



Joonas Mikkonen

**2D:NÄ SUUNNITELLUN MATTI-LIETEVAUNUN
LAITEDOKUMENTAATION MUUTTAMINEN 3D-MALLEIHIN
PERUSTUVAKSI**

**2D:NÄ SUUNNITELLUN MATTI-LIETEVAUNUN
LAITEDOKUMENTAATION MUUTTAMINEN 3D-MALLEIHIN
PERUSTUVAKSI**

Joonas Mikkonen
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Joonas Mikkonen

Opinnäytetyön nimi: 2D:nä suunnitellun MATTI-lietevaunun laitedokumentaation muuttaminen 3D-malleihin perustuvaksi

Työn ohjaaja: Jari Viitala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 39 + 5 liitettä

Insinööri työ perustui RP-koneet Ky:n valmistaman MATTI-lietevaunun 3D-mallintamiseen. Mallintaminen tapahtui vanhojen 2D-kuvien perusteella, ja osa lietevaunun osista piti mallintaa joko uutena osana tai vastaamaan päivitettyä versiota.

Työ aloitettiin mallintamalla kaikki lietevaunun itse valmistettavat osat ja tekemällä niistä tarvittavat alikokoonpanomallit. Valmisosat kokoonpanoihin haettiin mallinnuskirjastoista. Lopuksi valmiista alikokoonpanomalleista tehtiin pääkokoonpanomalli.

Valmistuneista osamallinnuksista tehtiin RP-koneet Ky:lle päivitetty 2D-työkuvat ja levyosille DXF-tiedostot polttoleikkaamista varten. Alikokoonpanomalleista ja pääkokoonpanomallista tehtiin kokoonpanokuvat osaluetteloinen.

Asiasanat: 3D-mallinnus, 2D-kuva, työkuva

ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin RP-koneet Ky:n toimeksiannosta. Tarkoituksena oli saada mallinnettua MATTI-lietevaunusta 3D-kuvat ja piirtää vaunun osista ajanmukaiset 2D-työkuvat vanhentuneiden kuvien tilalle.

Haluan kiittää työn toimeksiantajaa, RP-koneet Ky:n toimitusjohtajaa Jaakko Laitista ja työnohjaajaa DI Jari Viitalaa. Iso kiitos kuuluu myös perheelleni ja ystävilleni tukemisesta opintojen aikana.

Oulussa 20.3.2012

Joonas Mikkonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
KÄSITTEITÄ	7
1 JOHDANTO	9
2 MATTI-LIETEVAUNU	10
2.1 Kuormain	10
2.2 Säiliö	10
2.3 Purku	11
2.4 Alusta	11
3 3D-MALLINTAMINEN	12
3.1 Mallintamisen perusteet	12
3.1.1 Koordinaatisto ja suunnittelutaso (plane)	13
3.1.2 Luonnos (sketsi)	14
3.1.3 3D-malli	15
3.1.4 Kokoonpano ja räjäytysmalli	16
3.1.5 2D-piirustus	18
3.1.6 DXF-tiedosto	20
3.2 3D-mallinnusmenetelmät	20
3.2.1 Kappalemallinnus (solid)	20
3.2.2 Levymallinnus (sheet metal)	21
3.2.3 Pintamallinnus (surface)	22
4 CUSTOMWORKS	23
5 PDM	25
6 MATTI-LIETEVAUNUN 3D-MALLIEN JA 2D-KUVIEN TOTEUTUS	28
6.1 Työn aloitus	28
6.1.1 Mallinnus	28
6.1.2 Kokoonpano	30
6.1.3 Työkuvat ja kokoonpanopiirustukset	32
6.2 Mallien ja kuvien tarkistus	32
7 3D-MALLIEN JA 2D-KUVIEN YLLÄPITO	34
8 MATTI-LIETEVAUNUN DOKUMENTAATION TULOKSET	35

9 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	37
LIITTEET	39

KÄSITTEITÄ

3D-mallintamisessa esiintyviä perustermejä (1, s. 145 - 151):

2D-suunnittelu: suunnittelua tasossa

3D-mallinnus: suunnittelua avaruudessa käyttäen solid-malleja

Alikokoonpano: 3D-kuva, joka sisältää kahden tai useamman osan toisiinsa sidottuina

Animaatio: mallinnuksen mekanismeista ja toiminnoista liikkuvaa kuvaa

K-factor-arvo: särmäyksessä neutraalitason laskentaan käytettävä arvo

Kokoonpano: 3D-kuva, joka sisältää useamman osan toisiinsa sidottuina

Kokoonpanopiirustus: kokoonpanosta tehtävä 2D-piirustus pää- ja liitäntämittoineen

Mate: kokoonpanoissa käytettävä käsky sidosehdoille

Origo: koordinaatiston nollapiste

PDM-järjestelmä: tiedostojen ja revisioiden hallintaan käytettävä sovellus

Plane: mallinnusohjelmissa käytettävä suunnittelutaso

Pääkokoonpano: osista ja alikokoonpanoista oleva 3D-kuva

Räjätyskuva: kuva, jossa kokoonpano on purettu kausjärjestyksessä

Sheet metal: tarkoittaa mallinnuksessa ohutlevymallinnusta

Sketch (sketsi): 3D-mallintamisessa käytettävä ahiopiirros

Solid-mallinnus: kappalemallinnus

Surface-mallinnus: pintamallinnus

Työkuva: valmistukseen käytettävä yksiselitteinen 2D-kuva

XYZ-koordinaatisto: geometrinen tapa alueen kuvaamiseen ja sijaintien ilmoittamiseen

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön toimeksiantaja on RP-koneet Ky. Työssä mallinnetaan 3D-mallit yrityksen valmistamasta MATTI-lietevaunusta sekä piirretään 2D-työkuvat jokaisesta vaunun osasta. Tavoitteena insinööriyössä on päivittää tuotteen työpiirustukset ja saada yritykselle nykyaikaiset 3D-mallit. (liite 1.)

RP-koneet Ky

RP-koneet Ky on vuonna 2000 perustettu utajärveläinen yritys, joka rekisteröitiin vuonna 2004 kommandiittiyhtiöksi. Yrityksen alkuaikoina tuotteisiin kuuluivat vakiomalli ja mittatilaustyönä tehtävät lumikauhat ja -aurat. Palveluihin kuuluivat myös erilaisten laitteiden ja koneiden huoltotyöt. Nykypäivänä tuoteperheeseen ja palveluihin kuuluvat myös perävaunut, konepajatuotteet ja teräsrakenteet sekä näiden suunnittelu ja kunnossapitoa. (2, s. 9.)

Tämä insinööriyö on jatkoa Helena Tuoman vuonna 2010 tekemälle insinööriyölle, jonka osa-aiheena oli MATTI-lietevaunun valmistusdokumentaatioiden teko (2). Tässä työssä päivitetään 2D-työkuvat vastaamaan nykyistä tuotetta sekä 3D-mallinnetaan MATTI-lietevaunu ja tehdään tarvittavat räjäytyskuvat.

2 MATTI-LIETEVAUNU

Lietevaunu (kuva 1) on lietelannan siirtämiseen ja levitykseen käytettävä traktorin perässä vedettävä säiliöllä varustettu perävaunu. Säiliössä kuljettava aines on virtsan, veden, sian- ja lehmänlannan sekoitusta. Lietevaunun säiliön koko ja ominaisuudet vaihtelevat käyttäjän tarpeiden mukaan. (3.)



KUVA 1. MATTI-lietevaunu (4)

2.1 Kuormain

MATTI-lietevaunun säiliö täytetään kuormaimella, jonka ohjaus on valittavissa hydraulisen, sähköhydraulisen tai proportionaaliventtiiliohjauksen väliltä. Myös kuormaimen sijainnin voi valita joko säiliön päädyn tai sivulle. (2, s. 13; 4, s. 2.)

2.2 Säiliö

Lietevaunun säiliön kokoja on kuusi, ja koko on valittavissa 10–20 m³:n väliltä. Seinämävahvuus on 5 mm tai 6 mm, ja säiliön sisäpinnat on käsitelty tehokkaasti korroosiota estävällä epoksi-piellä. Säiliön päädyt on mahdollista valita tasaisilla tai pyöreillä paineastiapäädyillä. Liitoskohdat säiliön tilavuudesta riippumatta ovat hitsattu molemmin puolin seinämää. (2, s. 14; 4, s. 2.)

2.3 Purku

Säiliön purku on valittavissa hydraulisen ja nivelkäyttöisen väliltä. Nivelkäyttöisessä purkumootorissa käyttöakseli joudutaan tuomaan säiliön alla etuosasta purkumootorille asti. Suurin osa MATTI-lietevaunuista on hydraulisella purulla varusteltuja, koska siinä on vähemmän vaarallisesti liikkuvia osia. (2, s. 13; 4, s. 2.)

2.4 Alusta

Alustaan on mahdollista valita jousitettu BPW-akselisto tai -keinuteli. Akselistoa löytyy yhdestä kolmeen olevalla akselilla, jotka ovat haluttaessa saatavana ohjautuvalla telistöllä. Renkaiksi on valittavissa Nokian (liite 2) tai Alliancen (liite 3) valmistamat renkaat. (2, s. 14; 4, s. 2.) Kokoluokkia rengasvaihtoehdoissa on kaksi, ja ne ovat 710/55R34 tai 800/50R34.

3 3D-MALLINTAMINEN

3D-mallinnus tarkoittaa erilaisten osien ja tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti. Mallinnusohjelmia voidaan käyttää melkein missä vain suunnittelussa, mutta eniten omakseen sen ovat ottaneet kone- ja laitesuunnittelijat. Suosio 3D-mallintamiseen on kasvanut merkittävästi parantuneiden ohjelmien ja koneiden takia viime vuosista. (1, s. 13 - 14.)

Yksi suurimmista tekijöistä 3D-ohjelmien käytön kasvuun on niiden avulla helposti tehtävät 2D-kuvat hankalistakin kappaleista ja niiden muodoista. Ehkä vielä merkittävämpi syy on suunnitteluvirheiden helpommasta havaitsemisesta syntyvät kustannussäästöt. Tässä insinööriyössä käytetään SolidWorks-suunnitteluohjelmaa, joka kuuluu yleisimpiin mallinnusohjelmiin, joihin kuuluvat myös Autodesk Inventor, Pro/ENGINEER ja Catia. (1, s. 13 - 14, 16 - 18.)

3.1 Mallintamisen perusteet

Kaikissa mallinnusohjelmissa mallintamisen perusteet ovat samankaltaiset. Mallia luodaan joko ainetta lisäämällä tai ainetta poistamalla. Mallin luomiseen on monia tapoja, eikä yhtä ja ainoa valmistustapaa ole olemassa. Valmistuneista malleista kyetään tekemään esimerkiksi alikokoonpanoja, joista puolestaan voidaan tehdä yksi iso pääkokoonpano. Mallinnetuille osille voidaan myös antaa fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet määrittelemällä sen materiaali halutuksi teräkseksi tai muuksi materiaaliksi. Tällä tavoin saadaan selville osan tai kokoonpanon massa, ja tarvittaessa sille voidaan suorittaa ohjelman avulla lujuustarkasteluja.

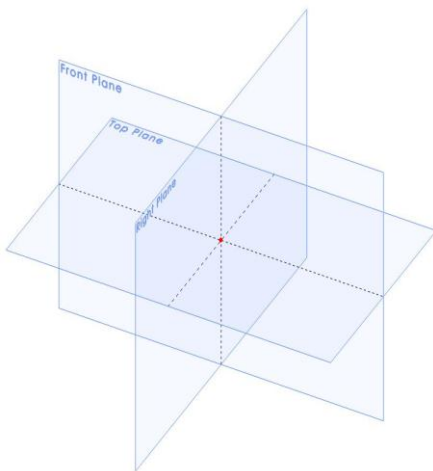
3.1.1 Koordinaatisto ja suunnittelutaso (plane)

3D-mallintaminen tapahtuu avaruudessa, eli vanhaan 2D-suunnitteluun verrattuna koordinaatistossa on x- ja y-akselin lisäksi syvyyttä kuvaava z-akseli (kuva 2) (1, s. 17). Akselisto voi myös olla eri päin mallinnusohjelmasta riippuen, kuten Catiassa on. Jos mallinnettava osa tehdään työstökeskuksessa, on SolidWorksillä mallinnettaessa otettava huomioon mallinnettavan kappaleen asettelu koordinaatistoon. Näin tehdään, koska työstöratoja tehtävällä Mastercam-ohjelmalla on akselisto vastaava kuin Catia-mallinnusohjelmassa.



KUVA 2. SolidWorksin (1, s. 17) ja Catian XYZ-koordinaatistot

3D-mallintaminen alkaa halutun planen eli suunnittelutason valitsemisella. Valitulle tasolle tehdään karkea halutun muotoinen 2D-luonnos, jota kutsutaan sketsiksi. Lähtökohtaisesti perustasoja on kolme: xy-, xz- ja zy-taso (kuva 3). Näitä pintoja kutsutaan myös front-, top- ja right-planeksi ohjelmasta riippuen. Suunniteltavan kappaleen erikoisten muotojen vuoksi suunnittelutasoja pystytään luomaan myös mielivaltaisiin paikkoihin ja asentoihin. (1, s. 61 - 63.)



KUVA 3. SolidWorksin perustasot, jotka kulkevat origon kautta

3.1.2 Luonnos (sketsi)

Luotaessa ensimmäistä sketsiä halutulle perustasolle sen muodot täytyy sitoa origoon halutuilla mitoilla ja erinäisillä käskyillä. Sketsin ollessa täysin määrätty sen viivat muuttavat mustiksi, ja sitä voidaan huoletta käyttää 3D-mallin luomiseen (kuva 4). Jos sketsistä ei tule sidottua, vaarana on syntyvän 3D-mallin hallitsematon muuttuminen ja siitä aina pääkokoontiloihin asti siirtyvät ongelmat. (1, s. 64 - 65.)

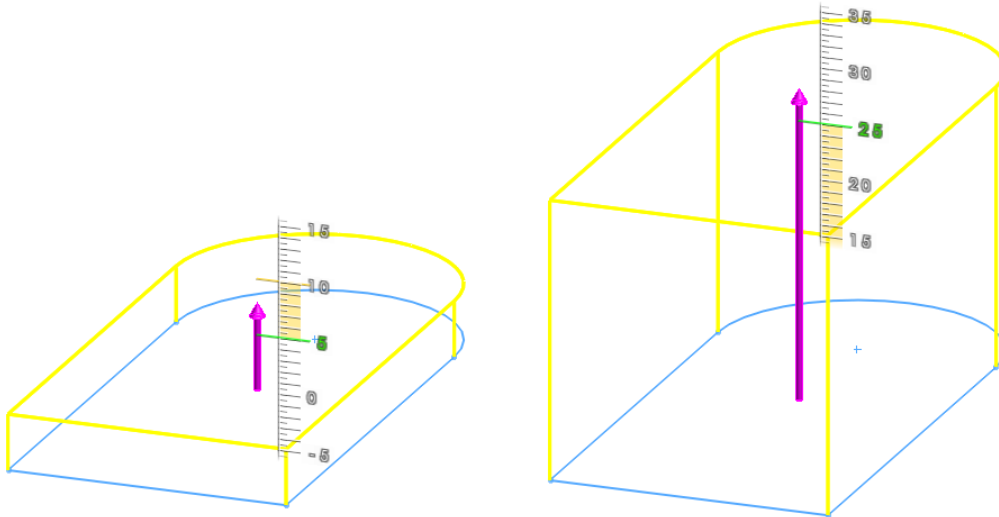


KUVA 4. Origoon sidottu sketsi

Sketsin voidaan sanoa myös olevan ali- tai ylimäärätty. Alimäärätty sketsi on luonnos, jossa muodot ja mitat voivat vaihdella. Tämä sketsi voi olla tulla kyseeseen silloin, kun ei vielä tiedetä kappaleen lopullisia mittoja ja niitä halutaan muuttaa myöhemmässä vaiheessa. Ylimäärättyllä sketsillä tarkoitetaan sitä, että luonnoksessa on kaksi tai useampi samaan muotoon tai kokoon vaikuttavaa mitta tai käsky. Ohjelmasta riippuen viivojen värit voivat vaihdella, mutta SolidWorks-ohjelmassa alimäärätyssä sketsissä viivat ovat sinisiä ja ylimäärätyssä punaisia tai keltaisia. (5, s. 44 - 45.)

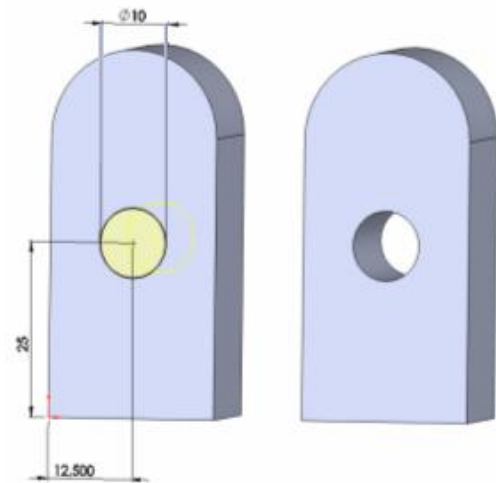
3.1.3 3D-malli

Sidotusta sketsistä saa 3D-mallin monella eri tapaa. Kaikissa tavoissa peruseriaatteena on antaa sketsille ns. syvyyssmitta, ja sen seurauksena sketsistä syntyy silmällä helposti hahmotettava 3D-malli (kuva 5).



KUVA 5. Syvyyden määrittäminen 3D-mallille

Syvyyden määrittämisen jälkeen syntyy halutun muotoinen 3D-malli, jonka muokkaamista voi jatkaa edellä mainitulla periaatteella. Sketseillä voi esimerkiksi poistaa materiaalia, ja sketsin käyttöön sopiva suunnittelutaso voidaan jatkossa valita suoraan kappaleen pinnasta, halutusta perustasosta tai luoda kokonaan uusi taso (kuva 6). (1, s. 70 - 71.)

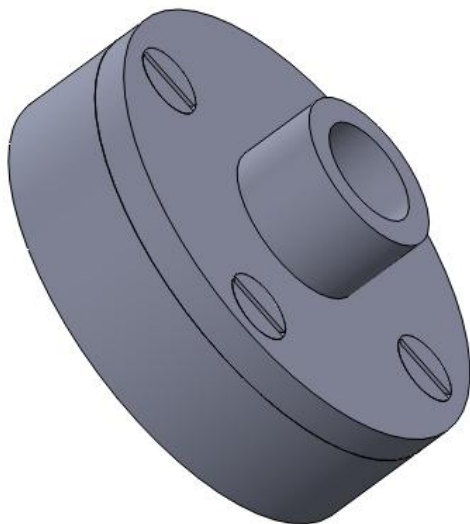


KUVA 6. Materiaalin poisto 3D-mallista

Yksinkertaisessa mallintamisessa tehdään sketsi ja luodaan malli joko materiaalia lisäämällä tai poistamalla. Näitä kahta edellä mainittua työvaihetta jatketaan niin kauan, että saadaan halutun muotoinen 3D-malli. (1, s. 19, 70.)

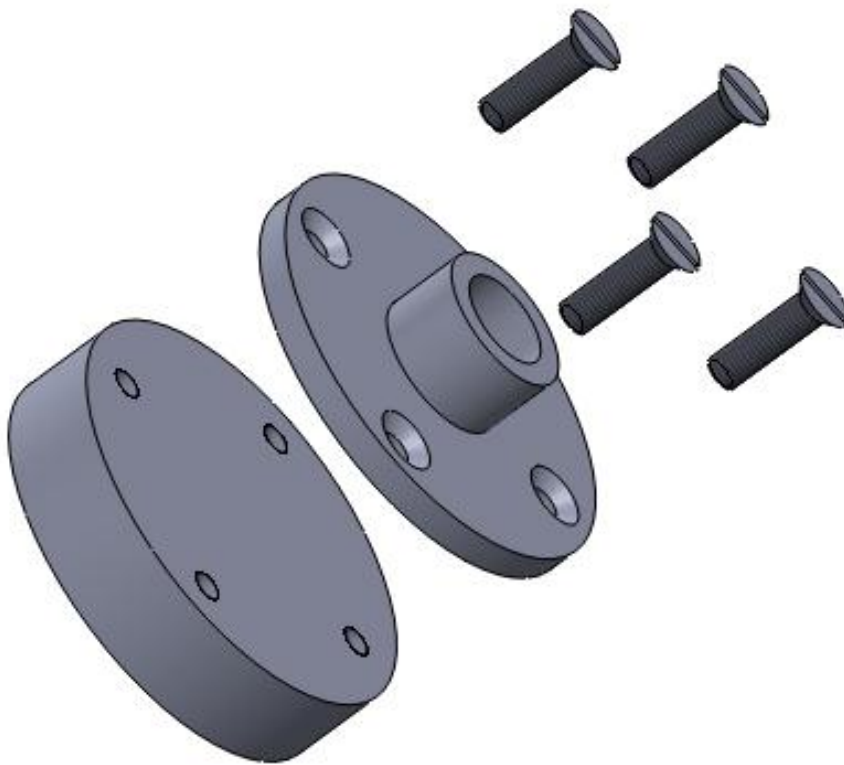
3.1.4 Kokoonpano ja räjäytysmalli

Valmistuneista malleista tehdään ali- ja pääkokoonpanoja aina, jos tuote sisältää enemmän kuin yhden osan (kuva 7). Kokoonpanoissa halutut osat sidotaan toisiinsa ns. mate-komennolla.



KUVA 7. Kokoonpano

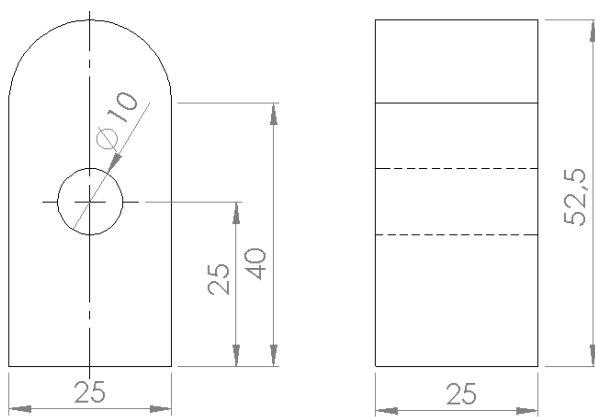
Kokoonpanoista voidaan myös tarvittaessa tehdä ns. räjäytysnäkyymiä (kuva 8). Räjätysnäkyymiän ideana on kertoa kuvan katsojalle, mitä kokoonpano sisältää ja missä järjestyksessä osat ovat todellisessa tuotteessa. Räjätyskuvan ollessa monimutkainen voidaan käyttää siirretyissä osissa siirtoviivoja kuvan selventämiseksi. Kokoonpanon räjäytyskuvasta voidaan esittelymielessä tehdä myös animaatio. (1, s. 140.)



KUVA 8. Kokoonpanon räjäytyskuva

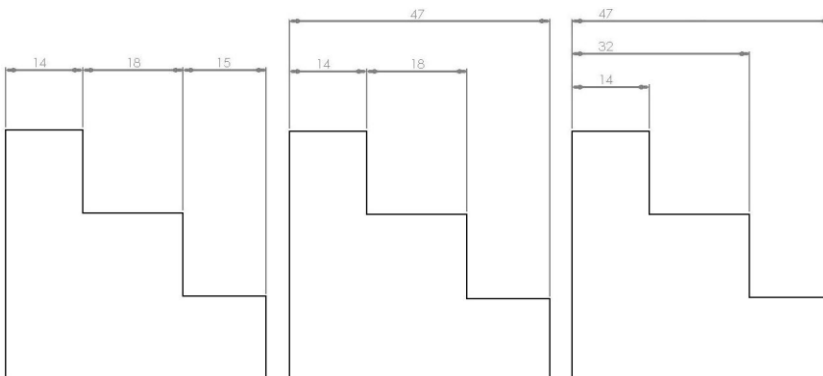
3.1.5 2D-piirustus

Syntyneistä 3D-malleista tehdään 2D-työkuvat (kuva 9). Työkuvien pitää olla ns. yksiselitteiset, jotta osaa tai kappaletta ei pysty kuvista valmistamaan kahta tai useampaa erilaista. Myös kappaleen mitoituksen tulee olla kattava, jotta kappaleen valmistajan ei tarvitse ruveta mittoja laskemaan tai mittaamaan kuvista. Ali- ja pääkokoonpanon 2D-kuvista ei käy enää selväksi valmistusteknisiä mittoja vaan niistä löytyvät päämitat ja kokoonpanossa käytettyjen osien paikkamitat.



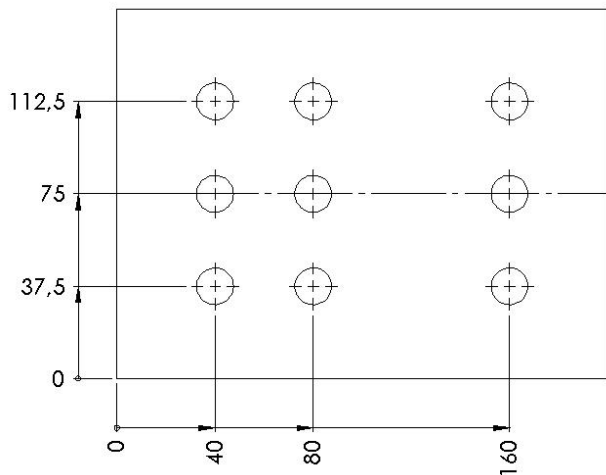
KUVA 9. 2D-työkuvan mitoitus

Pääasiallisia mitoitustyyliä on kaksi: jono- ja perusviivamitoitus (kuva 10). Jonomitoituksessa haluttuja muotoja mitoitetaan aina edellisestä muodosta eteenpäin, kun taas perusviivamitoituksessa muotojen paikat on aina mitoitettu origosta. Mitoitustyylin valinta on yleensä valmistusmenetelmästä riippuvainen (5, s. 22 - 23).



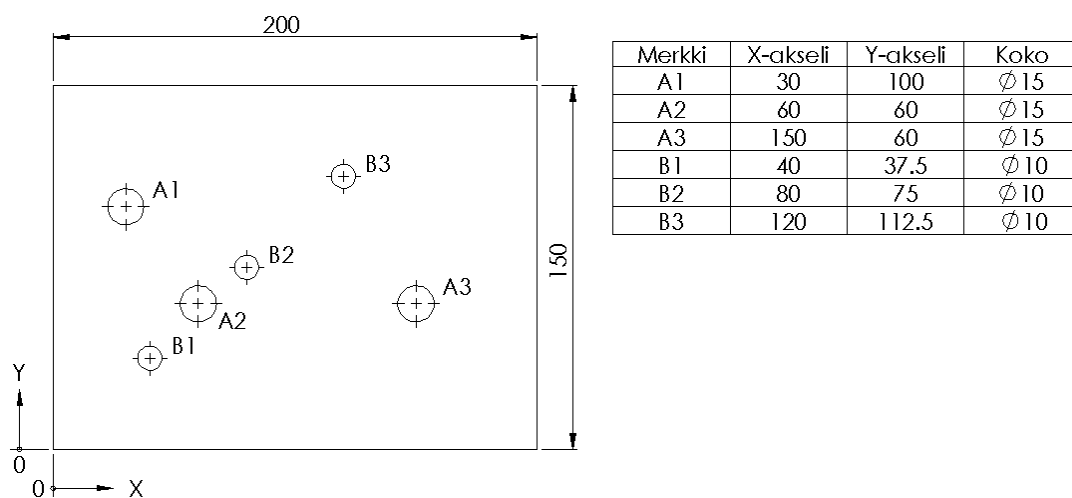
KUVA 10. Suljettu ja avoin jonomitoitus sekä perusviivamitoitus

On olemassa myös jatkuva perusviivamitoitus, jolla suuria määriä mittoja sisältävästä työkuvausta saadaan selkeää ja helposti luettava (kuva 11). Tätä menetelmää käytetään, jos mittoja tarvitsevat muodot ovat pääosin linjassa toisiinsa nähden.



KUVA 11. Jatkuva perusviivamitoitus

Jos kappaleessa on esimerkiksi paljon reikiä, voidaan mitoituksessa käyttää koordinaatistomitoitusta (kuva 12). Kyseisessä mitoitustyyliässä jokainen reikä merkitään omalla kirjain-numeroyhdistelmällä. Kyseinen yhdistelmä on mitoituskuvan vieressä olevassa taulukossa, jossa sille on annettu reikää vastaavat koordinaatit haluttujen akselien suunnassa. Taulukosta löytyvät myös jokaisen reiän halkaisijat.



KUVA 12. Koordinaatistomitoitus

3.1.6 DXF-tiedosto

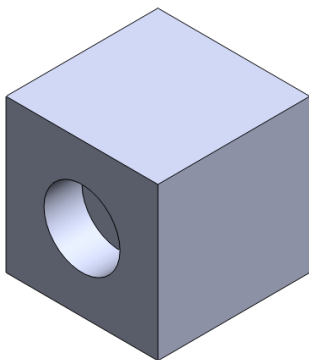
Levymallinnuksille luodaan tarvittaessa 2D-työkuvien yhteydessä DXF-tiedostot muotoon leikkaamista varten. DXF-formaattia käytetään NC-leikkauskoneissa, jotka voivat olla mm. laser-, plasma- tai polttoleikkaukseen soveltuvia. DXF-tiedosto sisältää 2D-kuvan yhden suhde yhteen oikaistusta levymallinnuksen geometriasta. Normaalisti 2D-työkuvasta poiketen kuvaan ei tule mittoja tai mitään merkintöjä, koska NC-leikkauskone lukee kaikki tiedostossa olevat merkinnät, myös ylimääräiset.

3.2 3D-mallinnusmenetelmät

Mallinnusmenetelmiä on kolme eri perustyyppiä: kappale-, ohutlevy- ja pintamallinnus. Näistä pintamallinnus on eniten päävirrasta poikkeava, koska sitä käytetään valu- ja muovituoteteollisuudessa. (1, s. 26.)

3.2.1 Kappalemallinnus (solid)

Kappalemallinnus, ts. solidimallinnus, pohjautuu muotojen käyttöön (kuva 13). Mallinnuksessa käytettävät muodot voivat olla perinteisiä muotoja, kuten ympyrä, neliö tai kolmio, mutta myös mielivaltaiset muodot ovat mahdollisia. Halutulla muodolla kyetään muokkaamaan mallia joko pursottamalla tai leikkaamalla muotoja. (1, s. 26.)



KUVA 13. Kappalemalli

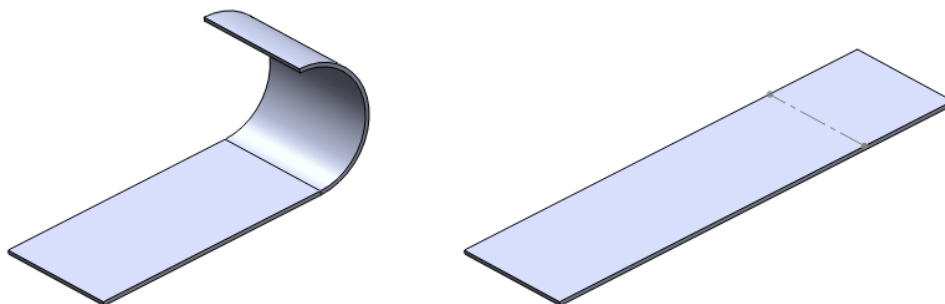
Pyöreitä muotoja, kuten akseleita, voidaan tehdä pyöräytysmenetelmällä, jossa kappaleen 2D-kuvasta piirretään vain puolet ja pyöräytetään halutun akselin ympäri. Myös aineen poisto onnistuu pyöräyttämällä, joka tapahtuu samalla periaatteella kuin aineen lisäys. Kappalemallinnus on yleisesti käytössä silloin,

kun osan tai kappaleen työstöön kuuluu jyrsintää, porausta tai sorvausta. (1, s. 26.)

3.2.2 Levymallinnus (sheet metal)

Levymallinnuksella tarkoitetaan joko ohutlevy- tai levymallinnusta kappaleen vahvuudesta riippuen (kuva 14). Ohutlevymallinnuksesta puhuttaessa levyn vahvuus on alle 6,0 mm ja levymallinnuksessa yli 6,0 mm. Mallinnusohjelmissa käytetään samoja työmenetelmiä, oli kyseessä sitten ohutlevy- tai levymallinnus. (1, s. 27.)

Yksinkertaista levymallinnusta tehtäessä ei tarvitse käyttää suuria määriä erilaisia sketsejä kuten kappalemallinnuksen puolella käytetään. Tämä siksi, koska perusasiat kuten särmäys saadaan tehtyä valmiina olevilla käskyillä. Levymalliin haluttaessa esimerkiksi reikiä tai muotoja piirretään siihen sketsi ja materiaalia poistetaan leikkaamalla, aivan kuten kappalemallinnuksessa.



KUVA 14. Levymalli muodossa ja oikaistuna

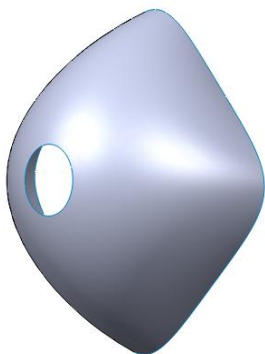
Levymallinnuksessa kappaleen vahvuuden ylittäessä 2 mm joudutaan halutuille muovauksille laskemaan K-factor-arvo, joka on nollan ja yhden väliltä. Arvoon vaikuttavat useat tekijät kuten materiaali, ainevahvuus ja särmäyksen säde. (6.) K-factor-arvo vaikuttaa levyn neutraaliakselin paikkaan levyä taivutettaessa. Neutraaliakselin paikka puolestaan vaikuttaa levymallin oikaistuun pituuteen, ja oikaisupituuden ollessa väärä kappaleesta ei valmistusvaiheessa saada oikean kokoista ja muotoista.

Levymallinnusta käytetään, kun levyä työstetään puristus- ja vetotyökaluilla tai pyöristyskoneilla. Myös levyn kanttaus- ja särmäysmallit tehdään

levymallinnuksella. Valmiissa työkuviissa tehty malli esitetään lopullisessa muodossa ja tarpeen mukaan myös oikaistuna (1, s. 28). Yleensä ohutlevypajat haluavat mallinnuksien työkuvat valmiista kappaleesta, koska oikaisupituuteen vaikuttavat edellä mainittujen tekijöiden lisäksi käytetyt koneet ja työkalut. Tässä insinööriyössä K-factor-arvoa ei määritetty, vaan mallinnuksien mitat haettiin vastaamaan valmiin levykappaleen oikaisupituutta ja muotomittoja.

3.2.3 Pintamallinnus (surface)

Pintamallinnus on pääasiassa muotoilijoiden käyttämä menetelmä, ja se poikkeaa täysin kahdesta edellä esitetystä mallinnustavasta (kuva 15). Pintamallinnuksessa kyetään muokkaamaan vain mallin pintoja, joista malli koostuu. Menetelmä on käytössä valu- ja pursotustuotteiden suunnittelussa, johon liittyy täysin omanlaisensa säännöt esimerkiksi päästöjen ja kutistumien määritykseen. (1, s. 21, 29.)



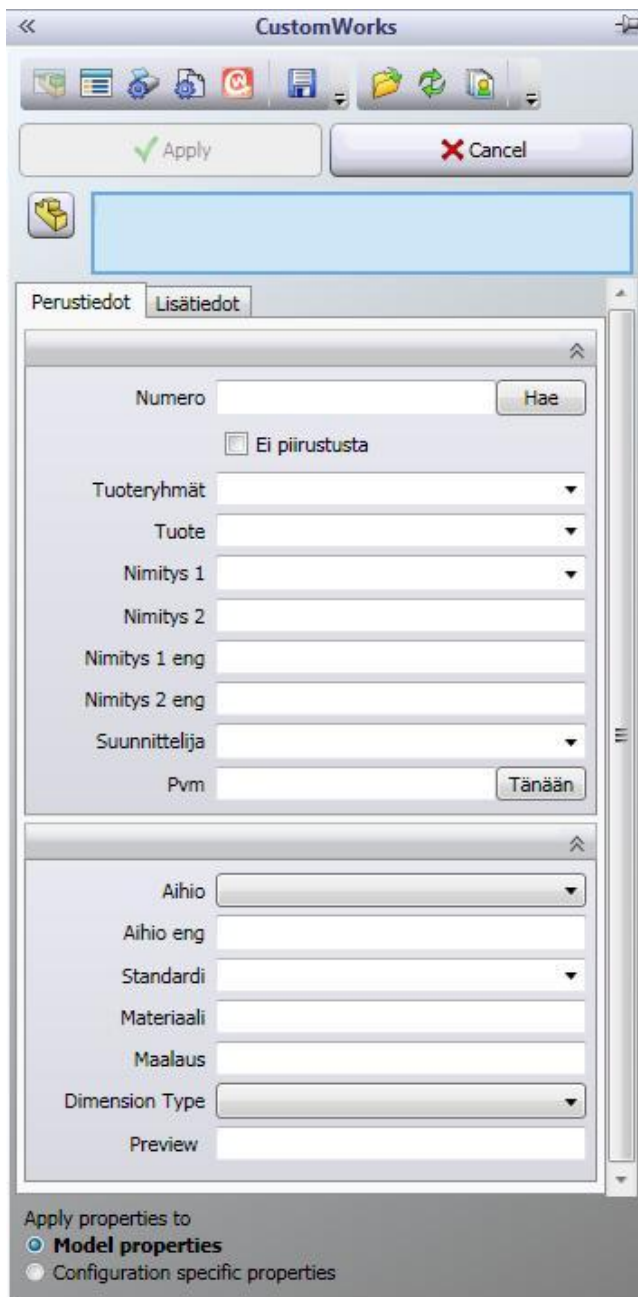
KUVA 15. Pintamalli

Mallintamisen aloitus tapahtuu sketseillä, aivan kuten kappalemallinnuksessakin. Erona on se, että pintamallinnuksessa luoduista sketseistä syntyy vain pintaa eikä ainetta omaavaa tilavuutta. Malli voidaan luoda myös kahdella erillisellä sketsillä, jotka ovat ns. avaruudessa eli eri suunnittelutasoissa toisiinsa nähden. Mallinnettua pintaa voidaan muokata myös venyttämällä erinäisiä käskyjä käyttäen.

Monessa tapauksessa pintamallin voi helposti muuttaa kappalemalliksi ja päinvastoin. Pintamallinnusmenetelmää voidaan käyttää myös yhdessä kappalemallinnusmenetelmän kanssa, ja tällöin sitä kutsutaan hybridimalliksi.

4 CUSTOMWORKS

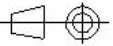

CustomWorks on SolidWorks käyttäjän tiedonhallintasovellus. Ohjelman avulla hallitaan nimiketietoja valmistettavista osista, ali- ja pääkoonpanoista ja näiden piirustuksista. Ohjelma on helppokäyttöinen, ja sen käyttöliittymän (kuva 16) käytön oppii nopeasti. CustomWorks on käytettävissä tiedostojen ja revisioiden hallintaan käytettävän PDM-sovelluksen kanssa. (7.) Tässä insinööriyössä käytettiin vain CustomWorksia.



KUVA 16. RP-koneet Ky:n CustomWorksin käyttöliittymä

CustomWorks-ohjelmalla jokaiselle osalle ja kokoonpanolle generoidaan omat yksilölliset nimikenumerot. Tällä tavoin saadaan suurissakin kokoonpanoissa varmistettua, että osat säilyvät, vaikka nimitys olisi sama toisen osan kanssa.

CustomWorksin käyttöliittymän pystyy räätälöimään yrityksen toiveiden mukaiseksi ja liittymällä pystyy hallitsemaan mm. materiaalitiedot, nimitykset ja päiväykset. Haluttaessa suunnitellusta kappaleesta nimiketietoihin saadaan myös massa-, materiaali- ja mittatietoja. Valitut tiedot tulevat näkyviin automaattisesti ennalta määrättyyn piirustusohjaan ja sen tietokenttään (kuva 17), pois lukien mittakaava, joka määräytyy vasta piirustusta tehtäessä. Myös piirustusohjat ja niiden tietokentät ovat muokattavissa halutunlaisiksi. (7.)

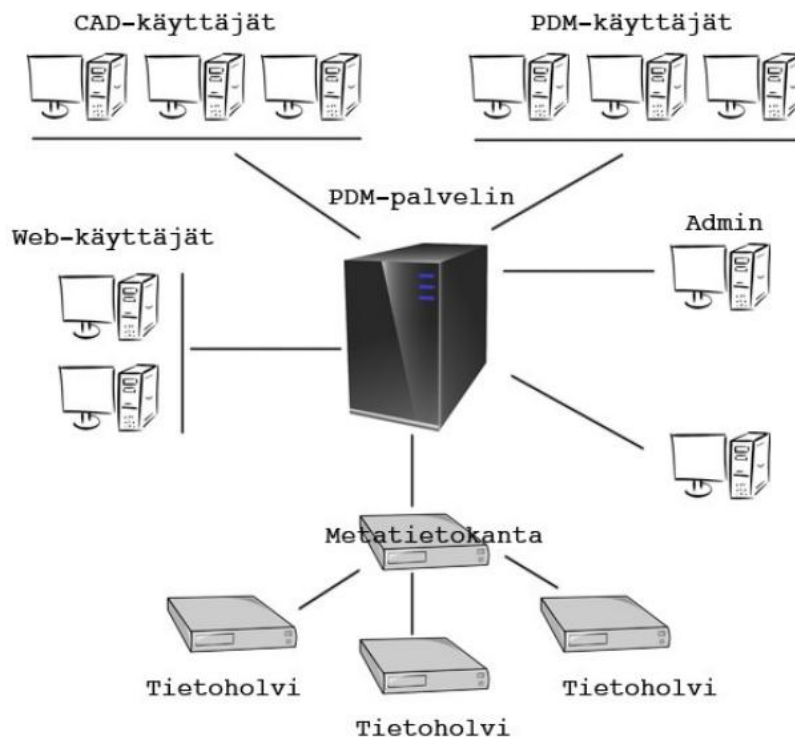
Aihio Preform	Standardi Standard	Materiaali Material	Mitat Dimensions	Osa Item
Yleistoleranssi / General tolerances SFS-EN 22768-1, SFS-EN ISO 13920		Asiakas / Customer	Suunnittelija / Designed	Pvm / Date
	Massa / Mass	Projekti / Project	Tarkastaja / Checked	Pvm / Date
	Mittakaava / Scale	Työnumero / Work number	Tehdään kpl / Quantity manufactured	
 www.RP-KONEET.fi		Nimitys / Description	Piirustusnumero / Drawing number	Rev

KUVA 17. RP-koneet Ky:n piirustusohjan tietokenttä

5 PDM

PDM eli tuotetiedon hallintajärjestelmä, joka tulee englanninkielisistä sanoista Product Data Management. Ohjelma on käytössä pienissä, keskisuurissa ja suurissa yrityksissä, mutta pääasiassa sitä käyttävät yritykset, joilla on paljon kehittämistä ja päivityksiä vaativia tuotteita ja niiden osia.

Järjestelmä on helppokäyttöinen, ja sillä kyetään hallitsemaan keskitetysti yrityksen tuotteisiin ja tuotetietoon liittyviä tiedostoja. Tiedostoja pääsee katsomaan valitut henkilöt, yrityksen edustajat sekä tarvittaessa alihankkijat (kuva 18). Tietyille henkilöille voidaan myös antaa oikeudet muokata tiedostoja, kuten SolidWorks-mallinnuksia. (8; 9; 10.) Globaalit suuryritykset, kuten Nokia ja Nokia Siemens Networks, käyttävät aina jonkin valmistajan tuottamaa tuotetiedon hallintajärjestelmää. Hyvänä esimerkkinä toimivasta tavasta työskennellä PDM-järjestelmän kanssa on matkapuhelimien suunnittelu, jossa suunnittelua tapahtuu useasta toimipisteestä eri vuorokauden aikaan sekä eri puolelta maapalloa.

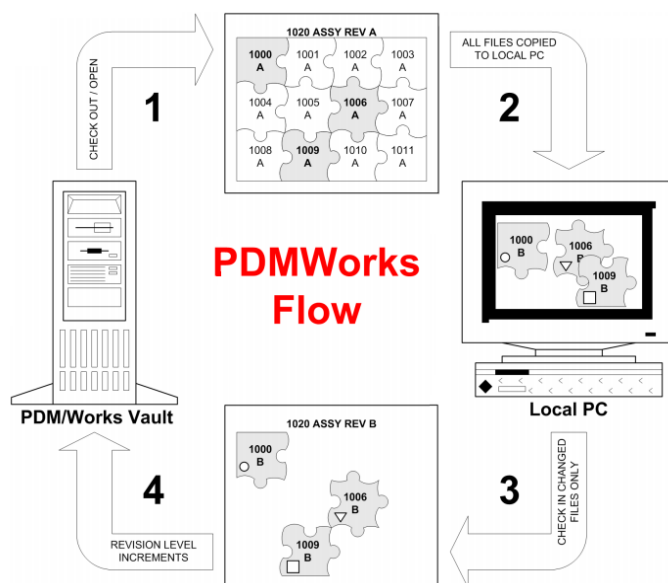


KUVA 18. PDM-järjestelmän käyttäjäpuu (10)

Toimintatapa tuotetiedonhallintajärjestelmissä on, että ensin kirjaudutaan omilla tunnuksilla PDM-järjestelmään sisään, minkä jälkeen aloitetaan mallintaminen esimerkiksi SolidWorks-ohjelmalla. Mallinnetuille osille ja kokoonpanoille annetaan yksilölliset tiedostonimet. (11.) Nimien antamiseen on hyvä olla CustomWorks-ohjelma, joka generoi jokaiselle osalle ja kokoonpanolle omat numerosarjat.

Kun osat ja kokoonpanot ovat valmiita, ne voidaan siirtää check in -komennolla paikallisen koneen kiintolevyllä PDM-järjestelmään (11). Tässä vaiheessa tiedostot saavat revisio- ja varianttinumerot, jotka helpottavat jatkossa tuotekehityksen seurattavuutta. Myös tiedostojen väliaikaiset hallintaoikeudet vapautetaan release ownership -komennolla, ja näin tiedostoista tulee vain katseltavia eli ns. read only -tiedostoja (11).

Kun jotain osaa kokoonpanosta halutaan muokata, otetaan kyseisen osan kokoonpano paikallisen koneen kiintolevyllä check out -komennolla ja kokoonpanon hallintaoikeudet take ownership -komennoilla. Muokkaamisen jälkeen muokatut osat ja kokoonpano siirretään edellä mainitulla tavalla PDM-järjestelmään (kuva 19). Paikallisen koneen kiintolevyllä jääneet tiedostot tulee poistaa, jotta seuraavalla muokkauksella ei pääse syntymään mitään päällekkäisyyksiä (11.)



KUVA 19. PDM-järjestelmän työkulku (10)

Muokatuille osille päivittyy uudet revisio- tai varianttinumero riippuen siitä, ovatko osat yhteensopivia ja toimivia alkuperäisen kokoonpanon kanssa. Varianttinumero päivittyy osan ollessa yhteensopiva ja vastaavasti toimiva kuin vanha osa. Osan toiminnallisten ominaisuuksien ja yhteensopivuuden muuttuessa osalle päivittyy uusi revisionumero. Muokatun osan revisionumeron päivittyessä päivittyy myös kokoonpanon revisionumero, koska uusi kokoonpano ei enää vastaa edeltävää kokoonpanoa.

6 MATTI-LIETEVAUNUN 3D-MALLIEN JA 2D-KUVIEN TOTEUTUS

6.1 Työn aloitus

Opinnäytetyö alkoi RP-Koneet Ky:n tarjoamien Solidworks-, CustomWorks- ja CadWorks Design Library -ohjelmien asennuksella. Itse asennus sujui lähes ongelmitta, mutta lopputyön alkutaipaleella ilmeni pieniä ohjelmisto-ongelmia, joista eron päästiin vasta CadWorks Oy:n aluemyyntipäällikkö Lasse Kaikkosen avustuksella. Ennen varsinaisen mallintamisen aloittamista perehdyin Helena Tuoman AutoCad-ohjelmistolla piirtämiin 2D-kuviin ja tutustuin yrityksen Internet-sivuihin sekä esitteisiin (4). Lisäksi luin läpi Tuoman tekemän lopputyön yrityksen tuotetiedon hallinnan kehittämisestä ja piirustusten yhdenmukaistamisesta (2).

6.1.1 Mallinnus

Varsinainen työ alkoi Tuoman piirtämien 2D-kuvien 3D-mallintamisella. Kuvat olivat sekä paperisena että sähköisenä, ja ne olivat 14 m³ lietevaunusta. Mallinnuksessa käytettiin hyväksi AutoCad-ohjelmistoa, jonka avulla saatiin sähköisessä muodossa olevista 2D-kuvista mitattua puuttuvia ja tarkentavia mittoja. Osa mallinnetuista osista tuli 2D-kuvien perusteella tässä vaiheessa lopulliseen muotoonsa. Kuitenkin osasta mallinuksia jäivät sketsit alimäärätyiksi, ja niitä tarkennettiin kokoonpanovaiheessa.

SolidWorks-ohjelmistolla mallintaessa olisi sketseinä voinut käyttää suoraan AutoCad-ohjelmistolla luotuja dwg-tiedostoja, mutta tässä insinöörityössä päädyttiin aloittamaan mallintaminen ns. puhtaalta pöydältä. Osassa 3D-mallinuksista käytettiin värejä paremman havainnollistamisen tavoittelemiseksi, kuten tehtiin mm. perävaunun vilkuissa, varoituskolmioissa ja heijastimissa. Valmiit osat, kuten Mutterit, pultit, aluslevyt ja laakerit, haettiin suoraan SolidWorks-ohjelman CadWorks Design Library -kirjastosta. Kirjaston valikoimaan kuuluivat vakiokomponentit mm. elektroniikasta, hydraulikasta ja pneumatiikasta sekä laakerit ja liitoselimet. Jos haluttua osaa ei kuitenkaan löytynyt suoraan kyseisen ohjelman kirjastosta, se mallinnettiin itse tai ladattiin internetistä kattavammasta Cad-kirjastosta, kuten 3D ContentCentralista (12).

Jokaiselle itse mallinnetulle osalle määritettiin CustomWorks-ohjelmistolla halutut perustiedot, kuten

- osanumero
- tuoteryhmä
- tuote
- nimitys
- nimitys englanniksi
- suunnittelija
- suunnittelupäivämäärä
- aihio
- standardi
- materiaali
- maalaus
- aihion mitat.

Lisäksi määritettiin mahdolliset lisätiedot, kuten

- asiakas
- projekti
- työnnumero
- osto-osa.

Kirjastosta suoraan haetuille vakiokomponenteille ei määritystoimenpidettä suoritettu. Näistä perus- ja lisätiedoista ennalta määrätyt tiedot siirtyivät suoraan RP-koneet Ky:n piirustusohjelman tietokenttään työ- ja kokoonpanokuvia tehtäessä.

6.1.2 Kokoonpano

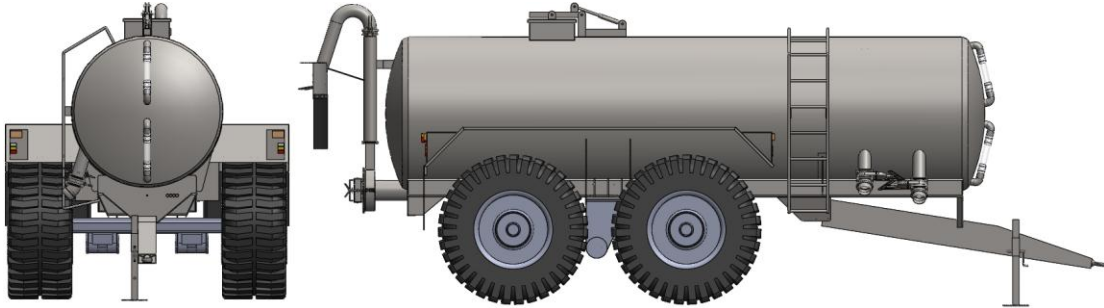
Kokoonpanojen kasaus aloitettiin alikokoonpanoista. Kokoonpanon yhteydessä jouduttiin muokkaamaan aiemmin mallinnettuja osia, koska mallinnusvaiheessa osa mallinnuksien sketseistä jäi alimäärätyiksi puuttuvien tai epäselvien mittojen takia. Osassa mallinnuksia ilmeni myös pieniä yhteensopivuusongelmia kokoonpanomallia koottaessa. Tässä vaiheessa jouduttiin muokkaamaan sopimattomat ja kaikki alimäärätyiksi jääneiden mallien sketsit kokoonpanomallia varten sopivaksi.

MATTI-lietevaunusta tehtiin pääkokoonpano (kuva 20), joka koostui seuraavista 16 alikokoonpanosta ja niiden alikokoonpanoista:

- tukijalka
- vetoaisa
- hydraulinen täyttöluukku
- säiliö
- tikkaat
- runko (kuva 21)
- purkumoottori
- tyhjennysputki
- vaahtoputki
- levitinlautanen
- näyttöputki
- vasen lokasuoja
- oikea lokasuoja
- BPW-teli
- rengas
- vanne.

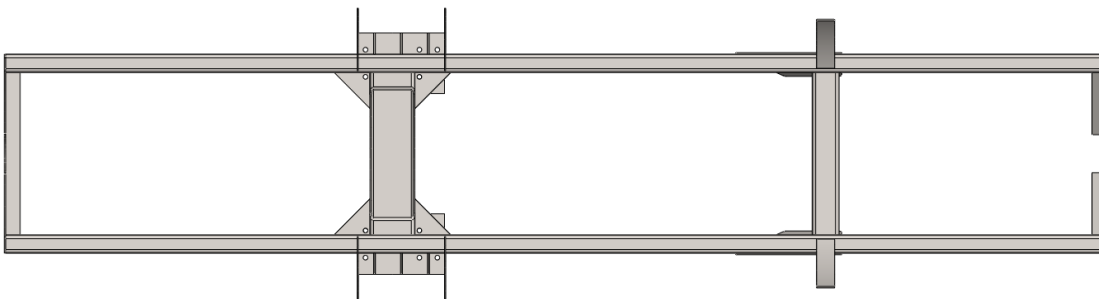
Lietevaunun jousitettu keinuteli mallinnettiin itse, koska BPW-telin valmistajan 3D-kokoonpanomallia ei ajan puutteen takia saatu hankittua. Myös renkaiden ja vanteiden mallinnukset olivat suuntaa antavia, eikä rengas esimerkiksi vastannut oikeaa rengasta kuvioinnilta. 14 m³:n MATTI-lietevaunuun rengas-

vanne-paketiksi valikoitui 810/55R34-rengas ja renkaaseen sopiva DW24B-vanne. Tässä tapauksessa renkaan valmistajalla ei ollut väliä, koska renkaiden koot ovat molemmilla valmistajilla samat.



KUVA 20. 14 m³ MATTI-lietevaunun pääkokoanpano

Alikokoanpanojen kokoaminen jätettiin toiminnalliset ominaisuudet vapaiksi, kuten purkumootorissa siipiratastoiminto sekä hydraulisessa täyttöluukussa kansi ja sylinteri. Pääkokoanpanossa käytetyt alikokoanpanot jäykistyivät ja toiminnalliset ominaisuudet katosivat. Pääkokoanpanoon ominaisuudet saatiin toimimaan määrittelemällä alikokoanpanot flexible-komennolla vapaiksi.



KUVA 21. 14 m³ MATTI-lietevaunun rungon alikokoanpano

Osasta kokoonpanoja tehtiin myös räjäytyskuvat, kuten purkumootorista, hydraulisesta täyttöluukusta ja näyteputkesta (kuva 22). Tällä tavoin saatiin luotua kokoonpanoille selvempi ja helpommin hahmotettava kuva kokoonpanoa varten. Kokoonpanojen räjäytyskuvat lisättiin myös kokoonpanon 2D-kuviin.



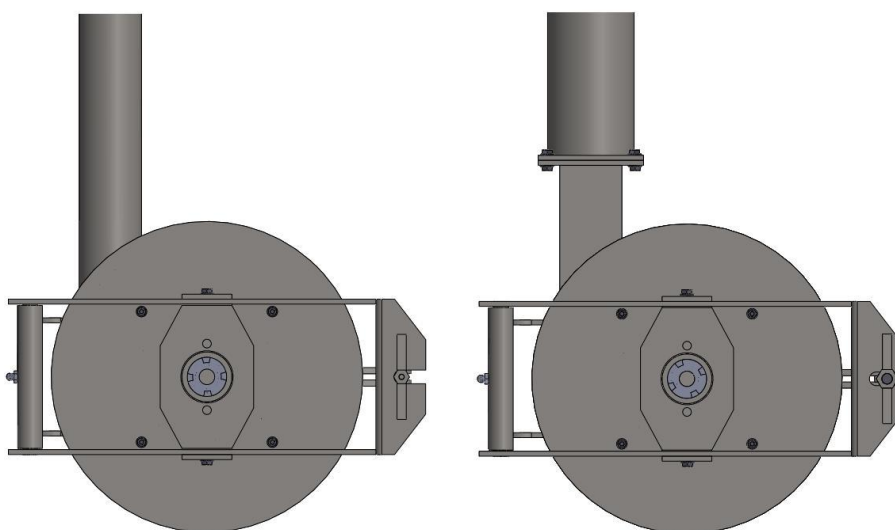
KUVA 22. MATTI-lietevaunun näytteputken räjäytysmalli

6.1.3 Työkuvat ja kokoonpanopiirustukset

Jokaisesta RP-Koneet Ky:n itse valmistamasta osasta tehtiin yksiselitteiset työkuvat mittoineen. Myös jokaisesta ali- ja pääkokoonpanosta tehtiin kokoonpanopiirustus (liite 4), joka tarvittaessa sisälsi räjäytyskuvan. Työkuvat ja kokoonpanopiirustukset tulivat RP-Koneet Ky:n omalle piirustusohjelmalle, joka oli valittavissa A0:sta aina A4:ään asti. Valmistettavan osan työkuvan piirustusohjaan tuli myös ns. materiaalitietokenttä ja vastaavasti kokoonpanopiirustukselle osaluettelo. Sekä piirustusohja että materiaalitietokenttä tai osaluettelo täyttyi automaattisesti aiempien CustomWorks-ohjelmaan täytettyjen perustietojen pohjalta.

6.2 Mallien ja kuvien tarkistus

Kaikkien mallinnuksien työ- ja kokoonpanokuvista tulostettiin paperiversiot, joista jokainen tarkistettiin ja korjattiin Utajärvellä RP-koneet Ky:n toimitusjohtaja Jaakko Laitisen kanssa. Muutoksia kuviin tuli kohtalaisen paljon, kuten vetoaisaan, purkumoottoriin, lokasuojiin ja näiden osiin. Osien muutokset olivat pääasiassa mittamuutoksia, ja joihinkin kokoonpanoihin tuli kokonaan uusia osia, kuten purkumoottoriin (kuva 23). MATTI-lietevaunuun tuli myös kokonaan uusia alikokoonpanoja joita alkuperäisissä 2D-kuvissa ei ollut. Näitä olivat levitinlautanen, vaahtoputki ja täyttöputki.



KUVA 23. MATTI-lietevaunun purkumoottorin ensimmäinen ja lopullinen versio

Korjauksia kuviin ja mallinnuksiin tehtiin "tarkista korjaa" -periaatteella niin kauan, että ne olivat täysin samanlaisia kuin valmistettavassa MATTI-lietevaunussa. Lopullisten mallinnuksien ja kuvien jälkeen levyosille luotiin DXF-tiedostot polttoleikkaamista varten. DXF-tiedoston luonnissa käytettiin CustomWorks-ohjelman print-komentoa, jolla saatiin DXF-tiedosto halutuista mallinnuksista yhdellä kertaa.

7 3D-MALLIEN JA 2D-KUVIEN YLLÄPITO

Työssä syntyneiden mallinnuksien tuotetiedonhallintaan ja ylläpitoon oli tarkoitus käyttää CustomWorks-ohjelmaa. Ohjelman käytöstä luovuttiin sen monimutkaisen ja työlään käytön takia. Alun perin ideana oli, että CustomWorksillä hallittaisiin manuaalisesti osien ja kokoonpanojen revisionumeroita päivittämällä ne kappaleiden työkuviin ja kokoonpanojen kokoonpanokuvaan. Loppujen lopuksi ajan puutteen takia tähän insinööriyöhön ei tullut revisiohallintaa lainkaan.

Ajatuksena kuitenkin oli, että tulevaisuudessa revisionhallinta tulee yrityksen käyttöön jossain muodossa. Kun revision hallintaa ei saatu toimimaan toivotulla tavalla, lietevaunun kappaleet joko päivittyvät vanhan kappaleen tilalle tai kappaleesta tulee kokonaan uusi osa aina osanumeroa myöden.

8 MATTI-LIETEVAUNUN DOKUMENTAATION TULOKSET

2D:nä suunnitellun MATTI-lietevaunun laitedokumentaation muuttaminen 3D-malleihin perustuvaksi onnistui odotetun hyvin. Mallinnettua saatiin 14 m³:n MATTI-lietevaunu 2D-työkuvineen ja myös tarvittavat DXF-tiedostot luotiin poltteleikattaville levyosille.

Työn lopullisena tuloksena syntyi MATTI-lietevaunun pääkoonpanomalli (liite 5) ja alikoonpanomallit, joita voidaan käyttää tuotteen mainostamiseen. Myös työ- ja koonpanokuvien arkistointi parani huomattavasti entisestä, kun kaikki kuvat saatiin kerättyä yhteen paikkaan sähköisessä muodossa ja toiseen paikkaan RP-koneet Ky:n työntekijöitä varten paperisessa muodossa. Mallinnuksien revisiohallinta jäi työstä pois kokonaan, koska RP-koneet Ky:llä ei ollut tuotetiedonhallintajärjestelmää.

9 YHTEENVETO

Insinööriytyö perustui 3D-mallintamiseen, 2D-piirtämiseen ja dokumentointiin. Työssä oli mallinnettiin 14 m³:n MATTI-lietevaunun kaikki osat ja kokoonpanot vastaamaan nykyisin markkinoilla olevaa tuotetta. Yrityksen itse valmistamista osista tehtiin 2D-työkuvat, ja polttoleikkausta vaativista levykappaleista DXF-tiedostot.

Työ alkoi tutustumisella vanhentuneisiin AutoCad-ohjelmalla piirrettyihin 2D-kuviin sekä lukemalla Helena Tuoman RP-koneet Ky:lle vuonna 2010 tekemän insinööriytyön. Insinööriytyöni tavoite oli alusta alkaen varsin selvä ja tarkka. Työn eteneminen oli välillä hankalaa laitteisto- ja ohjelmisto-ongelmien takia. Eniten ongelmia tuotti yhteisen ajan löytäminen ohjaavan opettajan Jari Viitalan ja yrityksen toimitusjohtajan Jaakko Laitisen kanssa.

Neljän kuukauden työn tuloksena syntyi 14 m³:n MATTI-lietevaunu kokoonpano malleineen ja työkuvineen. Myös yrityksen toivomat DXF-tiedostot saatiin luotua pienien ohjelmisto-ongelmien jälkeen NC-polttoleikkaamista varten. Lopullinen tulos miellytti itseäni, ohjaavaa opettajaa Jari Viitalaa sekä yrityksen edustajaa Jaakko Laitista varsin hyvin.

LÄHTEET

1. Tuhola, Esa – Viitanen, Kristiina 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvaälineenä. Jyväskylä: Tammertekniikka.
2. Tuoma, Helena 2010. Yrityksen tuotetiedon hallinnan kehittäminen ja piirustusten yhdenmukaistaminen. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
3. Lietevaunu. Wikipedia. 2011. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Lietevaunu>. Hakupäivä 17.10.2011.
4. Matti vaunuesite. 23.7.2010. RP-Koneet Ky.
5. Hietikko, Esa 2005. SolidWorks – Tietokoneavusteinen suunnittelu. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.
6. Bending (metalwork). Wikipedia. 2011. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/K-factor_\(sheet_metal\)#K-factor](http://en.wikipedia.org/wiki/K-factor_(sheet_metal)#K-factor). Hakupäivä 17.10.2011.
7. CustomWorks. 2011. CADWORKS. Saatavissa: <http://www.cadworks.fi/modules/system/stdreq.aspx?P=36&VID=default&SID=602327849225548&S=1&A=closeall&C=26219>. Hakupäivä 21.11.2011.
8. PDM – Tuotetiedonhallinta. PLM – tuotteen elinkaaren hallinta. 2011. CadON. Saatavissa: <http://www.cadon.fi/Tuotteet/PDMPLM.aspx>. Hakupäivä 12.12.2011.
9. Tuotetiedon hallinta. Wikipedia. 2011. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Tuotetiedon_hallinta. Hakupäivä 12.12.2011.

10. Viitala, Jari 2011. T310603 Tuotetiedon hallinta 3 op. Opintojakson oppimateriaali syksyllä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

11. SolidWorks 2009. Using SolidWorks Workgroup PDM CAD Editor. Dassault systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 USA.

12. 3D ContentCentral. 2011. Saatavissa:
<http://www.3dcontentcentral.com/default.aspx>. Hakupäivä 19.12.2011.

LIITTEET

Liite 1. Lähtötietomuistio

Liite 2. Nokian rengas- ja vannetaulukko

Liite 3. Alliancen rengas- ja vannetaulukko

Liite 4. MATTI-lietevaunun kokoonpanokuvat (kuvat eivät ole julkisia)

Liite 5. MATTI-lietevaunun pääkokoonpanomalli

Tekijä:

Joonas Mikkonen

050 443 7711

t7mijo00@students.oamk.fi

Tilaaaja:

RP-Koneet Ky

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot:

Jaakko Laitinen

010 5481 440

jaakko.laitinen@rp-koneet.fi

Työn nimi:

2D:nä suunnitellun MATTI-lietevaunun laitedokumentaatton muuttaminen 3D-malleihin perustuvaksi.

Työn kuvaus:

Työssä tehdään 3D-mallit MATTI-lietevaunusta osineen. Mallinnukset tehdään SolidWorks suunnitteluohjelmistolla.

Työn tavoitteet:

Työn tavoitteena on 3D-mallintaa 14 m³:n MATTI-lietevaunun kaikki osat ja kokoonpanot. Lietevaunun kokoonpanoista tehdään kokoonpanokuvat ja osista työkuvat, sekä tarvittavista osista DXF-tiedostot polttoleikkaamista varten.

Tavoiteaikataulu:

Tavoitteena on saada työ valmiiksi joulun 2011 ja kevättalven 2012 välisenä aikana.

Päiväys ja allekirjoitukset:

Tekniset tiedot

Koko	PR	LI/SS	Leveys (mm)	Halkaisija (mm)
Tuotekoodi	T445470			
Koko	710/55R34 ELS SB TL			
PR				
LI/SS	177 D			
Leveys (mm)	710			
Halkaisija (mm)	1645			
Vanne	DW24B			
Sallitut vanteet				
Staattinen säde ±2.5 % (mm)	750			
Vierintäkehä ±2.5% (mm)	5027			
Ilmanpaine (kPa)	400 kPa			
Kantavuus	40 km/h 9950 kg 65 km/h 7300 kg			
Lisätietoja	SB=TERÄSVYÖT TL=SISÄRENKAATON			

Tekniset tiedot

Tuotekoodi	T445469			
Koko	800/50R34 ELS SB TL			
PR				
LI/SS	181 D			
Leveys (mm)	800			
Halkaisija (mm)	1650			
Vanne	DW25B			
Sallitut vanteet				
Staattinen säde ±2.5 % (mm)	801			
Vierintäkehä ±2.5% (mm)	5089			
Ilmanpaine (kPa)	400 kPa			
Kantavuus	40 km/h 11250 kg 65 km/h 8250 kg			
Lisätietoja	SB=TERÄSVYÖT TL=SISÄRENKAATON			



Size	Rim	Unloaded dimension		Loaded Static Radius	Rolling Circum	PR, Stars Load Index	Infl press	Recommend load, kg (lbs)									
		SW	OD					Speed, km/h (mph)									
								mm	in	Mixed application							
		mm	in	mm	in	Speed Symbol	Bar psi	Static	10	25	30	40	50	60	65		
		mm	in	mm	in			6	6	16	19	25	31	37	40		
							1	7310	5720	5020	4800	4320	3850	3400	3180		
							15	16100	12600	11060	10570	9520	8480	7490	7000		
							1.5	9270	7250	6370	6090	5480	4880	4310	4030		
							22	20420	15970	14030	13410	12070	10750	9490	8880		
							2	10950	8570	7520	7190	6470	5760	5090	4760		
						169D	29	24120	18880	16560	15840	14250	12690	11210	10480		
							2.4	12190	9540	8370	8000	7210	6410	5670	5300		
							35	26850	21010	18440	17620	15880	14120	12490	11670		
							2.8	13340	10440	9160	8760	7890	7020	6210	5800		
							41	29380	23000	20180	19300	17380	15460	13680	12780		

710/55R34
->NEW<-

DW24

712 1656
28 65.2

4910 720
193.3 28.3

169D

2 29

10950 24120

8570 18880

7520 16560

7190 15840

6470 14250

5760 12690

5090 11210

4760 10480

4310 9490

4030 8880

3850 8480

3400 7490

3180 7000



Size	Rim	Unloaded dimension		Loaded Static Radius	Rolling Circum	PR, Stars Load Index	Infi press	Recommend load, kg (lbs)									
		SW	OD					Speed, km/h (mph)									
								mm	in	Static	10	25	30	40	50	60	65
800.50R34	DW25	mm	1659	mm	746	168D	1	Bar	15	10	25	30	40	50	60	65	
		in	65.3	in	29.4			psi	13330	6050	5310	5070	4570	4070	3600	3360	
		mm		mm			1.5	Bar	22	10	25	30	40	50	60	65	
		in		in				psi	16850	14800	14140	12730	11320	10020	9360		
		mm		mm			2	Bar	29	10	25	30	40	50	60	65	
		in		in				psi	19930	17510	16740	15070	13410	11850	11080		
		mm		mm			2.4	Bar	35	10	25	30	40	50	60	65	
		in		in				psi	22200	19490	18630	16780	14930	13190	12330		

