

Jussi Välimäki

# 3D-suunnittelu automaatiotekniikassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

16.5.2013

Tekijät) Otsikko	Jussi Välimäki 3D-suunnittelu automaatiotekniikassa
Sivumäärä Aika	32 sivua 16.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Kappaletavara-automaatio
Ohjaajat	Lehtori Timo Tuominen
<p>Insinööriyön tarkoituksena on kartoittaa automaatiiosolun valmistuksessa tarvittavia työvaiheita ja työskentely tapoja.</p> <p>3D-ohjelmien valintaan kannattaa käyttää aikaa, ja laajasti käytettyyn ohjelmaan löytyy helpommin CAD-mallit osto-osista. Työvaiheisiin kannattaa lisätä karkean mallin luonti, sillä se helpottaa suunnittelutyötä ja lopulta myös säästää aikaa. Tämä kuitenkin vain jos on kyse isommasta projektista.</p> <p>Suunnittelun aikana on otettava huomioon monia asioita, jotta osat toimivat käytännössä. Tietokoneen ruudulla toimivan näköinen osa ei välttämättä fyysisenä kappaleena toimikaan. Esimerkiksi kiinnityspaikat, kiinnitystapa, materiaalit ja ainepaksuus vaikuttavat kaikki toisiinsa sekä lopputulokseen.</p> <p>Varsinaisessa teknisessä toteutuksessa eli kappaleiden ja piirrosten luonnissa ei ole yhtä oikeaa tapaa toimia. Kuitenkin on useita vakiintuneita tapoja sekä toimintamalleja, jotka helpottavat omaa sekä muiden kuten oston tai koneistajan työtä.</p> <p>Tiedoston hallintaan pitää käyttää sitä enemmän aikaa mitä laajempi projekti on ja mitä enemmän suunnittelijoita projektin parissa työskentelee. Nimeämiset kannattaa sopia projektin alussa ja tehdä niistä kaikkien suunnittelijoiden kanssa yhteneviä. Pienissä projekteissa voi selvittää oman koneen ja USB-tikun kanssa, mutta isommissa kannattaa siirtyä vähintäänkin verkkokovalevyn tai PDM-ohjelmiston käyttöön.</p> <p>Lopulta 3D-ohjelmisto on vain työkalu, eikä se yksin saa aikaiseksi mitään. Ihminen on se, joka saa oivallukset hyviin ratkaisuihin ja ottaa tarvittavat asiat huomioon.</p>	
Avainsanat	3D, suunnittelu, automaatio, Solidworks

Author(s) Title	Jussi Välimäki 3D-Design in Automation Technology
Number of Pages Date	32 pages 16 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation technology
Specialisation option	Manufacturing Automation
Instructor	Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis is to evaluate key phases of mechanical design of an automation cell and also to describe the best ways to perform these main phases.</p> <p>It is important to carefully select the 3D program, which is used in the design project. If the program is widely used, it is usually easy to find CAD models for parts to be purchased. In larger projects it is important to focus first on making a good 'rough' model of the design because having it well done saves time when designing the final details.</p> <p>When making the design one needs to consider many aspects simultaneously. This ensures that the final design also works in practice. In many cases it can happen that the designed part works on computer screen, but the manufactured part doesn't work. For example the mounting places, mounting methods, selected materials and material thickness all interact with each other. Only a matching combination works in final product.</p> <p>The final drawings one can make in various ways, but it is recommended to use standard practices, which will ease the design work, sourcing work and final part manufacturing work.</p> <p>In a larger project with many design engineers the design file control also needs careful attention. Naming rules needs to be clear from the very beginning and known by all who are involved. In smaller project files can be stored in an easy way (USB-memory) but in larger projects there is need to use a secured company network disk and/or dedicated PDM program.</p> <p>After all we need to finally understand that the 3D program is just a good tool for a design engineer and the most important part is to have a clever mind with enough information and the design team needs to create smart ideas during the design process.</p>	
Keywords	3D, design, automation, Solidworks

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnittelun aloitus ja lähtökohdat	1
3	3D-ohjelmia ja niiden valinta	2
4	3D-suunnittelun perusteet	3
4.1	Karkean mallin luonti	3
4.2	Tarkan mallin luonti	6
4.2.1	Kustannustehokkuus/valmistus/koneistus	7
4.2.2	Kokoaminen	8
4.2.3	Paino ja kestävyys	9
4.3	Materiaalivalinnat	10
5	Tekninen toteutus	11
5.1	Osien piirto	12
5.1.1	Lähtökohta	12
5.1.2	Sijoitus	14
5.1.3	Mitoitus	15
5.2	Koontien tekeminen	16
5.3	3D-tulostus	18
6	Mittapiirrokset ja dokumentointi	19
6.1	Mittapiirroksen tekeminen osasta	20
6.1.1	Sijoittelu	20
6.1.2	Mitoitus	21
6.1.3	Merkinnät	21
6.2	Mittapiirroksen tekeminen koonnasta	22
7	Tiedostojen hallinta	23
7.1	Tärkeys	23
7.2	Tiedostojen nimeäminen	24
7.3	Toimintatapoja tiedostojen käsittelyyn	24
7.4	PDM-ohjelmisto	25
8	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

## Lyhenteet

Part	Part eli osa on yksittäinen kappale 3D-ohjelmassa. Osan tulee olla sen verran yksinkertainen, että se pystytään järkevästi valmistamaan. Suunnittelijat käyttävät part-sanaa kuten tavallista suomen kielen sanaa.
Assembly	Assembly eli koonta on kokonaisuus, mikä muodostuu useamman partin eli osan yhteenliittämisestä.
ESD	Electrostatic discharge. ESD-suojauksella estetään staattisen sähkön nopeaa purkautumista.
Sketch	Sketch eli luonnos tai skitsi. Tällä määritellään kappaleeseen rajat, jonka sisä- tai ulkopuolta halutaan muuttaa. Sanaa myös käytetään kuten suomenkielistä sanaa.
PDM	Product data management. Ohjelmistoympäristö, jolla hallitaan yrityksen tiedostoja.
BOM	Bill of materials. Osaluettelo.
CAD	Computer-aided design. Tietokoneavusteinen suunnittelu, johon kuuluu 2D-piirtäminen, 3D-mallinnus sekä simulointi.

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on tarkoituksena käsitellä yleisesti 3D-suunnitteluvaihetta automaattiosolun valmistusprosessissa. Lisäksi työ perustuu PMJ-Dietechin automaattiosolun suunnittelun vaiheisiin. Työn tulee kartoittamaan myös hieman yleisemmin 3D-suunnittelua. Esityksessä käydään läpi eri 3D-ohjelmia, suunnittelun vaiheet, toimintatapoja, teknistä toteuttamista sekä dokumenttien hallintaa.

Vaikka työssä keskitytään 3D-suunnitteluun yleisemmältä näkökannalta, esimerkit sekä kuvat liittyvät lähinnä PMJ Dietechin automaattiosolun suunnitteluun. Automaattiosolun tarkoituksena on koota pientä kooltaan noin 10x10x10 mm elektronista laitetta. Solu on kuitenkin suunniteltu siten, että sen voi tulevaisuudessa muuttaa myös muiden tuotteitten valmistamiseen.

3D-suunnittelu on perusta koko laitteen valmistamisprosessissa, sillä kaikki osat ja toiminnot määräytyvät suunnittelun edetessä. Samasta syystä kyseinen vaihe on erittäin tärkeä, sillä valmistuskustannukset jäävät huomattavasti pienemmäksi kuin osat saadaan kerralla oikeiksi ja sopimaan toisiinsa. Monimutkaisissa projekteissa vaihe on aikaavievä ja muutoksia joudutaan tekemään jatkuvasti projektin edistyessä.

Työhön kuuluu myös tiedostonhallinta, sillä se on tärkeä osa suunnittelua. Ilman sitä mallit eivät pysy kasassa eikä osto saa oikeita kuvia tilattavaksi.

## 2 Suunnittelun aloitus ja lähtökohdat

Ennen suunnittelun aloittamista tarvitaan lähtökohdaksi jokin toteuttamiskelpoinen tuoteidea, jolle on kysyntää. Automaattiosolun valmistaminen vaatii kohtuullisen pääoman, joten olisi hyvä olla valmiiksi tiedossa asiakas, joka tilaa laitteen. Tällöin laitteen voi suunnitella vastaamaan suoraan tarvetta. Automaattiotuotteita valmistavat yritykset myös usein ulkoistavat 3D-suunnittelun. 3D-suunnittelu on vaativaa työtä ja tarvitsee siten paljon erityisosaamista, jota yrityksellä ei itsellään useinkaan ole. Tämmöisissä tapauksissa on erittäin tärkeää, että yrityksen ulkopuolinen suunnittelija

tekee hyvin läheistä yhteistyötä yrityksen kanssa. Tuote muuttuu ja kehittyy koko ajan, joten suunnittelijan ja työntilaaajan välillä pitää olla toimiva ja nopea tiedonkulku.

Ennen teknisen suunnittelun aloittamista olisi hyvä olla tiedossa ainakin, minkä kokoisia tuotteita automaattiosolussa ollaan valmistamassa. On siis tärkeää tietää, millaista tarkkuutta solulta vaaditaan, kuinka monimutkaisesta valmistettavasta komponentista on kysymys sekä mikä saa olla tuotteen valmistusaika (läpimenoaika).

On myös hyvä tietää etukäteen, tehdäänkö laite pelkästään valmistamaan yhtä tuotetta vai onko tarkoituksena tehdä laite, jota pystyy käyttämään useissa eri sovelluksissa. Tämä määräytyy usein asiakkaan tilauksen laadusta eli siitä tilaako asiakas tuotetta sen verran suurella volyymillä, että voidaan suunnitella tuote vastaamaan pelkästään yhden asiakkaan tarpeita. Tämä vaikuttaa esimerkiksi syöttölaitteitten kuten tärymaljojen ja hihnojen sijoitteluun sekä varattavaan tilaan.

Tekninen suunnittelu kattaa useampia osa-alueita, joista 3D-suunnittelu on yksi suurimmista. Ennen tämän vaiheen aloittamista on tärkeää harkita, mitä 3D-ohjelmaa aiotaan käyttää. 3D-ohjelmia on useita erilaisia, joten ohjelman valinnalle täytyy laatia kriteerit. Näitä voivat olla esimerkiksi budjetti, tekijän osaaminen, ohjelman yhteensopivuus, ohjelman ominaisuudet sekä ohjelman saatavuus. Tähän osaluueeseen palataan syvemmin myöhemmin.

Teknisen suunnittelun aikataulutusta kannattaa myös toteuttaa projektin alussa, sillä lopullisen tuotteen valmistamista ei voida aloittaa, ennen kuin tarvittavat osat on suunniteltu ja valmistusdokumentaatio tehty. Tämän jälkeen osat voidaan tilata. Tässä vaiheessa on tärkeää muistaa, että usein osat pitää piirtää useita kertoja, sillä yhden kappaleen muuttuminen voi vaatia usean muun kappaleen uudelleen piirtämistä. Osia saatetaan myös joutua muuttamaan tilaamisen jälkeenkin, sillä toisissa osissa olevat ratkaisut voivat vaikuttaa jo olemassa oleviin osiin.

### **3 3D-ohjelmia ja niiden valinta**

Markkinoilla on useita kymmeniä erilaisia 3D-suunniteluohjelmia. Jos budjetti ei ole tiukka, kannattaa ohjelmaksi valita mahdollisimman laajalti käytetty ohjelma. Tämä

helpottaa siinä vaiheessa, kun pitää ladata toisten tekemiä 3D-tiedostoja kuten ostosia. Tällöin todennäköisyys paranee, että ohjelmalle on tehty osat valmiiksi sopivaan formaattiin. Laajasti käytetty ohjelma on myös varma valinta, sillä käyttäjien määrä on selvä indikaattori kertomaan ohjelman hyvydestä. Suurissa ohjelmissa, kuten Solidworksissä, on kuitenkin huomattavan paljon ominaisuuksia, joita ei tavallisessa automaatiolaitteen suunnittelussa tarvita. Tässä vaiheessa voidaan miettiä, kannattaako hankkia edullisempi ja pienempi ohjelma, vai maksaa lisää ominaisuuksista, joita ei kuitenkaan tulla tarvitsemaan. Esimerkiksi Solidworksissä voidaan simuloida kappaleiden värähtelyt ja liikkeet, kokeilla hitsisaumojen kestoa sekä selvittää kappaleen ympäristövaikutukset sen elinkaaren aikana. Ohjelmistojen hinta koostuu usein ostohinnasta sekä lisenssimaksuista. Ohjelmiston ostohinta voi olla tuhansia euroja, ja lisenssit voivat maksaa useita satoja euroja käyttökuukautta kohti. Seuraavaksi lyhyt lista tekniseen suunnitteluun hyvin sopivista 3D-ohjelmistoista [1;2;5]:

- Solidworks
- Pro/Engineer
- CATIA
- UNIGRAPHICS / NX
- Inventor
- Alibre

## 4 3D-suunnittelun perusteet

### 4.1 Karkean mallin luonti

Nykyäänkään, kehittyneen teknologian aikakaudella, ei pidä unohtaa kynää ja paperia. Niiden avulla saa nopeasti lähtökohdan 3D-suunnittelulle. Paperille voidaan piirtää



hyvin karkea ajatus siitä, millaiseksi laite tulee. Tässä vaiheessa on myös helpompi suunnitella itse osan/kokonaisuuden toimivuutta, kuten liikkuvien osien liikeratoja.

Esimerkiksi:

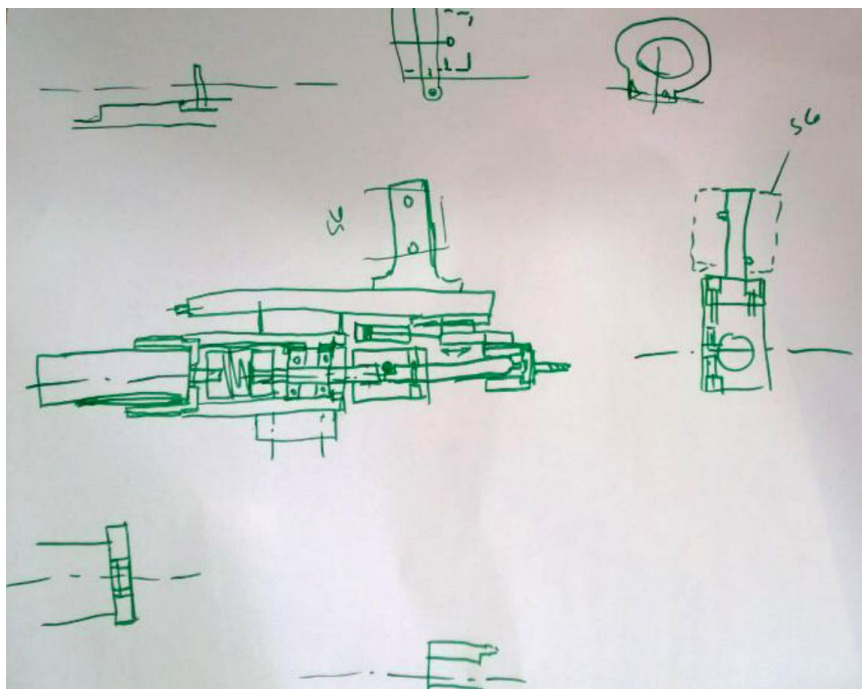
Laite tulee olemaan pöydällä.

Siinä on kaksi päätyä, joiden välillä on X-akseli (pituus).

X-akseliin kiinnitetään Y-akseli (leveys).

Y-akselissa on kiinni kelkka, jossa on Z-akseli (korkeus).

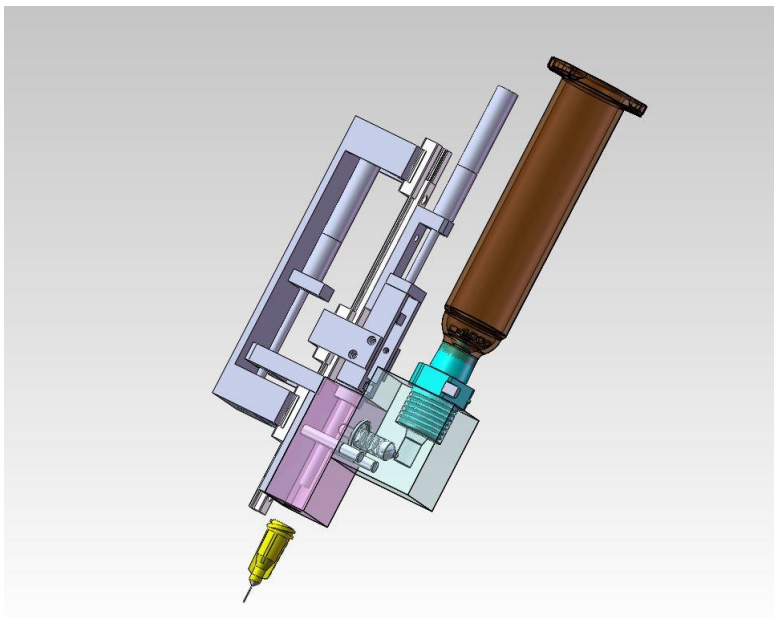
Näin saadaan ensimmäinen ajatus tulevasta automaattiosolusta paperille. Myös myöhemmässä vaiheessa kynää ja paperia voidaan käyttää ajatusten vaihtoon suunnittelijoiden kesken. Tästä syntyneestä piirroksesta suunnittelija saa lähtökohdan kyseisen osan kuvantamiseen.



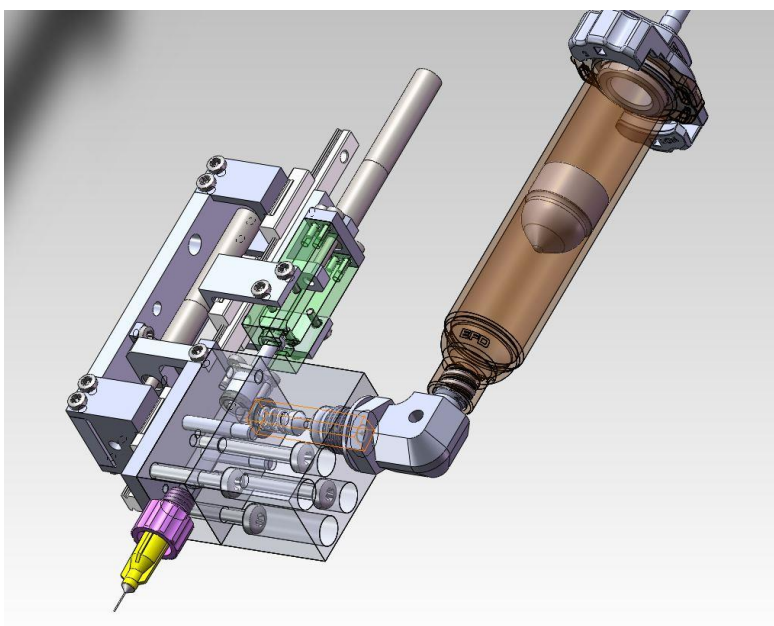
Kuva 1. Esimerkki tussilla piirretystä ajatuksenvaihdosta / tehtävänannosta.

Tietokoneella suunniteltua karkeaa mallia viedään usein tarkan mallin kanssa rinnatusten koko suunnitteluvaiheen ajan. Tämä karkea malli tehdään 3D-ohjelmalla, mutta siinä ei puututa yksityiskohtiin. Tarkoituksena on saada nopeasti suunnitelma pitemmälle, kun ei tarvitse miettiä kiinnityskohtia ja kierteitten kokoja jne. Tämä taas

helpottaa tarkan mallin suunnittelijaa huomattavasti, sillä nyt on olemassa suuntaa antavat koot ja muodot osille.



Kuva 2. Karkea malli, missä on kuitenkin mietitty laitteen pääperiaatteita.



Kuva 3. Tarkka malli, mihin on valittu oikeat osto-osat, lisätty kiinnitykset sekä varmistettu liikkeen toimivuus.

Samalla tämä nopeuttaa suunnittelun etenemistä. Kun solun sisälle laitetaan useita syöttölaitteita ja kuljettimia, tila voi käydä vähiin, joten kappaleita pitää sovittaa tarkasti.

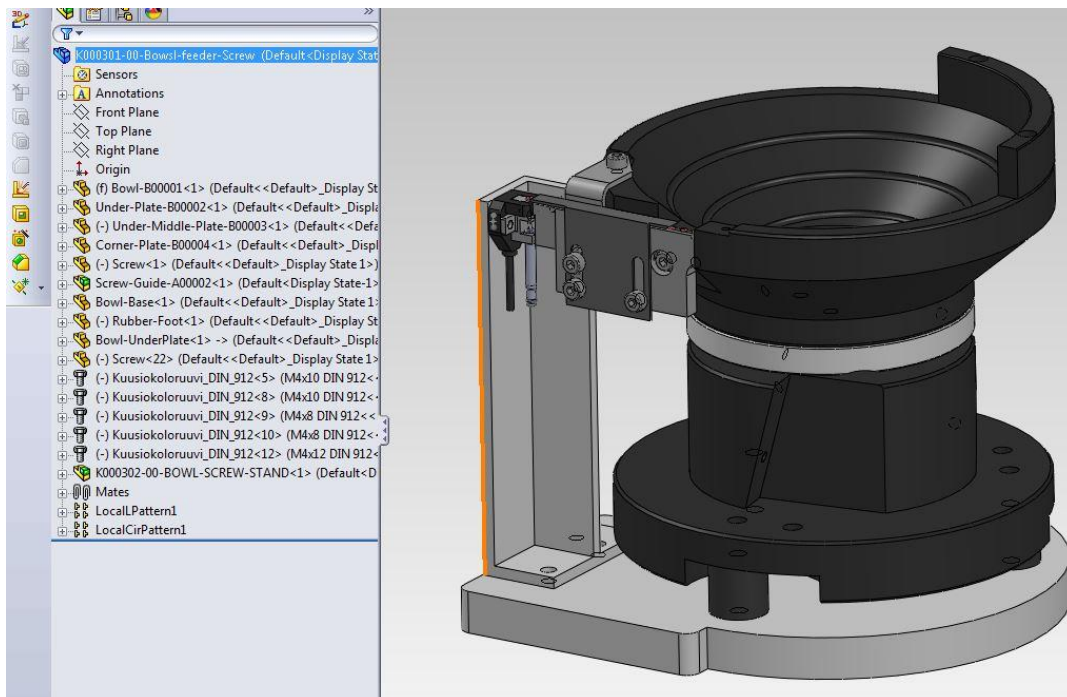
Jos tässä vaiheessa on piirretty kappaleesta tarkka 3D-malli kiinnityskohtineen ja erikoisratkaisuiheen, minkä jälkeen huomataan, ettei se mahdu paikalle sellaisenaan, voi edessä olla usean tunnin muutostyöt. Nopeasti luodun karkean mallin avulla voidaan varmistaa, että tuleva tarkka malli mahtuu tilaan. Tällöin voidaan säästää merkittävästi aikaa.

Yksinkertaistettuna ajatus on siis luoda vedoksen kaltainen mallinnus koko laitteesta. Tässä mallinnuksessa keskitytään lähinnä laitteen yleisilmeeseen, asetteluun, osien kokoon ja laitteen liikeratoihin. Samaan aikaan toiset suunnittelijat tulevat perässä ja tekevät tarvittavat osat yksityiskohtineen valmiiksi.

#### 4.2 Tarkan mallin luonti

Tässä suunnittelun vaiheessa lähdetään luomaan lopullisia osia laitteeseen. Osien suunnittelussa ja piirtämisessä on useita asioita, jotka pitää ottaa huomioon: valmistuskustannukset, valmistuksen mahdollisuus, valmiit osto-osat, osien saatavuus, standardiosien käytön maksimointi, kokoamisen mahdollisuus ja helppous, osien kestävyys, painorajoitukset jne. Näitä asioita tullaan käymään tarkemmin läpi hieman myöhemmin.

Lisäksi tässä vaiheessa kannattaa miettiä, millaisia osakokonaisuuksia laitteeseen tulee. 3D-suunnittelussa on käytössä käytännössä kahdenlaisia osia/tiedostoja: osat eli partit (engl. *part*) sekä koonnat eli assemblyt (engl. *assembly*). Osat pitää miettiä siten, että ne voidaan valmistaa yhdestä kappaleesta, esimerkiksi alumiinilevystä tai kappaleesta leikkaamalla ja jyrsimällä. Koonnat ovat kokonaisuuksia, jotka koostuvat useista yhteenliitetystä osista. Kun lähdetään suunnittelemaan koko automaattiosolua, kannattaa se jakaa useaan pienempään kokonaisuuteen eli koontaan.



Kuva 4. Koonta, jossa useampia kappaleita sekä kaksi pienempää koontaa. (Koonnan tunnistaa vihreästä palikasta keltaisen päällä.)

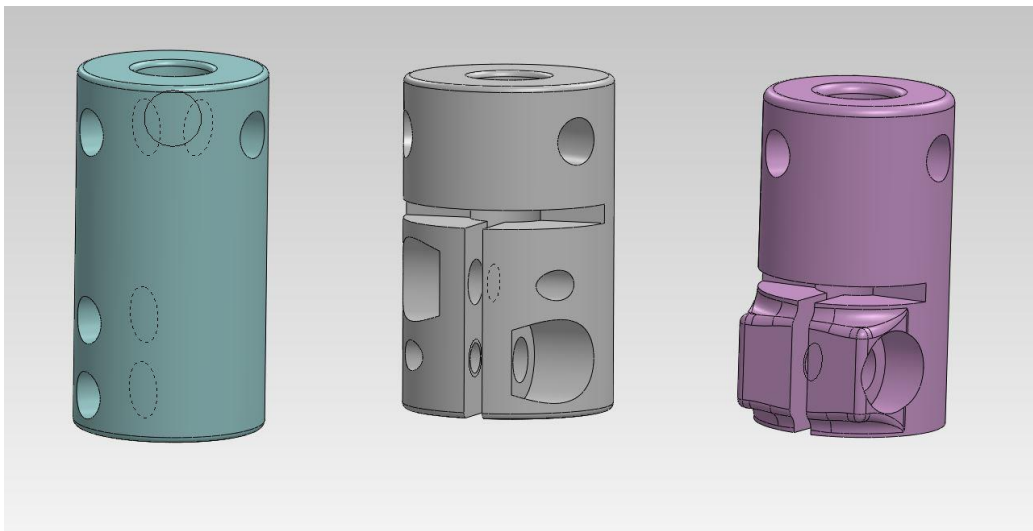
On järkevää valita yksi pienempi kokonaisuus kerrallaan ja suunnitella siihen tarvittavat osat. Tämä kokonaisuus sitten liitetään pääkoontaan. Näitä voi olla esimerkiksi akselit kiskoineen, syöttölaite ja hihnakuljetin. Mitä monipuolisempi suunniteltava kokonaisuus on, sen enemmän sitä kannattaa jakaa pienempiin koonteihin. Tämä helpottaa kokonaisuusien hallittavuutta ja mahdollisten muutoksien tekemistä.

#### 4.2.1 Kustannustehokkuus/valmistus/koneistus

Kun lähdetään piirtämään yksinkertaistakin osaa, on oleellista miettiä, miten se valmistetaan. Esimerkiksi levystä leikattuun kappaleeseen jää leikkauksessa pyöristykset kulmiin. Nämä pyöristykset pitää siis piirtää kuvaan, sillä jos kuvaan tehdään terävät kulmat, pitää kulmat erikseen koneistaa teräviksi. Useissa kappaleissa ulkoreunojen terävyydet eivät ole oleellisia, mutta valmistus tulee maksamaan enemmän.

Myöskään osien reunojen/pintojen, joihin ei tule mitään kiinni, ei tarvitse olla koneistettuja. Pintoihin, joihin kiinnitetään osia, olisi hyvä merkitä koneistusmerkki. Koneistusmerkkiin lisätään haluttu pinnankarheus, ja tämä pinnankarheus määräytyy

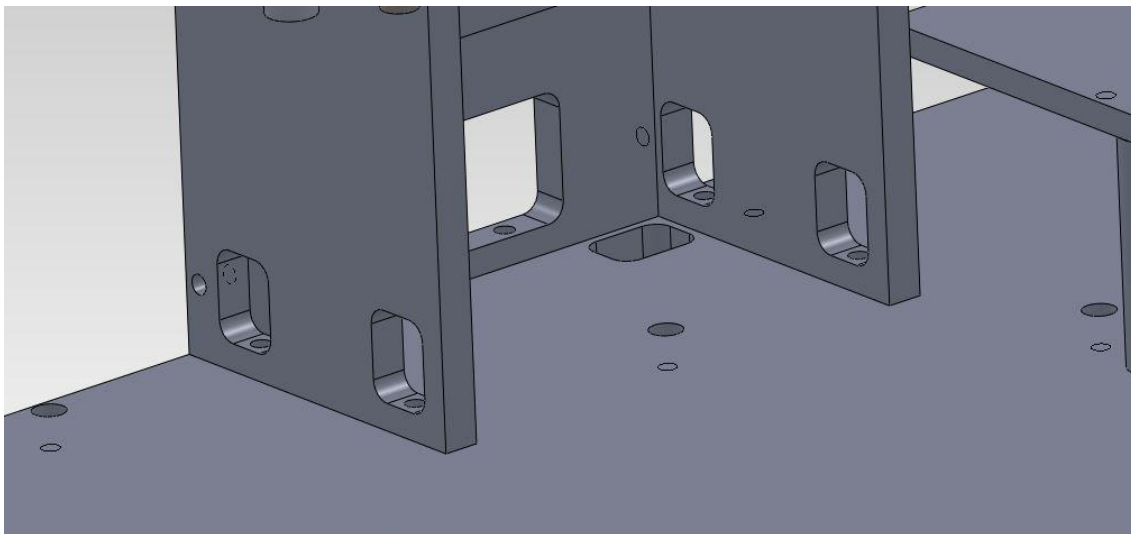
tarvittavan tarkkuuden mukaan. Näin varmistetaan myös, että pinta on varmasti riittävän suora. Koneistaminen maksaa, joten sitä ei kannata turhaan merkitä paikkoihin, mihin sitä ei tarvita.



Kuva 5. Kolme versiota samasta tuotteesta. Lila on suunniteltu 3D-tulostusta varten ja olisi kallis osa koneistaa. Harmaa on suunniteltu koneistettavaksi, mutta vaatii monta työvaihetta. Vihreä on kompromissi harmaasta, jolloin akselin kiristys keskelle ei ole yhtä varma, mutta kappale on helpompi ja halvempi valmistaa.

#### 4.2.2 Kokoaminen

Kokonaisuus pitää suunnitella toimivaksi; tähän kuuluu oleellisena osana myös osien suunnittelu, joka mahdollistaa laitteen kokoamisen osista. Osien täytyy mahtua niille kuuluviin paikkoihin sekä ne täytyy pystyä viemään paikoilleen. Yleisimpinä ongelmoina ovat kappaleen kiinnityskohdat. Kiinnitysruuvit pitää mahtua paikoilleen ja niitä pitää pystyä ruuvaamaan. Jos ruuvi on 20 mm pitkä, täytyy sille tehdyn kohdan edessä olla myös saman verran tilaa sekä mahdollisen kiinnityslaitteen vaatima tila. Lisäksi pitää ottaa huomioon ruuvien kannat. Kannat jäävät helposti toisien osien tielle tai rajoittavat koneen liikeratoja. Yleensä isommissa osissa (rungon osat, pöytälevyt jne.) olisi hyvä pystyä kiinnittämään osat ylhäältäpäin. Tämä helpottaa huomattavasti asentajan työtä. Useissa tapauksissa tämä tarkoittaa, että paloihin pitää leikata reiät, joiden reunoihin ruuvinpaikat tulevat.



Kuva 6. Kappaleisiin on tehty reiät kiinnitystä varten, jolloin ruuveja ei tarvitse kiinnittää alhaalta päin eivätkä ne ole minkään tiellä. Rei'issä on myös pyöristykset koneistamisen helpottamiseksi.

#### 4.2.3 Paino ja kestävyys

Kappaleiden massat pitää ottaa huomioon, koska painavaa solua on vaikea liikutella ja solun sisällä olevien liikkuvien osien massa lisää niiden liikuttamiseen tarvittavaa voimaa. Automaatiosolussa olevan robotin liikkeiden nopeutta kuvataan usein kiihtyvyyksinä eli g-voimina. Newtonin lakien mukaan kappaleen paino vaikuttaa suoraan verrannollisesti kappaleen kiihtyvyyteen ( $F=ma$ ). Useisiin kappaleisiin voidaan tehdä kevennysaukkoja tai muotoilla reunoista ylimääräistä levyä pois. Näin voidaan vaikuttaa kappaleen painoon. Myös materiaalivalinnoilla on merkitystä tässä vaiheessa.

Useat 3D-ohjelmat pystyvät laskemaan kappaleiden massat suoraan, jos kappaleen materiaali on määritelty. Tämä helpottaa huomattavasti kappaleiden ja kokonaisuuksien massojen laskemista. Tällöin näkee heti, onko kappaleesta tullut liian raskas ja kuinka paljon mikäkin kevennys vaikuttaa kappaleen massaan.

Toisaalta on huomioitava osien kestävyys. Ohut ainepaksuus saattaa aiheuttaa osan vääntymistä tai katkeamista. Myös liian suuret kevennysaukot voivat jättää kappaleeseen liian ohuita kohtia, jotka vääntyvät. Samalla pitää muistaa mahdolliset kiinnitykset. Ohuisiin levyihin ei voi sivulta päin kiinnittää ruuveja. Nämä asiat ovat kuitenkin aina tapauskohtaisia.

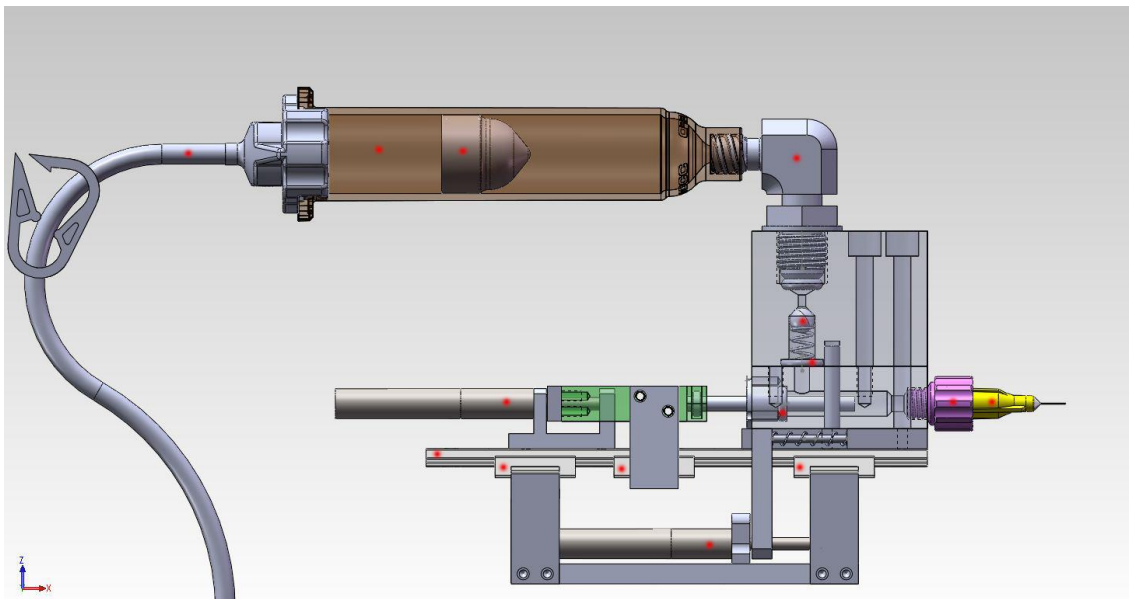
### 4.3 Materiaalivalinnat

Materiaalivalinnoissa on huomioitava kappaleelta odotettavat ominaisuudet sekä materiaalin työstettävyys/valmistettavuus, kestävyys sekä hinta. Kappaleet, joihin ei kohdistu suuria voimia, voidaan mahdollisesti valmistaa muovista. Nykyään 3D-tulostus on varteenotettava vaihtoehto valmistaa pienelle rasitukselle altistuvia osia. 3D-tulostukseen palataan tarkemmin myöhemmin omassa osiossa.

Alumiini on yleisin osien valmistusmateriaali, sillä sitä on helppo työstää ja se on kevyttä sekä suhteellisen kestävä. Alumiinisia osia on helposti saatavissa, sillä lähes jokaisen koneistusyhtiön materiaalitilauksissa on myös alumiini. Nämä ominaisuudet takaavat ainakin vielä alumiinin pysymisen tärkeimpänä materiaalina rungon sekä muiden koneistusosien valmistuksessa. Alumiini myös usein pinnoitetaan anodisoimalla (vanha termi: eloksointi). Anodisointi lisää alumiinin korroosion ja kulutuksen kestävyttä. Anodisoinnilla parannetaan usein myös kappaleiden ulkonäköä, sillä siihen voi lisätä samalla väriaineita. [8]

Suunnittelussa täytyy myös muistaa, ettei kaikkea kannata tehdä itse. Osan valmistaminen koneistamalla voi tulla kustannuksiltaan useita kertoja kalliimmaksi kuin vastaava osto-osa. Osto-osilla tarkoitetaan tässä tapauksessa toisen yrityksen valmiiksi suunnitelmia osia, kuten putken päätylaippoja, kulmarautoja jne. Nämä osat ovat edullisia, koska niitä valmistetaan suurella volyymilla. Lisäksi pitää ottaa huomioon mahdolliset ostokokonaisuudet, kuten liukuhihnat. Nämä seikat ovat kuitenkin tapauskohtaisia, ja ne pitää aina miettiä erikseen. Jokaisen hihnan osan voi ostaa/koneistaa erikseen, mutta voi tulla huomattavasti halvemmaksi valita toisen yrityksen valmis kokonaisuus ja suunnitella laite sopimaan siihen. Tähän kategoriaan kuuluvat myös jouset, tiivistysrenkaat, ruuvit jne. Nämä kaikki pitää ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Jos kuvaan on piirretty tiivistysrengas, jota ei tilaamalla saa, niin pitää hankkia kallis erikoisosa. Tässä tapauksessa hyvällä suunnittelulla voisi käyttää standardiosaa ja saada se lähes ilmaiseksi.





Kuva 7. Osto-osat merkitty kuvaan punaisella pisteellä.

Myös suunnitelmien lähtökohdat määräytyvät usein osto-osien mukaan. Esimerkiksi jos pienin mahdollinen valmis lineaarijohdin on 5 mm leveä, niin tällöin koko suunniteltava tuote täytyy suunnitella tämän mukaan. Samalla täytyy siis ottaa huomioon muutkin osto-osat ja tehdä suunnitelmasta sellainen, että kaikki osto-osat mahtuvat tuotteeseen.

Osilla voi olla myös tietynlaisia erikoisvaatimuksia. Joissakin sovelluksissa kaikki muoviosat pitää olla ESD-materiaalista valmistettuja, jolloin tämä pitää ottaa huomioon mahdollisissa 3D-tulostuskappaleissa, sillä kaikista 3D-tulostuksista tarjoavista yrityksistä ei saa ESD-muovia.

## 5 Tekninen toteutus

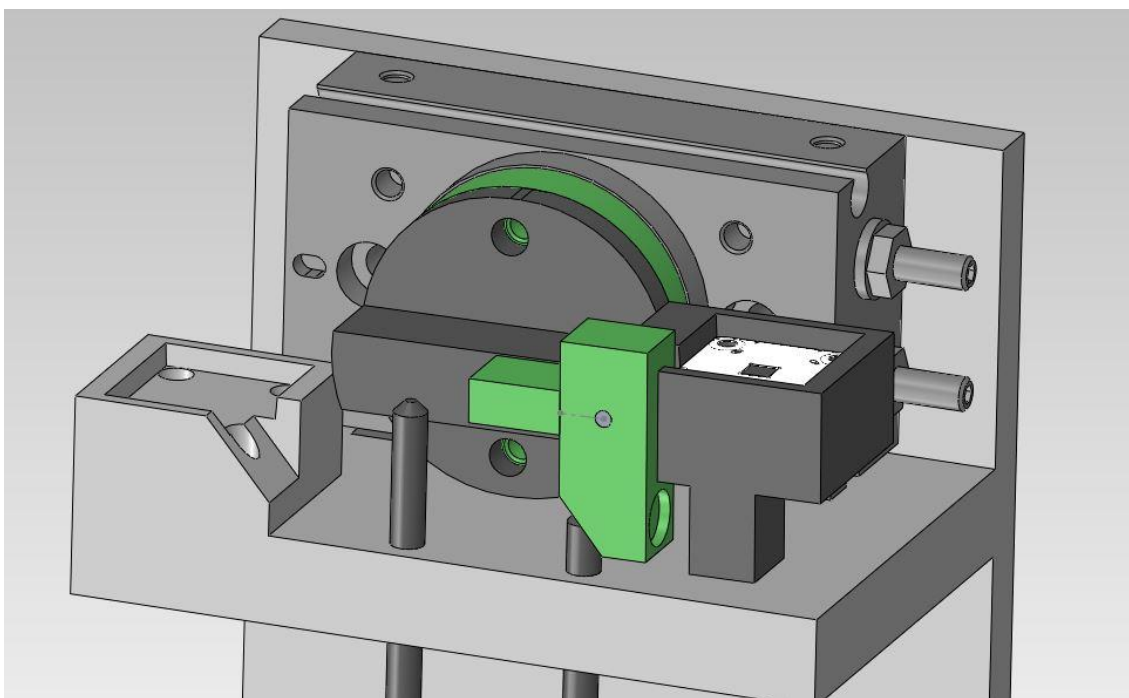
Tässä osiossa perehdytään Solidworks 3D -ohjelman käyttöön ja tarkastellaan lähemmin sitä, miten kappaleet sekä muut työvaiheet oikeasti tehdään. Osiossa käydään lyhyesti läpi teknisen toteutuksen peruslähtökohdat, muutamia työtapoja sekä mitä olisi hyvä ottaa huomioon kappaleiden ja koontien suunnittelun toteutusvaiheessa.



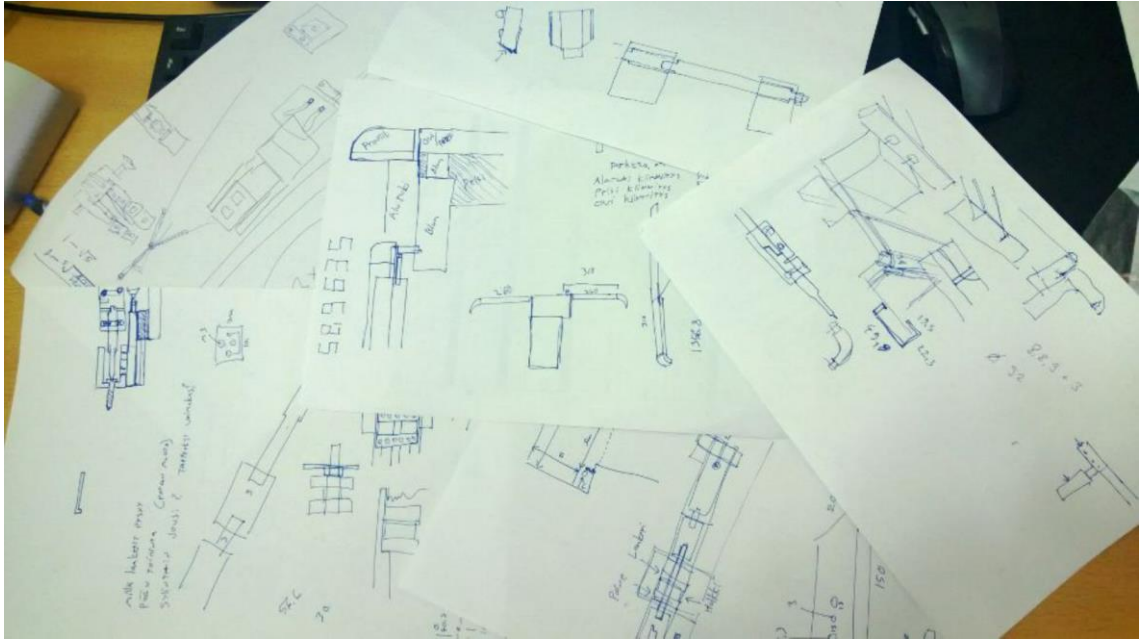
## 5.1 Osien piirto

### 5.1.1 Lähtökohta

Myöskään tässä vaiheessa ei kannata unohtaa perinteistä kynää ja paperia, sillä se helpottaa mittojen muistamisessa ja siihen on helppo piirtää perusta kappaleelle. Tämä helpottaa osan luontia, kun voi tarkistaa mitat piirrokselta. Etenkin jos kappale liitetään toiseen kappaleeseen kiinni, voidaan toisen kappaleen liitoskohdat merkitä ylös, jolloin voidaan suoraan piirtää kiinnityskohdat paikoilleen eikä toista kappaletta tarvitse avalla koko ajan mittojen tarkistamiseksi. Tässä vaiheessa myös tehdään usein suurin ajattelutyö, sillä kappale pitää miettiä mahdollisimman toimivaksi, kestäväksi ja edulliseksi; paperilla erilaisten ratkaisujen läpikäyminen käy nopeiten. Usein yksinkertaisilla ratkaisuilla, joihin tarvitaan jokin oivallus, saavutetaan paras lopputulos.

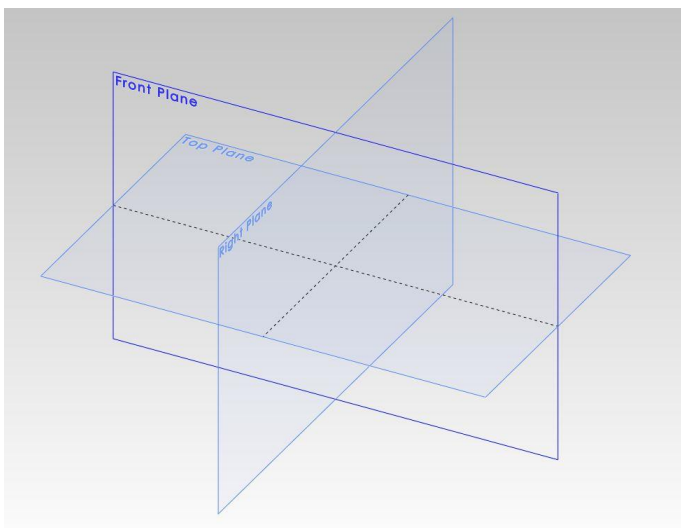


Kuva 8. Mahdollisimman yksinkertainen tapa kääntää osa. 180° kääntyvällä paineilmatoimilaitteella käännetään kappale ylösalaisin. Vihreä kappale pitää osan paikoillaan käännöksen aikana ja tummat tapit vapauttavat osan automaattisesti molemmissa ääripäissä. Näin saatiin poistettua laitteesta kallis toimilaite. Kokonaisuuden suunnitteluun kului useampi A4-paperi.



Kuva 9. Esimerkkejä suunnittelun aikana tulleista suunnittelupapereista. (Ei liity kuvaan 8.)

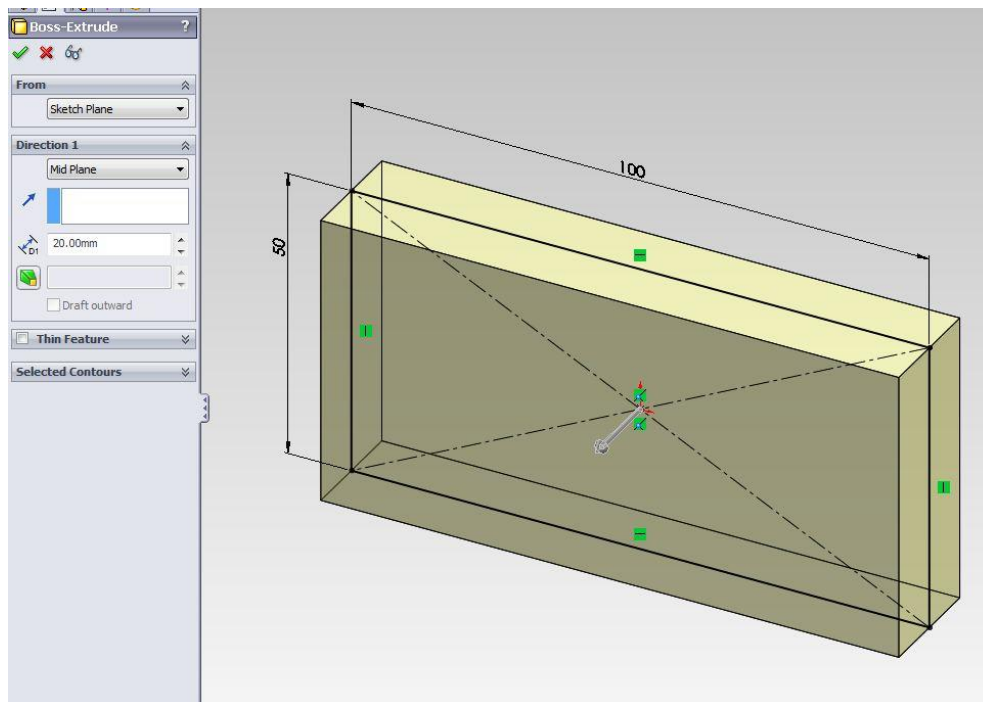
Osan tekeminen aloitetaan aina valitsemalla jokin kolmesta tasosta. Nämä ovat valmiina ohjelmassa ja ovat x-, y- ja z-koordinaatiston suuntaisesti. Tasot on nimetty top-, front- ja right-tasoiksi. Jos ensimmäinen skitsi (engl. *sketch*) tehdään kappaleen sivusta, kannattaa tasoksi valita front, kun taas kappaleen päältä tehtävän skitsin tasoksi on hyvä käyttää top-tasoa. Näin kappale muodostuu loogiseksi tasojen nimien mukaan. Kaikki kappaleet tarvitsevat myös skitsin, jonka perusteella kappale saa ensimmäiset muotonsa. Sketchille ominaista on, että se muodostaa suljetun alueen ja se on yleensä 2D-muodossa (myös 3D-skitsejä voi tehdä). Tämä alue sitten valitaan ja joko sitä paksunnetaan tai siitä tehdään pyörähdykappale (komento boss-extrude tai sweep). Näin saadaan kolmiulotteinen kappale. Esimerkiksi skitsi piirretään x,y koordinaatiston mukaan ja paksunnus tapahtuu z-suuntaan. Kun ensimmäinen kolmiulotteinen kappale on näin saatu valmiiksi, voidaan sen pintoja valita ja tehdä niihin uusia skitsejä. Näitten skitsien avulla kappaleeseen voidaan tehdä ulokkeita, syvennyksiä tai reikiä.



Kuva 10. Front-, top- sekä right-taso

### 5.1.2 Sijoitus

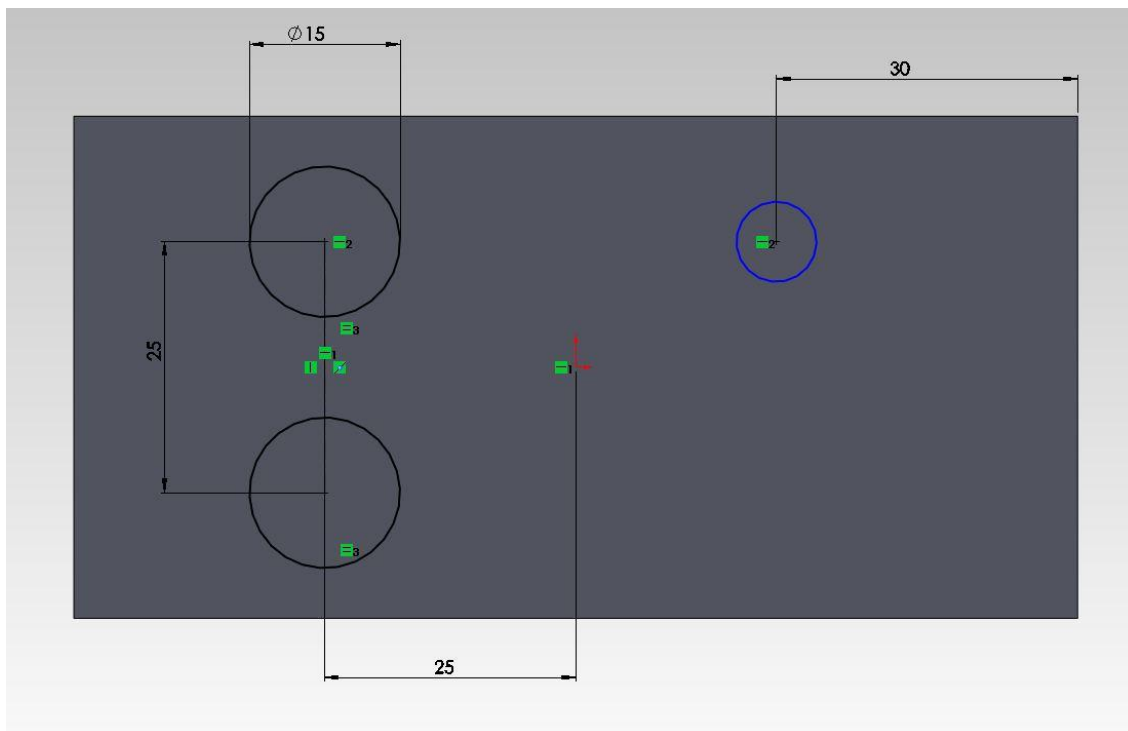
Kun kappaletta aletaan piirtää, kannattaa sketchissä heti ottaa huomioon sijoittelu. Kun kappaleen keskipisteen tekee origoon, jää kaksi tasoista kappaleen keskikohtiin. Myös ensimmäinen paksunnus (boss, midplane) kannattaa tehdä molemmin puoleiseksi, jolloin kolmaskin taso jää keskelle kappaletta. Näin voidaan jatkossa käyttää origoa kappaleen mitoittamiseen tehokkaasti sekä keskellä olevia tasoja peilaamaan muotoja kappaleen toiselle puolelle, mikä säästää aikaa. Poikkeuksena esimerkiksi pyörähdyskappale, jossa suljettu alue kannattaa tehdä origon toiselle puolelle ja pyörähdysakseli origon kohtaan. Tällöin piirretty alue pyörähtää origossa olevan akselin ympäri ja tasot jäävät taas keskelle kappaletta.



Kuva 11. Suorakulmio keskitetty origoon. Boss-Extrude on laitettu molemminpuoliseksi.

### 5.1.3 Mitoitus

Kun skitsi viivat ovat sinisiä, se tarkoittaa, ettei niitä ole täysin määritelty. Silloin viivojen paikka tai pituudet voivat olla sattumanvaraisia. Kun sketchin viivat muuttuvat mustiksi, tarkoittaa se sitä, että kaikki viivat ja niiden paikat on mitoitettu. Viivojen mitoitukseen kannattaa käyttää hieman aikaa ja harkintaa, sillä mahdollisten muutosten tekemisessä niillä on suuri merkitys. Jos halutaan reikä keskelle kappaletta ja se mitoitetaan reunoista, niin kun kappaleen kokoa muutetaan, siirtyy reikä pois keskeltä. Kappaleessa, jossa on origo keskellä, voidaan reikä kiinnittää origoon ja reikä pysyy paikoillaan huolimatta, miten kappaleen koko muuttuu. Toisaalta kun kappaleen reunalla pitäisi olla kiinnitysreiät, niin ne kannattaa myös mitoittaa kyseisen reunan mukaan. Sääntö, että mitä vähemmän mittoja, sen helpompi muokata, pitää paikkansa. Tähän voidaan vaikuttaa siten, että käytetään ohjelman tarjoamia apukeinoja. Viivat voidaan määrittää yhdensuuntaisiksi (parallel), yhtä pitkiksi (equal), samalle tasolle (linear) tai kiinni toisiinsa (coincident). Tällä tavalla voidaan mitoittaa esimerkiksi yksi viiva tai ympyrä ja määrittää muut sen mukaan, jolloin yhtä mittaa muuttamalla kaikki muutkin muuttuvat mukana. Nämä näkyvät seuraavassa kuvassa vihreinä neliöinä, joiden sisällä on symboli.



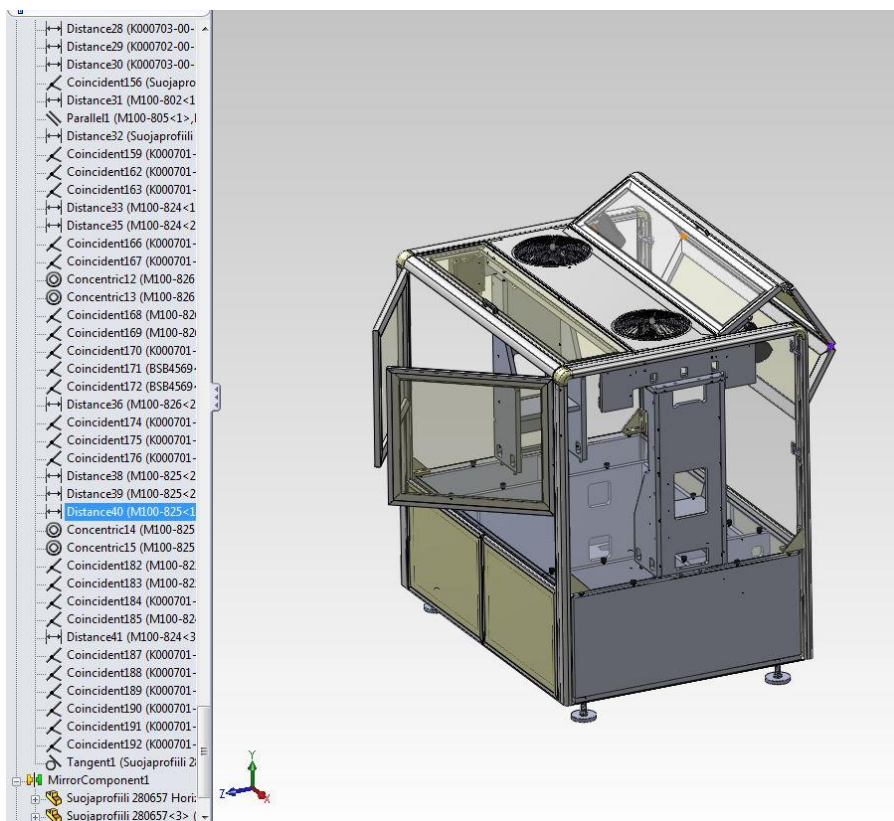
Kuva 12. Tässä mustat ympyrät (viivat ovat skitsiä) on täysin mitoitettu ja sinisestä puuttuu ympyrän halkaisija. Mittoja on minimoitu merkitsemällä mustat ympyrät samankokoisiksi ja y-akselin suuntaisesti samalle tasolle. Myös mustien ympyröiden välillä olevan 25 mm:n viivan keskikohta on merkitty x-akselin suuntaisesti samalle tasolle origon kanssa, jolloin se keskittää ympyrät.

Ohjelmassa on myös paljon työkaluja helpottamaan ja nopeuttamaan työskentelyä. Esimerkiksi pattern on työkalu, jolla voidaan monistaa kohtia, kuten reikiä tai ulokkeita tiettyyn suuntaan tai jonkin akselin ympäri. Mirror taas peilaa valitut kohdat jonkin tason toiselle puolelle. Tämänkaltaisilla työkaluilla voidaan nopeuttaa työskentelyä huomattavasti, kun riittää, että tekee kappaleen toisen puolen ja peilaa sen toiselle puolelle. Pattern-työkalulla voidaan esimerkiksi monistaa kiinnitysreikiä, jolloin ei tarvitse tehdä kuin ensimmäiset reiät.

## 5.2 Koontien tekeminen

Koonnat ovat siis kokonaisuuksia, jotka muodostuvat osista. Koontien yhtenä tärkeimpänä tehtävänä on kerätä kappaleet yhteen, jolloin niistä saa osaluettelon. Toinen tärkeä asia on sovittaa kappaleet yhteen. Tämä helpottaa osien suunnittelemista (erittäin paljon). Koonnissa voit liittää keskenään keskeneräisiä kappaleita yhteen ja tehdä kappaleet sen avulla loppuun. Usein kokonaisuuden

suunnittelu alkaakin muutaman keskeneräisen kappaleen liittämällä toisiinsa. Koonnan tärkein työkalu on mate, jolla liitetään kappaleet toisiinsa. Mateja on useita erilaisia, joilla kappaleita voi liittää haluamallaan tavalla. Usein halutaan, että jokainen kappale on täysin määritelty, jolloin ne eivät vahingossa pysty liikkumaan paikoiltaan. Kuitenkin joissain tapauksissa voidaan jättää jokin suunta vapaaksi, jolloin voidaan kokeilla kappaleen liikeratoja. Koska mateja tulee kappaleisiin helposti satoja, on niiden nimeäminen hidasta. Toisaalta, jos matet on nimetty, helpottaa se oikean löytymistä, jos jotain pitää muuttaa. Etsimisen helpottamiseksi jokaisesta kappaleesta voi kuitenkin valita siihen liittyvät matet, jolloin vaihtoehdoksi jää enää muutamia mateja. Mateja on useita erilaisia, kuten coincident, distance, parallel, tangent jne. Näitten avulla voidaan määrittää pinnat samalle tasolle, reunat kiinni toisiinsa, reiät kohdistettua päällekkäin tai tasot tietyn etäisyyden päähän toisistaan.



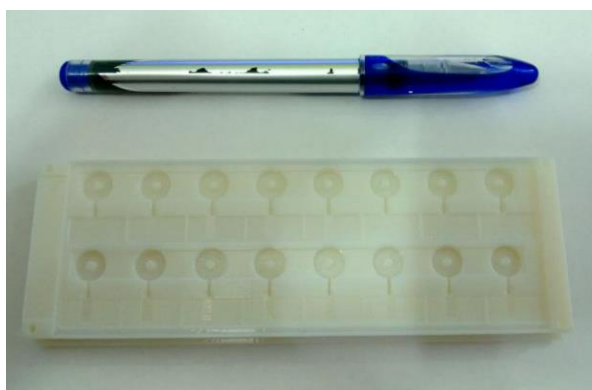
Kuva 13. Kappaleessa olevia erilaisia mateja.

Koontavaiheeseen kuuluu myös useita muita työkaluja, kuten kappaleen kopiointi, peilaus, hitsisaumojen lisääminen sekä useita muita. Koonnista voi tehdä myös räjäytyskuvia, jolloin on helppo nähdä kaikki kappaleet ja mihin kohtaan ne tulevat.

Ohjelma tunnistaa myös kappaleiden päällekkäisyydet ja törmäykset, mikä voi helpottaa ongelmien löytämistä tilanteissa, missä tilaa on vähän. Solidworksissä on myös mahdollisuus tutkia kappaleitten liikkeitä, kuten hammasrattaitten tai hihnojen pyörimistä. Koontaan voi ottaa mukaan maan vetovoiman simuloinnin.

### 5.3 3D-tulostus

3D-tulostus on tullut nykyaikana varteenotettavaksi tavaksi valmistaa kappaleita. Kappaleille, joihin ei tule suuria rasituksia tai joiden täytyy olla erityisen kevyitä, voi 3D-tulostus olla edullinen vaihtoehto. Tulostamalla saadaan aikaiseksi paljon monimutkaisempia kappaleita kuin perinteisesti koneistamalla. Tämä mahdollistaa usean kappaleen yhdistämisen yhdeksi kappaleeksi. 3D-tulostimia on nykyään useita erilaisia versioita, joiden toimintaperiaatteet ovat erilaisia. Tulostin voi sulattaa muovilankaa kohta kerrallaan, tai se voi sintrata aina tason kerrallaan. Tulostimien kehittyessä lisääntyvät mahdolliset tulostusmateriaalitkin. Nykyisinkin voidaan tulostaa jo metalleja, hiilikuitua sekä ESD-muovia. Nämä tulostimet ovat kuitenkin harvinaisempia ja hinnat ovat huomattavasti korkeampia. Tulostamisen hyvänä puolena on usein myös edullinen hinta sekä nopea toimitus, tosin edullisuuteen vaikuttaa kappaleen koko ja muoto. Iso tulostuskappale tulee maksamaan helposti enemmän kuin koneistamalla tehty, sillä 3D-tulostusten hinta määräytyy usein kappaleen painon mukaan. Esimerkkinä voi mainita kuvan 14 kappaleen hinnan. Kappale painaa 80 g ja maksoi noin 320 €.



Kuva 14. Hintaesimerkki tulostuskappaleesta (320 € 80 g), kynä antamassa mittakaavaa.



Sama pätee usean kappaleen tilaamiseen; koneistamalla useamman samanlaisen kappaleen kappalehinta laskee nopeasti, toisin kuin tulostuskappaleilla. Koska tulostimeen syötetään suoraan 3D-tiedostoja, ei kappaleista myöskään tarvitse tehdä 2D- mittapiirrosta, mikä säästää aikaa. Kaikki tämä mahdollistaa fyysisten prototyyppien tilaamisen, joilla voidaan katsoa, toimiiko kappale, kuten pitäisi. 3D-tulostuksella voidaan myös korvata muovisia valuosia. Koska valumuottien valmistaminen on erittäin kallista, voi 3D-tulostuksella säästää huomattavasti. Toisaalta valuosien kappalehintaa on erittäin edullinen muotin hankkimisen jälkeen. [6]





Kuva 15. 3D-tulostimella tehtyjä kappaleita. Musta on tehty muovilangalla, valkoiset tasoittain sintraamalla.

## 6 Mittapiirrokset ja dokumentointi

Kun kappaleesta on saatu 3D-mallinnos valmiiksi, pitää se vielä usein muuttaa 2D-muotoon ja lisätä siihen mitat ja muut tiedot, kuten koneistusmerkinnät ja toleranssit. Mittapiirrosten tekeminen ei ole aina pakollista, sillä usein kappaleet tehdään automaattisesti CNC-koneella koneistamalla, levyprässillä tai 3D-tulostamalla. Näissä tapauksissa mittapiirros on lähinnä tarkastusta varten, jotta voidaan mitata kohtia valmiista kappaleesta ja verrata niitä mittapiirroksen kanssa. Mittapiirroksen tekeminen on kuitenkin tärkeä osa dokumentoinnissa, sillä 2D-versiot kappaleista voidaan tulostaa paperille ja arkistoida, tai niistä voidaan tehdä PDF-tiedostoja ja tallentaa serverille.



Mittapiirroksen tekeminen alkaa valitsemalla paperikoko, mikä on useimmiten A4 tai A3. 3D-ohjelmissa on valmiiksi tietokenttä tyhjällä sivulla, joissa on paikat materiaalille, loppukäsittelylle, tekijälle, päivämäärälle, tarkistajalle, versiolle, yrityksen nimelle, mittasuhteelle ja muutamalle muulle. Koska kuvia tulee usein paljon pienestäkin kokonaisuudesta, voi olla helpompaa täyttää tietokentät valmiiksi ja tallentaa se uudeksi pohjaksi, jolloin kaikki tiedot ovat valmiina paikallaan. Mittapiirroksen tietokenttä hakee automaattisesti tiedot kappaleesta, kun kappaleeseen on lisätty valmiiksi tiedot materiaalista, toimittajasta, loppukäsittelystä jne.

Material Aluminium		Dimensions		Finishing	
		Tolerance		Deburr and break sharp edges	
Mass g				Size A3	
Title 3 Finger Gripper Plate		Drawing number M100-504		Scale 2:1	
		Revision		Designed 6.4.2013	
				Sheet 1 / 1	

Kuva 16. Tietokenttä, johon ohjelma hakee automaattisesti tiedot kappaleesta. (materiaali, kuvaus sekä nimi).

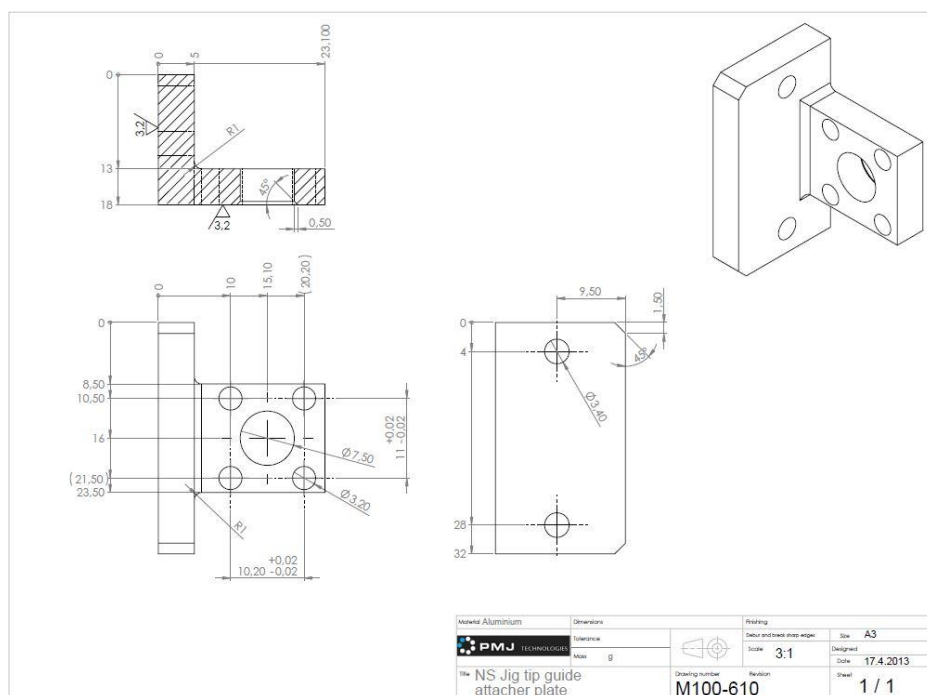
## 6.1 Mittapiirroksen tekeminen osasta

### 6.1.1 Sijoittelu

Mitoittamien alkaa lisäämällä tyhjälle sivulle mitoitettavan kappaleen. Tässä vaiheessa valitaan suunta, mistä kappaletta katsotaan. Kun kappale on paikoillaan, voidaan siitä vetää sivulle, ylös, alas tai kulmiin projektiot. Nämä kuvat ovat samasta kappaleesta, mutta eri suunnista katsottuna. Tarvittavien suuntien määrä riippuu kappaleen yksityiskohdista ja monimuotoisuudesta. Esimerkiksi pyöreä tanko tarvitsee vain edestä ja sivulta kuvan, jolloin saadaan halkaisija, muoto ja pituus selville. Monimutkaisemmassa kappaleessa tarvitaan enemmän suuntia ja mahdollisesti läpileikkauksia, jotta kaikki mitat saadaan paikoilleen ja näkyville. Joskus on myös hyvä lisätä kulmassa oleva kuva mittapiirrokseen, mistä näkyy hyvin kappaleen koko muoto. Tähän kuvaan ei tule mittoja.

### 6.1.2 Mitoitus

Mitoituksen lähtökohtana on, ettei koneistajan tarvitse laskea mitään eikä mitään kohtaa ei ole mitoitettu useampaa kertaa. Kukin suunnittelija kuitenkin tekee mitoituksen hieman omalla tavallaan, joten absoluuttista oikeaa tapaa ei ole. Mitoituksen pitäisi alkaa aina samasta suunnasta kappaleesta. Mitta olisi myös usein hyvä ilmoittaa aina tietyistä pisteistä eikä siten, että mittoja pitää laskea yhteen tietääkseen jonkin reiän kohdan 0-pisteestä. Jos sama mitta tulee useampaan otteeseen, laitetaan toiseen mittaan sulut, jolloin ilman sulkuja oleva jää merkitseväksi. Näin voi tapahtua esimerkiksi toleroitavien mittojen lisäyksen yhteydessä.

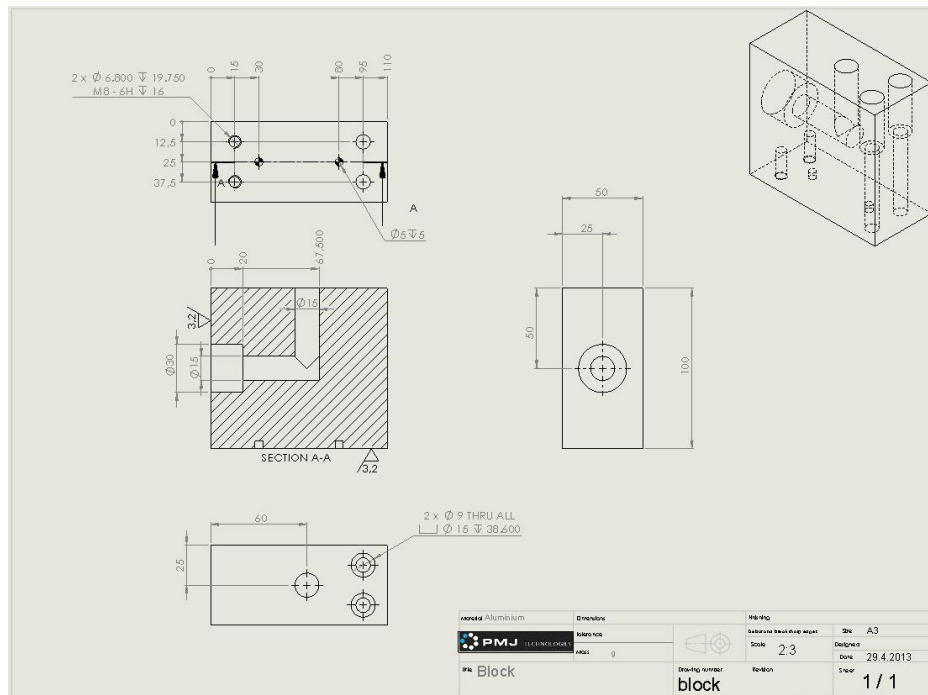


Kuva 17. Mitat lähtevät kappaleen vasemmasta yläkulmasta. Ylempi kuva on alhaalta päin katsottuna ja se on läpileikkaus keskeltä. Kuvassa näkyy myös tolerointeja, jolloin sama mitta toisessa kohdassa laitetaan sulkuihin.

### 6.1.3 Merkinnät

Mittapiirroksiin lisätään usein myös useita erilaisia merkintöjä. Näitä voi olla kohdistustapille tehdyn reiän merkintä (PIN), koneistusmerkintä pinnalle, hitsausauman merkintä sekä useita muita. Solidworksissä on myös Hole Call Out-komento, jolla saadaan kaikki tiedot mitattavasta reiästä. Tämä auttaa etenkin monimutkaisemmissa rei'issä, kuten ruuville tarkoitettussa reiässä, missä on kannalle

upotus. Työkalu antaa sekä upotuksen että reiän halkaisijan ja molempien syvyydet. Myös mahdolliset kierteet tulevat ilmi kyseisellä komennolla. Monissa tapauksissa kaikki mitattavat kohdat eivät ole mistään suunnasta nähtävillä, jolloin pitää ottaa läpileikkaus kappaleesta kyseisestä kohdasta. Näin saadaan kappaleen keskellä olevat mitat näkyviin, ja usein tämä myös selkeyttää kappaleen havainnollistamista. [3;4]

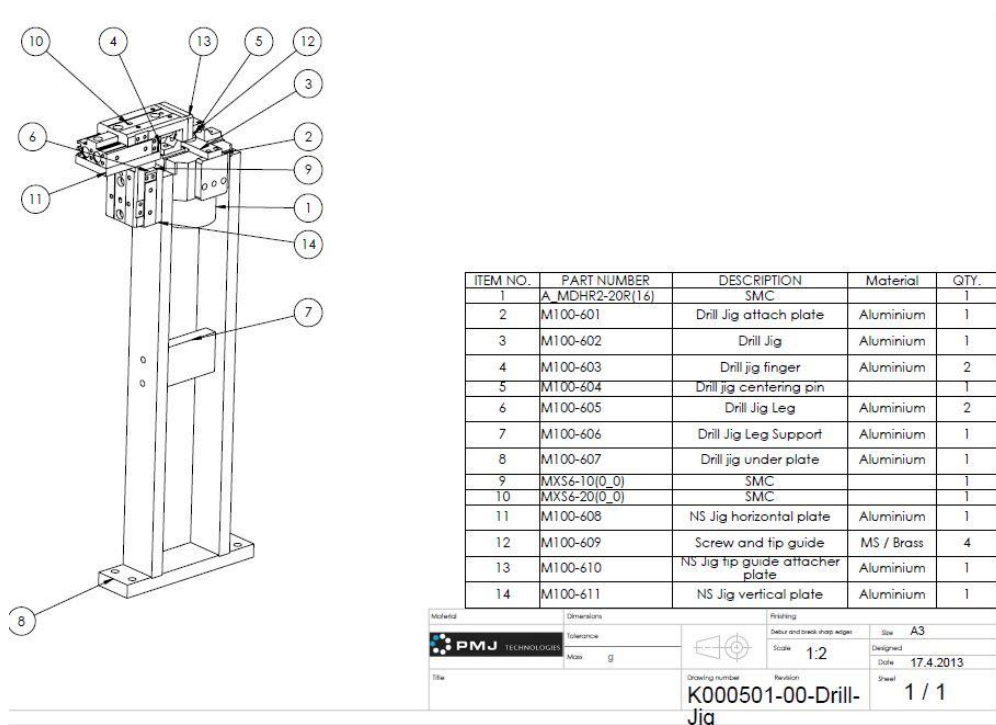


Kuva 18. Mittapiirros, jossa käytetty apuna Hole Call Out- ja Broken Section-työkaluja.

## 6.2 Mittapiirroksen tekeminen koonnasta

Useissa tapauksissa koonnista tehtäviin mittapiirroksiin ei lisätä montaa mitta. Näihin laitetaan usein kappaleitten ääriimitat sekä muutamia olennaisia mittoja kokonaisuuden toimivuuden kannalta, kuten pöytätasen korkeus maasta tai robotin tarttujan korkeus pöytätasosta. Olennainen syy tehdä koonnista mittakuvia on se, että niihin saa osaluettelon koonnasta. Tässä valitaan tietty kokonaisuus, josta BOM (bill of materials/osaluettelo) otetaan. Seuraavaksi valitaan, halutaanko taulukkoon pelkkiä osia (parts only) vai vain ylin kerros (top level), jolloin alikoonnat näkyvät luettelossa sellaisenaan. Jos valitaan osat (parts only), tulee luetteloon alikoontan jokainen osa erikseen. Osaluettelo kerää osiin valmiiksi tallennetut tiedot taulukkoon. Näitä voi olla toimittaja, kuvaus, materiaali, massa, pintakäsittely jne. Osaluettelo myös laskee

määrän, kuinka monta samaa osaa koonnassa on. Havainnoinnin helpottamiseksi Solidworksissä on Auto-Balloon-työkalu, jolla voi lisätä taulukon mukaisen numeroinnin jokaiseen osaan koonnassa.



Kuva 19. Mittapiirros, johon on lisätty osaluettelo, sekä havainnointia auttavat numeroidut pallot.

## 7 Tiedostojen hallinta

### 7.1 Tärkeys

Dokumenttien hallinnassa on kaksi eri työvaihetta. Toinen on suunnitteluvaiheen aikana, jolloin tiedostoja pitää siirrellä ja jakaa paljon, ja toinen on valmiin projektin dokumentointi tulevaisuuden varalle. Tiedostojen hallinnan tarkkuusvaatimukset kasvavat projektin koon lisääntyessä sekä suunnitteluhenkilökunnan kasvaessa. Yleensä ongelmia ilmestyy valmistukseen siirryttäessä, jolloin kuvat eivät ole ajan tasalla ja osto lähettää niitä toimittajille. Toimittaja toimittaa väärin kuvien perusteella väärät osat ja prototyypin kasaus ei onnistukaan.

Myös muutosten tekeminen ja niiden hallinta on haaste. Muutokset kappaleeseen tekee usein yksi suunnittelija, joten muiden kappaleet jäävät päivittämättä. Tähän auttaa versionumero, mutta oston pitäisi tietää silloin, mikä on viimeisin versio. Myös laatujärjestelmä edellyttää muutosten hallintaa. Joskus asiakkaat eivät suostu ostamaan yrityksiltä, jotka eivät voi osoittaa osaavansa muutosten hallinnan.

## 7.2 Tiedostojen nimeäminen

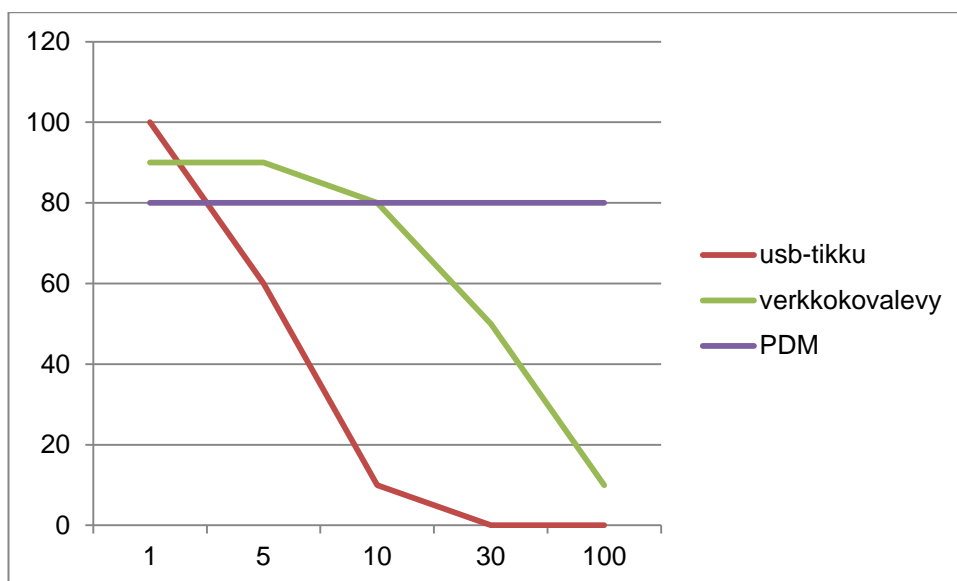
Projektin alussa tiedostojen nimeämiseen kannattaa uhrata hieman enemmän aikaa, sillä kahta samannimistä kappaletta ei kokonaisuuteen saisi tulla. Tämän voi välttää lisäämällä juokseva numero kappaleen nimeen. Ilman PDM-ohjelmistoa tai vastaavaa voi numeron helposti unohtaa, jolloin sekaannuksia voi tulla. Myös useamman suunnittelijan projekteissa ei yksi juokseva numero toimi. Tällöin nimeen kannattaa myös lisätä jonkinlainen suunnittelijan tunnus. Esimerkiksi kappaleen nimi voisi olla P100xxxx-00 ja koonnan nimi A100xxxx-00-koonnan kuvaus. Tässä P tarkoittaa osaa eli parttia ja A koontaa eli assemblyä. Numero 100 on suunnittelijan oma numero ja xxxx-kohta juokseva numero. Juoksevan numeron perässä oleva -00 on versionumero. Tätä muutetaan, jos kappale muuttuu. Tosin tässä pitää päättää, missä vaiheessa versio niin sanotusti lukitaan. Suunnittelun aikana kappale muuttuu usein, jolloin versiota ei vielä kannata lukita. Yksi tapa on sopia, että ensimmäinen tilattu kappale on versio 00. Jos tämän jälkeen kappale muuttuu, muuttuu myös versionumero. PDM-ohjelmisto voi lisätä kappaleisiin automaattisesti juoksevan numeron, jolloin tämä ongelma poistuu. PDM-ohjelmistoihin palataan myöhemmässä vaiheessa.

## 7.3 Toimintatapoja tiedostojen käsittelyyn

Tiedostojen hallinnan toteuttamiseen on nykyisin useita erilaisia tapoja. Mitä pienempi yritys ja mitä pienempi projekti, sen löysempää usein on dokumentointi. Muutaman tiedoston projektin voi tallentaa omalle koneelle ja vaikka USB-tikulle. Kun projektin jakaa pieniin kokonaisuuksiin, voi jokainen suunnittelija tehdä yhden kokonaisuuden valmiiksi kerrallaan. Näitä voi sitten tarvittaessa jakaa sähköpostilla tai USB-tikulla toisille. Kun kappaleisiin tulee jälkikäteen muutoksia, jäävät ne usein päivittämättä toisille suunnittelijoille. Tästä seuraa, että jokaisella suunnittelijalla voi olla erilainen kuva kokonaisuudesta. Samalla projektit, missä käytetään paljon samoja osia, käy

hankalaksi, jos ei ole yhteistä tietokantaa osille. Kun yksi suunnittelija tekee muutoksia osaan, ei se päivity muille.

Hieman parempi vaihtoehto on siis verkkokovalevy tai pilvipalvelu. Näin kaikki tiedostot on koko ajan kaikkien saatavilla, eikä samasta osasta voi olla eri versioita eri suunnittelijoilla. Tässäkin tapauksessa tulee ongelmia, jos useampi ihminen yrittää muuttaa osaa samanaikaisesti. Tällöin jos yksi tekee muutoksia kappaleeseen ja toinen heti perässä samaan kappaleeseen, ensimmäisen muutokset häviävät. Toimitapojen toimivuus riippuu siis paljon kommunikoinnista sekä projektin ja suunnittelijoiden määrän koosta. PDM-ohjelmistojen kanssa tulee usein hieman ongelmia ja niiden logiikkaa täytyy opiskella. Tämän takia sellaisen käyttö pienessä projektissa on enemmän hidaste kuin hyöty. Verkkokovalevy toimii helpommin, mutta ei kuitenkaan täysin varmasti, lisäksi se täytyy asentaa kaikkiin koneisiin.



Kuva 20. Suuntaa-antava tiedostojen hallintatapojen toiminta suhteutettuna suunnittelijoiden määrään. Pysty-akselilla on toimivuus 0-100 %, vaaka-akselilla on suunnittelijoiden määrä.

#### 7.4 PDM-ohjelmisto

PDM-ohjelmisto on tarkoitettu yrityksen tiedostojen hallintaan, ja käsittää paljon muutakin kuin 3D-suunnittelun tarpeet. Tässä käsitellään lähinnä suunnittelusta

syntyvien dokumenttien hallintaa. PDM eli tuotetiedonhallintaohjelma on osa tuotteen elinkaaren hallintaa (PLM).

Useat PDM-ohjelmistot luovat virtuaaliympäristön tietokoneen sisälle, verkkokovalevylle tai serverille. Sinne pääseminen voidaan laittaa salasanan taakse, ja kirjautuminen käy esimerkiksi omilla käyttäjätunnuksilla. Näin pystytään myös seuraamaan, kuka on tehnyt mitäkään töitä. Kun virtuaaliympäristössä olevaa kappaletta halutaan muuttaa, se ladataan omalle koneelle, jolloin muut eivät pääse avaamaan tiedostoa. Tämä estää päällekkäisten muutoksien tekemisen. Kun muutokset on saatu valmiiksi, ladataan tiedosto takaisin virtuaaliympäristöön, jolloin se päivittyy kaikille automaattisesti. Isommissa organisaatioissa PDM-ohjelma on elintärkeä, sillä sen avulla kaikilla on samat versiot kuvista.

Monilla suunnitteluohjelmilla on oma PDM-ohjelmisto, nämä ohjelmistot täytyy kuitenkin usein ostaa erikseen. Ohjelmisto voi luoda juoksevan numeron jokaiseen kappaleeseen ja estää saman numeron käyttöä toista kertaa. Samalla tätä numeroa voidaan käyttää piirrosnumerona tiedostojen tunnistamiseen. Lisäksi tiedostoihin voidaan lisätä muita tietoja, joiden avulla voidaan jatkossa lajitella ja etsiä tiedostoja. [7]

## 8 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli antaa laaja määrä informaatiota, koskien kaikkia 3D-suunnittelun vaiheita. Kyseessä on siis tekninen 3D-suunnittelu, sillä jokaisella alalla on omat suositellut ohjelmat, työtavat ja tarvittavat työkalut. Näihin muihin suuntauksiin ei siis ollut tarkoitus ottaa kantaa. Vaikka tekninen suunnittelu on usein hyvin samankaltaista, riippumatta suunniteltavasta tuotteesta, on jokainen tapaus yksilöllinen ja niitä pitää miettiä tapauskohtaisesti. Myös toimintatapoja on lähes yhtä paljon kuin tekijöitäkin, mutta tiettyjä käytäntöjä noudattamalla voivat muut suunnittelijat ymmärtää ja mahdollisesti muokata toistensa töitä. Suunnitellessa yksinkertaistakin kappaletta on tärkeää ottaa kaikki oleelliset seikat huomioon heti, sillä lopulta tämä tulee helpottamaan aikataulun pitämisessä ja on edullisempi ratkaisu. Pitää myös muistaa, että 3D-suunnitteluohjelmat ovat työkaluja ja ihminen on se, joka tekee suunnittelun. Hyvältä suunnittelijalta odotetaan oivalluskykyä yritykselle edullisten ratkaisujen

löytämiseksi ja aikaansaattamiseksi. Pelkkä suunnitteluohjelman mekaaninen osaaminen ei tee vielä hyvää suunnittelijaa.



## Lähteet

- 1 Solidworks 3D.  
<http://plmgroup.fi/Tuotteet/SolidWorks.aspx?qclid=CNuSjPTtybYCFeh2cAodjWMA8Q#.UWp4I8pv6OE>, luettu 5.4.2013
- 2 3D software Alibre. <http://www.alibre.com/>, luettu 16.4.2013
- 3 Pere, Aimo, Koneenpiirustus 1&2, 2009, 10.painos
- 4 Pere, Aimo, Teknisen piirustuksen perusteet, 2010, 7.painos
- 5 Best commercial 3D software. <http://www.craftsmanspace.com/free-software/best-commercial-3d-cad-cam-cae-pdm-software.html>, luettu 16.5.2013.
- 6 3D printing. <http://stratasys.com/>, luettu 16.5.2013
- 7 PLM Group PDM-tuotetiedonhallinta.  
<http://plmgroup.fi/Tuotteet/PDMTuotetiedonhallinta.aspx>, luettu 16.5.2013
- 8 Anodisointi. <http://www.timohapponen.net/anodisointi/>, luettu 11.5.2013