys alkaa mahdollisuuksien tunnistamisesta ja päättyy tuotteen markkinoille viemiseen. Tuotekehitysprosessi on sarja peräkkäisiä askelia tai toimintoja, jotka läpi käymällä synnyttävät kaupallisen tuotteen. Ulrich ja Eppingerin (2003) mukaan tuotekehitysprosessi koostuu kuudesta vaiheesta (kuva 2.1). Prosessin tavoitteena on luoda erilaisia tuotekonsepteja, jotka muokkaantuvat prosessin kuluessa. Lopputuloksena saadaan tuote, joka vastaa alussa määriteltyjä ominaisuuksia ja jota voidaan valmistaa luotettavasti tuotantoprosessissa.



Kuva 2.1 Ulrichin & Eppingerin kuvaus tuotteen elinkaaresta (Ulrich & Eppinger 2003, s. 14)

Konseptin kehittämisvaihe on lopputuloksen kannalta tärkeä, koska vaiheen aikana tehdyt päätökset vaikuttavat merkittävästi tuotteen tekniseen toteutukseen, ominaisuuksiin ja muotoiluun. Konseptin kehittämisvaiheen tekee haastavaksi tiedon rajallinen saatavuus ja päätökset täytyy tehdä sen hetkisen tiedon perusteella (Ulrich & Eppinger 2003).

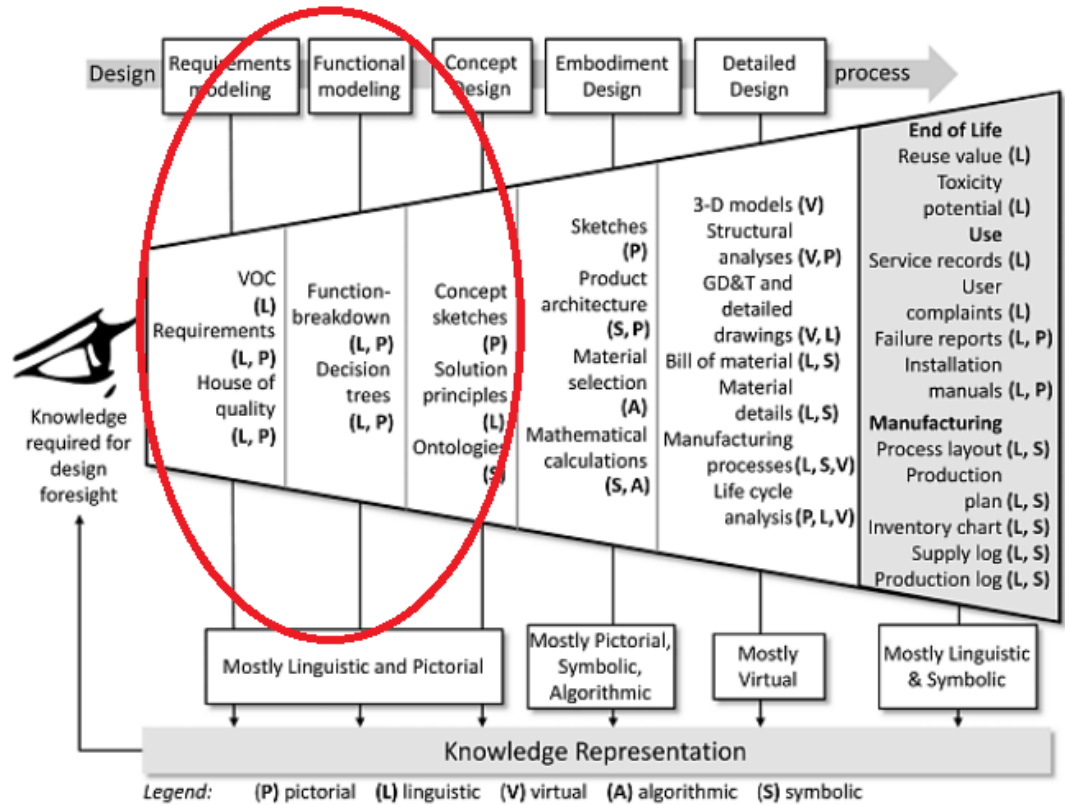
Tuotekehityksen alkupäästä käytetään myös nimitystä Sumea alkupää (eng. the fuzzy front end, FFE). Tämä kuvaa alkutilannetta, jolloin tieto on hajanaista, rajallista tai osin epäselvää (kuva 2.2). Sumea alkupää kuvastaa innovaatioprosessin ensimmäistä vaihetta. Innovaatioprosessi voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: sumeaan alkupäähän, uuden tuotteen kehitykseen (eng. the new product development, NPD) ja kaupallistamiseen (eng. commercialization) (Koen et al. 2002).



Kuva 2.2 Innovaatioprosessin kolme osaa (Koen et al. 2002, s.6)

Koen et al. (2002) kirjoittavat prosessin lähtevän liikkeelle uuden konseptin kehittämisestä. Konseptin kehittämisprosessi koostuu viidestä vaiheesta. Nämä vaiheet ovat mahdollisuuksien tunnistaminen, mahdollisuuksien analysointi, ideoiden luominen ja jalostaminen, idean valinta ja konseptin määrittely. Vaiheet eivät tapahdu välttämättä ennalta määrätyssä järjestyksessä. Edellä mainituista vaihteista tärkeimmäksi muodostuu idean valinta ja konseptin määrittely. Sillä nämä vaiheet määrittelevät, mitä ideaa lähdetään kehittämään eteenpäin. Konseptin määrittelyn jälkeen uuden tuotteen koko konsepti on selvillä ja valmis siirrettäväksi varsinaiseen tuotekehitysprosessiin. Yleensä tähän vaiheeseen mennessä tuotteesta on kerätty tietoa, jota yritys tarvitsee tuotteen varsinaisessa kehitys vaiheessa. Tätä tietoa ovat esimerkiksi tuotteen riskit, tarkat suunnitelmat, tavoitteet, resursointi ja aikataulutus (Koen et al. 2002).

Ulrich & Eppingerin (2003) mukaan konsepti tarkoittaa luonnosta toimivasta kokonaisuudesta. Ennen konseptin valmistumista siihen on sitoutunut paljon resursseja. Konseptin valmistumista on edeltänyt konseptointiprosessi. Prosessi alkaa yleensä asiakastarpeiden tunnistamisella, jossa tavoitteena on ymmärtää asiakkaan tarpeet ja esittää ne selkeästi ilmaistuina kehitystiimin jäsenten tietouteen. Vaatimusten määrittelyn tuloksena syntyy luettelo ominaisuuksista, joista jokainen sisältää tunnusluvut sekä marginaalin, jonka sisällä ominaisuus on vielä hyväksyttävä. Kuvan 2.3 ympyröidyt kolme ensimmäistä vaihetta tuovat esille konkreettisia toimenpiteitä, joita on täytynyt tehdä konseptin luomista varten.



Kuva 2.3 Kuvassa ympyröidyt toimenpiteet on täytynyt toteuttaa, jotta konsepti on saatu aikaan (Chandrasegaran, Ramani et al. 2013).

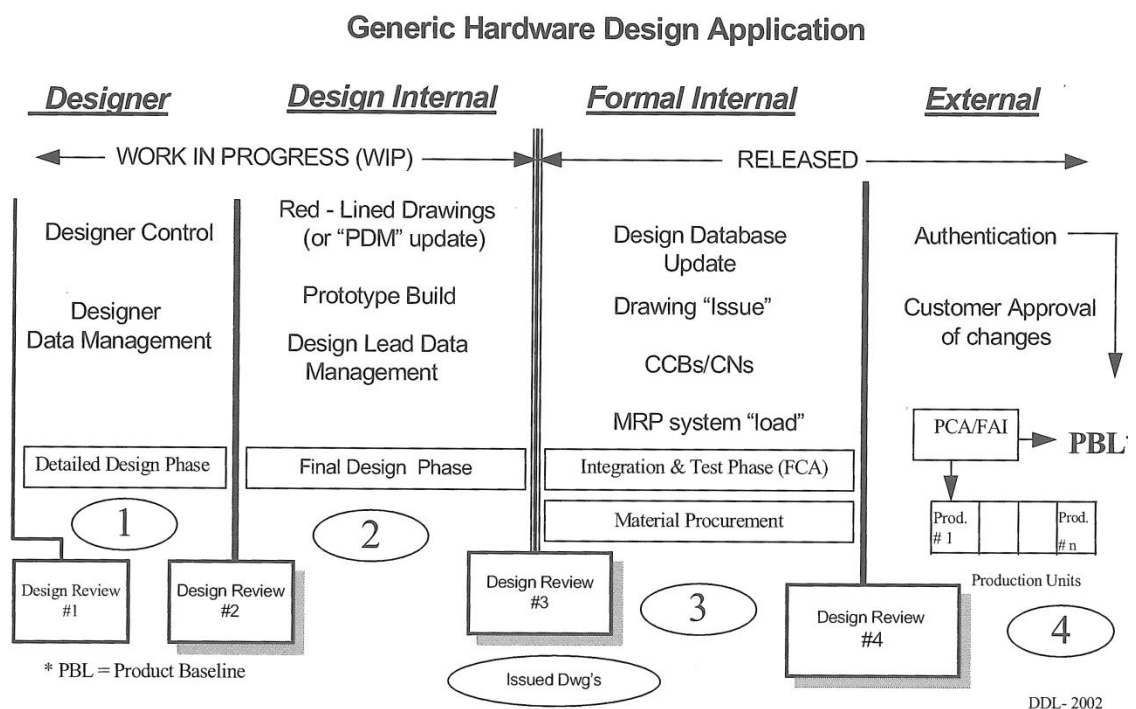
Jokaisella tuotteella on oma elinkaarensa (kuva 2.4). Tuotteen ympärillä toimivat henkilöt vaihtuvat tuotteen elinkaaren eri vaiheissa. Elinkaaren alkuvaiheissa kehitystyötä tekevät suunnittelijat, tuotepäälliköt, suunnitteluinsinöörit ja asiantuntijat (Hubka & Eder 1996). Suunnittelutyön päämääränä on tunnistaa käyttäjän luomia vaatimuksia määrittelemällä ne ominaisuuksiksi, jotka valmistaja pyrkii tuotteessa toteuttamaan. Tämä tuo tuotteelle lisäarvoa. Käyttäjät haluavat tuotteen lisäarvon olevan mahdollisimman suuri, mikä lisää suunnittelu-aikaa ja siten kustannuksia (Oja 2010).



Kuva 2.4 Nimikkeen elinkaaren vaiheet (Hubka & Eder 1996, s.46)

Loyd (2003) lähestyy suunnitteluprosessia eri näkökulmasta. Hän jakaa prosessin neljään eri vaiheeseen Designer, Design Internal, Formal Internal sekä External (kuva 2.5).

Four State Level of Control System Model



Kuvassa 2.5 Nimikkeen kehitysprosessi yrityksessä (Lyon 2003).

Ensimmäisen vaiheen aikana suunnittelija kehittää tuotteesta konseptin. Konsepti voi olla abstraktilla tasolla ja sitä ei välttämättä löydy vielä yrityksen virallisista järjestelmistä. Mallin toisessa vaiheessa konseptista prosessoidaan tuotantovalmis nimike. Konsepti suunnitellaan toimivaksi ja se luodaan kohdeyrityksen PDM-järjestelmään. Nimikkeen kaksi ensimmäistä vaihetta muodostavat kokonaisuuden, joka kuvastaa suunnitteluprosessia (work in progress).

Mallin kaksi viimeistä vaihetta muodostavat kokonaisuuden (Released) toimenpiteistä, jotka tehdään suunnittelun vapautettua nimikkeen. Kahden viimeisen vaiheen aikana nimikkeen kehityksen vastuu on siirtynyt tuotannolle sekä jälkimarkkinoinnille. Mallin kolmannessa vaiheessa nimike on vapautettu yrityksen sisäisesti. Nimikkeen prosessointi on siirtynyt tuotannon ja sen sidosryhmien prosessoitavaksi. Laite ei ole vielä siirtynyt asiakkaalle, joten mahdollisia korjauksia nimikkeelle voidaan vielä toteuttaa pienemmällä työmäärällä. Viimeisessä vaiheessa tehdään toimenpiteet nimikkeen luovuttamiseksi asiakkaalle.

Work in progress- ja Released- kokonaisuuksien rajapinta on tärkeä prosessin kannalta. Rajapinnan ylitettyä suunnittelu on työläämpää tehdä nimikkeeseen muutoksia. Nimikkeeseen tehdyt muutokset vaikuttavat useampiin sidosryhmiin ja informaation päivitys on tehtävä useampaan järjestelmään.

2.2 Tuotetiedon tuottamiseen ja hallintaan käytety ohjelmistot

Tietotekniikan kehittyessä myös suunnittelua tukevat ohjelmat kehittyvät nopeasti. Yleisimmin suunnitteluprosessissa työkaluina käytetään PDM- ja CAD-ohjelmistoja. Näillä ohjelmilla luodut nimikkeet siirretään tuotannon ERP-järjestelmään. Seuraavassa luvussa käydään lävitse PDM-, CAD-, sekä ERP-järjestelmien roolista suunnitteluprosessissa.

2.2.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

CAD eli Computer Aided Design on luotu tehostamaan myös suunnittelijoiden työskentelyä. Piirtopöytien vähentyessä erilaisia CAD-ohjelmistoja ja valmistajia on tarjolla jokaiseen insinööriin. CAD-ohjelmistojen mahdollisuus luoda mallit 3D-maailmaan ja näitä malleja hyväksikäyttäen piirtää niistä 2D-työkuvat on helpottanut suunnittelua. Työkuvien käsinpiirtäminen ja kokonaisuuksien hahmottaminen pelkässä 2D-maailmassa oli haastavaa ja aikaavievää (Pere 2004).

CAD-ohjelmistojen laajalla kirjolla sekä ominaisuuksien monipuolisuudella on myös kääntöpuolensa. Jokainen markkinoilla oleva suunnitteluohjelma on hieman erilainen. Tämä tarkoittaa, että jokaisen ohjelmiston käyttöliittymä täytyy opetella erikseen. Käyttöliittymien erilaisuudesta huolimatta suunnitteluperiaatteet kuitenkin

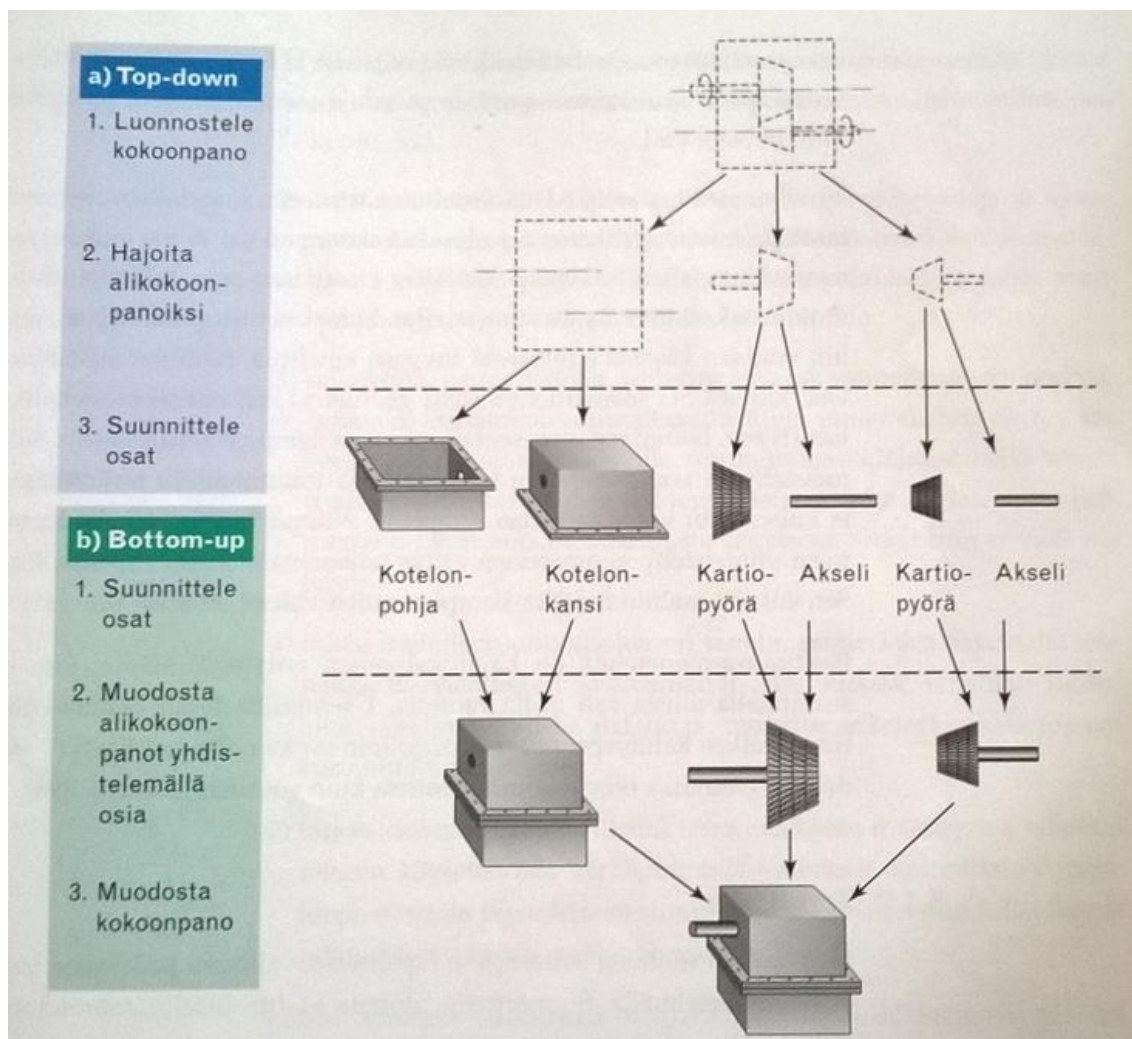
pysyvät samana. Ohjelmissa mallintaminen aloitetaan yksittäisistä osista ja lopulta ne kootaan kokoonpanoksi. 3D-suunnittelusta saatavia hyötyjä ovat (Laakko 1997):

- nopeampi suunnitteluprosessi
- vähemmän suunnitteluvirheitä
- vähemmän suunnitteluvirheistä aiheutuvia viivästyksiä tuotannossa
- parempi muutosten hallinta
- kerran luodun tiedon parempi säilyminen
- parantunut tiedon jakaminen
- parempi visuaalisuus.

3D-suunnittelu ei kuitenkaan välttämättä ole nopeampaa kuin 2D-suunnittelu. Suurin osa suunnittelukustannuksista määräytyy luonnosteluvaiheessa. CAD-järjestelmät on kuitenkin suunniteltu tukemaan viimeistelyä. Geometrinen malli on kuvaus fyysisen kohteen fyysisestä muodosta (Laakko 1997).

Kokoonpano koostuu tietyistä määrästä komponentteja, jotka koottuina suorittavat järjestelmän toiminnon. Kokoonpanoa suunniteltaessa ongelmana on komponenttien valinta ja niiden suhteiden määrittely kokoonpanossa. Kokoonpano voidaan mallintaa kahdella eri tavalla. Bottom-up- menetelmässä (kuva 2.6) yksittäiset osat ja alikokoonpanot täytyvät olla täysin määriteltynä, ennen kuin kokoonpano voidaan aloittaa. Kokoonpanomalli muodostetaan mallintamalla ensin kaikki kokoonpanoon kuuluvat osat yksitellen, minkä jälkeen niistä muodostetaan alikokoonpanot ja lopulta koko tuotteen kokoonpano määräämällä niiden paikat ja asemoinnit sekä yhteydet osiin (Laakko 1997).

Top-down- järjestys muistuttaa enemmän tuotekehittäjän luonnostelutapaa. Siinä aloitetaan abstraktisesta, käsitteellisestä tasosta ja rekursiivisesti jaetaan ongelma aliongelmiin, alikokoonpanoihin ja yksittäisiin kappaleisiin, kunnes riittävä yksityiskohtainen tarkkuus saavutetaan. Suunnittelija luo pääkomponenteista karkean yleisluonnoksen. Suunnittelija jalostaa luonnosta yksityiskohtaisemmalle tasolle ottaen huomioon asianmukaiset vaatimukset (Laakko 1997).

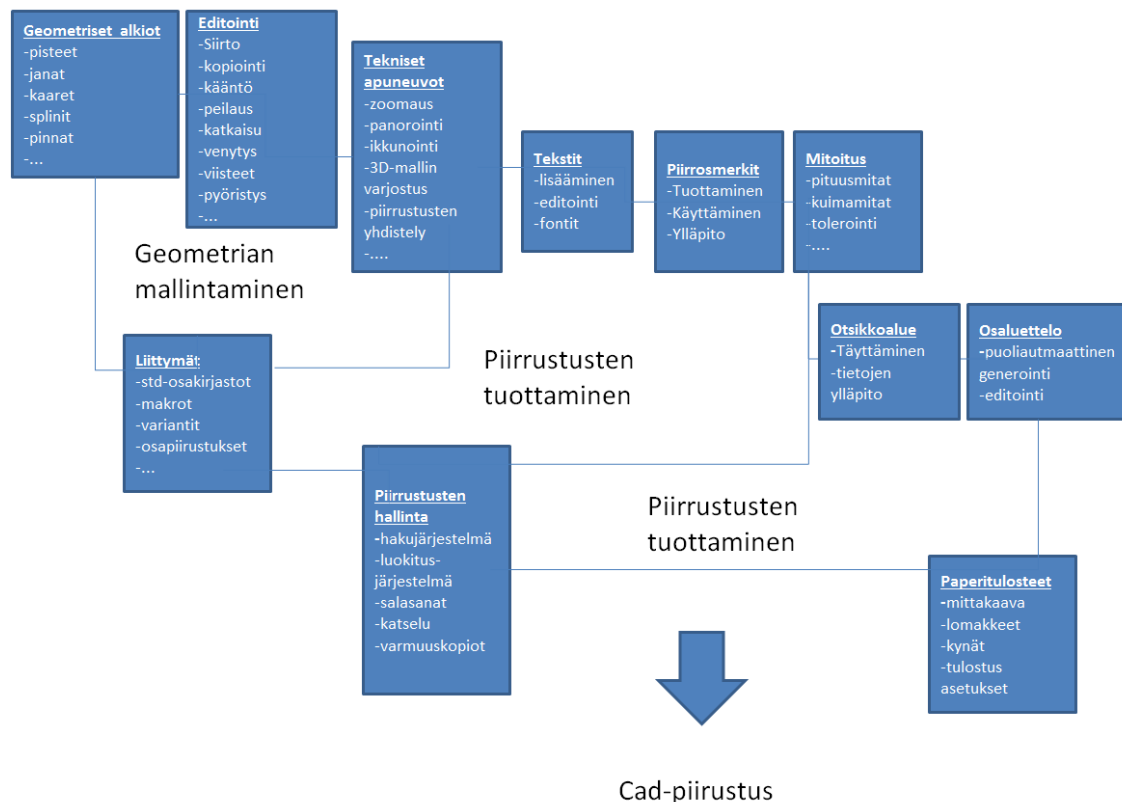


Kuva 2.6 Bottom-up-tyyli ja Top-down-tyyli (Laakko 1997).

Siirryttäessä 3D-maailmasta 2D-maailmaan CAD-ohjelmistojen hyöty tulee erityisesti esille. Ohjelmat pystyvät hyödyntämään 3D-malleja luotaessa 2D-työkuvia. Muutettaessa 3D-mallia muutokset päivittyvät 2D-työkuviin. On kuitenkin oltava tarkkana, että tehdyt muutokset todella päivittyvät 2D-maailmaan. Automaattisista toiminnoista huolimatta suunnittelijan tulee osata valita oikeat projektiot ja lisätä tarvittavat valmistusmerkinnät työkuvaan. Tyypillisesti uuden tuotteen suunnittelussa toleranssit ja vaadittavat pinnankarheudet määritellään varsin myöhäisessä vaiheessa. Varhaisemmissa suunnittelun vaiheissa suunnittelija on kiinnostunut lähinnä kokoonpanon toiminnasta, lujuudesta ja muusta vastaavasta. Toleranssien asettamisella varmistetaan tuotteiden osien yhteensopivuus ja oikea toiminta. Vaikka 3D-mallinnusohjelmat tekevätkin paljon 2D-kuvantoon automaattisesti, tulee työkuvaan lisätä seuraavat geometriaa täydentävät tiedot (Laakko 1997):

- pinta-, hitsaus-, toleranssimerkinnät, mitat (valmistukselle)
- osanumerot
- värit, materiaalit (otsikkokenttä).

Pere (2004) kuvaa 2D-työkuvaan tarvittavia työvaiheita havainnollisesti kuvan 2.7 mukaisesti.



Kuva 2.7 CAD-piirustuksen työvaiheet (Pere 2004).

2.2.2 Yrityksen toiminnanohjauksen ja tuotetiedon hallinnan ohjelmistot

Toiminnanohjausjärjestelmä (engl. Enterprise Resource Planning, PDM) on syntynyt tarpeesta hallinnoida useita prosesseja. Yksi tärkeimmistä ohjelman päämääristä on hallita ja yhdistää yrityksen tietovirtaa. Yleensä ERP-ohjelmilla hallinnoidaan myyntiä, tuotannonsuunnittelua sekä materiaalien tilausta. ERP-ohjelmia ei yleensä oteta käyttöön sellaisinaan vaan ne räätälöidään yrityksen tarpeiden mukaan (Vilpola 2008).

Yrityksillä voi olla käytössä useita eri ohjelmistoja esimerkiksi varastonhallintaan ja tuotannonsuunnitteluun. On yrityksen kannalta edullista, että kaikki järjestelmät käyttävät samoja tuotetietoja. Näin ollen kaikki osastot näkevät uusimman ajan tasalla olevan tiedon tuotteista. ERP onkin luotu yhdistämään ja hallinnoimaan näitä prosesseja moduulien avulla. Tällaisia moduuleita voivat olla Sääksjärvi & Immosen (2002) mukaan:

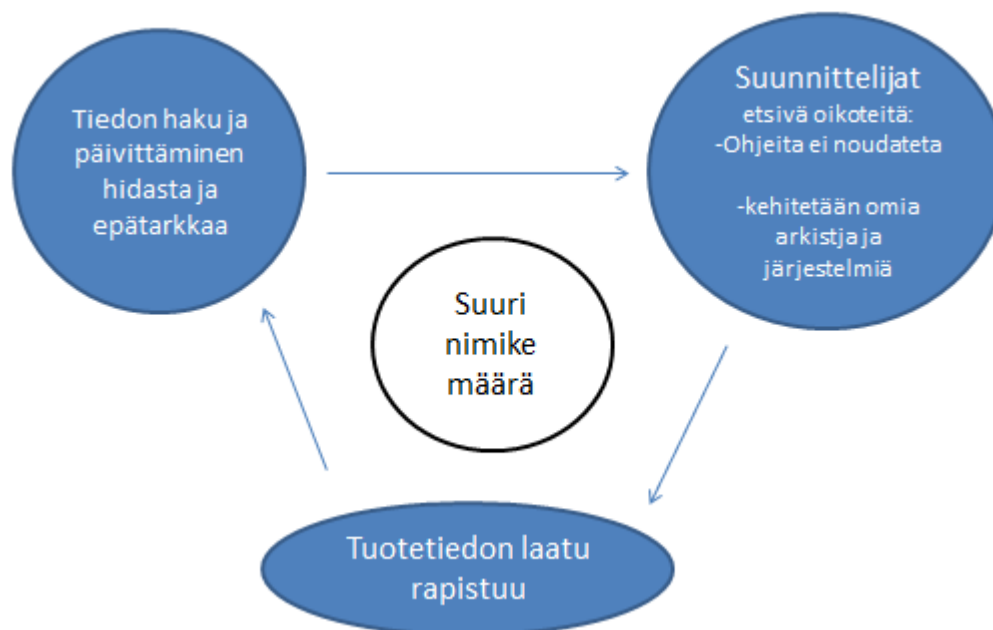
- valmistuksen moduuli
- oston moduuli
- logistiikan moduuli
- taloushallinnon moduuli

- huollon moduuli
- varaosamyynnin moduuli.

Tuotetiedon hallinta (engl. Product Data Management, PDM) tarkoittaa tuotteeseen liittyvän tiedon sekä tuotekehitysprosessin hallintaa. PDM on kokonaisuus, jolla systemaattisesti hallitaan tuotetietoja, tiedon luomista, käsittelyä, jakelua ja tallentamista. Pienemmissä yrityksissä tuotetiedonhallinta pystytään toteuttamaan ilman siihen varta vasten suunniteltua järjestelmää. Monimutkaisten tuotteiden ja prosessien myötä hallittavan tiedon määrä kasvaa. Samalla PDM-järjestelmien ominaisuuksien ja niitä tuottavia ohjelmistokomponenttien määrä kasvaa. PDM:llä ei kuitenkaan tarkoiteta mitään tiettyä ohjelmistoa. Tuotetieto voi laajassa merkityksessään sisältää myös tuotteen elinkaarenhallintaa (engl. Product Life Management, PLM) (Sääksvuori & Immonen 2002; Peltonen 2002). Tässä työssä termistä PDM puhuttaessa se ei sisällä elinkaarenhallintaa.

Komponenttien tietojen taltiointi ja haku ovat suunnittelijoiden arkipäivää. Päivän aikana suunnittelija tekee kymmeniä tai jopa satoja hakuja PDM-järjestelmästä. Tarve tuotetiedonhallinnalle on lähtöisin tuotekehityksessä syntyneiden tuotteiden tietojen hallinnoinnista. Jotta yritys hyötyisi järjestelmästä, sen tulisi olla helppokäyttöinen ja nopea. PDM-järjestelmää voivat hyödyntää kaikki henkilöt, jotka ovat tekemässä tuotekehityksen ja valmistuksen kanssa. PDM-järjestelmän avulla on helpompi löytää olemassa olevia nimikkeitä. Olemassa olevien nimikkeiden uudelleenhyödyntäminen laskee ylimääräisen työn ja siten luotujen nimikkeiden määrää (Sääksvuori & Immonen 2002; Peltonen 2002).

PDM-järjestelmän valinnassa tulisi ottaa huomioon yrityksen tarpeet ja vaatimukset PDM-järjestelmälle. Järjestelmän tulisi tukea olemassa olevia prosesseja mahdollisimman hyvin. Tyypillinen PDM-järjestelmä käsittelee tuotteita, jotka koostuvat mekaanisista ja elektronisista komponenteista. Usein PDM-järjestelmään tallennetut tiedot ovat ennen kaikkea tuotteisiin liittyviä teknisiä tietoja. Tilaus- ja toimitusprosesseihin liittyvät tiedot kuten hinta ja valmistusajat tallennetaan muihin rinnakkaisiin järjestelmiin. On kuitenkin väärin olettaa, että pelkkä siirtyminen PDM-järjestelmän käyttöön sinällään parantaisi tehokkuutta. Päinvastoin huonosti hallinnoitu PDM-järjestelmä voi lisätä suunnitteluaikoja ja hankaloittaa suunnittelu prosessia (Peltonen 2003, s.9). Kuva 2.8 havainnollistaa ongelmia, joita suuri nimikkeiden määrä tuo PDM-järjestelmään.



Kuva 2.8 Nimikemäärän kasvaessa tulevat ongelmat (Sääksjärvi & Immonen 2002).

Sääksjärvi & Immonen (2002) määrittelevät seuraavat PDM-järjestelmien keskeisimmiksi ominaisuuksiksi:

1. Nimikkeiden hallinta – Järjestelmä hallitsee nimikkeen tietoja ja elinkaarta sekä kontrolloi yhdessä käyttöoikeuksien ja muutostenhallinnan kanssa nimikkeiden perustamiseen ja ylläpitoon liittyviä prosesseja
2. Tuoterakenteen hallinta ja ylläpito – Järjestelmä tunnistaa yksikäsitteisen tiedon ja sen yhteydet toisiin tietoihin tuoterakenteen avulla, joka muodostuu hierarkkisesti yhteen liitetyistä nimikkeistä.
3. Käyttöoikeuksien hallinta – Järjestelmän avulla määritellään organisaation jäsenten oikeudet koskien järjestelmän hallitsemaa tietoa. PDM määrittelee henkilöt, jotka saavat luoda uutta tietoa, tehdä muutoksia, tarkastaa ja hyväksyä tehdyt muutokset sekä henkilöt, jotka saavat vain katsella järjestelmän piirissä olevia tietoja tai dokumentteja.
4. Dokumenttien ja nimikkeiden tilan, statuksen, ylläpito – järjestelmä ylläpitää tietoa kunkin dokumentin ja nimikkeen tilasta ja versiosta ja tilaan tehdyistä muutoksista.
5. Tiedonhaku – yksi järjestelmien päätehtävistä on tehostaa ja helpottaa tiedon hakemista. Tällä pyritään tehostamaan jo olemassa olevaa tietoa. Voidaan tuoda helposti nimikkeisiin liittyvät tiedot, sekä tietojen liittyminen toisiin tietoihin.

6. Muutosten hallinta – Hallinnoidaan tuotteisiin tehtyjä muutoksia ja saadaan viimeisin tieto oikeaan aikaan oikeaan paikkaan.
7. Konfiguraation hallinta – Esimerkiksi asiakkaan toiveiden mukaan tehty tuoterakenteen variointi.
8. Viestien hallinta – Mahdollistaa viestien hallinnan tehostamisen organisaatiossa.
9. Tiedostojen/dokumenttien hallinta sisältää indeksitietoa järjestelmän sisältämistä tiedostoista. Toisin sanoen metatieto – tieto siitä, mikä tieto sijaitsee missäkin.
10. Tiedon katoamisen esto päivitysten aikana.
11. Varmuuskopioiden hallinta järjestelmässä.
12. Lokikirjanpito tehdyistä toimenpiteistä tietokantaan.
13. Tietoholvi – (esim. tiedostopalvelin) tiedostojen tallennuspaikka.

2.3 Tuotetieto ja sen hallinta

Tuotetiedolla tarkoitetaan kaikkia tuotteisiin liittyviä tietoja. Näitä ovat esimerkiksi taulukossa 2.1 olevat tiedot. Yleensä kuitenkin puhuttaessa tuotetiedon hallinnasta tuotetiedolla tarkoitetaan tuotteeseen liittyviä teknisiä tietoja. PDM-järjestelmät ovat kykeneviä tallentamaan tarvittaessa kaikkea tuotetietoa, mutta PDM-järjestelmien kehitys ja sen tarve on lähtöisin tuotesuunnittelusta. Suunnittelu- ja tuotekehitysosa-alueella nämä tiedot eivät ole ensisijaisen tärkeitä (Peltonen 2002).

Taulukko 2.1 Tuotteisiin liittyviä tietoja (Peltonen 2002, s.10).

Piirustukset	Tilaukset
3D-mallit	Toimitetut tuotteet
Esitteet	Tuoterakenteet
Hinnastot	Osaluettelot
Valmistusohjeet	NC-ohjelmat
Testaustulokset	Sulautetut ohjelmistot

Tuotteeseen ja sen prosesseihin liittyvän tiedon tallennus hyödynnettävään muotoon on tärkeä ja haastava tehtävä. Tuotetietoa tallennetaan koko tuotteen elinkaaren ajan (kuva 2.9). Jos tuotetta koskevat ja tuotetietoon vaikuttavat päätökset

eivät siirry suoraan malliin, ajan tasalla olevaa tietoa ei ole käytettävissä prosessin jatkon aikana. Tuotetietämyksen saamiseksi käytettävään muotoon ja hyväksikäytettäväksi on kysyttävä Laakon (1997) mukaan seuraavat kysymykset:

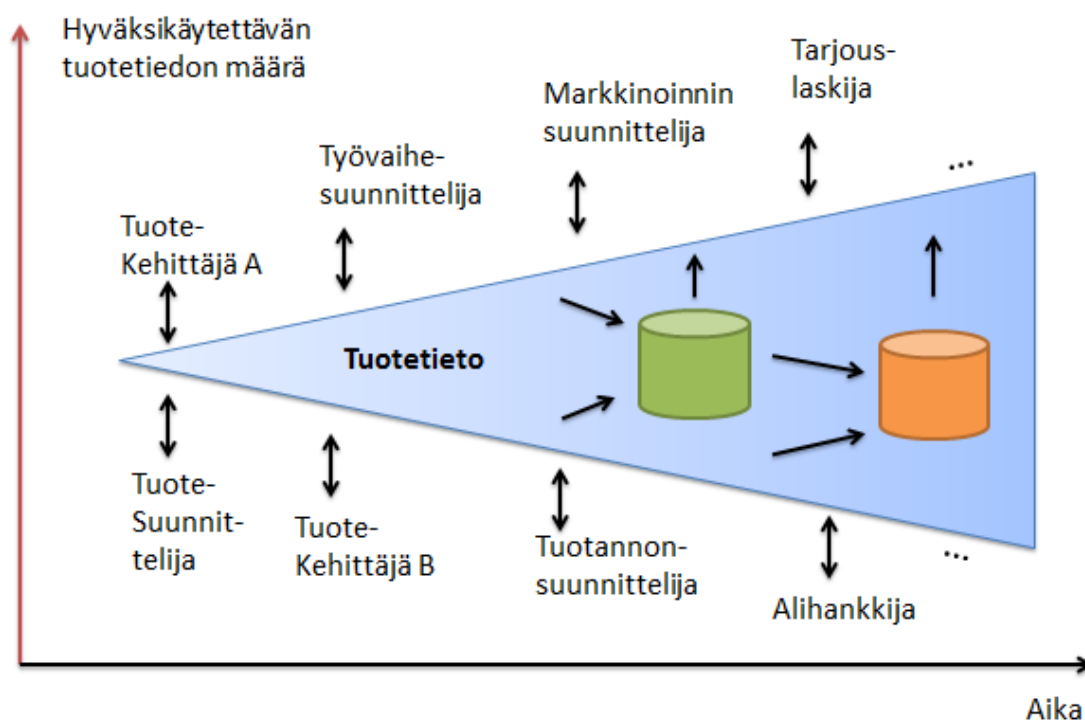
- Minkälaista tuotetietoa prosessiin liittyy ja missä tieto sijaitsee?
- Kuinka tuotetietämys saadaan poimituksi alkuperäisistä lähteistä (dokumenteista, henkilöiltä, erimuotoisen tiedon joukosta)?
- Kuinka tieto saadaan tehokkaasti välitettyä tarvitsijoilleen?
- Kuinka tiedon käytettävyyttä ja uudelleenkäyttöä voi optimoida?

Tuotetieto voidaan kuitenkin jakaa kolmeen ryhmään: tuotteen määrittely- ja elinkaaritietoon sekä tuotetietoa kuvaavaan metatietoon.

Tuotteen määrittelytiedot – määrittelevät valmistettavan tuotteen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet. Ne kuvaavat tuotteen tarkkoja teknisiä tietoja.

Tuotteen elinkaaritiedot – kertovat mitä tapahtumia tuotteelle on tehty sen elinkaaren aikana tuotteen suunnittelusta aina sen romuttamiseen asti. Yksittäinen tapahtuma voi olla vaikka huoltotoimenpide.

Metatieto – on tietoa tiedosta. Se kertoo missä muodossa tieto on, mistä se löytyy sekä kuka sen on tallentanut ja milloin.



Kuva 2.9 Tuotetiedon kulku, kerääminen ja hyväksikäyttö (Laakko 1997).

2.3.1 Nimikkeistö & attribuutit

Tuotetieto tallennetaan nimikkeeseen (engl. item). Nimike on systemaattinen ja standardi tapa identifioida, koodata ja nimetä fyysinen tuote, tuotteen osa tai komponentti, materiaali tai palvelu (Sääksjärvi & Immonen 2002). Peltonen (2002) määrittelee nimikkeen seuraavanlaisesti: ”Nimike voi olla komponentti, dokumentti tai työvaihe.”

Nimikkeen koodi on yleensä jono kirjaimia ja numeroita, jotka ovat yksilöllisiä jokaiselle nimikkeelle. Nimikkeistö vaihtelee yrityksittäin, mutta yrityksen sisällä nimikkeistön tulisi olla yhtenäinen. Standardoitu nimikkeistö selkeyttää toimintatapoja ja poistaa epäselvyyksiä nimikettä luotaessa. On tärkeää luoda nimikkeistö hyvin ja päivittää sitä tarpeiden mukaan epäselvyyksien välttämiseksi. Globaaleilla suurilla yrityksillä nimikkeille löytyy vastaavuudet useista eri kielivaihtoehdoista (Sääksjärvi & Immonen 2002; Peltonen 2002).

Attribuutilla tarkoitetaan tietoja, jotka määrittelevät nimikettä ja sen suhdetta muihin nimikkeisiin. Osa nimikkeelle annettavista attribuuteista on itse määriteltäviä, kuten esimerkiksi tunniste ja kuvaus. Attribuuteilla on kuitenkin nimikkeestä ja sen laadusta riippumattomia attribuutteja kuten luontipäivämäärä (Peltonen 2002). Erilaisten attribuuttien määrittäminen nimikkeille antaa mahdollisuuden ohjata nimikkeitä usealla eri tasolla. PDM-järjestelmällä hallinnoidaan attribuuttiohjauksen ansiosta esimerkiksi nimikkeiden varaosakäyttötymisessä. Siirrettäessä nimikkeet muihin järjestelmiin nämä voidaan ohjelmoida lukemaan haluttuja attribuutteja nimikkeestä. Peltonen (2002) kutsuu kirjassaan näitä tietoja attribuuteiksi. Sääksjärvi ja Immonen (2002) kutsuvat näitä tietoja metatiedoiksi.

2.3.2 Tuoterakenne – BOM

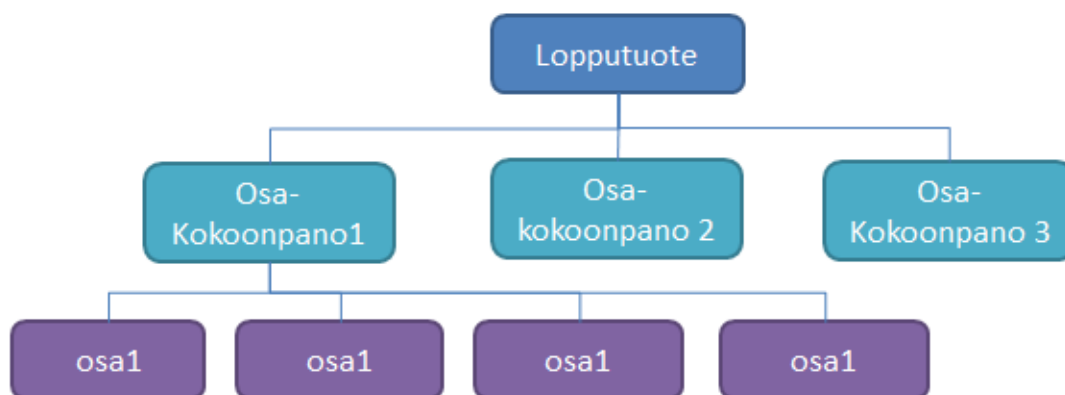
Tuotetietoihin liittyy vahvasti tuoterakenne, josta käytetään englanninkielistä nimitystä BOM (Bill Of Materials). Osaluettelo listaa kaikki valmiiseen tuotteeseen tarvittavat komponentit. BOM:ssa löytyy myös näiden kaikkien hierarkkinen rakenne valmiissa laitteessa (Sääksjärvi & Immonen 2002). Tuoterakenne voi sisältää fyysisten komponenttien lisäksi myös työvaiheita, palveluita ja viittauksia nimikkeisiin, jotka eivät varsinaisesti ole tuotteen osia. Tällaisia nimikkeitä voivat olla esimerkiksi asennus- ja testausohjeet. Tuoterakenteisiin ei yleisesti lisätä tuotannon lisäaineita, kuten päällysteitä, maaleja, hitsauslankoja, pakkauksia, liimoja, voiteluaineita ja kemikaaleja. Näitä nimikkeitä hallitaan esimerkiksi tuotantoprosesseihin liittyvän ohjelmiston avulla (Peltonen 2002).

Tuoterakenteen olisi hyvä perustua yhtenäiseen logiikkaan. Tuoterakenne tulisi muodostaa ”aitojen osakokoonpanojen” avulla. Tuoterakenne voi sisältää myös välinimikkeitä, joiden tarkoitus on ainoastaan jakaa kokoonpanoa työvaiheisiin. Tätä tulisi kuitenkin välttää. On parempi jättää kokoonpanon pilkkominen vaiheisiin toiminnanohjausjärjestelmille (ERP). ERP-järjestelmissä on tätä varten oma toiminnallisuutensa, jonka avulla tuotteen komponentit ryhmitellään työvaiheiden

mukaisesti. PDM-järjestelmän tuoterakenteessa ei pidäkään kuvata yksityiskohtaisella tasolla työvaiheita. Aidoilla osakokoonpanoilla on seuraavat ominaisuudet (Peltonen 2002):

- Osakokoonpanoa voidaan käyttää sellaisenaan ilman muutoksia ja purkamista osana erilaisissa kokoonpanoissa.
- Osakokoonpano on helposti käsiteltävä fyysinen kokonaisuus, joka ei sisällä irrallisia osia.
- Osakokoonpano voi olla toiminnallinen moduuli.
- Osakokoonpanoja voidaan valmistaa ja varastoida itsenäisesti erillään ylempään tason kokoonpanoprosesseista.
- Osakokoonpano voidaan kiinnittää helposti isompiin kokoonpanoihin.
- Osakokoonpano soveltuu alihankintaan.

Tuoterakennetta voidaan katsoa myös eri näkökulmista, kuten tuotannon tai suunnittelun näkökulmasta. Tuoterakenteen tulisi perustua yhtenäiseen logiikkaan, joka vaikuttaa siihen miten tuote jaetaan. Tämän avulla pystytään määrittämään, mitkä nimikkeet eivät enää koostu pienemmistä osista. PDM-järjestelmä kykenee tunnistamaan erilaiset nimikkeet ja näyttää nimikkeiden suhteen toisiinsa nähden. PDM-järjestelmän ollessa integroitu CAD-järjestelmään rakennetta voidaan hallita molemmilla ohjelmilla integraation ollessa kaksisuuntainen. BOM:in hierarkkisuu den avulla on helppo luoda havainnollisia tapoja kuvata rakennetta (Peltonen 2002; Sääksjärvi & Immonen 2002). Kuvassa 2.10 on esimerkki tuoterakenteen hierarkiasta.

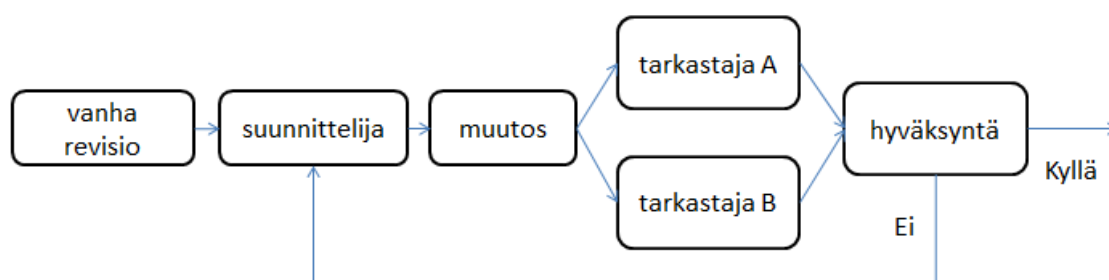


Kuva 2.10 Tuoterakenne esitettyinä tuoterakennepuuna (Laakko 1997).

2.3.3 Nimikkeiden hallinta

PDM – järjestelmä hallitsee tiedostojen tilaa. Tiedostojen editoija ilmoittaa järjestelmälle tekevänsä työtä tietyn nimikkeen parissa. Hän kuittaa tiedostopalvelimella sijaitsevan tiedoston ulos päivittämistä varten. Tämä onnistuu, jos käyttäjällä on oikeudet muuttaa tiedostoa. Tästä toiminnosta käytetään yleisesti nimeä check-out. Tämän jälkeen käyttäjä pystyy tekemään haluamansa päivitykset nimikkeelle. Päivitys voi koskea esimerkiksi nimikkeen 3D-mallia tai attribuuttitietoja. Tehtyjen muutosten jälkeen nimike kuitataan takaisin sisään ja tiedosto palautuu tiedostopalvelimelle. Tätä toimintoa kutsutaan check-in- toiminnoksi. Tämän toiminnon avulla useat eri käyttäjät eivät voi muokata tiedostoa samaan aikaan (Sääksjärvi & Immonen 2002).

Tehtyään nimikkeen mielestään valmiiksi suunnittelija lähettää nimikkeen työkiertoon (engl. workflow). Työkierto tarkoittaa prosessia, jossa suunniteltu nimike lähetetään tarkastettavaksi määrätyille henkilölle. Tarkastettavaksi voidaan valita useita henkilöitä, joiden tulee hyväksyä suunniteltu nimike. Työkierto voidaan useimmiten toteuttaa myös isompina kokonaisuuksina, jolloin jokaista nimikettä ei tarvitse lähettää erikseen työkiertoon. Peltonen (2002) kuvaa työkierron vaiheita sarjana peräkkäisiä vaiheita kuvassa 2.11. Nämä vaiheet läpäistyään nimike on hyväksytty.



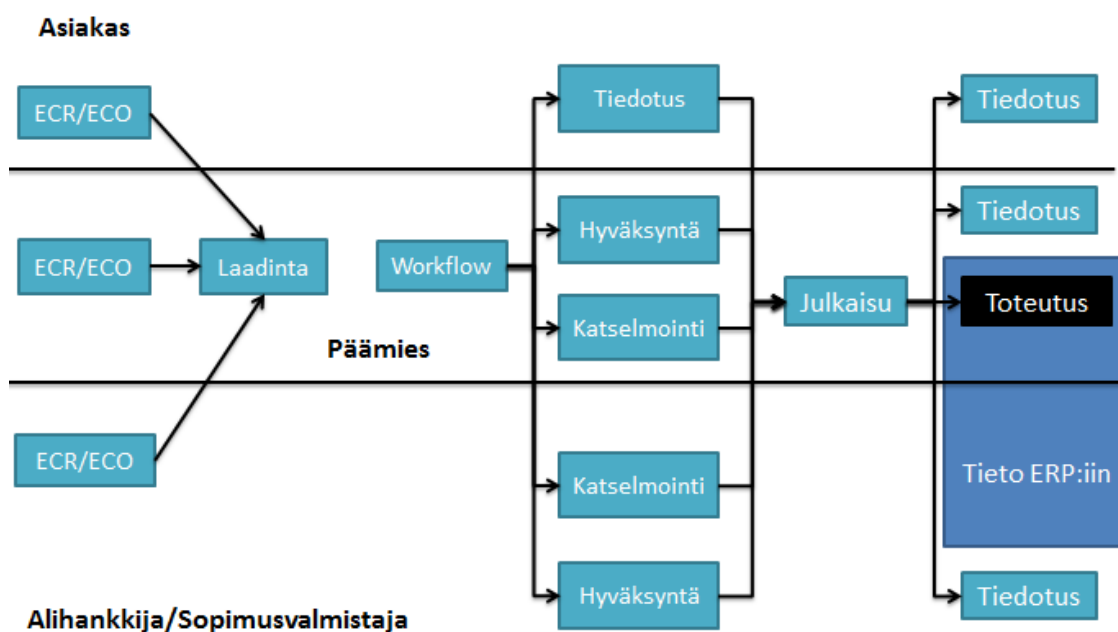
Kuva 2.11 Työkierron vaiheet (Peltonen 2002).

Nimikkeiden määrän kasvaessa suureksi on vaikea muistaa kaikkia tehtyjä muutoksia. Hyväksytty nimike on released-tilassa, jolloin siihen ei voida tehdä enää muutoksia check-out- toimintoa käyttäen. PDM- järjestelmissä on tätä varten oma työkalu. Dokumenttien, nimikkeiden ja rakenteiden muutosten hallinta (engl. Change Management) voidaan toteuttaa keskitetysti PDM-järjestelmän avulla. PDM-järjestelmän avulla muutosprosesseihin saadaan hyvä hallittavuus. Muutokset saadaan myös näkymään niissä organisaation osissa, jotka tarvitsevat tietoa tuotteessa tapahtuneista muutoksista. Muutostenhallinta työkalu mahdollistaa seuraavat asiat (Sääksjärvi & Immonen 2002):

- Hallitut muutokset
- Tiedottaminen tehdyistä ja työn alla olevista muutoksista
- Muutosprosessien sähköistäminen, virtaviivaistaminen ja nopeuttaminen

- Ajoitetut muutokset jo jakelussa ja käytössä oleviin nimikkeisiin.

Muutosprosessi käynnistyy tehtäessä ECR (engl. Engineering Change Request, ECR) eli muutospyyntö. ECR voidaan jättää tekemättä ja siirtyä tekemään suoraan ECO (engl. Engineering Change Order, ECO). ECR määrittelee muutoksen kohteen: nimikkeen, kokoonpanot tai dokumentit, joita muutos koskee, syyn muutokseen ja muutoksen luonteen. Kun on selvitetty, millaisia muutoksia tuotteeseen tullaan tekemään, muutoksista vastaavat henkilöt tekevät ECO:n. Yksi muutospyyntö voi sisältää useita nimikkeitä. Työn kulku ja muutosten tekeminen on havainnollistettu kuvassa 2.12 (Sääksjärvi & Immonen 2002).



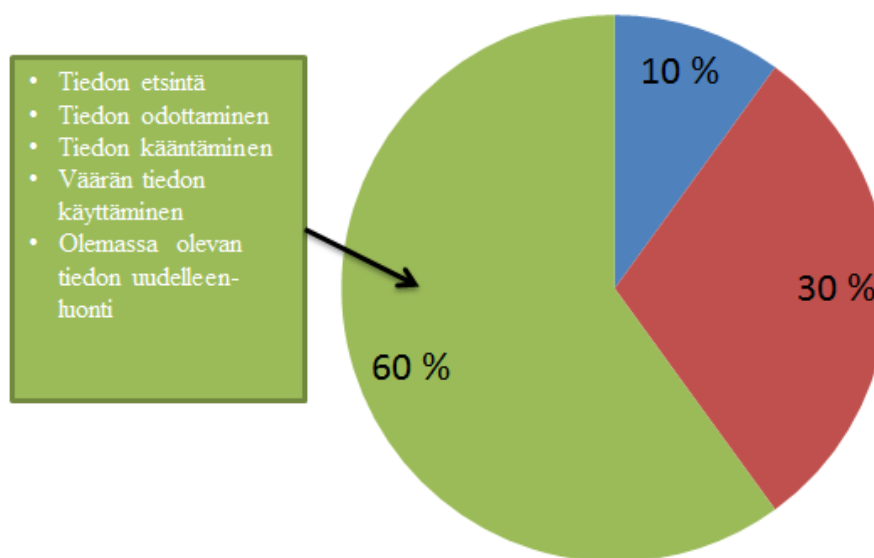
Kuva 2.12 Muutosprosessi (Sääksjärvi & Immonen 2002).

2.4 Suunnittelijan ajankäyttö ja tiedonhallintajärjestelmien integrointi ajankäytön tehostamiseksi

Suuri osa suunnittelijan työajasta kuluu erilaisten järjestelmien käyttämiseen ja tietojen etsintään. Coopers & Lybrandin (1994) tekemässä tutkimuksesta käy ilmi, että insinöörin ajankäytöstä 30 % kuluu tietojen etsimiseen, jakeluun ja ylläpitoon sekä 20 % sellaisen tiedon käsittelyyn mikä on jo tehty. Vuonna 2005 julkaistussa teoksessaan Amer & Dutta (2005) esittävät, miten ajankäyttö jakautuu tiedon käyttämisen ja luomisen arvoketjussa (kuva 2.14).

Tiedon käyttämisen ja luomisen jakautuminen

- Tuotetaan lisäarvoa
- Ei tuoteta lisäarvoa, mutta tehdään välttämätöntä työtä
- Hukkaan menevä aika



Kuva 2.14 Ajankäytön jakautuminen (Ameri & Dutta 2005, s. 583).

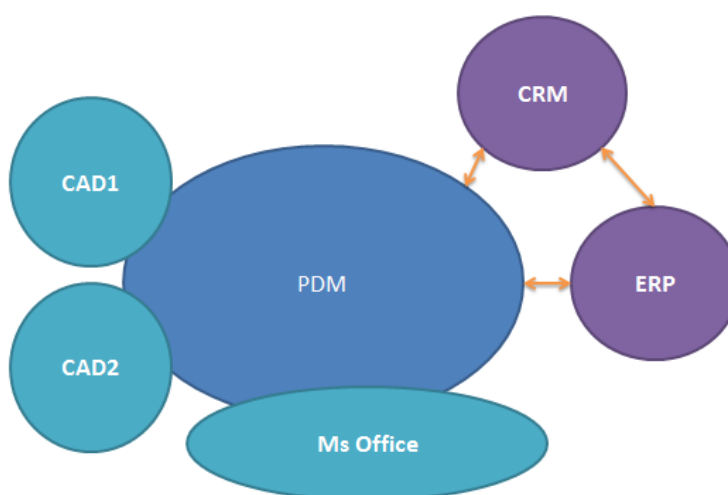
Kommunikaation parantaminen tuo mukanaan paljon välillisiä hyötyjä. Toiminnan laatua, tehokkuutta ja nopeutta voidaan parantaa huomattavasti, kun tehostetaan kommunikaatiota, vähennetään virheellisen tiedon määrää ja tästä aiheutuvia suunnitteluvirheitä. Tiedonhaku on PDM-järjestelmän yksi tärkeimmistä ominaisuuksista. Sääksjärvi & Immosen (2002) mukaan rutiininomaisiin hakutoimenpiteisiin kuluu 15–40 % työajasta. Tiedon löytäminen on hyvin pitkälti kiinni attribuuttien määrittelytarkkuudesta. Toisin sanoen hyvin määritellyt nimikkeet on helpompi löytää.

Työtunnit, jotka hukataan järjestelmien käyttöön ja tiedon hallintaan, inspiroivat yrityksiä parantamaan IT-infrastruktuuriaan. Tulevaisuudessa yritysten pyrkimys on päästä yhteen tietokantaan, johon tallennetaan kaikki yrityksessä käytettävä tieto. Tietokantaa pystyvät hyödyntämään kaikki yrityksen osastot. Tämä tarkoittaa rajojen hämärtyvän PDM- ja ERP- järjestelmien välillä. Siirtyminen yhteen isoon tietokantaan nostaa tietokannan kompleksisuutta ja tiedon määrää niin suureksi, että se voi tulla mahdottomaksi hallita (Peltonen 2002).

Kaupalliset PDM-järjestelmät ovat kehittyneet tuotekehityksen yhteydessä. Tuotekehityksessä PDM-järjestelmiä on tarvittu ennen kaikkea CAD-ohjelmien piirustusten ja 3D-mallien hallintaan. PDM-järjestelmä hallitsee tietoa, jota tuotetaan CAD-ohjelmistolla. Itsessään PDM-järjestelmällä ei mallinneta mitään.

Yksinkertaisimmillaan PDM-järjestelmään tuodaan CAD-ohjelmistoilla luodut tiedostot. Nykyisin PDM- ja CAD-ohjelmistojen välillä on suora yhteys ja PDM-järjestelmä tallentaa syntyvät dokumentaatiot PDM-järjestelmään. Tämän integraation ansiosta nimikkeistöä ja niiden rakenteita voidaan hallita CAD-ohjelmiston avulla. Integraation avulla pystytään luomaan, poistamaan ja muokkaamaan nimikkeistöä. Tämä tarkoittaa, että suunnittelijan ei välttämättä tarvitse käyttää erillistä PDM-käyttöliittymää hallitakseen nimikkeitä (Sääksjärvi & Immonen 2002).

PDM-järjestelmän on tarkoitus selkeyttää nimikkeiden hallintaa ja samalla tuoda uudenlaisia ominaisuuksia. PDM-järjestelmä täydentää ja tukee jo olemassa olevaa IT-infrastruktuuria. Järjestelmiä ollessa useita roolijako on kuitenkin mietittävä tarkkaan ennen ohjelmien käyttöönottoa. Kuvassa 2.13 on esimerkki PDM-järjestelmän integroinnista muihin järjestelmiin (Sääksjärvi & Immonen 2002).



Kuva 2.13 Esimerkki PDM-järjestelmän integroinneista muihin järjestelmiin (Sääksjärvi & Immonen 2002, s.62).

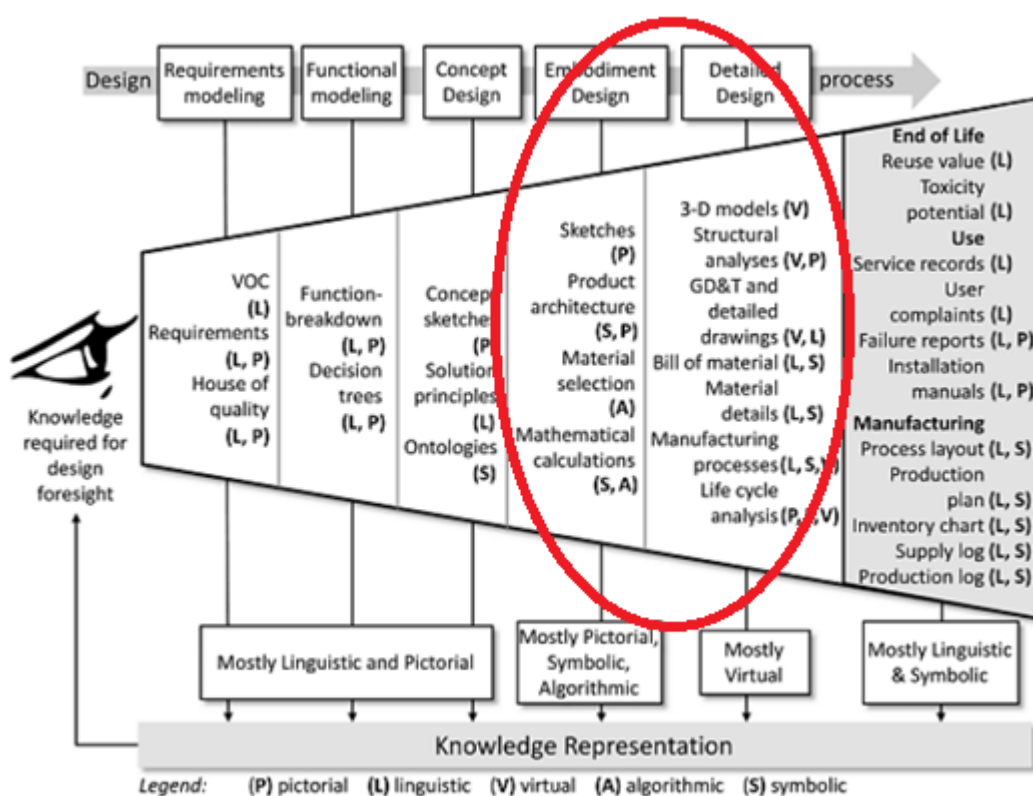
Vainio (2011) havaitsi järjestelmien integroituvuuden merkityksen kasvaneen. Käyttäjät eivät ole halukkaita muuttamaan toimintatapojaan, joten yritykset jatkavat vanhojen järjestelmien käyttöä uusien rinnalla. Uusi järjestelmä täytyy kuitenkin muokata toimimaan vanhojen järjestelmien kanssa ja se voi johtaa monimutkaiseen integraatioarkkitehtuuriin. Siirtyminen yhteen käytössä olevaan järjestelmään poistaisi integraation tuomat ongelmat. Yritysten trendinä onkin ohjelmien toimintojen keskittäminen yhteen käytävään ohjelmaan.

3 KONSEPTIN KEHITTÄMISSPROSESSI CASE-PROJEKTISSA

Tässä luvussa tarkastellaan suunnitteluprosessin käytäntöjä ja toimintatapoja kohdeyrityksen case-projektissa. Määritellään konsepti sekä valmis tuotedokumentin kohdeyrityksessä. Näiden avulla pystytään rajamaan tarkasteltava alue. Tarkasteltavan alueen sisälle luodaan vaiheet, joissa konseptiin tuodaan lisää informaatiota. Vaiheet on määritelty teoriaan, kohdeyrityksen työohjeiden sekä case-projektin havaintojen perusteella.

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Tuotekehitys on laaja kokonaisuus ja sitä voidaan lähestyä useasta eri näkökulmasta. Tämän diplomityön kannalta tärkeimpiä vaiheita olivat heti konseptin kehittämisen jälkeen tulevat työvaiheet. Näiden vaiheiden sijoittuminen suunnitteluprosessissa on esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1 Tuotekehitysprosessi ja siihen liittyvät tiedot (Chandrasegaran, Ramani et al 2013).

3.1.1 Konseptivariaatiot

Jotta voitaisiin tarkastella konseptin kehittymistä kohdeyrityksessä tarkemmin, on määriteltävä konsepti kohdeyrityksessä. Projektissa esiintyneet konseptit pystyttiin määrittelemään jollain seuraavista tavoista:

- Konsepti saattoi olla ajatuksen tasolla selitetty idea, joka piirrettiin muistilapulle. Osien tarkempia dimensioita, materiaalia tai toimittajia ei ollut määritelty.
- Konsepti oli hahmoteltu paperille, mutta se oli kuitenkin jo toimiva kokonaisuus. Sille oli määritelty dimensiot sekä materiaalit ja toimittajat.
- Konsepti oli valmiiksi mallinnettu rakenteen kanssa CAD-ohjelmistolla, joka oli yhteydessä PDM-järjestelmään.
- Konsepti oli tehty valmiiksi CAD-ohjelmistolla, joka ei ollut yhteydessä PDM-järjestelmään. Tehtäväksi jäi siirtää luonnos PDM-järjestelmään ja täyttää tuotetiedot.

3.1.2 Tuotantovalmis dokumentti

Tuotantovalmis dokumentti tarkoittaa tilannetta, jossa nimike on valmis siirrettäväksi eteenpäin ERP-järjestelmään. Tässä vaiheessa nimikkeestä tulee löytyä kaikki tarvittava tieto, jonka avulla tuotanto ja jälkimarkkinointi osaavat tuottaa halutunlaisen osan tai kokoonpanon. Mekaanisen toteutuksen lisäksi kohdeyrityksessä käytettävä PDM-järjestelmä asettaa omat vaatimuksensa nimikkeelle. Nimike on valmis, kun nimikkeen tiedoista löytyvät seuraavat pakolliset tiedot:

- nimikkeen BG-numero (koodi)
- nimikkeen nimi
- varaosa-attribuutit
- rakenne (view / engineering-view)
- ISO-luokka
- traced item-attribuuttitieto.

Nimikkeen käyttämisen ja toimivuuden kannalta seuraavat tiedot ovat välttämättömiä, mutta ne eivät ole PDM-järjestelmän kannalta pakollisia.

- 3D-malli
- 2D-tyokuva
- DXF

- tuotekuvaus
- nimikkeen ollessa osto-osa tarvitaan valmistajan yhteystiedot sekä osan tilauskoodi.

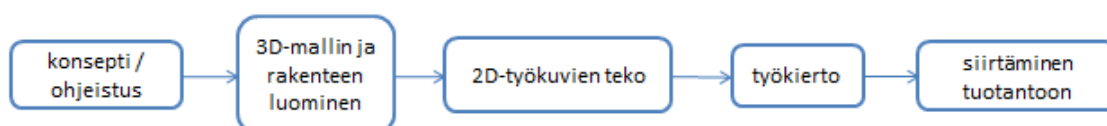
The screenshot displays a PDM system interface. On the left, a tree view shows a hierarchy of assemblies. The assembly 'BG00241997/C;1-Bumper, Mounting' is highlighted and circled in red. On the right, the 'Overview' tab shows detailed information for this assembly. Several fields are circled in red: 'Description: Assembly', 'Spare Part Indicator: Not spare part', 'Spare Part Description: Bumper installation', 'Design Ownership: Own', 'Spare Part Document: Y', and 'Traced Item: Not traced'.

Kuva 3.2 Nimikkeen tiedot kohdeyrityksen PDM-järjestelmässä.

PDM-järjestelmä ei ota kantaa tiedon sisältöön vaan sen tarkistaminen jää suunnittelijan vastuulle. Kuvassa 3.2 esitellään tuotantovalmiin dokumentin attribuuttitietoja. Ympyröidyt kohdat ovat esimerkki edellä mainituista tiedoista PDM-järjestelmän käyttöliittymän näkyvässä.

3.2 Prosessin vaiheet konseptista tuotantovalmiiksi nimikkeeksi

Teorian ja case-projektissa tehtyjen havaintojen perusteella konseptin kehittämisen jälkeiset vaiheet jaetaan kuvan 3.3 esittämällä tavalla. Konseptin kehittämisessä on selkeästi havaittavissa nämä viisi vaihetta. Tulevissa luvuissa käsitellään yksityiskohtaisemmin jokainen vaihe ja siinä lisättävä informaatio.



Kuva 3.3 Suunnitteluprosessin kehittäminen konseptista tuotantovalmiiksi nimikkeeksi.

3.2.1 Konseptin esitleminen

Prosessi alkaa konseptin esittelemisellä. Konseptia kehitettäessä suunnittelijoilla on käytössä rajoitetusti aikaa sekä informaatiota vaadittavista ominaisuuksista. Tietoa vaatimuksista ei aina ole saatavissa, joten konsepti on kehitettävä parhaan oletuksen mukaan.

Esimerkkejä vaatimuksista:

- materiaali
- dimensiot, joihin toimilaitteen olisi mahduttava
- toimintamekanismi
- tuotannossa käytettävän nimikkeen uudelleenhyödyntäminen
- ergonomia
- hinta
- materiaalin saatavuus
- asennusjärjestys
- ulkoasu
- muotoilu.

Suunnittelijan kehitettyä toimivan konseptin se esitellään mallinnustiimille. Tehtävänanto tapahtuu paperilla tai PDM-järjestelmästä erillään olevaa CAD-ohjelmistoa hyväksikäyttäen. Prosessin ensimmäinen vaihe on erityisen tärkeä, koska mallintaja alkaa kehittää suunnittelijan luomaa konseptia. Väärinymmärrys saattaa johtaa kymmenien työtuntien menetykseen turhan työn muodossa. Useasti konsepti ei ole valmis ja muutoksia vaatimuksissa tapahtuu koko mallinnusprosessin ajan. Tämän johdosta suunnittelijan ja mallintajan yhteistyö korostuu. Suunnittelijan sekä mallintajan on tärkeää pysyä ajan tasalla viimeisistä halutuista vaatimuksista valmiiseen nimikkeeseen. Kuvassa 3.4 tarkastellaan työtehtävien jakautumista suunnittelijan ja mallintajan välille prosessin ensimmäisessä vaiheessa.

Suunnittelijan tekemä työ



Mallintajan tekemä työ

Kuva 3.4 Työtehtävien jakautuminen prosessin ensimmäisessä vaiheessa.

3.2.2 3D-mallin ja rakenteen luominen

Prosessin toinen vaihe muodostuu nimikkeiden, 3D-mallin ja rakenteen luomisesta. Vaihe tapahtuu PDM- ja CAD-järjestelmää hyödyntäen. Laitteen rakenne on luotu siten, että jokaisen moduulin ylin taso on installaatiotasoa. Installaatiotasolla näytetään, miten kyseinen moduuli kiinnitetään laitteeseen. Installaatiotason alapuolella on moduulin varustelutaso. Varustelutasolla moduuliin lisätään kaikki kiinnitettävät toimilaitteet ja niiden tarvitsemat kiinnitysosat. Varustelutason alapuolella saattaa olla vielä useita hitsauskokoontajia, koneistuskokoontajia tai alikokoontajia (kuva 3.5).

BG00241997/C;1-Bumper, Mounting (View) - Latest Working - Date - "Now"						
BOM Line	Quantity	Item ...	Rule config...	Item Rev ...	Find No.	ISO Class Tampere
BG00241997/C;1-Bumper, Mounting (View)		Item		Engineeri...		95.100.50
BG00227072/E;1-Bumper (View) x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 1		95.100.70
BG00257803/D;1-Welding (View) x 1	1.00	Item	Has Status (...)	Engineeri... 1		95.100.60
BG00257762/A;1-Plate x 6	6	Item	Has Status (...)	Engineeri... 1		95.100.60
BG00241910/D;1-Plate x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 2		95.100.60
BG00257843/A;1-Plate x 2	2	Item	Has Status (...)	Engineeri... 3		95.100.60
55025932/@;Nut, Hexagon (EngineeringView) x 7	7	Item	Has Status (...)	Released 6		21.060.20.10
BG00245725/A;2-Plate x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 2		95.100.60
BG00239940/C;1-Plate x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 3		95.100.60
BG00239351/B;2-Plate x 2	2	Item	Has Status (...)	Engineeri... 4		95.100.60
BG00245781/A;2-Plate x 2	2	Item	Has Status (...)	Engineeri... 5		95.100.60
BG00245077/B;1-Plate x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 6		95.100.60
BG00245784/B;1-Plate x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 7		95.100.60
BG00241943/B;1-Plate x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 8		95.100.60
55063477/@;Nut, Hexagon (EngineeringView) x 8	8	Item	Has Status (...)	Released 10		21.060.20.10
BG00245505/B;1-Cover (View) x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 12		95.100.60
BG00243367/A;5-Light, Led (View) x 4	4	Item	Has Status (...)	Engineeri... 5		95.100.60
BG00259591/D;1-Cover (View) x 1	1.00	Item	Has Status (...)	Engineeri... 8		95.100.70
BG00259452/C;1-Plate x 1	1.00	Item	Has Status (...)	Engineeri... 1		95.100.60
BG00259620/D;1-Plate x 1	1.00	Item	Has Status (...)	Engineeri... 2		95.100.60
BG00257774/B;1-Plate x 2	2	Item	Has Status (...)	Engineeri... 9		95.100.50
55016975/A;2-Horn (EngineeringView) x 1	1	Item	Has Status (...)	Released 11		29.120.40
85081179/@;Hexagon socket countersunk head screw (full thread) (EngineeringView) x 14	14	Item	Has Status (...)	Released 12		21.060.10.20
BG00245416/A;3-Button, Emergency Stop (View) x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 18		95.100.50
80177329/@;2-Nut, Lock (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 1		21.060.20.40
BG00245768/A;2-Plate (EngineeringView) x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 2		95.100.50
55044336/@;Washer, Lock, Double (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 3		21.060.30.99
80091579/@;2-Slotted pan head screw (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 4		21.060.10.50
55086102/A;1-Electric lay-out drawing (View) x 1	1	Item	Has Status (...)	Released 5		95.100.40
BG00273324/B;3-Harness, Wiring (View) x 1	1	Item	Has Status (...)	Engineeri... 100		95.100.60
85871939/@;2-Hexagon head screw (full thread) (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 141		21.060.10.10
80049509/@;Hexagon head bolt (half thread) (EngineeringView) x 8	8	Item	Has Status (...)	Released 288		21.060.10.10
80177459/@;Nut, Lock (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 504		21.060.20.40
85323979/@;Washer, Lock, Double (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 550		21.060.30.99
55016042/@;2-Washer, Lock, Double (EngineeringView) x 4	4	Item	Has Status (...)	Released 561		21.060.30.99
55013061/@;1-Washer, Lock, Double (EngineeringView) x 8	8	Item	Has Status (...)	Released 564		21.060.30.99

Kuva 3.5 Takapuskurin tuoterakenne kehitettävästä laitteesta.

Mallin luominen aloitetaan ottamalla BG-koodit installaatio- ja varustelutasolle. Kokoontajan mallintaminen aloitetaan hitsauskokoontajien yksittäisistä osista. Kun hitsauskokoontaja on saatu valmiiksi, siirrytään tarvittaessa koneistustasolle. Koneistus ja hitsaustasot on eritelty, jotta nämä työvaiheet voidaan hajauttaa eri toimittajille.

Uusia tuotteita luotaessa kannattaa ottaa huomioon, voiko jotain olemassa olevaa nimikettä hyödyntää kokoonpanon luomisessa. Valmiin, eli tuotannossa olevan, nimikkeen käyttäminen nopeuttaa mallin luomista, sillä sen voi ottaa suoraan käyttöön. Kohdeyrittäjällä ei ole käytössään virallista nimikekirjastoa. Kirjaston puutteesta johtuen yksittäisten nimikkeiden, kuten pultin tai tiivisteiden, etsiminen muodostuu työlääksi. Samoja osia on saatettu luoda useille eri BG-koodille. Kopioiden luominen on aiheuttanut lisätyötä ja aiheuttaa epäselvyyttä suunnittelussa sekä jälkimarkkinoinnissa.

Kirjaston puuttumisen ja epäselvien nimeämiskäytäntöjen takia uusien osien etsiminen on aikaa vievää. Kirjaston puuttuessa on monesti helpompi luoda uusi BG-koodi nimikkeelle. Uuden nimikkeen hyötynä on mahdollisuus räätälöidä nimike juuri omaan käyttöön sopivaksi.

Uudesta nimikkeestä riippuen sen tekemiseen kuluvan työn määrä vaihtelee merkittävästi. Luotavat nimikkeet voidaan jakaa kahteen kategoriaan: ostettavaan ja itse valmistettavaan osiin. Osto-osaa, kuten sylinteriä tai mutteria, ei valmisteta itse vaan se tilataan. Näille osille täytyy hankkia 3D-malli valmistajalta sekä tarvittavat attribuuttitiedot. Vaadittavia attribuuttitietoja ovat:

- Nimikkeen kuvaus. Nimikkeen kuvauksessa pyritään kuvaamaan tuote mahdollisimman tehokkaasti, muutamalla lauseella. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi pultin kokoa ja pituutta M5x25.
- Varaosa-strategia. Uuden nimikkeen luonnissa tulee myös ottaa huomioon sen rooli varaosana. Onko osa kuluva ja voiko sitä myydä varaosana? Onko nimike kokoonpano, josta täytyy tehdä kuva varaosaluetteloon, jonka alla näkyvät tarjolla olevat varaosat kokoonpanoon. Varaosalle täytyy myös kirjoittaa kuvaus.
- ISO-luokka. Nimikkeelle täytyy valita ISO-luokka. ISO-luokalla määritellään, siirtyykö osa ERP-järjestelmään. Kaikkien osien ei tarvitse siirtyä PDM-järjestelmästä eteenpäin. Tällaisia osia ovat esimerkiksi koneistettavan hitsauskokoonpanon osat. Kuvassa 3.6 nähdään esimerkki puskurin ISO-luokista.

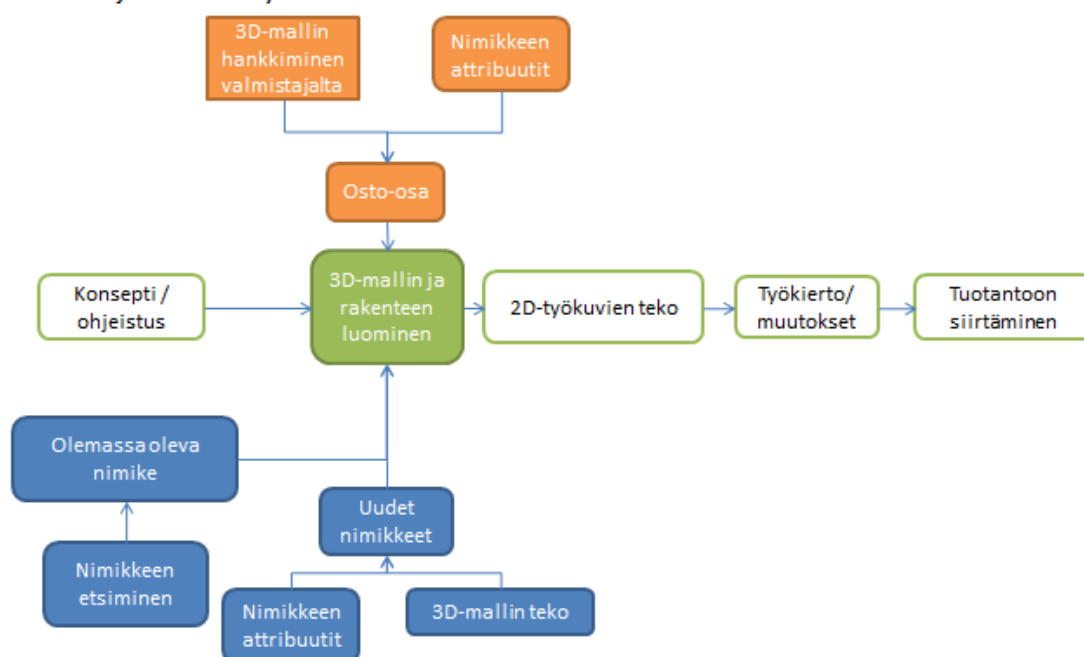
BG00241997/C;1-Bumper, Mounting (View) - Latest Working - Date - "Now"

BOM Line	Quantity	Item ...	Rule config...	Item Rev ...	Find No	ISO Class Tempere
BG00241997/C;1-Bumper, Mounting (View)		Item		Engineeri...		95.100.50
BG00227072/E;1-Bumper (View) x1	1	Item	Has Status(...	Engineeri... 1		95.100.70
BG00257803/D;1-Welding (View) x1	1.00	Item	Has Status(...	Engineeri... 1		95.100.60
BG00257762/A;1-Plate x6	6	Item	Has Status(...	Engineeri... 1		95.100.60
BG00241910/D;1-Plate x1	1	Item	Has Status(...	Engineeri... 2		95.100.60
BG00257843/A;1-Plate x2	2	Item	Has Status(...	Engineeri... 3		95.100.60

Kuva 3.6 ISO-luokan hierarkia kokoonpanossa.

Itse tuotettavaan nimikkeisiin tarvittava työmäärä on lähtökohtaisesti suurempi. Nimike on mallinnettava sekä suunniteltava itse. Mallinnettua osaa voidaan monistaa tai muokata mallinnohjelman käyttöliittymän tarjoamilla tavoilla. Käyttöliittymä tallentaa tehdyt toiminnot tehdyssä järjestyksessä. Tätä voidaan hyödyntää osaa muokatessa. Tämä onkin CAD-ohjelmistojen parhaita ominaisuuksia. Kappaleiden uudelleenmuokattavuus on helppoa. Ryhmiteltäessä osia kokoonpanoiksi tuodaan halutut mallit kokoonpanoon. Nämä sijoitetaan paikoilleen yksi kerrallaan. Kappaleet voidaan paikoittaa säännöillä toisiinsa nähden tai origoon. Mallien geometrian muuttuessa kokoonpano osaa reagoida näihin muutoksiin. Kuvassa 3.7 nähdään vaiheeseen tehtävän työn jakautuminen mallintajan, sekä suunnittelijan välillä.

Suunnittelijan tekemä työ



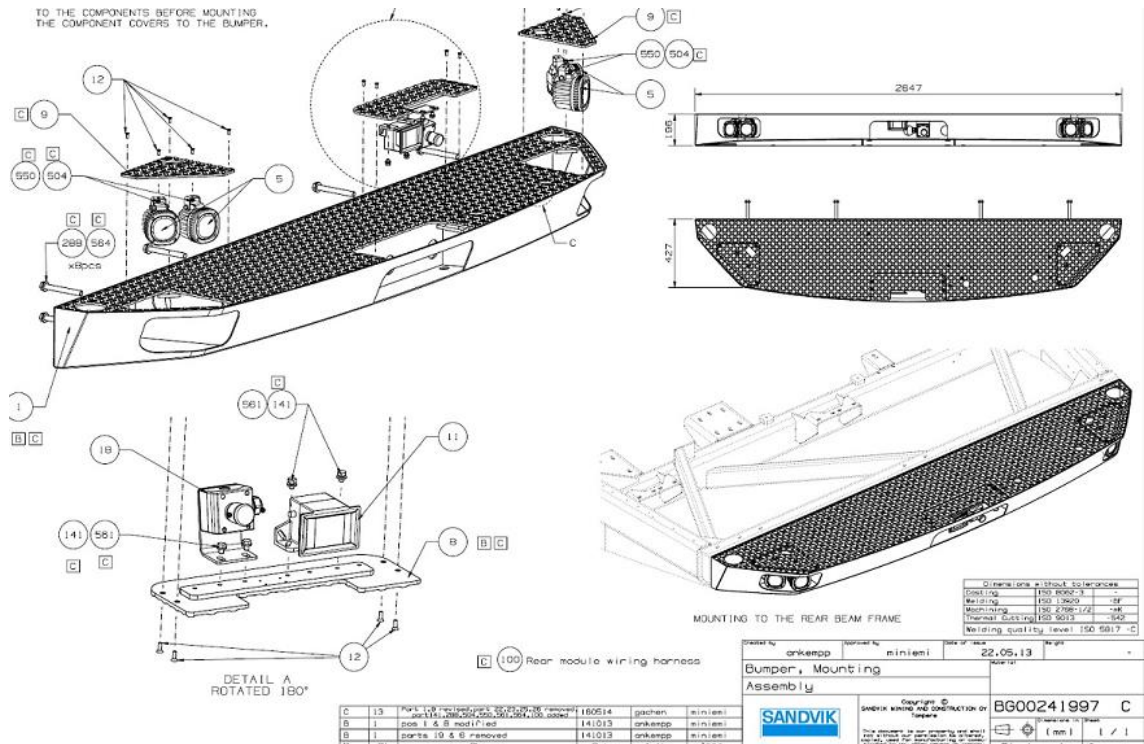
Mallintajan tekemä työ

Kuva 3.7 3D-mallin ja rakenteen työmäärän jakautuminen mallintajan ja suunnittelijan välillä.

3.2.3 2D-työkuvien valmistaminen

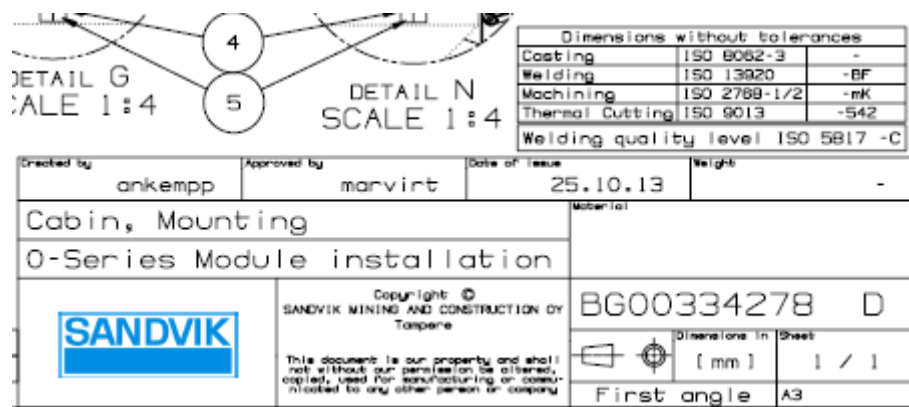
Suunnittelija ja mallintaja käyvät konseptin lävitse 3D-ympäristössä ennen siirtymistä työkuvien tekemiseen. Konseptin toimintojen ja käyttöympäristön hahmottaminen onnistuu paremmin 3D-maailmassa. Mahdolliset muutokset kokoonpanoon onnistuvat tässä vaiheessa helposti, koska osista ei ole tehty vielä 2D-työkuvia. Pienikin muutos kokoonpanon mitoissa saattaa tarkoittaa usean osan työkuvan sekä DXF- käyrän päivittämistä.

Työkuvan tekeminen aloitetaan valitsemalla kuvannot, joissa esitellään valmistuksen kannalta tarvittavat mitat sekä merkinnät. Kuvantojen valmistuttua täytetään otsikkokenttään tiedot materiaalista ja mahdollisista pintakäsittelyistä. Kohdeyrityksessä osaluetteloa ei liitetä varsinaiseen työkuvaan. Osaluettelo näytetään erillisenä listana. Työkuvien tekeminen aloitetaan yleensä yksittäisistä osista rakennepuun pohjalta. Aloittaminen yksittäisistä osista mahdollistaa näiden osien lähettämisen tuotantoon mahdollisimman nopeasti. Varustelu- ja kokoonpanokuvia ei välttämättä tarvita prototyypilaitetta kasattaessa. Näissä tapauksissa ohjeistus menee sanallisesti perille asentajille. Tuotantolaitteiden kohdalla tämä ei tietenkään ole mahdollista. Kuvassa 3.8 on case-laitteen puskurikokoonpanon installaatiotason työkuva.



Kuva 3.8 Esimerkki installaatiotason työkuva.

Yrityksellä on käytössä yhteiset kuva-arkit piirustuksille, joita käytetään työkuviin pohjana. Otsikkokenttä täytetään suunnitteluohjelman luodulla puoliautomaattisella scriptillä. Scripti täyttää otsikkokentän tiedot PDM-järjestelmään tallennettujen tietojen perusteella sekä liittää taulukon yrityksen vaatimista perustoleransseista eri tuotantotavoille. Otsikkokentästä tulee löytyä kuvan 3.9 esittämät tiedot. Otsikkokenttä täytetään pääsääntöisesti samalla tavalla. Eroavaisuuksia löytyy kokoonpanopiirustusten ja yksittäisten osien välillä. Suurissa kokoonpanoissa mallista on hankala ilmoittaa tarkkaa painoa, joten se jätetään usein mainitsematta. Kokoonpanoille ei myöskään ilmoiteta materiaalia.



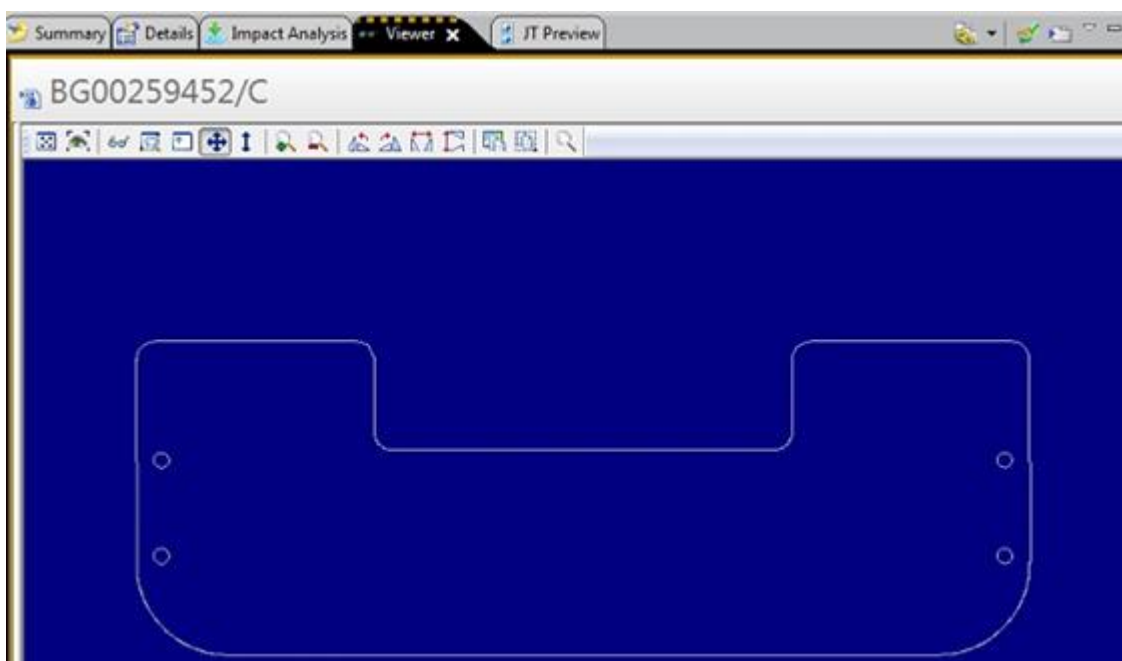
Kuva 3.9 Työkuvan otsikkokenttä.

Otsikkokentän lisäksi ohjelmaan luodulla scriptillä pystytään päivittämään muutostenhallintakenttää (kuva 3.10) työkuivissa. Kentällä halutaan ilmaista revisiossa tehtyjä muutoksia nimikkeessä. Muutoksen lisäksi PDM-järjestelmässä tai työkuivissa ei ole lisäinformaatiota tehdyistä muutoksista revisioiden välillä.

D	1	Part 9 added	041213	ankempp	marvint
D	1	Part 1 revised	031213	Gachen	Miniami
Rev.	Ct	Change	Date	Auth.	Appr.

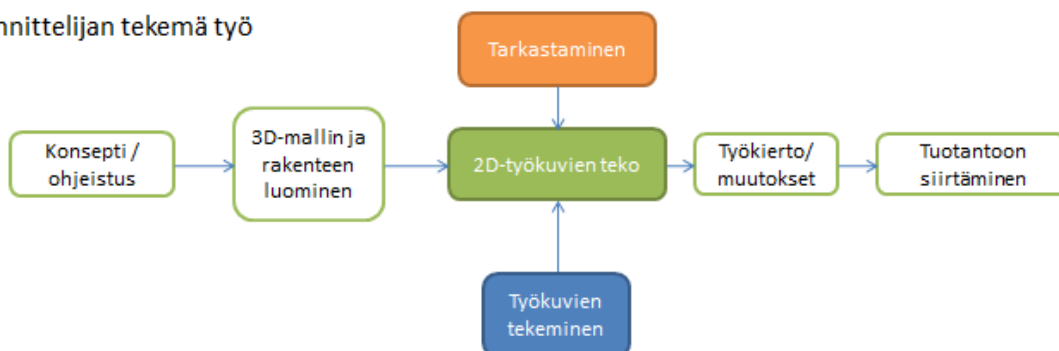
Kuva 3.10 Työkuvan muutuskenttä.

Työkuvan lisäksi levyosalle on tehtävä DXF-formaatissa oleva leikkauskäyrä (kuva 3.11). Leikkauskäyrä saadaan luotua 3D-mallia hyödyntäen CAD-ohjelmiston avulla. CAD-ohjelmiston työkalulla saadaan tehtyä levyosasta aukilevityskuva, joka voidaan tallentaa DXF-formaattiin levytyöstökoneita varten. Tallennettu DXF-tiedosto ei tallennu suoraan PDM-järjestelmään vaan käyttäjän kovalevyille. Kovalevyltä se täytyy manuaalisesti lisätä nimikkeen alle PDM-järjestelmässä.



Kuva 3.11 Levyn DXF- kuva PDM-järjestelmän esikatselutilassa.

Suunnittelijan tekemä työ



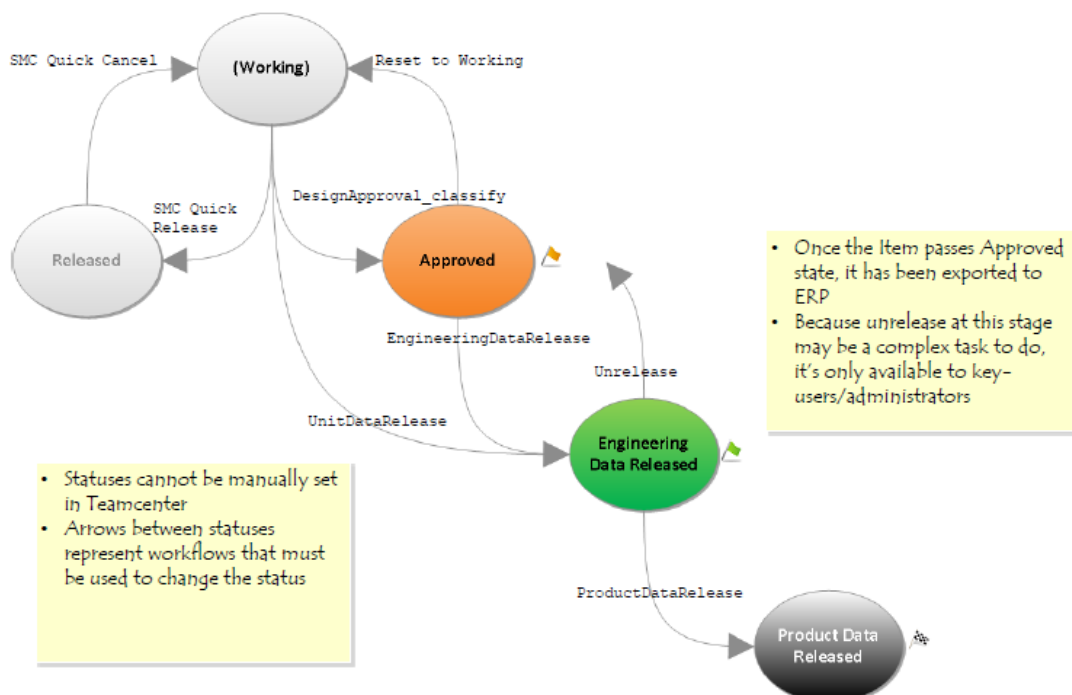
Mallintajan tekemä työ

Kuvassa 3.12 Työtehtävien jakautuminen suunnittelijan ja mallintajan välillä.

3.2.4 Työkierto ja muutostenhallinta

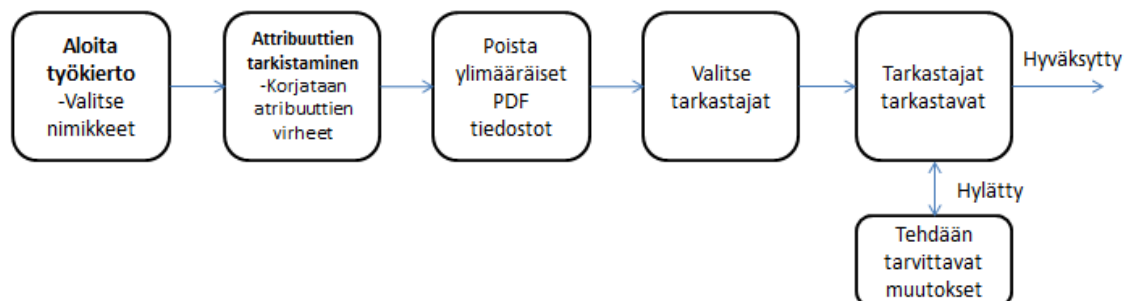
PDM-järjestelmässä nimike voi olla erilaisessa tilassa. Tila ilmaisee nimikkeen elinkaaren vaihetta, jota ilmaistaan kohdeyhteyksen PDM-järjestelmässä lipuilla. Nimikkeen tilaa pystytään muuttamaan työkiertojen kautta. Sandvikin nimikkeen elinkaaren vaiheet on esitetty kuvassa 3.13. Nimike, jolla ei ole lippua on elinkaarensa kehitysvaiheessa. Näille nimikkeille pystytään tekemään muutoksia tekemättä uutta revisiota. Nimikkeen elinkaaren seuraava vaihe on Design approval (oranssi lippu). Oranssilla lipulla ilmaistaan, että nimikkeen tekninen toteutus on hyväksytty, mutta sitä ei ole siirretty tuotantoon. Nimikkeen siirtäminen tuotannon ERP- järjestelmään osoitetaan vihreällä lipulla.

Standard Item Lifecycle



Kuva 3.13 Nimikkeen elinkaaren vaiheet Sandvikin PDM-järjestelmässä (Sandvik 2014).

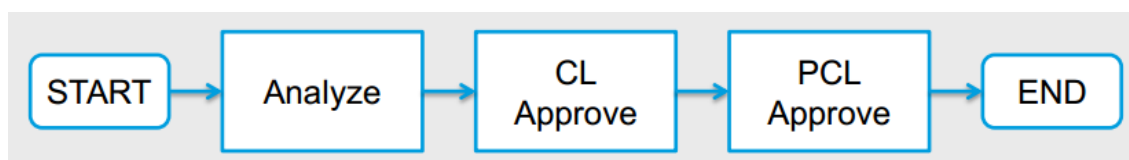
Kohdeyrityksen PDM-järjestelmästä löytyy työkierto-ominaisuus, jolla pystytään hallinnoimaan muutosprosessin vaihteita. Kohdeyrityksen työohjeet jakavat prosessin konkreettisesti viiteen eri työvaiheeseen (kuva 3.14).



Kuva 3.14 Työkierron vaiheet Sandvikin työohjeiden mukaan (Sandvik 2014).

Työkiertoprosessi ohjaa käyttäjää pysäyttämällä työkierron, jos tarvittavia tietoja nimikkeestä ei löydy. Nimikkeeseen voidaan tehdä muutoksia niin kauan, kunnes työkierto on hyväksytty. Tämä tarkoittaa, ettei työkiertoa tarvitse keskeyttää muutoksia tehdessä. Prosessi tarkastaa kohdassa kaksi nimikkeen nimen, omistussuhteen, varaosa-attribuutit ja PDF-tiedoston. Mahdollisesta puuttuvasta informaatiosta PDM-järjestelmä antaa virheen, joka ilmoittaa puuttuvasta tiedosta. Kohdassa kolme poistetaan ylimääräiset PDF-tiedostot, joiden ei tarvitse näkyä tuotannon henkilöstölle.

Kaikki tarvittavat nimikkeet eivät aina ole uusia. Olemassa olevista nimikkeistä saattaa löytyä virheitä tai korjattavaa. Kohdeyrityksen työohjeiden mukaan muutettavalle nimikkeelle suoritetaan analyysi, jonka avulla pystytään näkemään nimikkeet, joita muutos koskee. Analyysin jälkeen suoritetaan ECR-työkierto (engl. Engineering Change Request, ECR). ECR-työkierrolla selvitetään, onko muutos nimikkeessä tarpeellinen. Muutoksen tarpeellisuuden määrittelee tuote- tai pääinsinööri. Varsinainen muutos nimikkeelle tehdään ECR:n jälkeen suoritettavassa ECN-työkierrossa (engl. Engineering Change Note, ECN). Muutoksenhallinta sisältää kaikki nämä kolme vaihetta, jotka on kuvattu kuvan 3.15 mallissa.

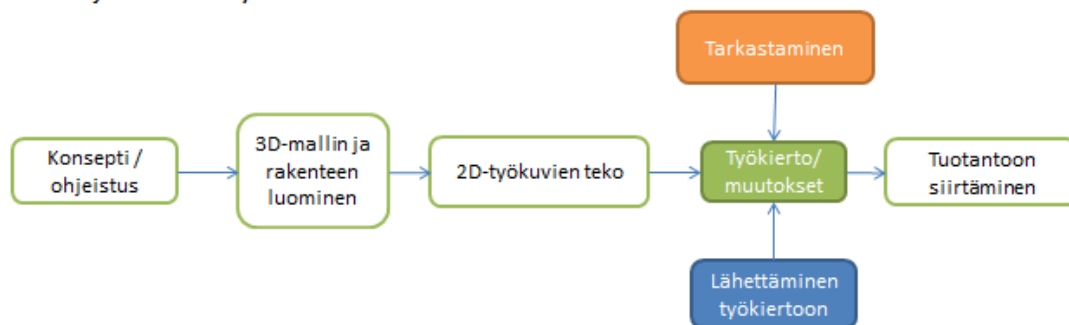


Kuva 3.15 Työkierron vaiheet (Sandvik 2014).

Käytännössä työkuvienv valmistuttua kokoonpano lähetetään kokonaisuudessaan työkiertoon suunnittelijalle tarkastettavaksi. Suunnittelija tarkastaa jokaisen nimikkeen niin attribuuttien kuin työkuvienvkin osalta. Virheiden ilmetessä hän ilmoittaa näistä mallintajalle, joka korjaa virheet ja suunnittelija voi jatkaa tarkastamista. Suunnittelijan

tarkastettua kaikki nimikkeet hän hyväksyy työkierron. Suunnittelijan hyväksytyä työkierron hyväksytyä nimikkeet saavat oranssin lipun (Design approval). Tarkistajiksi pystytään nimeämään useampia henkilöitä, mutta case-projektissa hyväksyjä oli normaalisti yksi

Suunnittelijan tekemä työ



Mallintajan tekemä työ

Kuva 3.16 Työkierron vaiheessa työtehtävät jakautuvat mallintajan ja suunnittelijan välillä.

3.2.5 Nimikkeen tuotantoon siirtäminen

Siirrettäessä nimikkeitä tuotantoon täytyy ne siirtää yksitellen. Jokainen nimike valitaan yksitellen ja lähetetään työkiertoon tarkastajalle. Yleensä suunnittelijat siirtävät tiedosto itse ERP-järjestelmään. Suunnittelija pystyy lähettämään nimikkeet itselleen työkiertoon ja siten siirtämään nimikkeet ERP-järjestelmään. Suunnittelijan siirrettyä nimikkeet ERP-järjestelmään hänen täytyy informoida osastonsa tuotannosta vastaavaa henkilöä siirron onnistumisesta. Näin tuotanto saa tiedon uusien nimikkeiden siirtymisestä ERP-järjestelmään.

Suunnittelijan tekemä työ

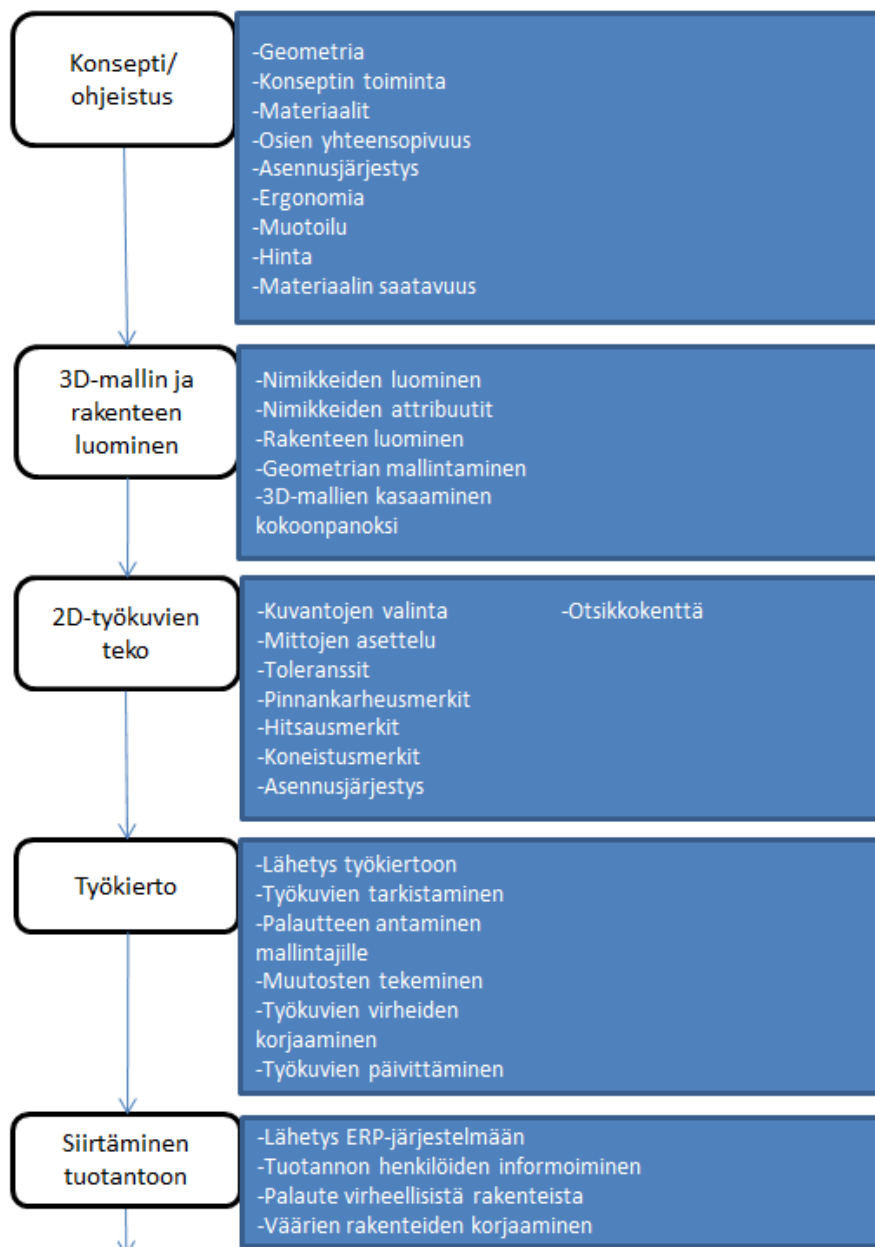


Mallintajan tekemä työ

Kuva 3.17 Tuotantoon siirtämisen vaiheessa työtehtävät jakautuivat mallintajan ja suunnittelijan välillä.

3.2.6 Yhteenveto: konseptin kehitysprosessimalli

Kirjallisuuden teorioiden, omien havaintojen sekä kohdeyrityksen työohjeiden perusteella pystytään koostamaan kuvan 3.18 mukainen malli konseptin kehittymisestä.



Kuva 3.18 Konseptin vaiheet tuotantovalmiiksi nimikkeeksi. Vaiheiden vieressä on esitetty konkreettisia toimenpiteitä kustakin vaiheesta.

Mallissa näkyvät kaikki viisi työvaihetta, jotka konsepti käy lävitse kehittyessään tuotantovalmiiksi nimikkeeksi. Jokaiselle työvaiheelle on määritelty toimenpiteitä ja informaatiota, jota nimikkeelle tuodaan.

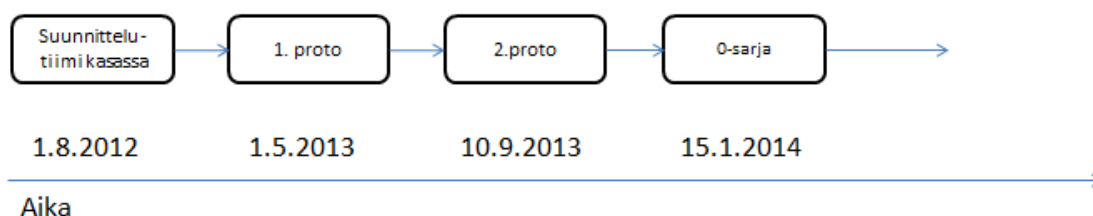
4 SOVELTAVA OSUUS

Luvussa käsitellään case-projektin työmenetelmiä kehitettäessä konseptia tuotantovalmiiksi nimikkeiksi. Lisäksi käydään läpi projektin suunnitteluolosuhteita ja taustoja, jotka osallaan selittävät tehtyjä ratkaisuja projektin edetessä. Kappaleessa käsitellään konseptin kehittymistä projektissa olleiden tapausten avulla.

4.1 Pitbull-projekti

Case-projektissa oli tarkoitus uudistaa tuotekehitystä ja lähestyä prosessia eri näkökulmasta. Tämän vuoksi projektissa olleet henkilöt olivat pääsääntöisesti uusia kohdeyrityksen organisaatiossa. Uusilla suunnittelijoilla ei ollut kokemusta yrityksen työtavoista tai suunnitteluohjeista. Projektin nopean aikataulun (kuva 4.1) johdosta suunnittelijoita ei ehditty perehdyttämään yrityksen suunnitteluperiaatteisiin. Siitä johtuen projektille sallitut vapaudet antoivat suunnittelijoille mahdollisuuden luoda omat toimintatapansa työskennellä. Niiden lähtökohtana pidettiin yrityksen yleisiä suunnitteluperiaatteita, mutta asioiden nopeuttamiseksi oikaistiin aikaa vieviä byrokraattisia päätöksiä. Projektissa tehtiin kaksi erilaista protolaitetta ennen siirtymistä varsinaiseen 0-sarjan tuotantoon. Protolaitteiden hankinta ja kokoonpano olivat ulkoistettu alihankkijalle. Kohdeyrityksen oman tuotannon oli tarkoitus tulla mukaan projektiin protolaitteiden jälkeen 0-sarjaa suunniteltaessa.

Suunnitteluprojektin aikataulu



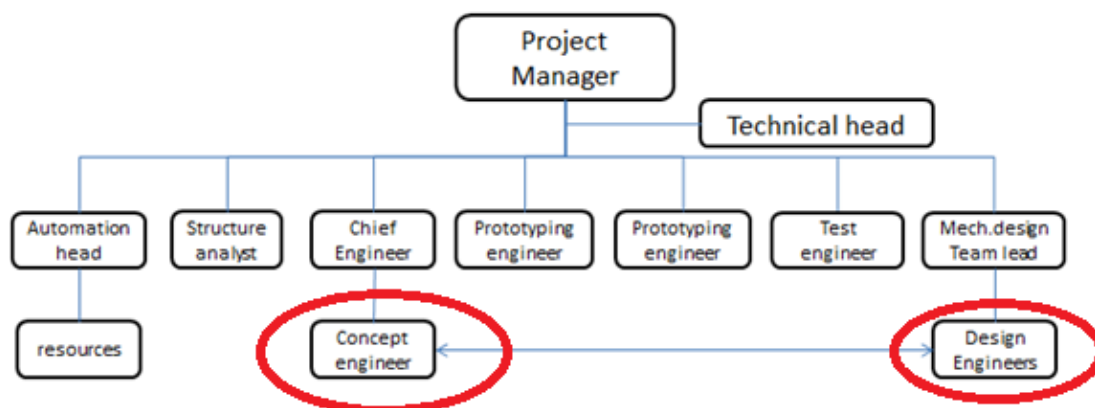
Kuva 4.1 Case-projektin aikataulu.

Case-projektin oli tarkoitus mukaila vesiputousmallia. Vesiputousmallille tyypillisesti suunnitteluprosessin alkuvaiheessa ei tehty paljon yhteistyötä muiden osastojen kanssa. Tarkoituksena oli siirtää valmis kokonaisuus laitteesta tuotannolle ja jälkimarkkinoinnille toisen protolaitteen jälkeen.

4.1.1 Suunnitteluorganisaatio

Projektin suunnitteluorganisaatio oli jaettu suunnittelijoihin ja mallintajiin mekaniikka- ja hydraulikkasuunnittelun osalta (kuva 4.2). Suunnittelijat olivat vastuussa moduulistaan. Moduuli saattoi käsittää esimerkiksi hytin. Suunnittelijoiden

oli kehitettävä toimiva konsepti. Konseptin kehittämisen lisäksi he olivat vastuussa tarvittavien osien tilauksesta protolaitteeseen. Suunnittelijat saivat tuekseen mallinnusresursseja, joiden vastuulla oli mallintaa, luoda nimikkeet sekä tehdä työkuvat suunnittelijoiden ohjeiden mukaan.



Kuva 4.2 Case-projektin suunnitteluorganisaatio.

Kohdeyritys halusi panostaa uudessa laitteessa turvallisuuden ja käytettävyyden lisäksi laitteen ulkonäköön. Projektin suunnitteluun osallistui teollinen muotoilija, joka loi laitteen ulkoasun. Suunnittelijoiden tuli teknisten ratkaisujen lisäksi noudattaa muotoilijan luomusta mahdollisimman tarkasti. Tekniset ratkaisut eivät aina mahdollistaneet muotoilun täydellistä noudattamista. Näissä tilanteissa jouduttiin etsimään kompromissi muotoilun ja teknisen toteutuksen välillä.

4.1.2 Tiedonjakamisen kanavat

Tiedon jakaminen tapahtui projektissa tietotekniikan, palaverien ja normaalin kanssakäymisen avulla. Suunnitteluprosessissa, jossa suunnittelija itse ei tee kaikkia työvaiheita, kommunikaation täytyy olla toimivaa suunnittelijan ja mallinnustiimin välillä. Prosessissa voitiin hävitä useiden päivien työt, jos mallintajan ja suunnittelijan aivoitukset eivät olleet samalla aaltopituudella. Tässä kappaleessa tarkistellaan erityisesti suunnittelijan ja mallintajan välistä kommunikointia projektin aikana.

Kohdeyritys oli varannut projektin henkilöstölle yhteisen työtilan. Yhteishengen ja kommunikaation parantamiseksi kaikki työpisteet olivat samassa tilassa. Henkilömäärän johdosta kaikkia työskentelypisteitä ei pystytty sijoittamaan puhe- etäisyyden matkalle. Kommunikoinnissa käytettiin hyvin usein yrityksen sisäistä reaaliaikaista viestintä. Sähköpostiohjelman mukana oleva keskusteluohjelma osoittautuikin hyväksi tavaksi käsitellä ongelmia ja tehtäviä. Viestimen avulla pystyttiin lähettämään kuvankaappauksia ja käydyt keskustelut tallentuivat lokeihin. Lokien avulla molemmat osapuolet pystyivät tarkastelemaan käytyjä keskusteluja yksityiskohtaisemmin uudestaan, häiritsemättä keskustelun toista osapuolta. Nettikeskustelu oli hyvä tapa kommunikoida, mutta kaikkia tehtäviä ei pystynyt käsittelemään sen välityksellä. Asian mennessä epäselväksi oli kuitenkin helppo nousta

ylös työpisteeltään ja keskustella ongelmatilanteesta kasvotusten. Ongelmasta vastuussa olevia henkilöitä ei tarvinnut etsiä ympäri tehdasta.

Projektille oli varattu oma neuvotteluhuone, joka oli käytössä kaikille projektiin kuuluville henkilöille. Projektin alkuvaiheissa suunnittelijoita tai mallintajia ei rasitettu ylimääräisillä palavereilla. Tämä loi hieman epäselvyyttä projektin alkuvaiheissa. Asioiden edetessä nopeasti useat suunnittelijat kaipasivat viikkopalaveria, jossa olisi käsitelty suunnittelun etenemistä moduuleittain. Nyt jokainen suunnittelija oli tietoinen mitä omassa moduulissa tapahtui, mutta ei välttämättä ollut ajan tasalla muista moduuleista. Suunnittelijat eivät näin tienneet, mitä muissa moduuleissa tapahtui ja tulisiko heidän olla tietoisia mahdollisista muutoksista.

4.1.3 PDM-järjestelmän vaihtaminen kohdeyrityksessä

Kohdeyrityksessä käytössä ollut Windchill PDM-järjestelmän käyttö lopetettiin kesällä 2012. Siirtyminen Teamcenter PDM-järjestelmään oli ollut käynnissä jo pidemmän aikaa, mutta Windchillin lakkauttamisen jälkeen jäljellä oli enää yksi käytössä oleva PDM-järjestelmä. Teamcenterin käyttöönotto oli yrityksessä alkuvaiheessa, joten osalle koneista oli asennettu Teamcenteristä erillään oleva NX-mallinnusohjelma. Useat suunnittelijat alkoivatkin käyttää Teamcenteristä erillään olevaa NX-mallinnusohjelmaa, koska silloin heidän ei tarvinnut opetella käyttämään Teamcenteriä. Suunnittelijat mallinsivat kokoonpanot PDM-järjestelmän ulkopuolella nopeuttaakseen konseptin suunnittelua. Konseptin ollessa valmiita he luovuttivat mallintajille tiedostot. Mallintajat siirsivät kokoonpanon manuaalisesti Teamcenteriin ja jatkoivat konseptin kehitystä PDM-järjestelmään yhteydessä olevalla NX-mallinnusohjelmalla. Jokainen kokoonpanon nimike täytyi luoda erikseen Teamcenteriin ja kasata kokoonpanoksi. Järjestely nopeutti aluksi toimintaa, mutta kaksi erillistä järjestelmää loivat tilanteen, jossa oli myös kaksi eri versiota samasta nimikkeestä. Projektin edetessä kaikki suunnittelijat siirtyivät käyttämään NX-mallinnusohjelmaa, joka oli integroitu Teamcenteriin. Kaikilla suunnittelijoilla se tapahtui viimeistään ensimmäisen prototyyppilaitteen valmistuttua. Tämä helpotti työn siirtämistä suunnittelijalta mallintajalle ja virheiden määrä vähentyi nimikkeiden löydyttyä suoraan PDM-järjestelmästä.

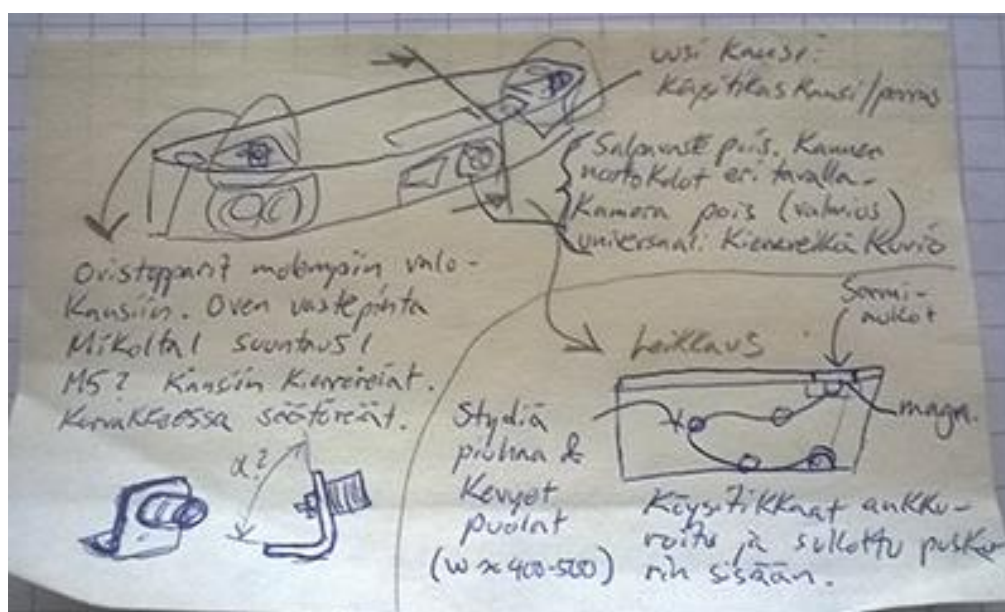
Järjestelmien opettelua olisi nopeuttanut ohjeistus ja yhteiset toimintatavat. Majander (2011) tunnisti ohjeistuksen puutteen ja painotti työnsä kehitysidea-osiossa työohjeiden kehittämistä. Teamcenter otettiin käyttöön kesällä 2012, mutta ohjeistusta ei ollut saatu kehitettyä riittävälle tasolle.

4.2 Puskurikokoonpanon kehitys

Kappaleessa tarkastellaan laitteen takapuskurin konseptin kehittymistä. Suunnittelija oli luonut puskurin konseptin vaadittavien ominaisuuksien ja toimintojen perusteella. Osa

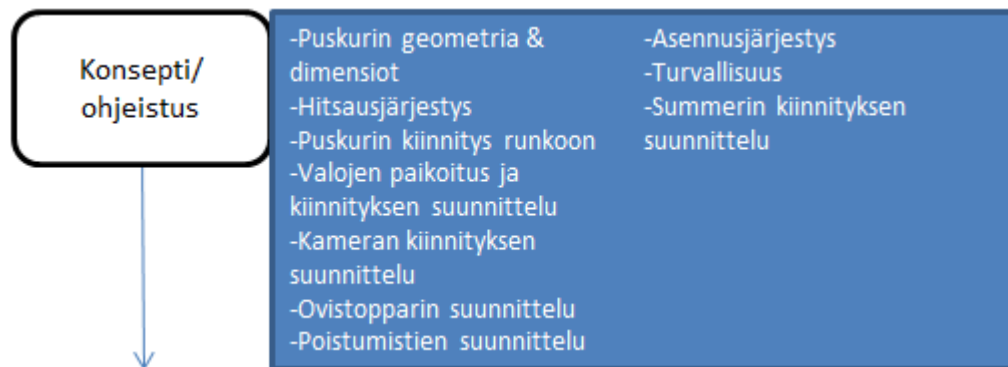
vaatimuksista määrittyi puskuria ympäröivistä kokoonpanoista. Puskurin ympärillä olevat kokonaisuudet olivat myös konseptinkehitys asteella, joten kaikkia vaatimuksista ei pystytty määrittelemään.

Olemassa olevien vaatimusten ja oletusten pohjalta oli kehitetty konsepti toteutuskelpoiselle tasolle. Suunnittelija esitteli näkemyksensä (kuva 4.3) mallinnustiimille. Konseptia esitellessä hän ilmaisi, kuinka kuvitteli konseptin toimivan ja listasi vaatimukset puskurille. Kuvasta 4.3 huomataan konseptin olevan vielä tässä vaiheessa hyvin yleisellä tasolla. Suuret linjat ovat kuitenkin jo muodostuneet. Puskurissa leveyden määrittelee laitteen rungon leveys, joka ei voinut ylittää kahta metriä kuljetuksellisista syistä. Runko määrittelee myös puskurin muotoa, jonka tulisi olla yhdenmukainen rungon kanssa. Puskuria ei tultaisi hitsaamaan kiinni runkoon, vaan se kiinnitettäisiin pulteilla. Toinen rajapinta on laitteen takaluukku, joka laskeutuu puskurin päälle. Puskurista tulisi löytyä stoppari, jota vasten takaluukku laskeutuu oikeaan asentoon. Puskuriin tulisi myös suunnitella kiinnityspisteet valoille, summerille, kameralle sekä hätä-seis-painikkeelle. Kaikki edellä mainitut sähköiset osat oli oltava helposti käytettävissä ja asennettavissa.



Kuva 4.3 Paperille luonnosteltu takapuskurin konsepti.

Kuvassa 4.4 on listattu kehitettäviä toimintoja, jotka jäivät ratkaistavaksi mallinnustiimille. Vaikka suunnittelija luovuttikin konseptin kehitettäväksi mallinnustiimille, se ei tarkoittanut, että hänen työnsä oli loppunut puskurin kehittämisessä. Hänen tuli valvoa sekä kehittää konseptia yhdessä mallinnustiimin kanssa. Mallinnustiimi vei konseptia eteenpäin ja mallintaja ohjasi suuntaa, minne konseptia viedään. Suunnittelijan vastuulla oli tehdä päätökset konseptin kehityksestä.



Kuva 4.4 Konseptin kehittämisen ensimmäinen vaihe.

Puskurin mallinnus aloitettiin luomalla levyosille nimikkeet ja sijoittamalla niihin attribuutit. Nimikkeiden luominen kokoonpanoon oli hyvin suoraviivaista. Uudet nimikkeet olivat pääsääntöisesti rakenneteräksestä tehtäviä levyosia. Näiden attribuuttitiedot olivat suurimmalta osin identtisiä. Konseptin luovuttamisen jälkeen konseptissa on yleensä paljon pieniä määrittelemättömiä asioita, kuten kiinnitysten millimetrien tarkat paikat. Nämä eivät tuottaneet ongelmia, vaan ne löysivät paikkansa 3D-mallia kasattaessa. Rakenteen muodostamisessa hankalimmaksi muodostui varaosastrategian luominen. Suunnittelun painopiste oli konkreettisten asioiden suunnittelussa ja muiden osastojen vaatimukset, jotka vaikuttivat jälkimarkkinointiin, jätettiin vähemmälle huomiolle. Niinpä strategia luotiinkin parhaan olemassa olevan tiedon mukaan, jonka myöhemmin prosessiin mukaan tuleva jälkimarkkinoinnin tuki voisi tarvittaessa korjata. Puskurin installaatiokokoonpano on esitetty kuvassa 4.5. Ympyröidyt kohdat ovat määriteltäviä attribuutteja.

The screenshot shows a CAD software interface with a tree view on the left and a properties panel on the right. The tree view shows a hierarchy of assemblies, with the following items circled in red:

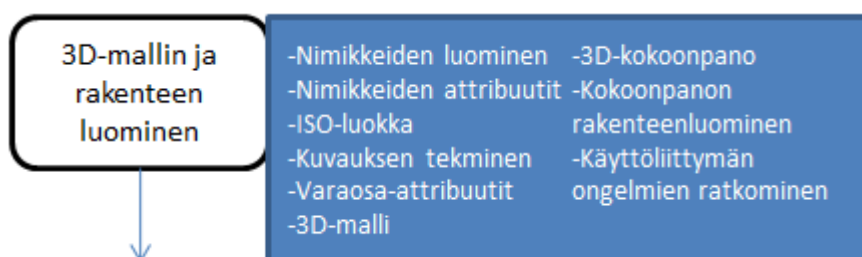
- BG00241997/C:1-Bumper, Mounting
- BG00241997/C
- BG00241997/C-View
- BG00241997/C
- BG00241997-C
- BG00241997_dwg
- BG00227072-Bumper
- BG00243367-Light, Led
- BG00243367-Light, Led

The properties panel on the right shows the following details for the selected item, BG00241997/C:1-Bumper, Mour:

- Owner: Ruotsalainen, Pasi (paruots) | Last Modified Dat: 27-May-2014 09:01
- Overview | Related Datasets | Available Revisions | Change I
- Item Revision Information
- Item: BG00241997-Bumper, Mounting
- Weight (kg):
- Material:
- Description: **Assembly**
- Owner: Ruotsalainen, Pasi (paruots)
- Group ID: TAMPERE.SURFACE DRILLING RIGS
- Project Objects:
- Last Modifying User: Ruotsalainen, Pasi (paruots)
- Checked-Out:
- Checked-Out By: No Value
- Spare Part Indicator: **Not spare part**
- Spare Part Description: **Bumper installation**
- Design Ownership: Own
- Spare Part Document: Y
- Recommended Spare Part:
- Manufacturer:
- Manufacturer's part number:
- Traced Item: **Not traced**
- Standard:
- Item Category:
- More Properties...

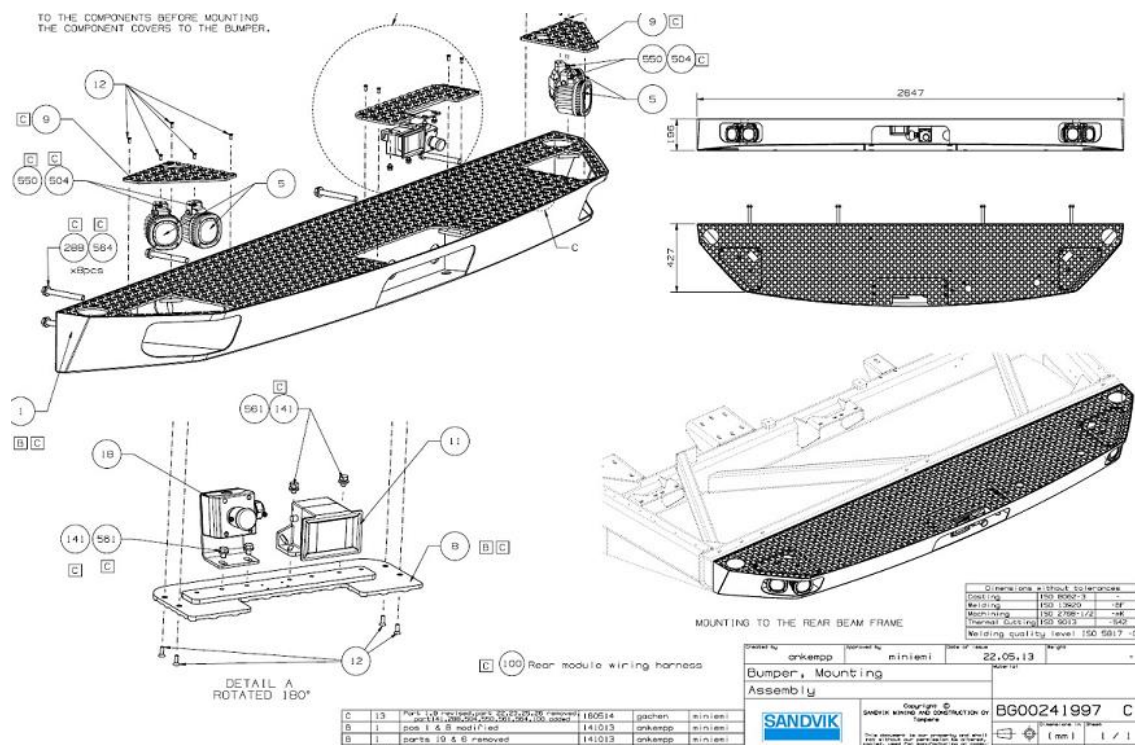
Kuva 4.5 Puskurikokoonpanon attribuutit.

Puskurin 3D-mallia luotaessa kohdattiin mallinnusohjelmasta johtuvia ongelmia. Ongelmaksi muodostui kaksoiskaareva levyypinta. Kaksoiskaareva pinta oli suunnitteluohjelmalle laskennallisesti niin vaikea, että ohjelma kaatui. Kaksoiskaarevien pintojen mallinnuksessa tuli esille ongelmia, joiden syyksi osoittautui käytetty järjestelmä. Suunnittelutyökalun ongelma lisäsi turhaa työtä 3D-mallia luodessa. Suunnittelutyökalusta johtuvat ongelmat eivät olleet harvinaisia. Suunnittelijoista riippumattomat ongelmat toivat lisätyötä myös tätä kokoonpanoa tehtäessä. Kuvassa 4.6 esitetään vaiheessa tehtyjä toimenpiteitä.



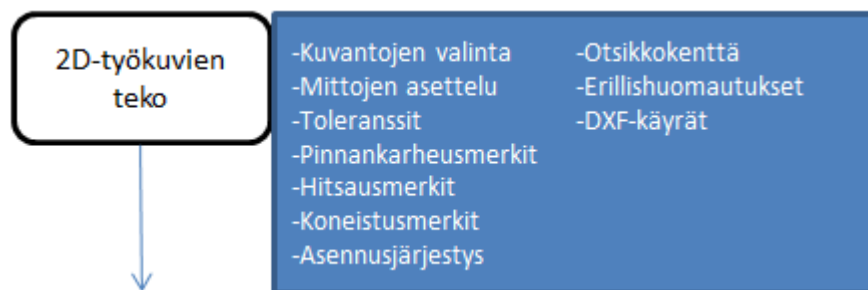
Kuva 4.6 Konseptin kehittämisen toinen vaihe.

3D-mallin valmistuttua siirryttiin tekemään puskurin 2D-työkuvia. Työkuvissa oli paljon levyosia, joille täytyi tehdä myös DXF-tiedostot. Puskurin kokoonpano oli isokokoinen (kuva 4.7), joten kuvantojen tekeminen sekä päivittäminen vaati paljon aikaa. Vaikeutta aiheutti jälleen mallinnusohjelman käyttöliittymä. Pahimmaksi käyttöliittymän aiheuttamista ongelmista muodostui hitsausmerkkien katoaminen kuvantoja päivittäessä. Tämän seurauksena jokainen hitsausmerkki täytyi poistaa ja sijoittaa uudelleen. Toinen suuri ongelma käyttöliittymässä oli aukilevityskuvien päivittyminen. Kappaleeseen tehty muutos 3D-puolella ei välttämättä päivittänyt 2D-kuvannossa olleeseen aukilevityskuvaan. Jos kuvantoa ei saatu päivitettyä, se oli poistettava ja mitoitus oli tehtävä uudestaan. Mittoja ollessa paljon työmäärä nousi suureksi.



Kuva 4.7 Puskurin installaatiotason kokoonpanokuva.

2D-työkuvan lisäksi polttoleikattaville osille täytyi luoda DXF-tiedosto. Tämä tiedosto sisälsi polttoleikekäyrän työstökoneita varten. Koska aukilevityskuvasta tehty tiedosto ei tallentunut suoraan PDM-järjestelmään, aiheutti sen käsittely ylimääräistä työtä. Siirtäessään DXF-tiedostoja PDM-järjestelmään käyttäjän täytyi olla tarkkana, että tiedosto vastasi oikeaa nimikettä. Tilannetta hankaloitti, ettei tiedoston sisältöä voinut tarkastella PDM-järjestelmässä. Tarkistaakseen aukilevityskuvan dimensioita täytyi käyttäjän ladata DXF-tiedosto takaisin tietokoneen kiintolevyille, jotta sen sisältöä voitiin tarkastella erillisellä ohjelmalla. Huono integraatio järjestelmien välillä tuotti turhaa epävarmuutta ja lisätyötä prosessin vaiheeseen. Kuvassa 4.8 esitetään vaiheessa tehtyjä toimenpiteitä.



Kuva 4.8 Konseptin kehittämisen kolmas vaihe.

Työkuvien valmistuttua moduuli lähetettiin työkiertoon. Työkiertoa aloittaessa tulee olla tarkkana, ettei mikään nimike ole check-out-tilassa. Nimikkeen ollessa check-out-tilassa nimikkeitä ei pystynyt lähettämään työkiertoon vaan PDM-järjestelmä ilmoitti

kyseisestä ongelmasta. Kun nimike oli lähetetty työkiertoon, niihin saattoi vielä tehdä muutoksia, sillä niitä ei ollut vielä hyväksytty. Muutoksia tehdessä nimikkeen täytyi olla check-out-tilassa. Jos nimike unohtui check-out-tilaan ja suunnittelija hyväksyi työkierron, nimikkeet jäivät ”limboon”. PDM-järjestelmä ei osannut käsitellä tätä, vaan jätti nimikkeen ikuisen työkiertoon. Jos työkierrossa oli useampia nimikkeitä, hyväksymisen jälkeen muut nimikkeet olivat hyväksytyssä tilassa (Design approval). Ongelmalliseksi tilanteen teki, ettei käyttäjä välttämättä tiennyt ottaneensa nimikettä check-out-tilaan. Tämä johtui CAD- ja PDM-järjestelmien integroinnista, jolloin 3D-mallin avatessa nimikkeen tila siirtyi check-out-tilaan. Limbon ratkaisemiseen tarvittiin järjestelmien pääkäyttäjän valtuuksia. Ainoa tapa ratkaista ongelma oli ilmoittaa pääkäyttäjälle limbossa olevista tiedostoista. Ilmoituksen jälkeen pääkäyttäjällä uudelleenkäynnisti työkierron. Kuvassa 4.9 esitetään vaiheessa tehtyjä toimenpiteitä.



Kuva 4.9 Konseptin kehittämisen neljäs vaihe.

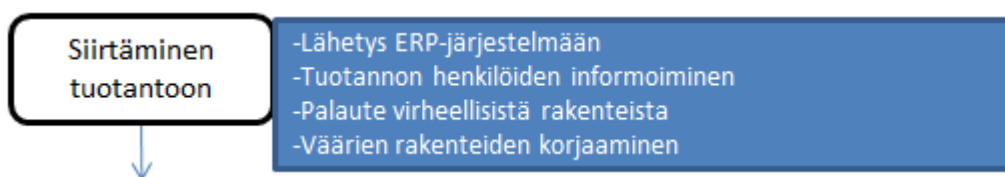
Ensimmäisen työkierron jälkeen osat siirrettiin tuotantoon. Tuotantoa informoitiin täyttämällä tuotannolle varattua Excel-listaa lisätyistä kokonaisuuksista. Tuotannon henkilöstö informoi rakenteen olevan kunnossa tuotannollisesta näkökulmasta. Puskurin varaosuusuunnitelma oli myös laadittu suunnittelijoiden toimesta nimikkeitä luotaessa. Jälkimarkkinoinnin tuki sai myös informaation ja pääsi tarkastelemaan varaosastrategiassa tehtyjä valintoja nimikkeen siirryttyä ERP-järjestelmään. Varaosuusuunnitelman muuttaminen tarkoitti attribuuttitietojen muuttamista nimikkeissä. Se johti nimikkeen uuteen revisioon. Uudelle revisiolle tuli tehdä uusi työkierto sekä siirtää ko. revisio tuotantoon.

Yrityksen oma tuotanto ei osallistunut ensimmäisen prototyypin tekemiseen, vaan laite kasattiin alihankkijan toimesta. Alihankkija oli myös vastuussa nimikkeiden hankinnasta. Tämä tarkoitti, että nimikkeitä ei oltu siirretty kohdeyrityksen omaan tuotantoon. Nimikkeiden tilaa kuvasi oranssi lippu, mikä tarkoitti vastuussa olevan suunnittelijan hyväksyneen nimikkeen työkierron, mutta sitä ei oltu siirretty tilaan, oma tuotantoon saakka eli ns. vihreälle lipulle. Koska alihankkija oli vastuussa prototyypilaitteiden tuotannosta, ei siirtoa omaan ERP-järjestelmään tarvinnut tehdä. Siirto täytyi kuitenkin tehdä alihankkijan järjestelmään. Kohdeyrityksen ja alihankkijan järjestelmän välillä integraatio täytyi tehdä käsin. Suunnittelijan tuli tallentaa kokoonpanon kaikkien nimikkeiden 2D-työkuva, DXF, rakenne ja attribuutit omalle

koneelleen paketiksi. Paketin tekemisen jälkeen suunnittelija lähetti sen eteenpäin alihankkijalle, joka hankki osat näiden tietojen perusteella.

Jos nimikettä ei oltu siirretty omaan tuotantoon (vihreälle lipulle), oli se helppo palauttaa työkiertoon. Muutosten tekeminen onnistui nopeasti, ilman uuden revision tekemistä. Tämä onnistui siinä tapauksessa, jos suunnittelija ei ollut ehtinyt lähettää informaatio pakettia alihankkijalle. Pahin mahdollinen tilanne olisikin ollut, että samalla revisioilla olisi ollut erilainen työkuva PDM-järjestelmässä ja alihankkijalla. Suunnittelijoiden tuli olla tarkkana, mitä informaatioita he olivat lähettäneet alihankkijalle. Nimikkeitä saattoi olla yhdessä moduulissa useita satoja, joten kaikkien pienten yksityiskohtien huomaaminen oli todella vaikea tehtävä.

Kokemuksen perusteella ECM-prosessi muodostuu raskaaksi käyttöä. Tämä johtuu useista vaiheista käyttöliittymässä. Nopeutettaekseen muutosten hallintaa prosessissa ei käytetty PDM-järjestelmän tarjoamaa ominaisuutta muutostenhallintaan. Nimikkeet pidettiin design approval-tilassa kunnes ne lähetettiin alihankkijalle. Jos tätä ennen nimikkeeseen täytyi kuitenkin tehdä muutoksia, oli nimike helppo palauttaa tilaan, jossa sille pystyttiin tekemään muutoksia. Nimikkeiden ollessa jo tuotannossa täytyi nimikkeestä luoda uusi revisio. Uuden revision luominen oli selkeä tapa toimia, sillä kaikki tehdyt muutokset tallentuivat nimikkeeseen. Jälkeenpäin oli helppo todentaa eri revisioiden eroavaisuudet. Kuvassa 4.10 esitetään vaiheessa tehtyjä toimenpiteitä.

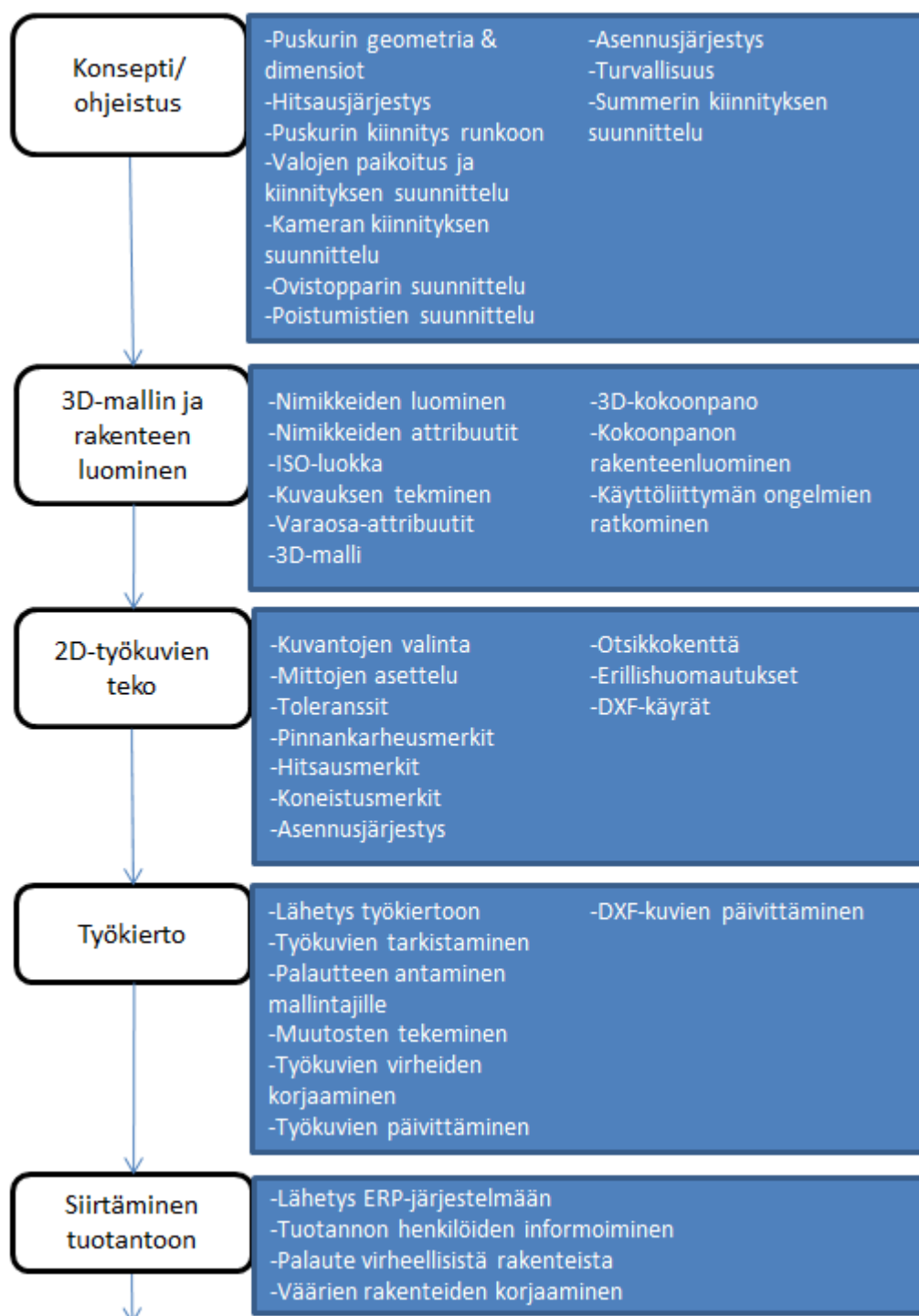


Kuva 4.10 Konseptin kehittämisen viides vaihe.



Kuva 4.11 Valmis puskuri paikoillaan laitteessa.

Malliin (kuva 4.12) on kasattu puskurikokoonpanon kappaleessa käydyt vaiheet. Mallista nähdään vaiheissa tehtyjä konkreettisia toimenpiteitä sekä lisättyä informaatiota nimikkeelle.

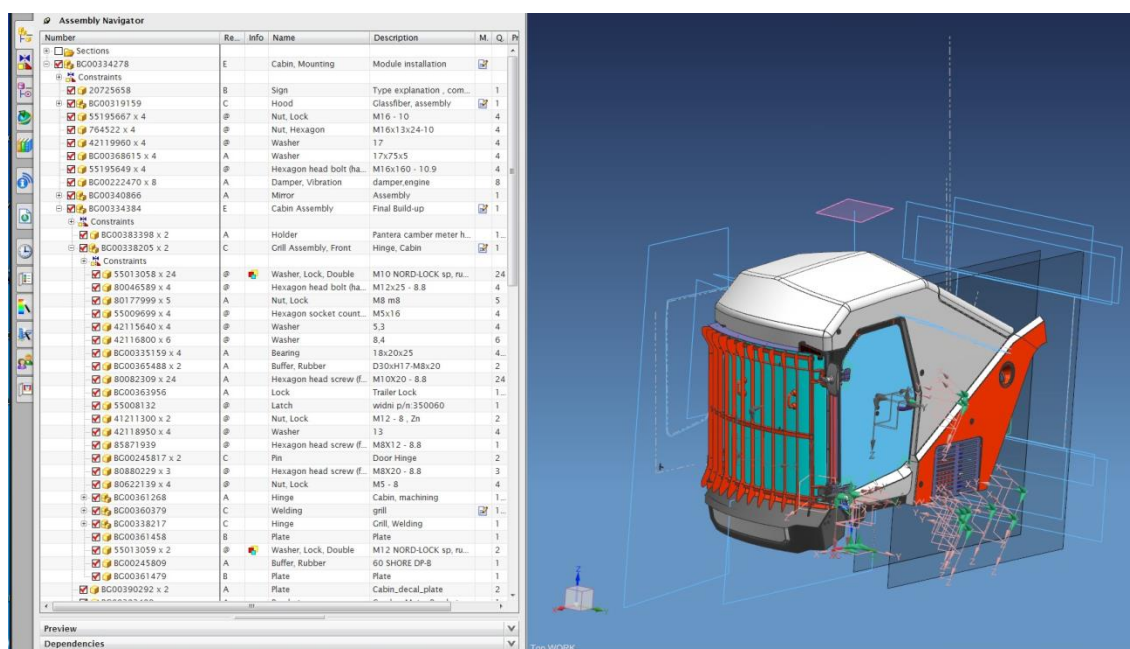


Kuva 4.12 Malli konseptin kehittämisprosessista.

4.3 Suunnittelu PDM-järjestelmän ulkopuolella

Johdon asettamat tuotannolliset paineet luovat kiireellisen aikataulun, jonka seurauksena toimintatavoista on helppo luistaa ensimmäisenä. Se johtaa useasti toimintatapojen oikomiseen, jotta saataisiin lopputuote nopeammin valmiiksi. PDM-järjestelmän vaihdon johdosta suunnittelijoilla oli mahdollisuus aloittaa luonnosten

tekeminen PDM-järjestelmän ulkopuolella. Hyttimoduulin suunnittelu aloitettiin Teamcenteristä erillään olevalla NX-ohjelmistolla. Tämä nopeutti aluksi kehitystä huomattavasti, mutta hidasti siirtämistä tuotantoon protolaitteen hytin valmistuttua. Ensimmäinen hytti saatiin kehitettyä protolaitteisiin haasteellisesta aikataulusta huolimatta, mutta hytin konseptin luominen kesti sille varattua aikaa kauemmin. Viivästymisen takia hytille ei ollut ehditty luomaan rakennetta ja nimikkeitä PDM-järjestelmään. Tämän vuoksi hyttimoduulista ei ollut ajan tasalla olevaa tuoterakennetta PDM-järjestelmässä 0-sarjaa varten. Suunniteltu hyttimoduuli täytyi luoda uudelleen PDM-järjestelmään. Konseptoidessa järjestelmien ulkopuolella tallennettu informaatio täytyi siirtää PDM-järjestelmään. Protolaitteessa ilmenevät ongelmat oli tarkoitus korjata 0-sarjan laitteisiin, mutta ongelmien korjaamiseen varattu aika kului hytin uudelleenluomiseen PDM-järjestelmään.



Kuva 4.13 Hytin 3D-malli ja tuoterakenne.

Hyttin luomista PDM-järjestelmään hidastivat useat rakenteen siirrot ERP-järjestelmään. Hyttiin tarvittavien osien valmistus- ja tilausajat olivat pitkiä, joten se, että yrityksen hankinnan täytyi saada vaadittavat nimikkeet ajoissa tilaukseen, ilmeni haasteeksi. Tämä edellytti koko moduulin siirtämistä ERP-järjestelmään, kun hyttin siirto PDM-järjestelmään oli vielä kesken. Moduulia siirrettäessä ERP-järjestelmään konseptia ei voitu kehittää eteenpäin. Niinpä useassa vaiheessa tehdyt siirrot veivät aikaa itse suunnittelulta. Kun aikataulu oli kiireisimmillään, tämä tarkoitti moduulin siirtoa ERP-järjestelmään peräkkäisinä viikkoina. Suunnittelumuutoksista johtuen moduulin nimikkeitä jouduttiin päivittämään useasti, mikä johti suuriin revisiomääriin. Moduulin koosta johtuen kokoonpanojen päivittäminen vei odotettua enemmän aikaa. Pelkästään suurien työkuvien päivittäminen saattoi viedä useita tunteja (Kuva 4.14). Ajan käytön suhteen tämä tarkoitti sitä, että viikosta pystyttiin käyttämään kolme

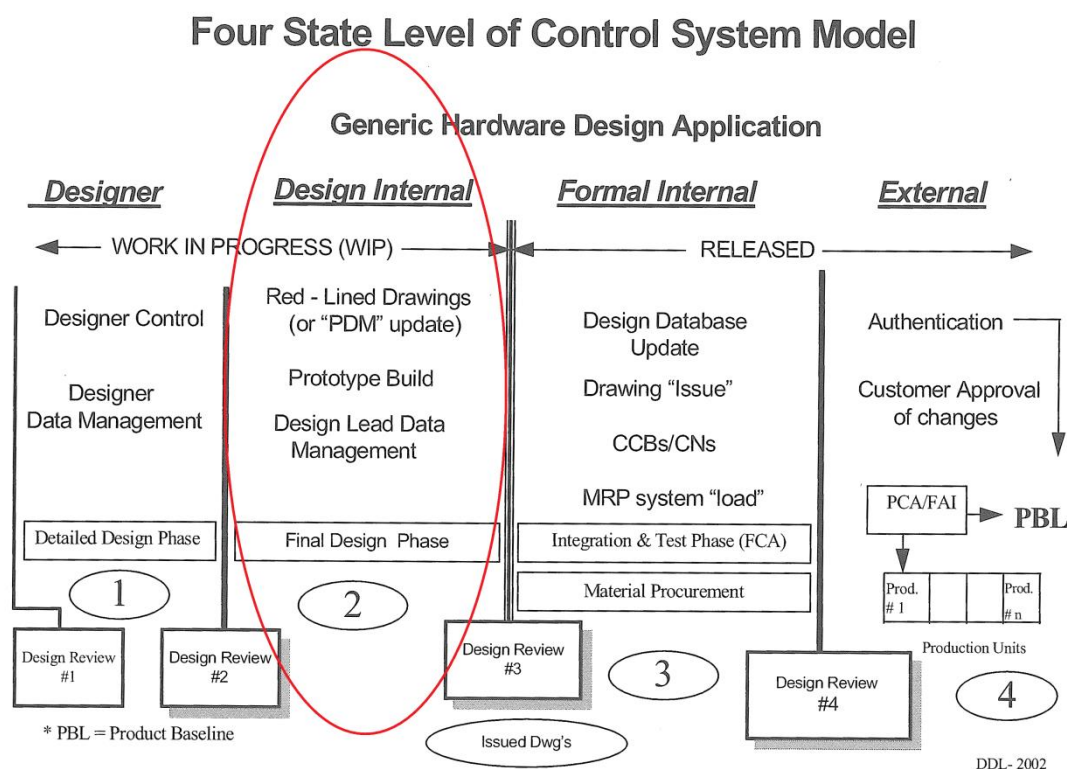
työpäivää hytin kehittämiseen sekä rakenteen luomiseen. Jäljellä olevat kaksi työpäivää kuuluivat työkuvien tarkistamiseen ja ERP-järjestelmään siirtämiseen. Tiheät siirrot ERP-järjestelmään lähes puolittivat käytössä olleen suunnitteluajan. Hyttimoduuli saatiin valmiiksi 0-sarjaa varten tuotantoon. Sen kehittämiseen tarvittiin enemmän ennalta kaavailtuja resursseja. Pohdittavaksi jää, olisiko PDM-järjestelmän käyttö alkuvaiheista asti nopeuttanut prosessia kokonaisuudessaan.

5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Työssä käytettiin case-tutkimusmenetelmää. Materiaali tämän työn tutkimukseen tulee kokemuksen tuomista havainnoista, kohdeyrityksen ohjeista sekä kirjallisuudesta. Tutkimusmenetelmä sopi havaintojen mukaan hyvin työn toteutukseen. Liian subjektiivisuuden välttämiseksi verrattiin saatuja havaintoja kohdeyrityksen työohjeisiin sekä kirjallisuudessa oleviin teorioihin. Näiden perusteella muodostettiin mallin (kuva 5.2) jota näkemykseni mukaan tukee käytäntö sekä kirjallisuus.

5.1 Tuotesuunnittelun malli

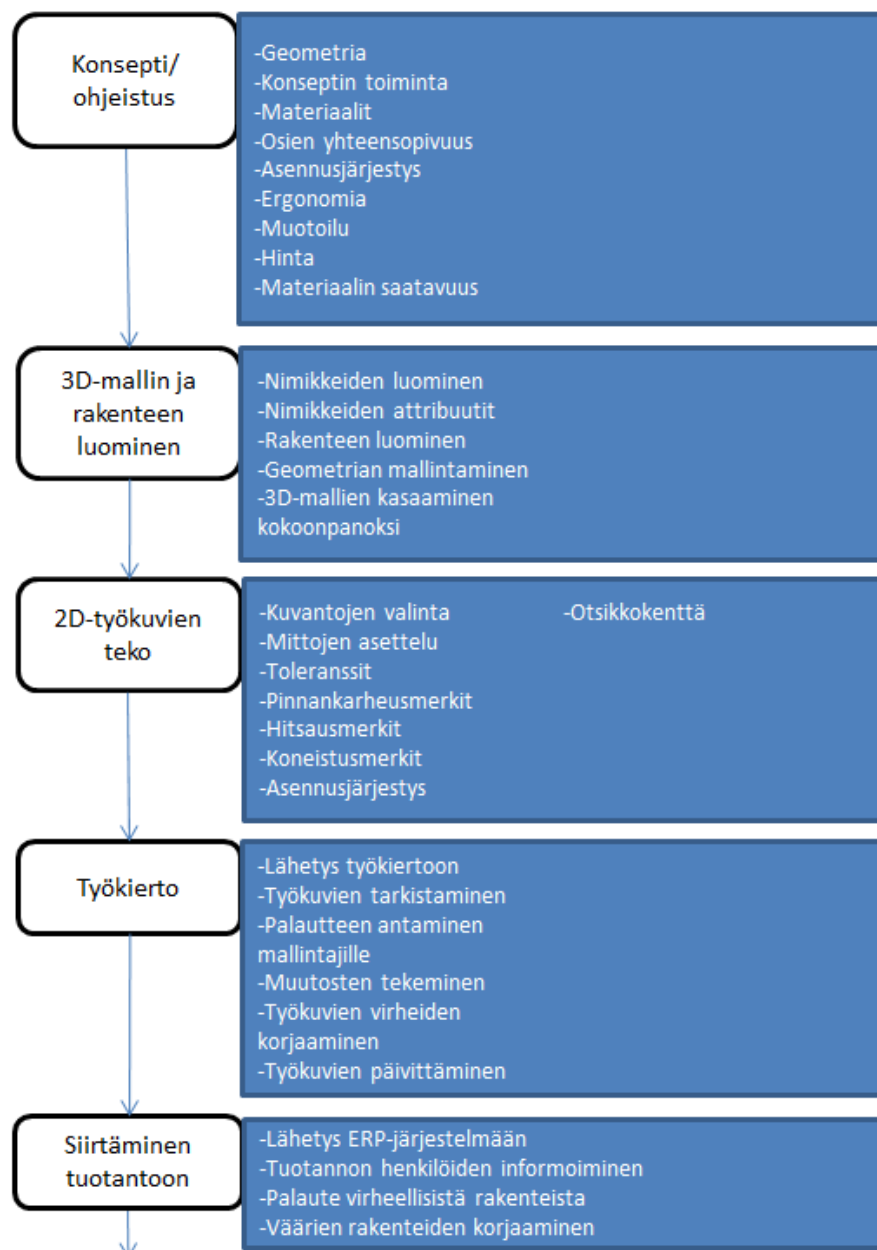
Konseptin kehitystä voidaan kuvata kuvan 5.1 mallilla.



Kuvassa 5.1 Nimikkeen kehittämisprosessi (Lyon 2003).

Konseptin käytyä lävitse kohdat yksi sekä kaksi se on valmis tuotedokumentti. Nimike ei ole kuitenkaan valmis kun konsepti on kehitetty. Mallin vaihe yksi kuvastaa tätä vaihetta. Mielikuva tästä syntyy helposti, koska konsepti voi olla valmis 3D-malli PDM-järjestelmässä, jolloin se näyttää valmiilta tuotannon käytettäväksi. Nimikkeen täytyy kuitenkin käydä lävitse mallin ympyröity kohta kaksi. Tässä vaiheessa nimikkeeseen tuodaan informaatiota, jota tuotanto ja jälkimarkkinointi tarvitsevat mallin lisäksi nimikkeen valmistamiseksi. Tuotavaa informaatiota ja sen vaiheita kuvaa luotu malli 5.2 Käymällä lävitse luodun mallin vaiheet pystytään kehittämään konsepti tuotedokumentiksi. Vaiheissa hiotaan konsepti toimivaksi kokonaisuudeksi kaikkia sidosryhmiä varten.

Prosessin aikana suunnittelijoiden täytyy olla tiiviimmin yhteydessä sidosryhmiin ja ottaa huomioon heidän vaatimuksensa. Luodun mallin läpikäymisen kesto riippuu nimikkeen kompleksisuudesta. Se voi olla aikaa vievempi kuin itse konseptin suunnittelun vaihe.



Kuva 5.2 Konseptin vaiheet tuotantovalmiiksi nimikkeeksi.

Kohdeyrityksessä on käynnissä toinen diplomityö (Törrönen 2014), jossa tarkastellaan mitä informaatiota tuotanto tarvitsee pystyäkseen aloittamaan laitteen kokoonpanon. Tämän ja toisen diplomityön muodostama kokonaistulos tulee olemaan mielenkiintoinen kohdeyrityksen kannalta. Molemmat diplomityöt tarkastelevat nimikkeen kehitystä, mutta eri näkökulmista. Rajapinnaksi töille tulee kuvan 5.1 work in progress- ja released-vaiheiden välinen rajapinta. Konseptin muuttuessa valmiiksi tuotedokumentiksi mallin 5.2 avulla tulisi siitä löytyä toisen diplomityön tekemät

havainnot, mitä informaatiota tuotanto tuotantovalmiilta nimikkeeltä tarvitsee. Diplomitöiden avulla voidaan huomata näkemuseroja, joita suunnittelulla ja tuotannolla on valmiin tuotedokumentin informaatiosta. Tunnistettuaan erot voitaisiin vaatimukset valmiille tuotedokumentille yhdistää kohdeyrityksen sisällä. Havaintojen mukaan tämä selkeyttäisi suunnitteluprosessia.

5.2 Havaintoja tutkimustapauksesta ja kehityskohteita

Projektit ovat harvoin samanlaisia johtuen ympäröivistä tekijöistä ja henkilöstöstä. Yrityksillä on vakiintuneita käytäntöjä sekä työohjeita suunnittelun avuksi. Yrityksen koon ja erilaisten tilanteiden kasvaessa onkin hankalaa luoda ohjeita, jotka toimisivat useimpiin tilanteisiin. Nimikkeiden luonnissa ja dokumentoinnissa olisi ensisijaisen tärkeää, että kaikki noudattaisivat samaa logiikkaa. Sen myötä nimikkeiden luonnista tulisi helpompaa, koska olisi olemassa logiikka jonka avulla nimike luodaan. Seurauksena yrityksen muut suunnittelijat voisivat etsiä ja tarkastella nimikkeiden tietoja helpommin PDM-järjestelmästä. Pahimmassa tilanteessa jokaisella suunnittelijalla on omanlaisensa käytäntö tehdä nimikkeitä. Uutta laitetta suunniteltaessa uusia nimikkeitä syntyy satoja, ellei tuhansia. Tiedot osat kuitenkin pysyvät samana. Tällaisia osia ovat esimerkiksi pultit ja mutterit. Näitä osia varten olisi hyvä olla olemassa nimikekirjasto. Kirjastosta löytyisi kaikki yleisesti käytössä olevat osat. Tämä kirjasto olisi helposti suunnittelijoiden saatavilla ja käytettävissä. Nykyisellään samoja pultteja sekä ruuveja voi olla usealla eri nimikkeellä. Tuotanto ja jälkimarkkinointi eivät välttämättä ole tietoisia, että nimike löytyy jo järjestelmästä ja perustavat sen uudestaan. Kohdeyritykselle uuden nimikkeen perustaminen maksaa aina useita satoja euroja nimikettä kohden.

PDM-järjestelmät ja rinnakkaissuunnittelu on havaintojen mukaan muuttanut suunnittelua. Kirjallisuudessa oleva tuotekehityksen alkupään teoria ei ota huomioon sähköisten järjestelmien mukaantuloa. Sähköiset järjestelmät aiheuttavat paljon työtä ja luonnoksia tehdään suoraan PDM-järjestelmissä. Se johtaa tilanteeseen, missä jokaisen konseptin luominen vaatii saman verran töitä, huolimatta siitä päätyykö konsepti koskaan tuotantoon asti. Niinpä esimerkiksi tapaustutkimuksessa ne luonnokset, joita päätettiin alkaa mallintamaan PDM-järjestelmään, olivat käyneet läpi jo useita iteraatiokierroksia. Luonnosten tekeminen on raskaampaa PDM-järjestelmässä, joten ennen luonnoksen mallintamista sitä tarkastellaan kriittisemmin. Tämä johtaa todennäköisesti konservatiivisten suunnitteluratkaisujen käyttöön. Kun käytettävissä on niukasti aikaa, ollessa niukasti haetaan varmaa toimivaa ratkaisua, jolloin turvaututaan helposti edellisissä laitteissa olleisiin ratkaisuihin. Uutta tuotetta kehitettäessä se johtaa vanhan kopioimiseen, joka ei välttämättä tuo haluttua tulosta asiakkaan kannalta. Haastavan asiasta tekee se, mitä ratkaisuja kannattaa mukailla vanhoista laitteista. Toisaalta voidaan ajatella tilanteen nopeuttavan tuotteen kehittymistä luonnoksesta tuotantovalmiiksi nimikkeeksi, koska jokaista konseptia vastaava malli löytyy PDM-järjestelmästä

Kun projektissa luotiin konsepti, yleensä vaatimuksista oli vähän tietoa. Nopean aikataulun takia oli kuitenkin saatava osat tuotantoon. Tämä loi tilanteen, jossa vaatimusten selkiytyessä osat olivat jo tuotannossa. Projektin onnistumisen kannalta osaavat asentajat olivat keskeisessä asemassa. Heidän ammattitaitonsa ansiosta useat keskeneräiset kokonaisuudet saatiin asennettua paikoilleen. Prototyypilaitetta tehdessä asentajien ammattitaito helpotti suunnittelijoiden työtaakkaa yksityiskohtien suunnittelussa. He luottivat asentajien ammattitaitoon ja näkemykseen prototyypilaitteen asennuksessa. Prototyypilaitteeseen tehdyt ratkaisut olivat hyvin vajavaisia ja jättivät paljon vastuuta asentajille. Tämä toimintatapa onnistuu prototyypilaitteita asennettaessa, mutta siirtyminen O-sarjan laitteisiin ratkaisujen oli oltava toimivia. Tämä teki prototyypilaitteiden ja O-sarjan välisen ajan kiireiseksi. Voidaan todeta, etteivät vapautetut nimikkeet usein olleetkaan tuotantovalmiita nimikkeitä, koska usean moduulin kohdalla tärkeintä oli saada jotain konkreettista aikaan.

Kun edettiin lähemmäksi O-sarjaa ja tuotantoa mukaan tulivat varaosa- ja tuotanto-organisaatiot. Osastot otettiin mukaan vasta ensimmäisen prototyypin valmistuttua. Jos varsinaista suunnittelua olisi vaikeutettu liikaa jälkimarkkinoinnin ja tuotantohenkilöstön vaatimuksilla projektin alkuvaiheessa, prototyypilaitetta tuskin olisi saatu tehtyä sille suunnitellussa aikataulussa. Muiden osastojen mukaantulo projektin alkuvaiheessa (rinnakkaissuunnittelu) olisi varmasti vähentänyt havaittujen virheiden määrää, kun laitteen rakennetta vapautettiin ERP-järjestelmään. Rinnakkaissuunnittelun myötä suunnittelijoille olisi tullut paljon lisävaatimuksia koskien rakennetta ja attribuuttitietoja. Sidosryhmien tekemät vaatimukset olisivat vieneet suunnittelijoiden resursseja mekaniikkasuunnittelusta ja siten konseptien kehittäminen olisi hidastunut. Pitämällä sidosryhmät erillään projektin alkuvaiheessa nopeutettiin prototyypilaitteen valmistumista, mutta tulevaisuudessa kohdeyrityksen olisi hyödyllistä tarkastella, nopeuttiko ratkaisu laitteen kehittämistä tuotantovalmiiksi. Prototyypilaitte on usein monilta osin kaukana sarjatuotantolaitteesta vaikka se näyttäisi valmiilta.

6 YHTEENVETO

Tämän diplomityön johdannossa määriteltiin päätavoitteeksi selvittää, mitä sisältöä konseptiin täytyy lisätä, jotta se on valmis tuotedokumentaatio siirrettäväksi PDM-järjestelmästä tuotantoon.

Ensimmäiseksi tuli määrittää, mitä variaatioita konseptista on. Konseptivariaatiot määriteltiin kappaleessa 4.1, jossa käsiteltiin erilaisia konseptivaihtoehtoja, joita suunnittelijat olivat tehneet. Konsepteja oli käytännössä kahdessa kategoriassa: PDM-järjestelmään mallinnusohjelman avulla mallinnettuja konsepteja tai mallinnusjärjestelmien ulkopuolella abstraktissa muodossa olevia konsepteja.

Konseptin valmistuessa täytyi määrittellä vielä, mikä on tuotantovalmis tuotedokumentti. Tuotantovalmis dokumentti määriteltiin kappaleessa 4.2. Tuotannon ja jälkimarkkinoinnin tarpeet määrittelevät nimikkeelle vaadittavan informaation sen mekaanisen toteutuksen lisäksi. Konseptin ja tuotantovalmiin nimikkeen määrittämisen jälkeen pystytään havainnoimaan toimenpiteet näiden kahden määritelmän välille. Toimenpiteet on koottu yhteen kuvan 5.2 malliin. Malli kuvaa vaiheita ja konkreettista informaatiota, mitä nimikkeelle täytyy tehdä konseptin kehittämiseksi tuotantovalmiiksi nimikkeeksi. Mallin työmäärä voi vaihdella tapauskohtaisesti, mutta sen viisi päävaihetta pysyvät aina samoina. Jonkun on aina täytynyt luoda konsepti, tehdä rakenne ja 3D-malli, 2D-kuvat, työkierto ja viimein siirtää nimike tuotantoon. Nämä vaiheet muodostavat eron konseptin ja tuotantovalmiin dokumentin välillä.

Johdannossa esitettiin myös kysymys, miten tuotekehityksen alkupään teoria vastaa käytäntöä. Kirjallisuudessa esiintyvän tuotekehityksen alkupään teorian ei todettu ottavan huomioon sähköisten järjestelmien mukaantuloa tuotekehitykseen. Kysymyksen vastausta käsiteltiin kappaleessa 5.

LÄHTEET

Ameri, F. & Dutta, D. 2005. Product Lifecycle Management: Closing the Knowledge Loops. *Computer-Aided Design & Applications* 2, 5, pp. 577-590.

Chandrasegaran, S.K, Ramani, K., Sriram, R., Horváth, I., Bernard, A., Harik, R., Gao, W., The Evolution, Challenges, And future of knowledge representation in product design systems, *Computer-aided design*, volume 45, issue 2, February 2013, pages 204-228.

Hubka, V., Eder, W.E. 1996. *Design Science: Introduction to the Needs, Scope and Organization of Engineering Design Knowledge*. London, Springer-Verlag. 251 p.

Koen, P.A., Ajamian, G.M., Boyce, S., Clamen, A., Fisher, E., Fountoulakis, S., Johnson, A., Puri, P., Seibert, R. 2002. *Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools and Techniques. The PDMA ToolBook for New Product Development*. New York, John Wiley & Sons Inc. 472 p.

Loch, C., Terwiesch, C., *Communication and Uncertainty in Concurrent Engineering*, INSEAD, 1997, Fontainebleau, Ranksa

Lyon, David,D. "Practical CM: Best Configuration Management Practices", 208 pp., Butterworth-Heinemann (2000), English

Majander, Teemu., *Diplomityö: Tuoterakenne tulevaisuuden kaivosporalaitteille*, Tampereen teknillinen yliopisto, 2011

Oja, H. 2010. *Incremental Innovation Method for Technical Concept Development with Multi-disciplinary Products*. Dissertation. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Tuotantotekniikan laitos. Julkaisu □ Tampere University of Technology, Publication 868. 126 p.

Peltonen, H., Martio, A., Sulonen, R. 2002. *PDM – Tuotetiedonhallinta*. Edita Prima Publishing. Helsinki 169s.

Sandvik Mining and Construction Oy. Sisäinen materiaali. Viittaukset tarkistettu 26.6.2014
<http://www.sandvik.com/Global/Sandvik%20Mining/Pantera/Pantera%20DI6400%20spec.pdf>

Siemens . Teamcenter. [viitattu 26.6.2014]. Saatavissa:
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/teamcenter/index.shtml.

Stevenson, W.J., Operations Management, McGraw-Hill/Irwin, 8.. Painos, 2005 New York

Sääksjärvi & Immonen 2002 Sääksjärvi, A.,Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta – PDM. Talentum Media Oy

Törrönen, S., Mahdollisuuksien kartoittaminen kokoonpano-ohjeistuksen toteutuksessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö: 2014

Ulrich, K.T., Eppinger, S.D. 2003. Product Design and Development. 3rd Edition. NewYork, McGraw-Hill. 366 p.

Vainio, V., Comparative research of plm usage and architechure. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. 2011

Vilpola, I., Applying User-Centred Design in ERP Implementation Requirements Analysis, Tampere 2008

Yin, R. K. (1994) Case study research: design and methods. Thousand Oaks (CA): SAGE Publications Ltd.

LIITTEET

PANTERA™ DI6400

TECHNICAL SPECIFICATION



PANTERA™ DI6400 is an advanced high-pressure DTH drill designed to meet the mining industry's future needs in terms of safety, increased production and full automation options. It is designed for vertical and inclined drilling of 115–203 mm diameter blastholes up to 45 meters deep, for wall control, pit development and production drilling.

Pantera™ DI6400 shares a common proven control system and automation platform with other Sandvik drills – including the ability to carry out autonomous operations. Advantages include increased drilling capacity, fewer tool changes, significantly improved fuel efficiency and optimised delivery of power on demand compared with other DTH solutions.

Pantera™ DI6400 brings longer drill pipes and up to 35 bar operating pressure to DTH drilling. Significantly improved fuel efficiency is achieved through Sandvik's Sustainability Package (SP), which delivers fuel savings of up to 20% compared with conventional systems.

Pantera™ DI6400 is available in three configurations – Silver, Gold and Platinum – allowing it to be readily adapted to the needs of customers in different mining markets and applications. Operating performance can be further boosted with different options packages to suit varying climatic conditions.

MAIN FEATURES

Hole diameter range	115–203 mm (4½–8")
DTH hammer range	4"–6"
Drill pipe diameters	89–140 mm (3½–5½")
Drill pipe length	7.5 m (25')
Max. hole depth	45 m (150')
Engine output	399 kW@1,800 rpm
Air delivery	28 m³/min (1,000 cfm)
Air pressure	Max 35 bar (Max 500 psi)
Transport weight	35,700 kg (78,700 lbs)
Transport width	2.995 m (9'10")
System platform	Sandvik SICA

KEY TO CONFIGURATIONS

SILVER	GOLD	PLATINUM
	Powerpack	
	Winterization	
	Dust Suppression	



PANTERA™ DI6400

TECHNICAL SPECIFICATION

ROTATION DRILL

Rotary head type	Sandvik RH6050
Pipe diameter range	89–140 mm (3½–5½")
Hydraulic motor	Danfoss OMT400
Operating pressure	Up to 240 bar (threading)
Rotation speed	0–100 RPM
Maximum rotation torque	5,000 Nm
Hammer lubrication	Air/oil mist

FEED MODULE

Chain feed module	LF2025 with hose reel
Length of feed module	12,940 mm
Rock head travel	8,250 mm
Single pass drilling, hole depth	8,500 mm
Feed travel	2,000 mm
Feed/pull out force	70 kN
Length of pipes	7,500 mm (25')
Retaining centralizer	For centering/uncoupling
Feed swing	-30/+20°
Feed tilt	-30/+98°

PIPE HANDLING SYSTEM

Pipe changer type	Linear
Storage capacity Ø127 mm	5+1 pipes
Maximum hole depth	45 m

BOOM

Boom type	FB2000H, single section
Boom lift	+52/-5°
Boom swing	+8/-40°
Coverage length/width	1,150/3,500 mm
Collaring height	+1.3/-2.5 m
Horizontal coverage	4.1 m ²

CRAWLER BASE

Track plate width (3-bar)	400 mm
Ground contact length	3,295 mm
Ground pressure	1.3 kg/cm ²
Ground clearance	400 mm
Track oscillation	+/-10°
Tramming force	200 kN
Tramming speed	3,5 km/h

POWERPACK

Engine type	Cummins QSX15 Tier 2
Engine output	399 kW@1,800 rpm
Transmission principle	Gear box
Hydraulic pumps	Variable
Air compressor type	Sullair
Compressor air delivery	28 m ³ /min (1,000 cfm)
Operating pressure	Up to 35 bar (500 psi)
Air cleaner	Dry type with ejectors (2)
Fuel tank	1,100 liters
Fuel saving system	Standard

HYDRAULIC SYSTEM

Filtration rate	10 micron abs.
Ambient temperature range	+50...-5°C
Hammer lubrication device	SLU50-1 (tank 50 liters)
Hydraulic oil tank	700 liters

ELECTRIC SYSTEM

Control system diagnostics	Via cabin display
Voltage	24V DC
Battery capacity	140 Ah

DUST SUPPRESSION SYSTEM

Type of system	Water flushing
Water pump	Hydraulic driven
Water tank	1,850 l

OPERATOR'S CABIN

Cab mounting	Nested under frame
Certification	ROPS/FOPS
Noise level in the cabin	80 dB(A)
Controls	Joysticks, integrated in arm rests
Pressurization	Standard
Seating configuration	For operator + trainer + trainee
Vibration dampening	Standard
Safety windows	Laminated and tinted
Engine control panel	Standard
Hole alignment and depth measurement	Sandvik TIMi 6300

SILVER – ROCK SOLID PERFORMANCE	
Feed module	Hydraulic rotation head with shock absorber
	Travelling hose reel
	Ground support
	Thread greasing system for pipes
	Bit basket
Pipe handling system	Retaining centralizer
	Linear pipe magazine
	Uncoupling device
Single section boom	
Crawler base and drill frame	Hydraulic oil and multiple tanks
	Central lubrication system SANDVIK
	Fast fill connections (fuel/coolant/oils/water)
	2-speed traction motors
	Disengagement track drive hubs
	Guides for track chains
	3-bar track plates
Powerpack	Oscillation +/-10°
	Cummins QSX15 engine (Tier 2)
	Double stage Sullair air compressor
	Hydraulic pumps
	Air receiver restriction alarm
	Cooling system (+50...-5°C)
	Engine/compressor clutch system
Sandvik Sustainability Package	Intelligent cooling management
	ELS pumps
Hydraulic system	Lubrication device for DTH-hammer
	Monitoring system for hammer lubrication system
Pneumatic system	
Electrical system	
Single hole Automation	
Control system	Sandvik Integrated Control Architecture (SICA)
	DPI control system interface
	Flushing control system
	Health monitoring via USB
	Troubleshooting via cabin display
Operator's cabin	Air conditioning and heating system
	Windshield protection grill
	Windshield defrosting system
	Laminated safety glasses
	Vibration dampening system
	Multiposition seat
	Bench for trainer and trainee behind operator
	Storage compartment for personal items
	Storage holder for manuals
	Radio/CD/MP3 player and USB for iPad
	12/24V electrical outlet
Reversing camera and dedicated display	
Camera for top of the feed view	
Toolbox under the operator seat	

TIMI hole alignment and depth measurement system	
Water flushing system	Water pump
	1,850 l water tank
Lighting system	12 pcs working lights
	Lighting in engine compartment
Safety	Reversing alarm and flashing beacon
	Independent electric horn
	Hand fire extinguisher
	Hand rails and ladders
	EU safety devices
Other features	Pressure washer with hose and reel
	Painted in standard Sandvik colours
Delivery and documentation	2 sets of manuals
	1 set of CD-ROMs (ToolMan)

GOLD – AUTOMATION AND COMMUNICATION

Including all SILVER scheme features	
	Automatic boom and feed positioning
	Automatic feed alignment
	TIM3D navigation via GPS*)
	3D Wireless Drill plan transfer into TIM3D via GSM or USB
	SanRemo Platinum (GSM or Satellite)
	Data collection (USB)
	12 months service fee free of charge for Drill plan transfer and SanRemo
	Readiness for TeleRC operation (line of sight)

PLATINUM – AUTOMINE® TELE REMOTE CONTROL

Including all GOLD scheme features	
	Single drill tele remote control (line-of-sight) for all functions
	On-board kit and remote operation station
	<i>Not included: vehicle, hosting the remote operation station</i>

POWERPACK

	Cummins QSX15 engine Tier 4*
--	------------------------------

WINTERIZATION

	Winter – Ambient temperature up to -20°C
	Arctic – Ambient temperature up to -40°C
	Available on request

DUST SUPPRESSION

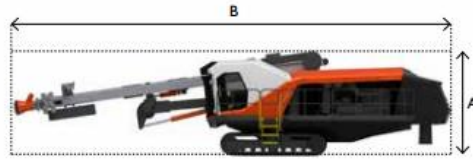
	Dry dust collection system including primary separator, movable suction head and shut down of suction for water holes
	Water flushing system including a 950l water tank and water pump*

*) Replaces standard component

**) Replaces Dust collection system

Specific features are available on request.

TRANSPORT DIMENSIONS



Weight	35,700 kg (78,700 lbs)
Width	2,995 m (9'10")
A. Height	4.6 m (15'11")
B. Total length	17.5 m (57'5")

OPERATING DIMENSIONS

