

Teknillinen korkeakoulu

Ohjelmistoliiketoiminnan ja -tuotannon instituutti, SoberIT
TAI Tutkimuslaitos

Raportti 25.3.2002

Tuotemuutokset muovikomponentin
tuotekehitysprojektissa:
niiden vaikutukset muotINVALMISTUKSEN
läpimenoaikaan ja hallinnan kehittäminen

Jukka Borgman

Jukka.Borgman@hut.fi

Sisällysluettelo

1	Johdanto	3
2	Tuotemuutoskierron muovikomponentin tuotekehityksessä	4
2.1	Miksi tuotemuutoksia tehdään?	4
2.2	Iteraatiokierrosten syiden luokittelua	5
2.3	Kuinka iteraatiokierron vaikutus muotintuotantoon?	7
3	Tuotemuutosten aiheuttama lisätyön määrä	10
3.1	Mihin aika iteraatiokierroksissa kuluu?	11
3.2	Missä vaiheessa projektia muutoksia tehtiin?	12
3.3	Kuka muutoksia tarvitsi?	13
3.4	Aineiston luotettavuus	15
4	Kuinka tuotemuutoksien vaikutusta läpimenoaikaan voisi hallita?	16
4.1	Ongelmana läpimenoajan ennustaminen	16
4.2	Tuotekehitysprosessin näkeminen informaatiovirtojen kautta	17
4.3	Release & iteration level management	20
5	Ehdotuksia toimenpiteiksi yrityksille	21
5.1	Nykyisen prosessin mittaus ja analysointi	21
5.2	Vaikutusmekanismien ymmärtäminen, uuden prosessin kehitys	21
5.3	Uuden prosessin huomioiminen tietojärjestelmissä	21
6	Yhteenveto	23
7	Lähdeluettelo	24

1 Johdanto

Tämä raportti on kirjoitettu Teknillisen korkeakoulun TAI Tutkimuslaitoksen ”Dokumenttien ja tuotetiedonhallinta, ruiskuvalettuja muoviosia tuottavissa verkostoituneissa projekteissa” ProDoku-projektissa. ProDoku kuuluu Tekesin rahoittamaan ProMuovi-teknologiaohjelmaan. ProDokun tavoitteena on lyhentää ruiskuvalukomponentin tuotekehitysprojektin läpimenoaika kehittämällä ruiskuvaluyritysverkoston toimintatapoja yritystenvälisen tiedonhallinnan suhteen ja selvittämällä vaatimuksia tuotekehitystä yhdessä tekevälle yritysverkostolle sopivalle dokumenttienhallintajärjestelmälle.

ProDokussa kartoitettiin ruiskuvaluverkoston yritystenvälistä tuotekehitys / muotinsuunnitteluprosessia tiedonkulun kannalta. Kartoituksessa nousi esille mm. tuotemuutosten suuri määrä ruiskuvalumuottia suunniteltaessa ja valmistettaessa.

Kartoituksessa kävi ilmi, että tuotemuutokset aiheuttavat viivästyksiä muottiprojektin läpimenoaikaan, joka on tällä hetkellä tärkein mittari onnistuneelle muottiprojektille monella tuotteella. Lisäksi tuotemuutokset aiheuttavat merkittävästi kommunikointi- ja tiedonsiirtotarvetta tuotetta suunnittelevan ja sille ruiskuvalumuottia suunnittelevan ja valmistavan yrityksen välillä. Haastatelluissa yrityksissä ei kuitenkaan ollut tarkkaa kuvaa siitä, kuinka paljon muottiprojektien läpimenoaikoja tuotemuutokset lisäävät.

Tässä raportissa esitellään aluksi ruiskuvalukomponentin tuotemuutoksiin liittyvää käsitteistöä. Seuraavaksi esitellään ruiskuvaluteollisuudessa tehdyn kartoituksen tulokset, jossa selvitettiin tuotemuutosten aiheuttaman lisätyön määrää muotinvalmistusprojekteissa case-tyyppisesti. Lopuksi pohditaan vaihtoehtoja suomalaiselle ruiskuvaluteollisuudelle tuotemuutostenhallinnan tehostamiseksi.

Tuotemuutoksella tarkoitetaan seuraavassa sellaista muovikomponenttiin (usein sen geometriaan) tehtävää muutosta, joka aiheuttaa komponentin ruiskuvalumuotin suunnittelussa, valmistuksessa tai pintakäsittelyssä jne. (uudestaan tehtävää) lisätyötä.

Kysymys: ”Kuinka tuotemuutosten vaikutusta läpimenoaikoihin voisi hallita?” ei ratkea täydellisesti tässä raportissakaan – toivottavasti kuitenkin raportissa kuvatun käsitteistön ja periaatteiden avulla ongelmaan on mahdollista paneutua entistä paremmin jatkossa.

Kiitokset kaikille yrityksille ja henkilöille, jotka auttoivat tietojen keräämisessä raporttia varten!

2 Tuotemuutoskierros muovikomponentin tuotekehityksessä

Tässä raportissa tuotemuutoksella tarkoitetaan sellaista muovikomponenttiin (usein sen geometriaan) tehtävää muutosta, joka aiheuttaa komponentin ruiskuvalumuotin suunnittelussa, valmistuksessa tai pintakäsittelyssä jne. (uudestaan tehtävää) lisätyötä.

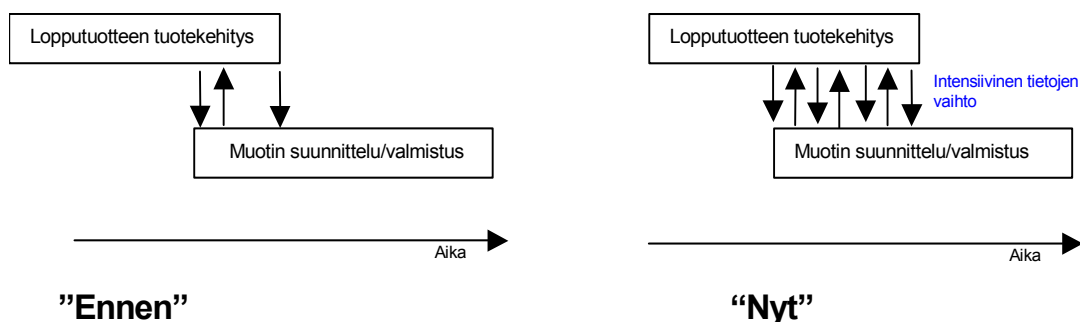
Tuotemuutoskierroksella (eli iteraatiokierroksella) tarkoitetaan tuotemuutoksista koottua joukkoa, joka toteutetaan samalla kertaa ruiskuvalumuottiin ja/tai sen CAD-malliin.

Muottiprojektin läpimenoajalla tarkoitetaan aikaa ensimmäisen CAD-mallin lähettämisestä muotin suunnittelijalle siihen asti kun asiakas on hyväksynyt muotin.

2.1 Miksi tuotemuutoksia tehdään?

Tuotemuutoksia tehdään ruiskuvalumuotteihin enemmän kuin esimerkiksi 10 vuotta sitten. Nykyiseen tuotemuutosten suureen määrään johtaneen kehitykseen on ilmeisesti kaksi syytä:

Ensimmäiseksi, lopputuotteet joihin ruiskuvaluettuja komponentteja käytetään halutaan entistä nopeammin markkinoille. Tämän vuoksi tänä päivänä toimitaan entistä enemmän rinnakkaisesti siten, että muotin valmistaja / ruiskuvalaja otetaan mukaan jo aikaisin lopputuotteen tuotekehitysvaiheessa (Kuva 1).



Kuva 1. Muutos tehtävien tiedonvälityksessä.

Koska lopputuote ei ole vielä valmis, siihen tehdään koko ajan muutoksia, jotka heijastuvat myös ruiskuvalumuottiin. Tällä toimintojen limittämällä (simultaanis suunnittelu, concurrent engineering) pyritään lyhentämään muovikomponentin suunnitteluun ja valmistukseen tarvittavaa aikaa. Aina ei toimintojen limittäminen lyhennäkään molempien yhteistä läpimenoaikaa toivotulla tavalla, vaan muotin suunnittelu ja valmistus venyy paljon pidemmäksi verrattuna vanhaan toimintatapaan tuotemuutosten aiheuttaman lisätyön vuoksi.

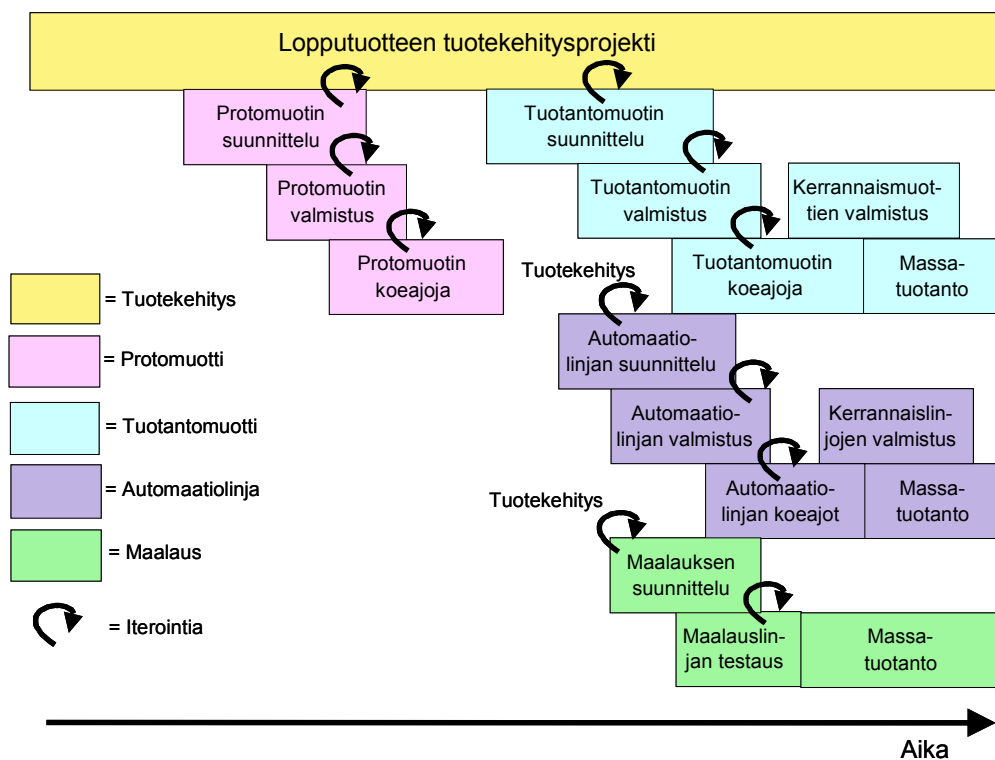
Toiseksi, monet muovikomponentit ovat geometrialtaan, pinnanlaadultaan ja valmistettavuudeltaan entistä vaativampia. Muovikomponentin mekaniikkasuunnittelija ei kykene suunnittelemaan niitä - ilman esim. muotinsuunnittelijan apua - valmistusmenetelmän asettamat rajoitukset huomioiden.

Tuotteiden monimutkaisuudesta (pintakäsittelyt, osakokoonpanot jne.) johtuen muovikomponentin valmistusta onkin suunnittelemassa enemmän kuin kaksi

osapuolta (yritystä). Kuvassa 2 on esitetty vaativan ja valmistusvolyymiltään suuren ruiskuvalukomponentin tuotekehitysprosessiin liittyviä osapuolia, sekä osapuolten tekemän työn sijoittumista ajallisesti toisiinsa nähden. Käytännössä voi olla, että jokainen työn osa: muovikomponentin suunnittelu, prototyypimuotin suunnittelu, tuotantomuotin suunnittelu, automaatiolinjan suunnittelu jne. tehdään fyysisesti eri yrityksissä.

Erytisesti kuvassa 2 on huomattava iterointinuolet (= tuotemuutos) jokaisen tehtävän aikana. Käytännössä nuoli tarkoittaa, että tuotteeseen tehtävistä muutoksista keskustellaan yritysten välillä. Pääasiassa uusi informaatio kommunikoidaan yritysten välillä muovikomponentin 3D-CAD-mallia siirtämällä.

Tällainen verkostomainen, intensiivinen yhteistyö tuotekehitysprojektin aikana asettaa aivan uudenlaisia vaatimuksia yritystenväliselle yhteiselle prosessille (esimerkiksi tuotemuutosten hallitsemiseksi) ja toisaalta myös koko tuotekehitysprojektien dokumenttien hallinnalle.



Kuva 2. Ruiskuvalukomponentin suunnittelu- ja valmistusprosessi.

Lähde: Paasivaara

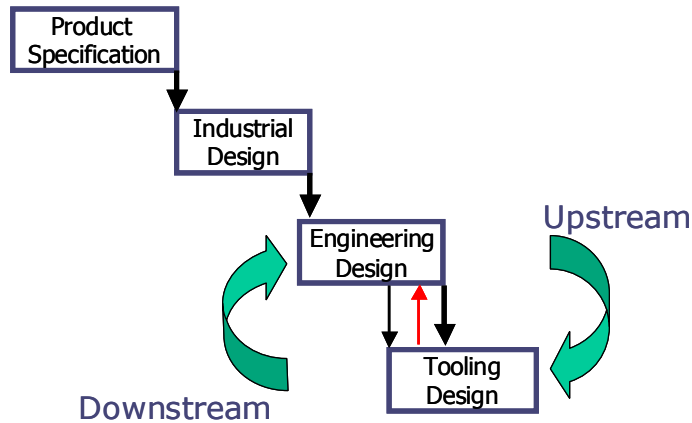
2.2 Iteraatiokierrosten syiden luokittelu

Iteraatiokierrosten syyt voidaan luokitella esimerkiksi seuraavasti [1]:

1. Muutos tehtävän input informaatiossa (upstream)
2. Muutos yhteisissä oletuksissa (concurrent)
3. Virheen havaitseminen (downstream)
4. Liian "hätäinen" jälkimmäisen tehtävän aloitus

Kuvassa (Kuva 3) on esitetty tyyppi 1 ja 3. Muotin suunnittelussa tyyppiä 1 vastaa "normaali" mekaniikkasuunnittelusta tullut muutos, joka tehdään muottiin. Tyyppi 3

tarkoittaa muutosta, joka tehdään tuotteen CAD-malliin, esimerkiksi muotin helpomman valmistettavuuden vuoksi. Tyypin 2 muutos tarkoittaa muutosta informaatioon, joka on mekaniikka- ja muottisuunnittelun lähtökohtana alusta asti. Esimerkiksi muotoilijoilta saatava tuotteen muoto ja tuotteen sisällä olevan piirikortin mitat elektroniikkasuunnittelusta jne.



Kuva 3. Iteraatiokierrosten luokittelua.

Iteraatio tehdään aina tuotteen laadun parantamiseksi, joten se sinänsä on tarpeellinen. Voidaan myös tehdä kompromissi tuotteen laadun ja iteraatioiden määrän välillä, jos tuotteen markkinoille saamista halutaan nopeuttaa. Tällöin jätetään viimeiset muutokset tekemättä. Tämä voi kuitenkin johtaa siihen, että jo markkinoilla olevaan tuotteeseen joudutaan tekemään muutoksia. Yleensä tämä on hyvin kallista ja hidasta.

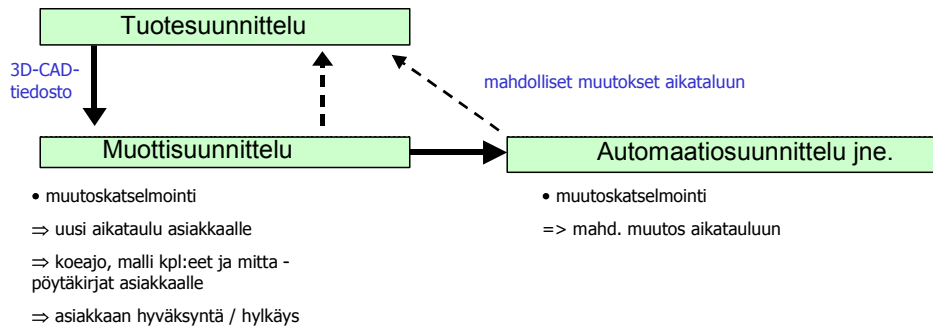
Iteraatiokierroksia voidaan - ja tuleekin - suunnitella etukäteen. Tällöin iteraatiokierroksesta käytetään usein (varsinkin ohjelmistojen tuotekehityksessä) englantilaisperäistä termiä "build". Tällöin tiedetään jo etukäteen, että ennen tuotantomuottia tehdään esimerkiksi kaksi prototyyppiversiota ("buildia") muovikomponentista. Näin voidaan menetellä esimerkiksi silloin, kun tiedetään, että lopullisen tuotteen on kestettävä suuria mekaanisia rasituksia, joita ei voida luotettavasti analysoida lujuuslaskentaohjelmistolla. Lisäksi esimerkiksi sähköturvallisuusmääräykset voivat edellyttää testaamista etukäteen komponentilla, joka on tehty lopullisesta materiaalista ja lopullisella valmistusmenetelmällä.

Iteraatiokierros voi tapahtua myös suunnittelematta, kun tuotteessa havaitaan suuri virhe (vrt. tyyppi 3 edellä). Tämä yleensä tarkoittaa muutoksia projektin aikatauluun.

Seuraavassa kuvataan tuotemuutos (iteraatio) kierrosta ruiskuvalukomponentin tuotekehitysprojektissa. Tyypillisesti se tapahtuu seuraavasti: Lopputuotteen (johon muovikomponentti tulee) tuotekehittäjä kehittää tuotettaan ja huomaa, että komponentin geometriaan tulee tehdä muutos. Tämä muutos tehdään komponentin 3D-CAD-malliin ja malli lähetetään muotin suunnittelijalle. CAD-mallissa voi kerralla olla lukuisia yksittäisiä muutoksia.

Kun muotin suunnittelija (voi olla eri henkilö / yritys kuin muotin valmistaja) saa komponentin CAD-mallin, hän katselmoi mallin ja arvioi (yhdessä valmistajan kanssa) paljonko muutoksen tekeminen lisää muotinvalmistukseen tarvittavaa aikaa.

Sitten muutos tehdään muotin CAD-malliin sekä mahdollisesti koneistetaan muottiin, jos muotinvalmistus on ehditty jo aloittaa. Sen jälkeen ruiskuvaletaan tietty määrä muovikomponentteja ja toimitetaan ne asiakkaalle. Tyypillisesti (tiukasti toleroiduissa komponenteissa) tehdään kappaleista vielä erillinen mittapöytäkirja. Pöytäkirja lähetetään asiakkaalle muovikomponenttien jälkeen, kun komponentit on ensin mitattu. Asiakas tekee saamiensa komponenttien ja mittapöytäkirjan perusteella päätöksen uusien kappaleiden hyväksymisestä tai hylkäämisestä.



Kuva 4. Muovikomponentin iteraatiokierroksen osapuolet.

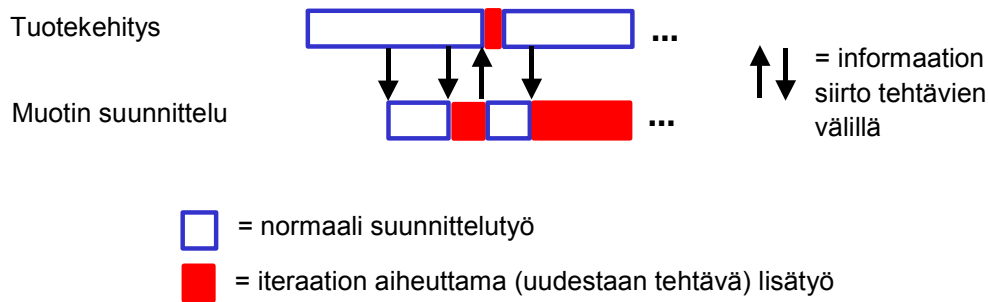
Tässä on huomattava, että muutoksen vaikutus muotinvalmistukseen riippuu paljon siitä, tuleeko muutos vielä silloin kun muottia vasta suunnitellaan (muutos kohdistuu vain muotin CAD-malliin) vai onko muotinvalmistus jo aloitettu. Pahimmassa tapauksessa pieneltäkin tuntuva muutos muovikomponentin geometriaan voi aiheuttaa esimerkiksi toisen muottipuoliskon tekemisen aloittamisen alusta saakka uudestaan.

2.3 Kuinka iteraatiokierros vaikuttaa muotinvalmistukseen?

Alla (Kuva 5) on esitetty kaaviomaisesti muovikomponentin iteraatiokierros kahden yrityksen välillä. Vaakapalkit kuvaavat kahden tehtävän etenemistä ja nuolet informaation siirtoa tehtävien välillä. Kun ylemmästä tehtävästä (tuotekehitys) lähetetään muotin suunnittelijalle uusi CAD-malli (nuoli kuvassa) tuotteesta aikaisemman tilalle, niin se aiheuttaa muotin suunnittelijalle/valmistajalle ylimääräistä työtä. Esimerkiksi:

- Tiedoston avaaminen ja muutettujen kohtien etsiminen tuotteen CAD-mallissa
- Muutosten tekeminen muotin CAD-malliin
- Muutosten tekeminen esimerkiksi kipinätyöstöelektrodien CAD-malleihin
- Uusien elektrodien koneistus
- Uuden geometrian kipinöinti muottiin

Tällaista työtä tarkoitetaan kuvan ”uudestaan tehtävällä lisätyöllä”.

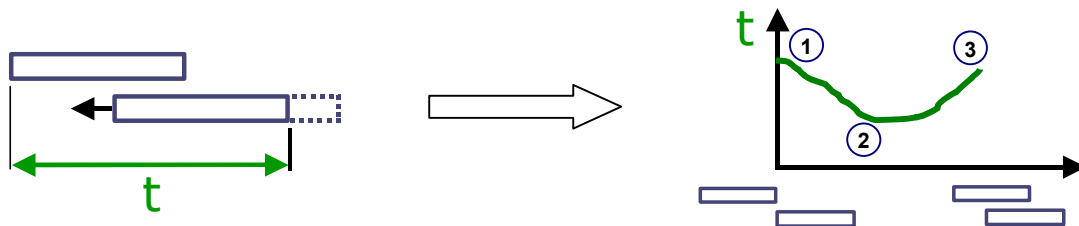


Kuva 5. Iteraatiokierroksen aiheuttama, uudelleen tehtävä lisätyö.

Jos muotinsuunnittelija saa usein uusia CAD-malleja tai uuden CAD-mallin (informaation) saanti aiheuttaa paljon työtä (esim. muotin uudelleen kipinöinti) ei muotINVALMISTUS etene lainkaan. Pahimmassa tapauksessa muutokset ovat niin suuria, että esimerkiksi toisen muottipuoliskon tekeminen pitää aloittaa alusta.

Tällöin voidaan kyseenalaistaa olisiko kannattanut odottaa muovikomponentin tuotekehityksen valmistumista loppuun asti ja aloittaa muotin suunnittelu ja valmistus vasta sen jälkeen, kun muovikomponentti on loppuun asti suunniteltu?

Alla (Kuva 6) esitetään tehtävien limittämisen vaikutus tehtävien yhteenlaskettuun läpimenoaikaan t . Oikealla on hahmoteltu mitä kokonaisläpimenoajalle tapahtuu, kun kahta tehtävää limitetään toisiinsa nähden. Kuvaaja alkaa tilanteesta, jossa tehtävät suoritetaan peräkkäin.



Kuva 6. Tehtävien limittämisen vaikutus kokonaisläpimenoaikaan "t".

Muovikomponentin geometria suunnitellaan loppuun ja sen jälkeen aloitetaan muotin suunnittelu ja valmistus. Koska kokonaisläpimenoaikaa halutaan lyhentää, aloitetaan muotINVALMISTUS hiukan ennen kuin muovikomponentin tuotekehitys on itse asiassa valmistunut.

Jos kaikki menee hyvin on kokonaisläpimenoaika lyhentynyt (t :n kuvaaja lähtee kulkemaan alaspäin (kuvan kohdassa 1).

Kun muotINVALMISTUKSEN ajankohtaa aikaistetaan edelleen, saavutaan pisteeseen jossa t on lyhyimmillään (kohta 2). Jos tehtäviä limitetään edelleen enemmän (muotin suunnittelu/valmistus aloitetaan aina vaan aikaisemmin) tulee muottiin enemmän muutoksiakin. Tällöin kasvaa myös muotINVALMISTUKSEN läpimenoaika, koska muutosten aiheuttama lisätyön määrä (kts. Kuva 5) kasvaa.

Tällöin kokonaisläpimenoaika t alkaakin kasvaa, eikä tehtävien enemmästä limittamisestä ole enää hyötyä (kohta 3). Päin vastoin, kun tehtäviä limitetään yhä enemmän, kasvaa myös kokonaisläpimenoaika. Tämä johtuu siitä, että muottiin tehdään koko ajan paljon muutoksia ja muotINVALMISTUMINEN etenee todella hitaasti. Samalla käytetään muotINVALMISTUKSEN (yleensä hyvin rajallisia resursseja) paljon. Tämä taas hidastaa myös muiden samaan aikaan etenevien muottiprojektien etenemistä.

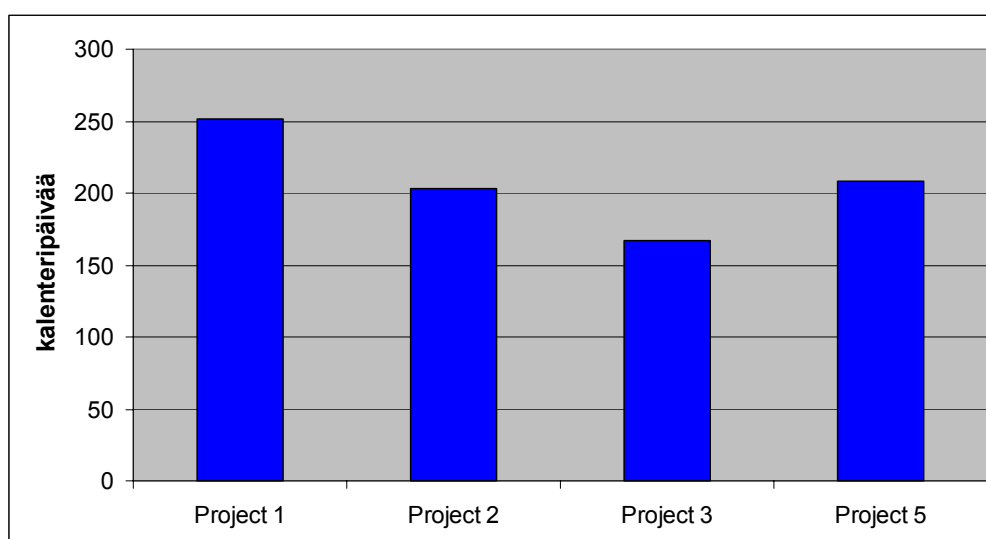
Kuvan (Kuva 6) t :n kuvaaja on kuvitteellinen, eikä perustu mitattuun dataan. Iteraatiokierroksen vaikutusmekanismin perusteella voi kuitenkin olettaa, että jonkinlainen optimikohta komponentin suunnittelun ja muotinvalmistuksen limittämisellä on olemassa. Tällä hetkellä ei ole tiedossa kuinka tuo optimikohta voidaan määritellä. Muutosten yhteydessä tehdyn lisätyön määrästä (Kuva 5) on sen sijaan kerätty tietoa, jota esitellään seuraavassa luvussa.

3 Tuotemuutosten aiheuttama lisätyön määrä

Neljästä viimeaikaisesta (yksi päättynyt –98, muut vuoden 2000 jälkeen) muovikomponentin tuotekehitysprojektista kerättiin seuraavat tiedot: projektin suunniteltu kesto-aika, tuotemuutosten lukumäärä sekä tuotemuutosten aiheuttama lisätyön määrä kalenteripäivinä.

Tuotekehitysprojektit edustavat suomalaisten ruiskuvalumuotteja suunnittelevien ja valmistavien yritysten projekteja. Tuotteet muottiprojekteissa olivat pääasiassa vaativia teknisiä muovikomponentteja. Osassa projekteja lopputuotteessa oli useampia muovikomponentteja, osassa vain yksi. Jokaisesta tuoteprojektista valittiin kuitenkin vain yksi muotti vertailtavaksi. Jos lopputuotteessa oli monta muovikomponenttia, valittu muotti oli yleensä monimutkaisimman muovikomponentin muotti.

Projekteista koottiin havaintoja (Kuva 7), jossa on esitetty kuinka monta kalenteripäivää tuotemuutokset aiheuttivat lisätyötä muotin suunnittelussa ja valmistuksessa. Lisätyön määrällä tarkoitetaan sitä aikaa, joka kuluu muutoksen aloittamisesta uusien komponenttien toimittamiseen asiakkaalle. Kuvassa on yhden muotin tiedot eri projekteista.



Kuva 7. Kuinka paljon tuotemuutokset aiheuttavat lisätyötä yhden muovikomponentin muotissa?

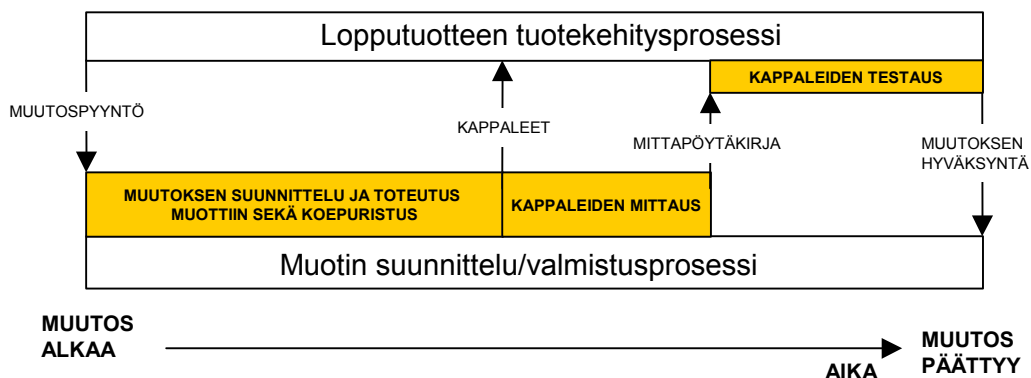
Kuvan pylväät kuvaavat siis muutosten aiheuttamaa lisätyötä (kts. Kuva 5) eri projekteissa.

Tyypillisesti yhden muotin luvataan valmistuvan n. 100-150:ssa kalenteripäivässä. Tähän verrattuna muutokset aiheuttavat huomattavan lisätyömäärän muotinvalmistukselle. On kuitenkin huomattava, että kuvassa näkyvää lisätyötä voidaan kenties jakaa useammalle henkilölle, jolloin sitä ei voi sellaisenaan lisätä projektien läpimenoaikoihin. Toisaalta – kuten edellä mainittiin – joissakin projekteissa lopputuotteeseen kuului useampia muovikomponentteja, jolloin haluttaessa tarkastella muutosten vaikutusta koko projektiin, tulisi laskea kaikista muoteista aiheutunut lisätyön määrä yhteen. Lisäksi muotteja valmistavan henkilökunnan määrä on melko vakio muotteja valmistavissa yrityksissä ja työn jakaminen monelle henkilölle (joilla on tyypillisesti muitakin muotteja työn alla) ei ole helppoa.

Kuvan pylväät ovat myös siinä mielessä optimistisia, että ne kuvaavat aikaa, joka kuluu muutoksen aloittamisesta siihen kun komponentit on toimitettu asiakkaalle.

Kuitenkin samaan aikaan kun uuden muovikomponentit lähetetään asiakkaalle niitä aletaan todellisuudessa vasta mitata tarkasti. Mittauksesta laaditaan yleensä mittapöytäkirja, joka lähetetään asiakkaalle.

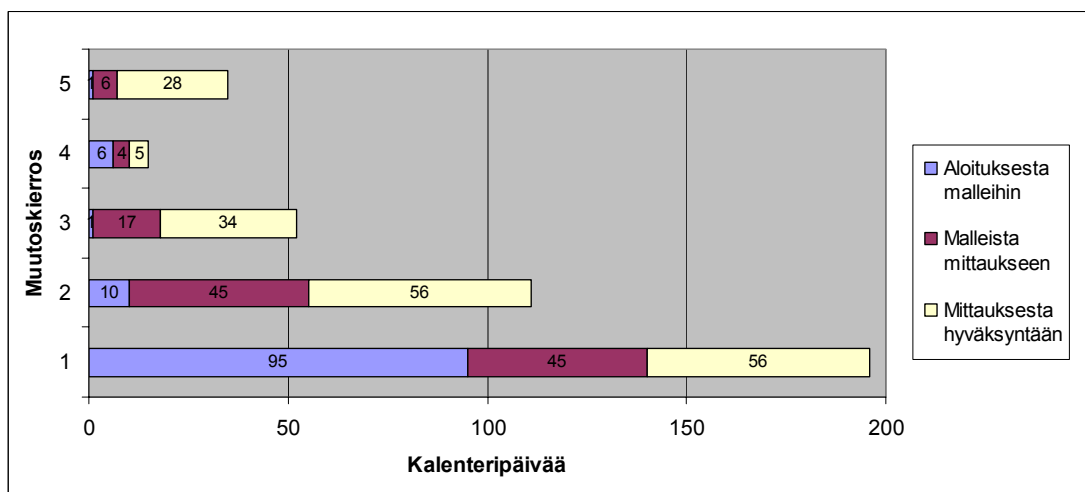
Asiakas hyväksyy muutoksen yleensä vasta kun on todennut omien testiensä perusteella, että uusi kappale on vaatimusten mukainen. Hyväksynnän saamiseen menee yleensä vielä huomattavasti aikaa kappaleiden toimittamisesta asiakkaalle. Ja vasta hyväksynnän saatuaan muotinvalmistaja voi pitää muutosta lopullisesti tehtynä (voi lähettää esimerkiksi laskun). Myös esimerkiksi tuotantoa ei voi aloittaa, ennen kuin muutos on lopullisesti hyväksytty, jolloin lopputuotteen markkinoillepääsyä ajatellen hyväksynnällä on tärkeä rooli.



Kuva 8. Koko iteraatiokierroksen työnkulku hyväksyntään asti.

3.1 Mihin aika iteraatiokierroksissa kuluu?

Jos tarkastellaan aikaa, joka kuluu iteraatiokierroksen aloittamisesta muutoksen hyväksymiseen, niin se on jakautunut eräissä projektissa (yhdessä komponentissa) seuraavasti:



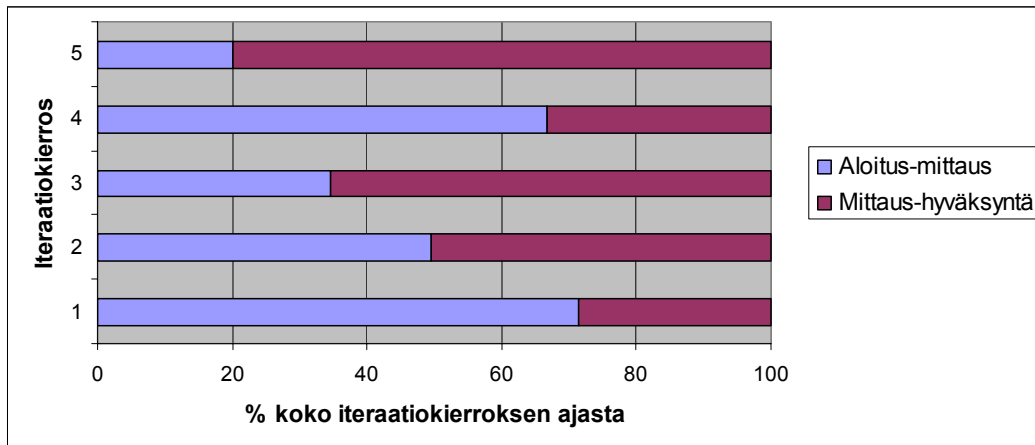
Kuva 9. Iteraatiokierrokseen kuluvan ajan jakautuminen.

”Aloituksesta malleihin” kuvaa sitä aikaa, jota tarkasteltiin aikaisemmin (esim. Kuva 7) muutoskierrroksesta aiheutuneena lisäaikana. Sen lisäksi on eri muutoskierroksiin (1-5) huomioitu myös mittapöytäkirjan teko ja lopullisen

hyväksynnän saantiin kuluva aika. Pieni muutos (4) pystytään ilmeisesti hyväksyntöineen tekemään nopeastikin, 15:ssä päivässä. Sen sijaan kierroksella 5 nopeasti tehty muutos vaati hyväksynnässä suhteellisesti paljon aikaa.

Samoja (Kuva 9) muutoskierroksia tarkastellaan seuraavassa siten, että lasketaan yhteen aika joka kuluu muutoksen aloittamisesta aina mittapöytäkirjan tekemiseen. Tätä aikaa voi ajatella muovikomponentin toimittajan tarvitsemana aikana.

Tätä verrataan aikaan, joka kuluu mittapöytäkirjan toimittamisesta asiakkaalle lopulliseen hyväksyntään. Jälkimmäistä voi tarkastella aikana, jolloin eteneminen on komponentin loppuasiakkaasta kiinni (vrt. Kuva 8).

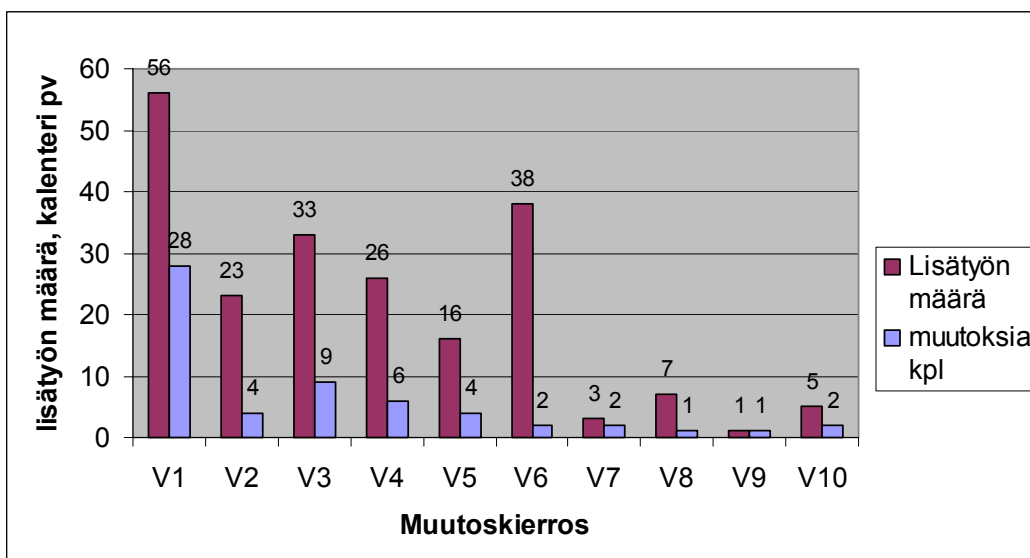


Kuva 10. Iteraatiokierroksen keston suhteellinen jakautuminen.

Taulukon perusteella aikojen suhde on melko vaihteleva. Jos iteraatiokierrosta halutaan nopeuttaa, niin ilmeisesti olisi etsittävä lyhentämispotentiaalia sekä aloitusmittaus (muotin valmistaja), että mittaus-hyväksyntä (tuotteen kehittäjä) väleiltä.

3.2 Missä vaiheessa projektia muutoksia tehtiin?

Alla (Kuva 11) on esitetty yhden seuratun projektin eri muutoskierrokset (10 kpl). Niistä on kuvattu muutoskierroksen aiheuttama lisätyön määrä kalenteripäivinä sekä yksittäisten tuotemuutosten määrä. V1 on muotin ensimmäinen muutoskierros.



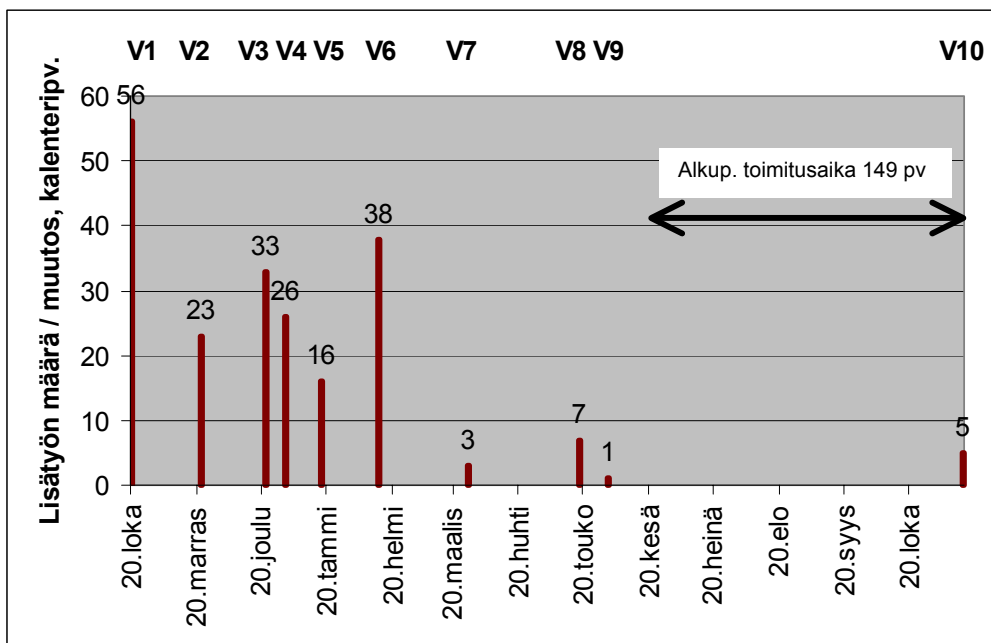
Kuva 11. Muutosten jakautuminen muutoskierroksiin ja lukumäärä niissä.

Dataa yksittäisen muutoksen aiheuttamasta lisätyön määrästä ei jälkikäteen pystytty kokoamaan, sen vuoksi lisätyön määrä on esitetty iteraatiokierroksittain.

Aineistosta (1 muotti) voitiin havaita, että muutoksia tuotteen geometriaan tehtiin runsaasti, yhteensä 59 kpl 10:ssä eri iteraatiokierroksessa. Muutokset aiheuttivat yhteensä ylimääräistä lisätyötä 208 päivää.

Muutoksia tehdään usein vielä senkin jälkeen kun geometria on tuotteen suunnittelijan mukaan lopullinen. Tämän vuoksi tuotemuutokset lisäävät huomattavasti muotin suunnittelun ja erityisesti muotin valmistuksen läpimenoaikaa. Tämä näkyy esimerkiksi muutoskierroksesta ”V6”, jossa vain kaksi muutosta aiheutti 38 päivän verran ylimääräistä työtä. Kuvan esimerkki ei ole kuitenkaan pahin tapaus: Eräässä projektissa muotti jouduttiin tekemään alusta asti kolme kertaa, ja alkuperäisestä toimituspäivästä myöhästyttiin lähes 1,5 vuotta.

Muutoskierrokset sijoituivat kalenterissa seuraavasti:

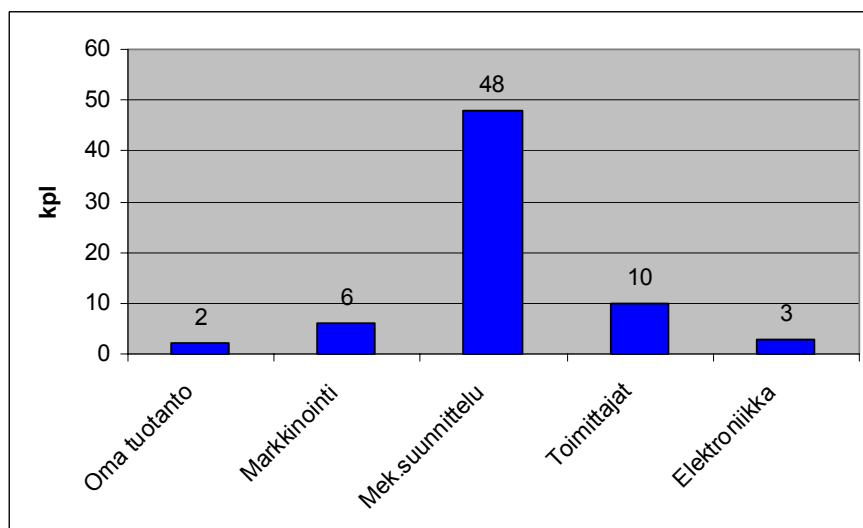


Kuva 12. Iteraatiokierrosten ajoittuminen ajallisesti, sekä lisätyön määrä niissä.

Mielenkiintoista kuvassa on verrata muotin alunperin suunniteltua toimitusaikaa (149 kalenteripäivää) muutoskierrosten tekoajankohtiin. Mitä olisi tapahtunut kokonaisläpimenoajalle, jos muotin valmistajalle olisi lähetetty CAD-malli vasta 29.12 tehdyn muutoskierroksen (V4) jälkeen? Tällöin olisi neljän muutoskierroksen aiheuttama lisätyön määrä - yhteensä 138 päivää - säästetty muotinvalmistajalta. Asia ei ehkä ole näin suoraviivainen, koska aikaisemmista muutoskierroksista on ehkä opittu jotakin, jota säästi vähän aikaa myöhemmissä muutoskierroksissa.

3.3 Kuka muutoksia tarvitsi?

Seuraavassa kuvassa (Kuva 13) on yhden projektin (sama kuin edellisessä kuvassa) tilanne. Tuotemuutoksille pyrittiin luokittelemaan se taho, jonka pyynnöstä /toimien johdosta muutos tehtiin muottiin. Kyseessä olevassa tuotteessa oli mukana (lopputuotteen) markkinointi, mekaniikkasuunnittelu, sekä elektroniikkasuunnittelu. Toimittaja viittaa tässä tapauksessa muovikomponentin ruiskuvalajaan.

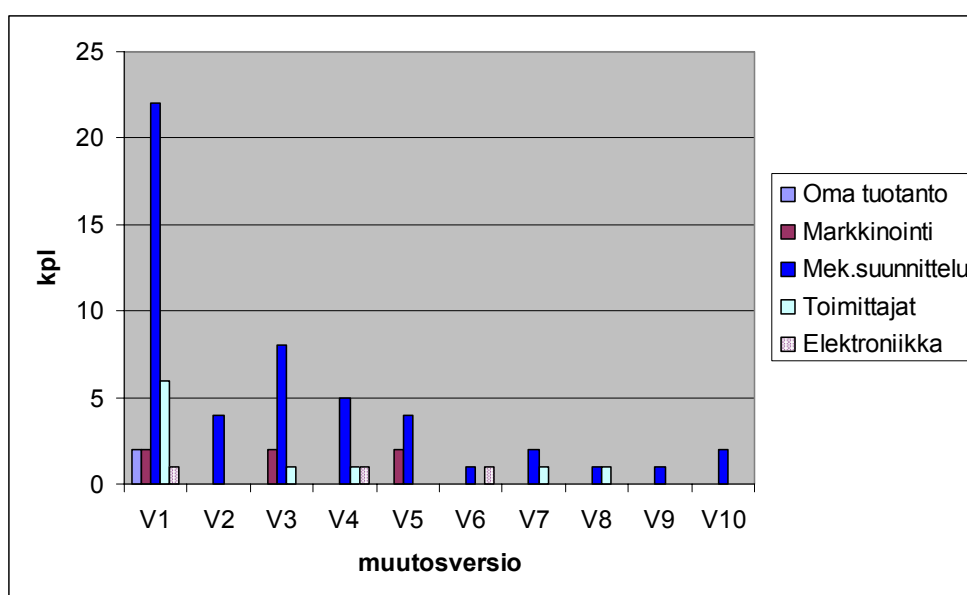


Kuva 13. Yhden komponentin muutosten jakautuminen yritysten eri toimintojen kesken.

Kuvasta voi todeta, että lukumääräisesti selvästi eniten muottimuutoksia tehtiin lopputuotteen mekaniikkasuunnittelun toimesta. Tämä ei sinänsä ole yllättävää. Mielenkiintoisinta muutoksissa oli, että ne muutokset, jotka olivat muotinvalmistuksen kannalta työläimpiä tulivat usein esimerkiksi markkinoinnista tai elektroniikan (piirikortin pidennys) vaatimuksesta. Eli nämä muutokset olivat tyyppiä ”Muutos yhteisissä oletuksissa” (kts. luku 2.2).

Yleistäen, tuotemuutos vaikuttaa projektin aikaisessa vaiheessa yleensä vähemmän projektin aikatauluun kuin projektin loppuvaiheessa tehtynä. Tämä siksi, että jos muutos tehdään vasta muotin suunnitteluvaiheessa muotin CAD-malliin on sen tekeminen olennaisesti nopeampaa kuin muutoksen kipinäntoimintaan teräksiseen muottipesään.

Kuva 14 esittää yksittäisten muutosten kappalemääriä eri toimintoittain projektin edetessä. Kuvasta nähdään, että alussa tehtiin eniten muutoksia, kuten luonnollista onkin. Erityisesti mekaniikkasuunnittelun tekemien muutosten määrä laskee nopeasti projektin edetessä kohti viimeistä iteraatiokierrosta (V10). Muiden toimintojen: oma tuotanto, markkinointi, muovikomponentin toimittaja, elektroniikkasuunnittelu tekemät muutokset ovat kappalemääräisesti koko ajan melko pienellä tasolla.

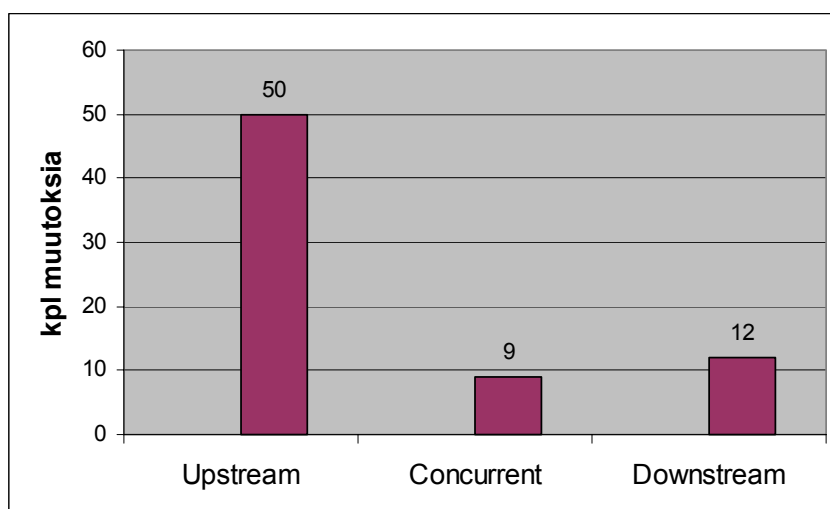


Kuva 14. Milloin eri toiminnot tarvitsivat muutoksensa?

Muutosten määrä laskee melko pienelle tasolle muutoskierron V6:een mennessä. Sen jälkeen muutoskiirroksissa tehdään lukumääräisesti enää melko vähän muutoksia. Ilmeisesti komponentti on siinä vaiheessa jo melko valmis. Mielenkiintoista olisi selvittää, kuinka paljon muovikomponentin ”laatu” olisi kärsinyt, jos sen kehityksestä olisi jätetty neljä viimeistä muutoskierron tekemättä. Toisaalta neljä viimeistä kierron eivät aiheuttaneet lisäyötäkään kovin paljoa (Kuva 11).

Olennaista olisikin saada dataa siitä, kuinka paljon kunkin toiminnon muutokset aiheuttivat lisäyötä, jotta voitaisiin lähteä priorisoimaan kehityskohteita lisäyön määrän minimoinniksi. Tätä tietoa ei siis raporttia varten dataa kerätessä ollut mahdollista luotettavasti kerätä. Tiedon keräyksen yhteydessä tehtyjen haastatteluiden perusteella kävi kuitenkin ilmi, että yleensä kaikkein eniten lisäyötä aiheuttavat yksittäiset muutokset tulivat yleensä muualta kuin mekaniikkasuunnittelusta. Esimerkiksi muotINVALMISTUKSEN jo alettua muotoilija ilmoittaa, että tuotteen ulkomuotoa tuleekin muuttaa hieman.

Eli vaikka kuvassa (Kuva 15) upstream-tyyppin muutoksia onkin eniten, niin haastattelujen mukaan kannattaisi silti keskittyä myös concurrent-tyyppin muutosten hallintaan.



Kuva 15. Tuotemuutosten tarvisijat luokiteltuna muutosten lukumäärän mukaan.

3.4 Aineiston luotettavuus

Muutoksista koottu data on kerätty eri yritysten erilaisista tietojärjestelmistä, kuten taloushallinto tai tuotannon järjestelmät. Lisäksi tarkennuksia on hankittu haastattelemalla. Tieto ei ollut yhteismitallista: eri järjestelmissä oli tallennettu erilaisia aikoja muoteista (tilaus – toimitus tai tilaus – koeajo – mittaus – hyväksyntä jne.). Lisäksi toisissa oli ajat ilmoitettu vain viikon tarkkuudella. Muutamassa tapauksessa tiedoissa oli selvästi näppäilyvirhe. Vääriksi epäiltyjen tai puutteellisten tietojen oikaisu ei monesti onnistunut. Jos projekti oli jo päätynyt, sen dokumentaatiota ei kyetty löytämään jälkikäteen. Tällaisten projektien tietoja ei ole mukana tässä raportissa.

Kerätty aineisto pyrittiin normalisoimaan niin, että kaikista projekteista esitetään sama asia. Pieniä virheitä (luokkaa 1 viikko) tiedoissa saattaa olla, joten päivän tarkkuudella tietoja ei kannata (eikä ole hyödyllistäkään) yrittää lukea.

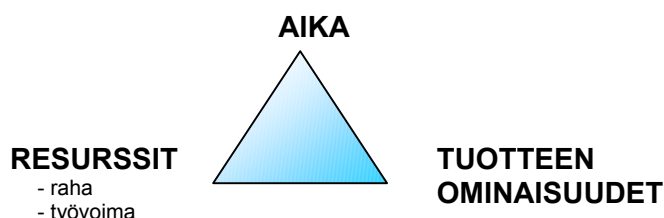
Puutteellisen / epätarkan datan karsimisen jälkeen, jäljelle jäi neljä case-projektia, joista voitiin tehdä yhteismitallista analysointia.

4 Kuinka tuotemuutoksien vaikutusta läpimenoaikaan voisi hallita?

4.1 Ongelmana läpimenoajan ennustaminen

Yleisen tason tavoite raporttia kirjoitettaessa oli ymmärtää paremmin miksi muutoksia tehdään ja kuinka olisi mahdollista ymmärtää paremmin muutoksien vaikutus projektien läpimenoaikaan. Itse läpimenoajan minimointi ei ole tärkein asia, vaan monelle yritykselle olisi arvokkaampaa osata suuremmalla varmuudella ennustaa aloitetun muotiprojektin päättymisajankohta.

Vaihtoehtoja on ainakin kaksi: tehdä vähemmän iteraatioita tai minimoida iteraatiokierroksen vaikutus läpimenoaikaan. Jos iteraatioiden määrää vähennetään, niin silloin pitää tiedostaa sen vaikutus tuotteen laatuun. Tuotekehitysprojektin ohjauksessa kiinnitetään yleensä joku/jotkut kuvan (Kuva 16) muuttujista. Kartoitetuissa projekteissa tärkein oli haastatteluiden perusteella tuotteen valmistumisen ajankohta, myös tuotteen ominaisuuksista ei voitu paljoa tinkiä.



Kuva 16. Tuotekehitysprojektin ohjauksen muuttujat.

Tuotteen ominaisuudet tulisi simuloida etukäteen mahdollisimman tarkkaan, jotta ruiskuvaletuista kappaleista ei enää löytyisi korjattavaa. Tässä voi hyödyntää esimerkiksi erilaisia analyysejä CAD-malleilla, rapid prototyping-menetelmiä sekä kokemuksia aikaisemmista projekteista.

On kuitenkin ominaisuuksia, joita on vaikea ennustaa ilman lopullisilla menetelmillä valmistettuja koekappaleita. Tällaisia ovat esimerkiksi valon ja äänen kulkeminen muovikomponentissa sekä visuaaliset ominaisuudet, kuten pinnan kiiltävyys. Nämä seikat tulee ottaa huomioon tekemällä suunniteltu, myös aikataulussa ja resursseissa huomioitu, muutuskierros.

Kun muottiin tehdään korjauksia se kuluttaa aina muotinvalmistajan muottiverstaan työaikaa. Usein korjaukset tehdään esimerkiksi kesken koeajojen "erittäin kiireellisinä". Tällöin sotketaan muottiverstaan töitä usein niin, että muiden samaan aikaan työn alla olevien muottien valmistaminen hidastuu. Eli yhden projektin hallitsemattomat muutokset voivat vaikuttaa myös muiden projektien läpimenoaikaan.

Iteraatioiden hallintaan tuskin kannattanee kehittää tiukkaa, täysin formaalia prosessia. Tämä sen vuoksi, että tuotekehitys toimintana on jonkin verran yllätyksiä sisältävää ja ennalta arvaamatonta. Näin tuleekin tietysti määrin olla, jotta innovatiiviselle ajattelulle jää tilaa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö iteraatioiden hallintaa tulisi tai pystyisi kehittämään menetelmiä ja prosesseja.

Tuotemuutoksia pitäisi pyrkiä hallitsemaan suunnittelemalla etukäteen kahden yrityksen välille yhteinen tuotekehitysprosessi, jossa otetaan huomioon erityisesti tuotemuutosten hallinta. Nykyään yritysten sisällä on määritelty usein prosessit, joiden perusteella esimerkiksi muovituotteen kehitys- tai valmistusprojektit toteutetaan. Tällainen johtaa helposti ns. "paikalliseen optimointiin". Eli esimerkiksi muovikomponenttia suunnittelevassa yrityksessä nähdään tärkeänä vain suunnittelun nopea eteneminen, eikä nähdä muotinvalmistusta kovin kiinteänä osana

suunnitteluprojektia. Tällöin tehdään vain kiivaasti (mekaniikka)suunnittelua muovikomponentille ja välitetään muutoksia mahdollisimman nopeasti muotin suunnittelijalle/tekijälle. Tästä aiheutuu muotin suunnittelijalle huomattava määrä lisätyötä.

Näkemällä suurempi kokonaisuus (muovikomponentin suunnittelu ja muotin suunnittelu/valmistus) yhtenä kokonaisuutena ja suunnittelemalla kokonaisuus etukäteen, voidaan päästä mm. parempaan läpimenoajan ennustamiseen.

Seuraavassa esitetään asiaan kaksi lähestymistapaa. Ensimmäiseksi katsotaan tuotekehitysprojektia informaatiovirtoina ja toiseksi tarkastellaan eri tasoja muutostenhallintaan tuotekehitysprojektissa. Tässä on haettu analogioita fyysisen tuotteen ja ohjelmistotuotteen tuotekehitysprosessin välillä.

4.2 Tuotekehitysprosessin näkeminen informaatiovirtojen kautta

Eppinger [1] korostaa, että tuotekehitysprosessi pitäisi nähdä informaatiovirtojen kautta. Tuotekehitysprosessissa jalostetaan informaatiovirtaa, joka lopussa konkretisoituu lopullisen tuotteen 3D-CAD-mallina. Analogisesti valmistusprosessissa jalostetaan materiaalivirtaa, joka jalostuu lopussa fyysisiksi tuotteiksi.

Krishnan [2] ehdottaa, että limitettyjen tehtävien iteraatiokierroksia voidaan paremmin hallita, mikäli tehtävien (yritysten) välisestä informaatiovirrasta ymmärretään kaksi käsitettä: tiedon kehitysnopeus (evolution) ja vaikutus (impact). Vaikutuksella voidaan tapauskohtaisesti tarkoittaa muutoksen vaikutusta resurssien määrään, aikatauluun jne. Tässä raportissa tarkoitetaan nimenomaan vaikutusta muotinvalmistuksen aikatauluun.

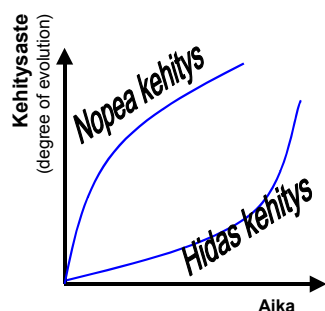
Informaatiovirran evolution & impact

Kun tarkastellaan tuotekehityksen ja muotinvalmistuksen välistä tietojen vaihtoa (vrt. esim. Kuva 5 nuolet), niin muotinvalmistukseen saapuva informaatiosta, esimerkiksi CAD-malli, voi erottaa erilaisia komponentteja.

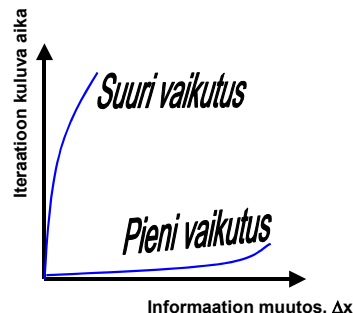
Tieto voi olla kehitysnopeudeltaan joko nopeaa tai hidasta. Tämä tarkoittaa käytännössä, että jokin osa CAD-mallista valmistuu nopeasti lopulliseen muotoonsa ja joku toinen osa hitaammin. Vaikutuksella tarkoitetaan muutoksen vaikutusta muotinvalmistuksen läpimenoaikaan. Jonkun tiedon muuttamisella (esim. CAD-mallissa voi olla suuri vaikutus muotinvalmistuksen läpimenoaikaan ja toisaalta on muutoksia, joiden tekeminen on nopeaa.

Ymmärtämällä tehtävien välisen informaatiovirran evolution ja impact voidaan valita tehtävien limittämiseksi optimaalinen strategia (Kuva 18). [2]

Kehitysnopeus (evolution)



Vaikutus (impact)



Kuva 17. Tehtävien välisen informaatiovirran kaksi komponenttia.

Esimerkki 1: Muovikomponentti (jonka CAD-mallista informaatiovirrassa on kysymys) on kotelo uudelle pölynimurille. Tuotteessa on 230 V:n virtajohdolle standardipistoke, jota on yrityksen tuotteessa käytetty aiemminkin. Tällöin voidaan olettaa, että muovikomponentissa ne pinnat, jotka liittyvät virtapistokkeeseen eivät tule muuttumaan tuotekehitysprojektin aikana. Voidaan sanoa, että niiden pintojen kehitysnopeus (evolution) on suuri.

Toisaalta pölynimurin muotoilu on täysin uutta ja tuotteesta yritetään saada erittäin hiljainen. Tällöin saattaa käydä niin, että muovikomponentin koteloa voidaan muilta osin joutua muuttamaan paljonkin, koska kotelon värähtelyitä ja moottorin ulos päin kuuluvaa ääntä ei osata etukäteen varmasti ennustaa. Muilta osin kotelon geometrian voidaan olettaa tulevan muuttumaan vielä projektin edetessä, jolloin niiltä osin geometrian kehitysnopeus (evolution) on pieni.

Sovellus tuotekehitysprojekteissa: Merkitään CAD-malleihin alueet, jotka eivät todennäköisesti tule muuttumaan ja/tai jotka tulevat muuttumaan melko varmasti. Näin muotinvalmistaja voi aloittaa muotin rakentamisen niistä geometrian osista, jota eivät todennäköisesti muutu. Tämän lisäksi sellaiset geometriset piirteet, jotka todennäköisesti tulevat muuttumaan voi tehdä irtopaloina muottiin, jolloin niihin on helpompi tehdä muutoksia jälkikäteen. Näin pienennetään tuotemuutoksista aikatauluun kohdistuvaa riskiä.

Esimerkki 2:

Tuote (muovinen kotelo) koostuu kahdesta muovikomponentista, jotka tulee liittää tiiviisti yhteen. Liitoskohdassa ne menevät hiukan päällekkäin. Etukäteen (ennen ensimmäisiä prototyyppejä) ei osata sanoa, kuinka paljon komponenttien tulisi mennä päällekkäin, jotta vaadittava tiiveys saataisiin aikaiseksi. Muotin valmistuksessa muotista materiaalin poistaminen (= muovikomponentin materiaalin lisäys) on olennaisesti helpompaa, kuin uuden teräksen lisäämien muottiin (= materiaalin vähentäminen muovikomponentista). Voidaan sanoa että, jos muutos vaatii teräksen poistamista (kipinätyöstö, jysintä jne.) sen vaikutus muotinvalmistuksen aikatauluun on pieni. Jos muutos aiheuttaa materiaalin lisäämistarpeen (tai vaatii muuten suuria muutoksia muottiin) sen vaikutus muotinvalmistuksen läpimenoaikaan on suuri.

Sovellus tuotekehitysprojekteissa: Olisi pyrittävä kehittämään tapa, jolla muutoksen vaikutus saataisiin nopeasti muotin suunnittelijalta/valmistajalta (koska yleensä hän tietää sen paljon paremmin kuin muovikomponentin suunnittelija) muovikomponentin suunnittelijalle. Tämä asia on monimutkaisempi toteuttaa kuin kehitysnopeuden viestittäminen muotinsuunnittelijalle. Tietoteknisin keinoin asiaa voidaan kuitenkin yrittää tukea. Sen lisäksi kouluttamalla muovikomponenttien suunnittelijoille valmistusmenetelmän rajoituksia voidaan riskiä aikataulun suhteen pienentää.

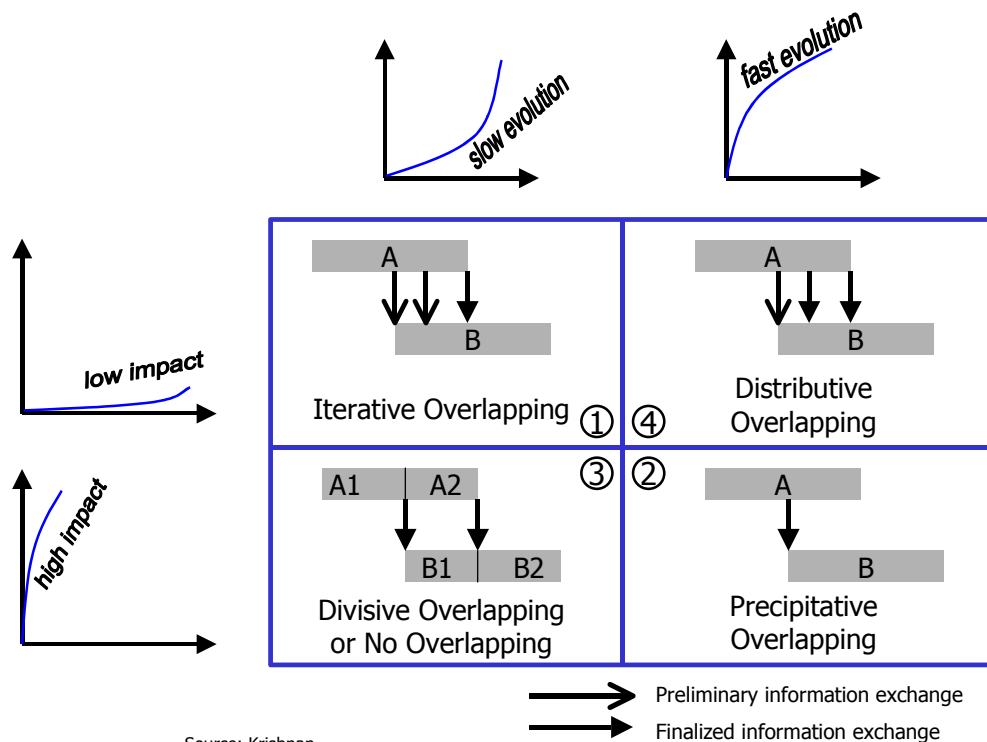
Kuva 18 esittää, kuinka kahta tehtävää A ja B kannattaa limittää, kun niiden välisen informaatiovirran impact ja evolution tiedetään. Tehtävällä A voidaan ajatella tarkoitettavan muovikomponentin suunnittelua yhdessä yrityksessä ja B:llä muotin suunnittelua/valmistusta toisessa yrityksessä.

Ruudussa 1 (vasen yläkulma) tehtävien välinen tieto kehittyy hitaasti, mutta toisaalta sen muuttaminen ei aiheuta suurta lisätyötä tehtävässä B. Tällöin kannattaa alustavaakin tietoa vaihtaa tehtävien välillä jo aikaisessa vaiheessa (iterative overlapping). Tällaisessa tilanteessa tehtäviä A ja B kannattaa siis limittää ajallisesti paljon päällekkäin.

Ruudussa 2 tilanne on päinvastainen. Tieto kehittyy nopeasti, mutta toisaalta sen muutokset aiheuttavat jälkimmäisessä tehtävässä paljon lisätyötä joka

iteraatiokierroksella. Tällöin kannattaa tehtävästä A saatava tieto kehittää ja välittää eteen päin aikaisessa vaiheessa (koska se on silloin suurella todennäköisyydellä "valmista") ja olla muuttamatta sitä jälkikäteen. Tosin tästä voi seurata tuotteen laadun heikkenemistä, koska tehtävä A joutuu tuottamaan välitettävän informaation ennen päättymistään. Jos jo kerran välitettyä informaatiota kehitetään edelleen, niin sitä ei voida enää välittää tehtävälle B, koska aiheuttaisi se huomattavaa viivästymistä läpimenoajassa.

Ruudussa 3 tieto kehittyy hitaasti ja sen muuttaminen aiheuttaa paljon lisätyötä tehtävässä B. Tällöin kannattaa pyrkiä jakamaan välitettävä informaatio toisistaan riippumattomiin osiin (jos mahdollista). Tiedon jakaminen voidaan tehdä esimerkiksi perustuen toiminnallisiin tai fyysisiin (geometrisiin) ominaisuuksiin. Jos informaatiota ei kyetä jakamaan (sen kaikki komponentit kehittyvät yhtä hitaasti), niin on parempi jättää tehtävien limittäminen kokonaan tekemättä.



Source: Krishnan

Kuva 18. Limittämisstrategiamatriisi [2].

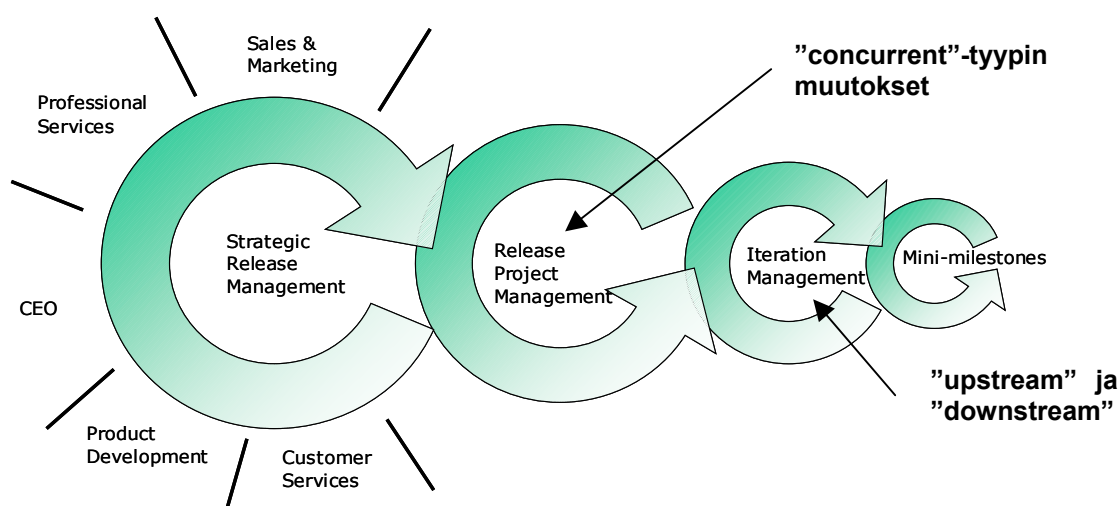
Ruudussa 4 tieto kehittyy nopeasti ja sen muuttaminen ei haittaa kohtuuttomasti tehtävää B. Tällöin suositellaan alustavan tiedon välittämistä aikaisessa vaiheessa molempiin suuntiin. Vaikka informaation luultaisiinkin olevan jo "lopullista" (paksu nuolen pää), ei sen muuttaminen aiheuta paljon viivästymistä.

On huomattava, että eri vaihtoehdoissa valitaan kriittiseksi tekijäksi eri asiat. Esimerkiksi ruudussa 1 tehtävien limittäminen aiheuttaa lisätyötä (ei tosin paljoa), mutta nopeuttaa tehtävien yhteistä läpimenoaikaa. Ruudussa 2 tingitään ehkä tuotteen laadusta, jotta läpimenoaika saataisiin minimoitua. Eli projektin ohjausmekanismit (tuotteen laatu, resurssit tai läpimenoaika) vaikuttavat myös tiedonvälitysstrategian valintaan.

4.3 Release & iteration level management

Ohjelmistojen tuotekehitys on osittain hyvin samantyyppistä, kuin muovikomponenttien, joilla läpimenoaika on tärkein tuotekehitysprojektia ohjaava tekijä. Ohjelmistoalalla tiettyjen standardien ja kilpailevien ohjelmistojen (esimerkiksi Internetiin liittyvien) kehitys on niin nopeaa, että tuotekehitysprosesseihin ohjelmistoalalla on myös jouduttu kiinnittämään erityistä huomioita.

Myös iteraatiota tehdään hyvin paljon. Lähteessä [3] onkin käsitelty eri tasoja, joilla tuotekehitysprojektia voidaan hallita. Kuvaa voi hyvin soveltaa myös muovituotteen tuotekehitysprojektissa. Eri hallinnan tasot liittyvät oleellisesti aikaisemmin (Kuva 15) esiteltyihin eri tyyppisiin muutoksiin.



Kuva 19. Eri tasoja, joilla ohjelmistotuotekehitysprojektia tulisi hallita. Soveltaen lähteestä [3]

"Release Project Management"-taso vastaa fyysisen tuotteen kehityksessä asiakkaan koko tuotteen (siis muutakin kuin muoviosat) projektin hallintaa. Tällä tasolla tulisi ottaa kantaa, kuinka concurrent-tyypin (kts. luku 2.2) muutosten aikatauluvaikutuksia voisi hallita? Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, kuinka estetään sen tiedon (esimerkiksi elektroniikan piirikortin koko) muuttuminen, joka on sekä muovikomponentin mekaniikkasuunnittelussa sekä muotinsuunnittelussa lähtöarvona.

"Iteration Management"-tasolla, on määriteltävä asiakkaan ja muovikomponentin valmistajan välille prosessi, jolla hallitaan iteraatiokierrosten ja yksittäisen muutoksen vaikutukset projektin läpimenoaikaan.

5 Ehdotuksia toimenpiteiksi yrityksille

Seuraavien lukujen ehdotetut toimenpiteet tulee tehdä molemmissa yrityksissä: loppuasiakkaalla sekä ruiskuvalumuotin valmistajalla.

5.1 Nykyisen prosessin mittaus ja analysointi

Tällä hetkellä tuotemuutosten aiheuttamat ongelmat ollaan havaittu, mutta tarkkaa seuranta esimerkiksi iteraatiokierrosten vaikutuksesta projektien aikatauluihin ei ole olemassa. Tämä ilmeni konkreettisesti tähän raporttiin koottujen tietojen keräämisen vaikeutena. Jotta prosessia voidaan kehittää, sitä pitää ensin mitata, jotta tiedetään lähtökohta tarkasti. Esimerkiksi mihin hyväksyntään menevä aika tällä hetkellä kuluu? Tämä tulee selvittää sekä asiakkaan, että muotinvalmistajan puolella.

Tulevissa projekteissa dataa muutoksista tulee kerätä ja analysoida tarkasti. Tämä vaatii ensin kehityskohteiden (esim. tuotemuutosten hallinta) priorisoinnin ja sen jälkeen mittariston kehittämisen kehityskohdetta varten. Tämän jälkeen kerätään yksityiskohtaista dataa nykyisistä projekteista.

Nykyisessä tuotekehitysprosessissa on jo toteutettu eri yrityksissä hyväksi havaittuja toimintatapoja. Ne tulee dokumentoida ja levittää koko yrityksen käyttöön.

Tämän vaiheen loppuksi tulisi olla selkeä ja dokumentoitu kuva nykyisestä toimintatavasta: ymmärretään kuinka paljon tuotemuutokset nykyisissä projekteissa vaikuttavat projektien läpimenoaikoihin.

5.2 Vaikutusmekanismien ymmärtäminen, uuden prosessin kehitys

Tämän jälkeen voidaan määritellä uusi prosessi, joka ottaa huomioon esim. tuotemuutokset paremmin. Tämän uuden prosessinmäärittelyssä tulee ottaa huomioon erityisesti koko toimintojen ketju muovikomponentin suunnittelusta sen valmistukseen ja pintakäsittelyihin saakka. Eli uusi prosessi pitää suunnitella yritysraajat ylittäväksi.

Tämä uusi prosessi tarjoaa viitekehyksen ja joukon työkaluja tulevaisuudessa toteutettaville tuotekehitysprojekteille, joilla on näin paremmat mahdollisuudet hallita tuotemuutosten vaikutusta läpimenoaikoihinsa. Esimerkiksi kuinka muutoskierrokset suunnitellaan etukäteen? Kuinka prosessissa saadaan välitetyn tiedon "evolution" ja "impact"-käsitteet esiin? Kuinka limittämisstrategiamatriisin (Kuva 18) ruutuja voidaan soveltaa muovikomponentin tuotekehitysprojektissa?

Lisäksi kaikkien tuotekehitysprojektiin liittyvien yritysten (loppuasiakas, ruiskuvalaja, muotintekijä, pintakäsittelylinjan tekijä jne.) tulee määritellä sisäiset prosessinsa niin, että ne tukevat uutta yritystenvälistä prosessia. Näissä määritellään esim. kuinka muotinsuunnittelija menettelee saatuaan tiedon uudesta tuotemuutoksesta: kuinka uuden tiedon "impact" välitetään takaisin komponentin suunnittelijalle jne.

5.3 Uuden prosessin huomioiminen tietojärjestelmissä

Kun uusi prosessi on määritelty kannattaa tutkia kuinka sitä voidaan tukea parhaiten tietojärjestelmillä. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi seuraavaa:

Kun tulevaisuudessa muovikomponentin suunnittelija saa ensimmäisen version muovikomponentista valmiiksi hän tallettaa sen oman yrityksensä

tuotetiedonhallintajärjestelmään. Tuotekehitysprojektille on (prosessin mukaisesti) määritelty tähän vaiheeseen prototyypin teko, jotta ehditään hallitusti tutkia esim. äänen kulku uudessa tuotteessa. Tietojärjestelmä (esim. projektipäällikön vahvistuksen jälkeen) lähettää muovikomponentin tiedot valitun muotinsuunnittelijan/valmistajan tuotetiedonhallintajärjestelmälle. Tässä kohtaa mennään siis yritysrajan yli määritellyn prosessin mukaisesti

Tämä (eri yrityksen tietojärjestelmä) osaa ilmoittaa uuden iteraatiokierroksen alkaneen muotinsuunnittelijalle. Tietojärjestelmiin on etukäteen määritelty, ettei uusia muutoksia lähetetä muotinsuunnittelijalle vaikka muovikomponentin suunnittelija niitä (toisessa yrityksessä) tekisikin. Näin varmistetaan, että muovikomponentin prototyyppi saadaan suunnitellun aikataulun mukaisesti testeihin ja testien tulosten perusteella muottiin voidaan tehdä seuraava iteraatiokierros.

Tietojärjestelmät kirjaavat kaikki toimenpiteet automaattisesti. Järjestelmistä voidaan koska tahansa selvittää tarkalleen, missä vaiheessa projektia ollaan menossa. Voidaan myös jälkikäteen analysoida tarkasti mitä ja milloin projektissa tapahtui. Esimerkiksi jos tuotteeseen kuuluu useampi muovikomponentti koko tuotteesta vastaava henkilö voi koska tahansa katsoa järjestelmästä kaikkien tuotteeseen liittyvien muottien tilan.

Tämä kaikki vähentää ihmisten tarvetta dokumentoida tekemisiään ja auttaa prosessin kehittämisessä edelleen tarjoamalla tarkkaa dataa menneistä projekteista.

Kun projekteista tallentuu automaattisesti ym. tiedot, niin projektien tila on koko ajan selvillä (missä mennään aikataulussa, montako muutosta tehty, kuinka ne ovat toistaiseksi vaikuttaneet aikatauluun jne.). Tämä helpottaa olennaisesti projektien ohjausta ja päättymisen arviointia.

6 Yhteenveto

Tässä raportissa kuvattiin muovikomponentin tuotekehitysprojekteissa tehtyjen muutoskierrosten aiheuttamaa lisätyön määrää. Komponenttiin tehtyjen muutosten vuoksi ruiskuvalumuotin valmistukseen aiheutuu suuri määrä ylimääräistä työtä – jopa 250 kalenteripäivää.

Raportissa analysoitiin muutosten syitä (kuka muutokset tarvitsi), sekä tuotemuutoskierrokseen kuluvan ajan jakautumista eri tekijöihin.

Johtopäätöksinä ehdotetaan tuotemuutosten hallintaa eri tasoilla. Tuoteprojektitasolla tulisi keskittyä ”concurrent”-tyypin muutosten hallintaan. ”Iteration management”-tasolla tulisi hallita upstream- ja downstream-tyypin muutokset.

Hallinnan keinoina esitetään tuotekehitystä tekevien yritysten välisen informaation luokittelua eri komponentteihin: todennäköisesti muuttuva tieto ja epätodennäköisesti muuttuva tieto. Näille komponenteille tulisi ymmärtää ja määritellä tiedon valmiusaste (evolution) ja vaikutus (impact) esim. projektin läpimenoaikaan.

Tuotemuutokset liittyvät suoraan projektin erilaisiin dokumentteihin – kuten CAD-mallit ja aikataulut. Tämän vuoksi muutosten hallintaan liittyvät prosessit olisi mahdollista automatisoida projektin dokumentteja hallitsevassa tietojärjestelmässä. Jos kaikkien tuotekehitysprojektiin liittyvien yritysten tuotetiedonhallintajärjestelmät saataisiin integroitua jo tuotekehitysprojektin aikana, voitaisiin tällä automatisoida tuotemuutoksiin liittyviä prosesseja (hyväksynnät) sekä tuotemuutosten mittaaminen (määrä, tekijät, ajankohdat, vaikutus aikatauluun jne.). Tämä voisi osaltaan auttaa projektin ohjauksessa, sekä parantaa projektin läpinäkyvyyttä eri yritysten kesken.

7 Lähdeluettelo

[1] Eppinger, S. Managing Product Development Based on Information Flows. Seminaari Teknillisessä korkeakoulussa Espoossa 15.5.2000.

[2] Krishnan, V. Design Process Improvement: Sequencing and Overlapping Activities in Product Development. Doctoral Thesis, MIT, USA, 1993. 167 s.

[3] Rautiainen, K., Lassenius, C., Vähäniitty J., Pyhäjärvi, M., ja Vanhanen, J. A Tentative Framework for Managing Software Product Development in Small Companies. Helsinki University of Technology, Software Business and Engineering Institute. Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, January 7 – 10, 2002, Big Island, Hawaii.