

Ari Tervo

Kääntyvän kolmiakselisen telin suunnittelu ja 3D-mallintaminen

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Kevät 2012



Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä Ari Tervo	
Työn nimi Kääntyvän kolmiakselisen telin suunnittelu ja 3D-mallintaminen	
Vaihtoehdotiset ammattiopinnot	Ohjaaja TkL Eero Pikkarainen
	Toimeksiantaja Lumiahon murskaus Oy, Seppo Lumiaho
Aika Kevät 2012	Sivumäärä ja liitteet 27 + 8
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Lumiahon Murskaus Oy. Yritys toimii maanrakennus- ja murskausalalla. Opinnäytetyön tavoite on kolmiakselisen telin mallintaminen sekä telin käännön mahdollistavan mekanismin suunnittelu SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla. Työ on ajankohtainen, koska yrityksellä ei ole käytössään teliä, jossa on käännön mahdollistava mekanismi. Telin ja käännön mekanismin tuli olla yksinkertainen ja kompakti ratkaisu.</p> <p>Opinnäytetyössä mallinnettiin kolmiakselinen teli ja käännön mahdollistava mekanismi omien mittaustulosten, ideoiden ja kokemusten pohjalta. Teli ja käännön mekanismi luonnosteltiin ensin karkeasti paperille, jonka jälkeen työtä alettiin suunnitella ja mallintaa SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla. Mallinnusohjelman avulla työstä pyrittiin antamaan sellainen lopullinen toteustapa, jonka avulla voidaan pohtia käännön mekanismin toimivuutta teoriassa.</p> <p>Kolmiakselisesta telistä ja käännön mekanismista saatiin mallinnettua toimiva ja selkeä kokonaisuus 3D-mallinnusohjelmalla. Työssä selvitettiin käännön mekanismin toteuttamisen mahdollisuutta kuulakehän ja kahden sylinterin avulla. Lopputuloksena saatiin sellainen 3D-malli kolmiakselisesta telistä ja käännön mekanismista, josta voidaan päätellä, että käännön mekanismin toteuttaminen onnistuu opinnäytetyössä suunnitellulla tavalla.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Teli, 3D-mallinnus
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author Ari Tervo	
Title Designing and 3D Modeling a Rotating Three-axis Bogie	
Optional Professional Studies	Instructor Mr Eero Pikkarainen, Principal Lecturer
	Commissioned by Lumiahon Murskaus Oy
Date Spring 2012	Total Number of Pages and Appendices 27 + 8
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to model a three-axis bogie and design a mechanism that enables the rotation of 3D modeling software. This thesis was commissioned by Lumiahon Murskaus Oy. Lumiahon Murskaus has worked in the field of earthwork and crushing for over 40 years. The thesis is important because the company does not have any bogies which enable rotation. The number of the company's machines and equipment has also grown. The bogie and rotation mechanism had to be a simple and compact solution.</p> <p>In this thesis the three-axis bogie and the rotation mechanism were modeled using the measurement results, ideas and experiences of the author. At first the bogie and rotation mechanism were roughly sketched out on paper, and after that the work was designed and modeled using the 3D modeling software of SolidWorks. With the help of the modeling software the bogie and rotation mechanism were sketched. This enables the functioning of the rotation mechanism in theory.</p> <p>The three-axis bogie and rotation mechanism were modeled successfully with the 3D modeling software. The possibility of the rotation mechanism was also examined. The final result is a functional and clear overall view. It shows that the three-axis bogie and rotation mechanism can be made as it is described in this thesis.</p>	
Language of Thesis	English, Finnish
Keywords	Bogie, 3D modeling, SolidWorks
Deposited at	<input type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämän insinööriyön aiheena oli mallintaa kolmiakselinen teli sekä suunnitella teliin käännön mahdollistava mekanismi 3D-mallinnusohjelmalla. Teliin lisättävän käännön mekanismin tuli olla yksinkertainen ja kompakti ratkaisu. Mallintamisen tarkoitus oli antaa todentuntuinen kuva kolmiakselisesta telistä sekä käännön toteuttamistavan ratkaisusta.

Haluan kiittää niitä henkilöitä, jotka ovat vaikuttaneet tämän insinööriyön valmistumiseen. Erityisesti haluan kiittää työn toimeksiantajaa Lumiahon Murskaus Oy:tä ja yhtä yrityksen omistajaa Seppo Lumiahoa, joka antoi mahdollisuuden tämän insinööriyön tekemiseen ja jonka idean pohjalta tämä insinööriyö sai alkunsa. Haluan kiittää myös tämän insinööriyön valvojaa Eero Pikkaraista, jonka vinkkien ja ideoiden avulla työ sai lopullisen sisällön ja muotonsa.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TOIMEKSIANTAJA	2
3 TELI	3
3.1 Yleistä	3
3.2 Käyttökohteet	3
3.2.1 Rautatieliikenne	4
3.2.2 Maantie- ja työmaakalusto	5
3.3 Kantavuus	5
3.4 Muita etuja	6
4 3D-MALLINTAMINEN	7
4.1 Yleisesti	7
4.2 Historia	8
4.3 SolidWorks	9
4.3.1 Tiedonsiirto	9
4.3.2 Kommunikaatio ja markkinointimateriaali	10
4.3.3 Lujuusanalyysi	10
5 TYÖSUUNNITELMA	11
5.1 Lähtökohta	11
5.2 Tavoite	12
5.3 Valmistelu	14
5.4 Rajaus	15
6 TYÖN TEKEMINEN	17
6.1 AloitUS	17
6.2 3D-mallintaminen	19
6.2.1 Telin runko	19
6.2.2 Käännön mekanismi	20
6.2.3 Akseli, vanteet ja renkaat	22
6.2.4 Kokoonpano	23

7 POHDINTAA	25
8 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty Lumiahon Murskaus Oy:lle. Tavoitteena oli kolmiakselisen telin 3D-mallintaminen ja suunnitella 3D-mallinnusohjelmalla kolmiakseliseen teliin käännön lisäävää mahdollisuutta sekä pohtia sen toimivuutta käytännössä.

Teljä käytetään Lumiahon Murskauksella tällä hetkellä useiden erilaisten murskauslaitteiden siirroissa. Telit ovat akselistoltaan ja renkailtaan kääntymättömiä, kolmiakselisia sekä aisattomia. Idean työhön sain Seppo Lumiaholta, jolla oli jo jonkin aikaa hautunut mielessä ajatus teliin lisäävästä käännöstä. Ajatus teliin lisäävästä käännöstä on lähtenyt liikkeelle siitä, kun erilaisia murskauslaitteita kuljetetaan paljon tien päällä. Ajoittain murskauslaitteiden siirroissa tien päällä tulee vastaan t-risteyksiä ja muita ahtaita kohtia, joissa murskauslaitteiden erikoiskuljetuksilla käy tila vähiin. Teliin lisättävä käännön mahdollistava mekanismi helpottaisi laitteiden kuljettamista vastaan tulevissa ongelmakohtissa.

Olen työskennellyt Lumiahon Murskauksella opiskelujen ohessa aina kevästä 2006 saakka. Insinöörin opintoihin kuuluvan harjoittelujakson suoritin myös Lumiahon Murskauksella, Sotkamon Talvivaaran työpisteessä. Työn aihe on minulle itselleni tuttu ja pääpiirteet työn vaatimuksesta sekä ideasta olivat selvät heti ensimmäisen kerran aiheesta keskusteltaessa Seppo Lumiahon kanssa.

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Lumiahon Murskaus Oy ja yrityksen yksi omistajista, Seppo Lumiaho. Lumiahon Murskaus Oy toimii maanrakennusalalla ja on erikoistunut pääasiassa murskaustoimintaan. Yrityksellä on pitkät perinteet murskaus- ja maanrakennusalalta. Murskaustoimintaa yrityksellä on takana yli 40 vuotta, ja tänä aikana murskaustoimintaa on harjoitettu suurimmalta osin Suomessa, mutta murskausta on tapahtunut myös entisen Neuvostoliiton puolella. [1.]

Murskausmäärissä mitattuna Lumiahon Murskaus on kuulunut jo useamman vuoden ajan murskausurakoitsijoiden kärkikymmenikköön Suomessa. Yrityksen tavoitteena on jalostaa ja tuottaa asiakkaan raaka-aineelle lisäarvoa asiakkaan haluamalla tavalla. Lumiahon Murskauksen pitkäaikaisina asiakkaina mainittakoon muun muassa Morenia, Tieliikelaitos ja NCC. Yritys myös myy omilta tai sisaryrityksen P ja S. Lumiaho Oy:n maa-ainespaikoilta vuodessa noin 300.000 tonnin edestä maa-aineksia. [1.]

Yrityksen kalusto perustuu Metso Mineralsin toimittamiin laitteisiin ja komponentteihin, joita modifoidaan sen mukaan, minkälaiset ovat omat tarpeet. Laitteiden modifointi ja kunnossapito tehdään Vihannissa, Alpuan korjaamolla, jossa sijaitsee yrityksen pääpaikka. Yrityksen oma konepajatoiminta mahdollistaa uusien ja innovatiivisten ratkaisujen rakentamisen. [1.]

3 TELI

3.1 Yleistä

Telillä tarkoitetaan yleensä kahta tai useampaa akselia, jotka on rakennettu yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä kokonaisuus on sitten liitetty kulkuneuvoon tai kulkuneuvoon liitettävään perävaunuun kääntyväksi, kiinteäksi tai jousituksella.[2.]

Teli koostuu pääosin seuraavista osista:

- telirunko
- kaksi (tai useampi) akselia
- aisa
- jousitus
- jarrut
- valot
- itsevetävissä teleissä sähköllä tai hydraulikalla toimivat vetomoottorit. [2.]

3.2 Käyttökohteet

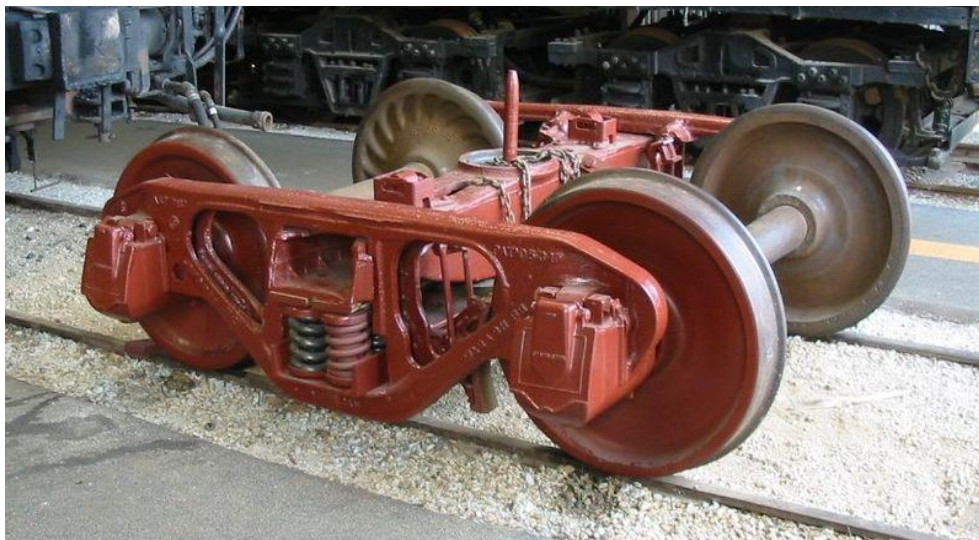
Telejä käytetään monenlaisilla eri aloilla ja eri käyttökohteissa. Telien käytön voi huomata erilaisten kuljetusten ja ajoneuvojen yhteydessä. Telejä voi nähdä tätä nykyä esimerkiksi linja-autoissa, kuorma-autoissa, junissa, maansiirtokoneissa, peräkärryissä ja jopa isoimmissa henkilöautoissa.

3.2.1 Rautatieliikenne

Rautatieliikenteessä telin päätarkoituksena on lisätä raskaiden tavaravaunujen kantavuutta sekä kulkea tasaisemmin niin suoralla kuin mutkaisella rataosuudella. Toisiaan lähellä olevat kaksi akselia muodostavat pyöräparin, joka kulkee raiteilla melkein suorassa kulmassa vähentäen pyörien kulumista sekä kiskoilta putoamisen vaaraa. Telin käyttö vetureissa lisää myös kitkapintaa, mikä parantaa veturin vetokykyä sekä vähentää pyörien ja kiskojen välistä luistoa ylämäissä ja lähdöissä. Telien käyttö henkilövaunuissa ja vetureissa vähentää myös tärinää ja parantaa täten matkustusmukavuutta. [2.]

Vaunukalustoissa (kuva 1) telien käyttö on lisääntynyt etenkin 1900-luvun jälkipuoliskolla henkilö- ja rahtikuljetusmäärien kasvaessa huomasti runsaasti käytetyillä rataosuuksilla. Vaunukalustot on yleensä valmistettu kahdella telillä, joissa vaunun molemmissa päissä on vapaasti kääntyvä teli. [2.]

Telin käyttö auttaa yleensä sitä enemmän, mitä painavampi ja pitempi veturi, vaunu tai muu rata-ajoneuvo on kyseessä. Jos rautatiekalusto on lyhyttä ja kevyttä, niin telejä ei käytetä ollenkaan sen lisäämän omapainon vuoksi. [2.]



Kuva 1. Bettendorf-tyyppinen tavaravaunun teli Illinoisin rautatiemuseossa. [2]

3.2.2 Maantie- ja työmaakalusto

Telejä käytetään maantiliikenteessä esimerkiksi perävaunuissa, laveteissa, linja-autoissa ja kuorma-autoissa. Näissä tapauksissa telien käytöllä pyritään lisäämään enimmäkseen ajomukavuutta sekä kantavuutta. Maatalouskoneissa, maansiirtokoneissa (kuva 2) sekä monissa muissa työkoneissa telien käytöllä pyritään minimoimaan kuorman kaatumisriskiä sekä lisäämään kantavuutta. [2.]



Kuva 2. Dumpperissa teli lisää ajomukavuutta, pitoa ja kantavuutta. [2]

3.3 Kantavuus

Kuorma-autoissa suurin mahdollinen kantavuus on olennainen osa rahtiliikenteen kannattavuutta ja telien käyttö lisää olennaisesti rahtikapasiteettia. Suurena etuna telien käytölle on niin sanotun siltakuorman vähentäminen: Siltojen sekä tierumpujen yli ajettaessa niihin kohdistuva hetkellinen paino jakautuu täten suuremmalle pinta-alalle. Tästä samasta syystä myös tienkulutus vähenee hieman, koska hetkellinen paino kohti tienpintaa jakaantuu useampaan kohtaan. Telien käyttö maasto-olosuhteissa, esimerkiksi dumpperi, metsätraktori tai traktorin peräkärri (kuva 3), vähentää ajoneuvon heilumista etenkin sivuttaissuunnassa ja siten tasapainottaa ajoneuvon kulkua. Yksinkertaisimmillaan teli puolittaa maastossa olevan epätasaisuuden, esimerkiksi kivi tai juurakko, puolittamalla samalla myös sivusuunnassa tapahtuvaa kallistumista ja vähentäen olennaisesti kuorman kaatumisriskiä. [2.]



Kuva 3. Kaksiakselisella telillä varustettu traktorin peräkärri. [2]

3.4 Muita etuja

Linja-autoissa, kuorma-autoissa sekä maansiirtokoneissa ajomukavuus paranee huomattavasti telin vähentäessä tien tai maaston epätasaisuuksia. Teliin kuuluvan renkaan rikkoutuessa ajoneuvon hallinta on paljon helpompaa kuin yksittäisen akselin renkaan rikkoutuessa. Tämä johtuu samaan suuntaan ohjaavien renkaiden suhdeluvusta, joka yhden telissä olevan renkaan rikkoutuessa on vielä vähintään 75 %. [2.]

4 3D-MALLINTAMINEN

4.1 Yleisesti

3D-mallintaminen tarkoittaa yksinkertaistettuna kohteen (esine, rakennus, tuote, kappale) rakentamista malliksi tietokoneen ymmärtämään muotoon kolmiulotteisena. Tällaista 3D-mallia voidaan muokata ja tarkastella siten kolmiulotteisena. 3D-mallissa olevat mahdolliset virheet paljastuvat helpommin kuin perinteisessä kaksiulotteisessa mallissa. Piirustuksista ymmärtämättömälle henkilöllekin kolmiulotteiset kuvat luovat todentuntuisen mielikuvan kuvatuista kohteista. [3.]

3D-grafiikka esitetään yleensä kaksiulotteiselle kuvapinnalle projisoituna. 3D-grafiikka on yleensä vektorigrafiikkaa, jossa tyypillinen peruselementti voi olla lieriö, neliö, kolmio tai jokin muu monikulmio. Parhaimmat 3D-mallinnusohjelmat käsittelevät pintoja, joita ei ole monikulminoitu, vaan niiden pinnat määräytyvät käyrien perusteella. Erilaisten pintojen esittämisessä voidaan käyttää myös bittikarttagrafiikkaa. 3D-grafiikka voi koostua janoista, käyrämaisista primitiiveistä tai kolmiulotteisten perusprimitiivien yhdistelmistä. [4.]

Tyypillisiä 3D-mallintamisen sovellusalueita ovat esimerkiksi:

- tietokoneavusteinen suunnittelu
- tuotekehitys
- television animaatiot ja kuvitus
- aikakauslehtien sisältö
- tietokone- ja videopelit
- elokuvat ja TV-sarjat. [4.]

4.2 Historia

Alkuvaiheessa suunnitteluohjelmilla pyrittiin matkimaan piirustuslaudun käyttöä ja oikeastaan tällöin voitiinkin puhua paremmin tietokoneavusteisesta piirtämisestä kuin suunnittelusta. Piirtäminen tapahtui tällöin kaksiulotteisessa maailmassa ja projektiot piirrettiin erillisinä ilman kytkentää toisiinsa. Osapiirustukset voitiin siirtää kokoonpanoihin kopioimalla, mutta samalla katkesi yhteys niiden väliltä ja mahdollinen muutos oli pahimmillaan tehtävä sekä osapiirrokseen että kaikkiin niihin kokoonpanopiirroksiin, joissa osaa oli käytetty. [5, s. 14.]

Kolmiulotteista suunnittelua harkittiin ja kokeiltiinkin jo 1980-luvulla, mutta tulokset eivät olleet järin kannustavia. Joissakin tapauksissa hankittiin jopa kolmiulotteisia järjestelmiä, mutta niistä luovuttiin muutaman vuoden jälkeen ilman, että niillä saatiin yhtään kolmiulotteista tuotemallia. Tuolloin järjestelmät olivat erittäin suljettuja. Tiedon siirtäminen järjestelmästä toiseen oli käytännössä mahdotonta. [5, s. 14.]

Vuonna 1977 Avions Marcel Dassault asetti tiimilleen tavoitteen kolmiulotteisen vuorovaikutteisen ohjelmiston luomisesta. Tämä oli lähtölaukaus ensimmäiselle aidosti kolmiulotteiselle ohjelmistolle, joka sai nimekseen CATIA (*Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application*). CATIA:n ensimmäinen versio näki päivänvalon kuitenkin vasta 1982, noin viiden vuoden kehittämisen jälkeen. Samana vuonna perustettiin myös CAD-maailmaan varsin paljon vaikuttanut Autodesk, jonka liikeideana oli kehittää henkilökohtaisessa tietokoneessa toimiva CAD-ohjelma, jonka hinta olisi noin 1.000 dollaria. [5, s. 14.]

Parametric Technologya pidetään ensimmäisen parametrisen piirremallinnusohjelmiston kehittäjänä sen julkaistua vuonna 1988 Pro/ENGINEER-ohjelmistonsa. Ensimmäiset Pro/ENGINEER-ohjelmistot toimivat UNIX-työasemissa, joista on myös peräisin kauan Windows-versioissa käytössä ollut valikkorakennekin. Ensimmäinen Windows NT -versio Pro/ENGINEERista julkistettiin 1995 eli samana vuonna kuin päivänvalon näki SolidWorks. SolidWorksin Windows-tyyppinen ja helppokäyttöinen käyttöliittymä herätti erityisesti huomiota. [5, s. 15.]

Vuonna 2003 tehdyn tutkimuksen mukaan 28 % 3D-mekaniikkasuunnittelusta tehtiin AutoCADilla, 20 % Pro/ENGINEER:llä, 11 % Autodeskin Mechanical Desktopilla, 10 % SolidWorksillä ja 9 % CATIALLA. Hämmästyttävää tutkimustuloksissa on se, että myös AutoCadin LT-versiolla tehtiin enemmän (11 %) 3D-suunnittelua kuin SolidWorksin avulla. [5, s. 15.]

4.3 SolidWorks

SolidWorks 3D -suunnitteluohjelmisto on kehitetty muotoilun ja mekaniikkasuunnittelun tarpeisiin. Ohjelmisto kattaa osa-, pinta- ja kokoonpanomallinnuksen sekä myös ohutlevytoiminnot. SolidWorks tuottaa automaattisesti myös piirustukset, osaluettelot, osanumeroinnin sekä tilavuus- ja massalaskelmat. [6.]

SolidWorksin käyttäminen on helppoa, koska käyttöliittymä on tuttu Windowsista. Windows-käyttöjärjestelmään suunniteltu SolidWorks mahdollistaa muiden Windows-sovellusten integroinnin esimerkiksi Microsoft Office -tuoteperheeseen ja takaa yhteensopivuuden muihin Windows-pohjaisiin järjestelmiin (OLE2-linkitys ja avoin VisualBasic API -ohjelmointirajapinta). [6.]

SolidWorks-ohjelmistolla suunnitellaan tuotteet osina ja osista tehdään sen jälkeen kokoonpanoja samalla logiikalla kuin koneensuunnittelijakin toimii. Ohjelma sisältää vakiona myös dynaamisen törmäystarkastelun. Liikkuvien osien tarkastelussa auttaa Solidworksin ominaisuus, jossa kohtaavat kappaleet liikuttavat toisiaan. [6.]

Piirustusten dokumentit viittaavat suoraan suunniteltuihin osiin, ja osat ovat aina ajan tasalla. Muutoksien teko suunniteltuihin dokumentteihin on helppoa ja nopeaa. Kaikki muutokset malliin, kokoonpanoon, piirustuksiin tai pelkästään osaluetteloihin päivittyvät aina automaattisesti, eikä tätä tarvitse tehdä manuaalisesti. Osaluettelot ja piirustukset syntyvät suunnittelun sivutuotteena, samoin syntyvät myös asennusohjeet sekä huolto-ohjeiden räjäytyskuvat. Nämä kaikki voidaan esittää animaationa, jos SolidWorks-ohjelman mukana on tullut SolidWorks Animator -lisäohjelma. [6.]

4.3.1 Tiedonsiirto

SolidWorks toimii yhdessä monien Suomen markkinoilla olevien CAM-ohjelmien kanssa, esimerkiksi SurfCAM, MasterCAM, AlphaCAM, EdgeCAM, EXAPT ja PowerMill. Ohutlevyosien työstöohjeet voidaan siirtää SolidWorksistä suoraan konekieliseen levytyöstökeskukseen, laser- tai polttoleikkaukseen. Vastaanottopäässä voivat olla esimerkiksi Optimax- tai Nestix- ohjelmat. [7.]

SolidWorks on panostanut avoimeen kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon paljon, mikä tarkoittaa tehokasta 3D-piirustusten ja mallitiedostojen siirtoa muista CAD-ohjelmista SolidWorksiin ja tiedon siirtoa taas SolidWorksista muihin CAD-ohjelmiin. SolidWorks lukee myös sujuvasti AutoCAD-dokumentteja ja SolidWorks-mallista voidaan täten myös tuottaa suoraan AutoCADin piirustus- ja suunnitteludokumentteja, jos myös yhteistyökumppanilla on AutoCAD käytössään. [7.]

Tiedonsiirtoformaateista voidaan käyttää esimerkiksi formaatteja STEP, IGES, DFX, DWG, Parasoli, SAT (ACIS), STL, VDAFS, VRML, Unigraphics, Pro/ENGINEER, Cadkey, Inventor ja Catia Graphics. [7.]

4.3.2 Kommunikaatio ja markkinointimateriaali

SolidWorksin Viewer-katseluohjelma tarjoaa yhteistyökumppaneille mahdollisuuden tarkastella piirustuksia, malleja ja luonnoksia. Ilmainen eDrawings-moduuli tarjoaa mahdollisuuden syvällisempään yhteistoimintaan Internetin välityksellä. EDrawings-moduulilla voi lähettää yhteistyökumppaneille sähköpostin välityksellä pakatussa muodossa olevia SolidWorks-malleja ja piirustuksia sekä myös DXF- ja DWG-piirustuksia. Vastaanottajan ei tarvitse asentaa koneeseen erillisiä katseluohjelmia nähdäkseen piirustukset, sillä EXE-muodossa lähetetty eDrawings-paketti sisältää piirustusten ja mallien lisäksi myös itse katseluohjelman. Edrawings-moduulin avulla piirustukset voi tallentaa myös HTML-sivuiksi. Piirustukset ovat tulostettavissa, ja niihin on upotettu 3D-malli, jotta piirustuksia voi käänellä ja katsella. [7.]

4.3.3 Lujuusanalyysi

SolidWorks tuo tietokoneavusteisen lujuuslaskennan (FEM) jokaisen suunnittelijan perustyökaluksi. SimulationXpress on SolidWorksin peruspakettiin kuuluva lujuuslaskentamoduuli. Mallin analysointi tapahtuu yksinkertaisen Wizard-käyttöliittymän avulla, jolla määritetään malliin analyysin tarvitsemat parametrit, kuten tuennat, kuormitukset ja materiaali. Analyysin tuloksena mallista saadaan jännitykset ja varmuuskerroin, jotka voidaan dokumentoida esimerkiksi eDrawings-tiedostoiksi tai HTML-muotoiseen raporttiin. [7.]

5 TYÖSUUNNITELMA

5.1 Lähtökohta

Kolmiakselisia telejä käytetään Lumiahon Murskauksella erilaisten murskauslaitteiden siirroissa työkohteilta toiselle. Työkohteiden välimatka voi olla joskus jopa useita satoja kilometrejä ja laitteiden siirrot tapahtuvat pääasiassa yleisiä teitä käyttäen. Siirrettäviä laitteita ovat muun muassa tela-alustaiset leuka- ja kartiomurskaimet, pyöräalustaiset leuka- ja kartiomurskaimet sekä erilaiset seulontalaitteet. Kun tällaisia erikoiskuljetuksia (kuva 4) kuljetetaan yleisiä teitä pitkin, tulee väistämättä vastaan tilanteita, joissa kuljetukset ovat teille liian pitkiä tai leveitä. Näitä tilanteita ovat esimerkiksi t-risteykset, siirtymiset yleisiltä teiltä pienemmille metsäteille sekä pienet ja ahtaat liikenneympyrät.



Kuva 4. Erikoiskuljetus, jossa siirtoon on lähdössä Metso Mineralsin C-125-leukamurskain.

[1]

Tällä hetkellä Lumiahon Murskaus käyttää esimerkiksi tela-alustaisen leukamurskaimen siirroissa kolmiakselista teliä (kuva 5), jossa telin renkaat eivät käänny ollenkaan. Kaikki akselit ovat ”jäykkiä”, eikä telissä ole minkäänlaista käynnön mahdollistavaa mekanismia. Käännön puuttumisen vuoksi pitkä ja painava kuljetus pyrkii oikaisemaan jokaisessa matkan varrella olevassa mutkassa ja risteyksessä. Siksi erikoiskuljetus tarvitsee joskus paljon tilaa ja

aikaa käännäytessä esimerkiksi yleisiltä teiltä pienemmille metsäteille. Kun tilaa ei ole tarpeeksi teli ”sukeltaa” ongelmakohdissa ravin puolella tai oikeasee pahimmassa tapauksessa liikennemerkkien ylitse.

Käännön puuttuminen telistä aiheuttaa ongelmia myös silloin, kun erikoiskuljetus saapuu perille työpisteeseensä esimerkiksi vasta avatulle louhospaikalle. Vasta avatuilla louhospaikoilla ei ole aina riittävästi tilaa murskauslaitteiden helppoon paikalle asetteluun. Tällöin murskauslaitteiden saaminen oikealle paikalle voi vaatia paljon edestakaista ”huopaamista” ja telin kääntelyä käännön mekanismin puuttumisen vuoksi. Käännön mekanismin lisääminen teliin helpottaisi näiden pitkien ja leveiden erikoiskuljetusten kuljettamista yleisillä teillä sekä edellä mainituissa ongelmakohdissa.



Kuva 5. Kolmiakselinen teli, jossa ei ole minkäänlaista käännön mahdollistavaa mekanismia.

5.2 Tavoite

Tämän insinööritöön tavoitteena oli mallintaa 3D-mallinnusohjelma SolidWorksilla kolmiakselinen teli (kuva 6) ja suunnitella teliin käännön lisäämisen mahdollisuutta. Käännön mekanismin lisääminen teliin tuli olla kokonaisuudessaan yksinkertainen ja kompakti ratkaisu. Tässä mallinnustyössä suunnittelu- ja 3D-mallinnustyö oli vielä hyvin karkealla tasolla, koska aikaisempaa mallia tällaiselle käännön ratkaisulle ei ollut. Mallintamisessa pyrittiin tästä johtuen keskittymään käännön mekanismin toteuttamiseen ja suuriin kokonaisuuksiin eikä pieniin yksityiskohtiin paneuduttu liikaa. Vaikka 3D-mallintamisessa

keskityttiin suurien kokonaisuuksien rakentamiseen, oli työssä tarkoitus pohtia myös mahdollisia ongelmakohtia ja ratkaisuja niihin.

Työhön kuului luoda kolmiakselisesta telistä myös 2D-piirustukset, joista näkee 3D-mallinnetun työn mitoitukset. Kolmiakselisen telin ja käännön lisäämisen mahdollisuutta tullaan hahmottelemaan ja suunnittelemaan yrityksestä jo löytyvän kolmiakselisen telin yhteyteen (kuva 6). Tätä kolmiakselista teliä käytetään yrityksessä tällä hetkellä tela-alustaisen leukamurskaimen siirroissa.

Toimeksiantaja ja yritys eivät ole aiemmin käyttäneet 3D-suunnitteluohjelmia kokoonpanojen ja laitteiden suunnittelussa. Insinööriyön tarkoituksena oli samalla näyttää myös heille, että minkälaisesta työskentelystä 3D-mallintamisessa on kyse ja mitä kaikkea käytössä olevalla ohjelmalla voidaan suunnitella sekä mallintaa.

3D-mallintamisen näyttäminen toimeksiantajalle onnistui siten, että minulla oli koulun lisenssillä ladattu, opiskelijoiden käyttöön tarkoitettu 3D-suunnitteluohjelma SolidWorks omalla kannettavalla tietokoneella. Kävin silloin tällöin yrityksen konttorilla näyttämässä toimeksiantajalle 3D-mallintamisen eri vaiheita. Samalla neuvoteltiin ja pohdittiin työhön tulevista ratkaisuista sekä ongelmakohdista yhdessä toimeksiantajan kanssa.



Kuva 6. Lumiahon Murskauksen tela-alustaisen leukamurskaimen siirroissa käytettävä kolmiakselinen teli.

5.3 Valmistelu

Työn suunnittelu ja tekeminen alkoi toimeksiantajan kanssa pidetyn palaverin jälkeen. Palaverissa mietittiin työn toimeksiantajan kanssa erilaisia vaihtoehtoja käännön toteuttamiselle. Esiin nousi kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa toteuttaa telin käännön mahdollistava mekanismi:

1. Kääntö toteutetaan siten, että renkaat kääntyisivät esim. olka-akselin avulla.
2. Telin päälle lisätään käännön mahdollistava mekanismi.

Palaverissa päädyttiin siihen tulokseen, että kääntö toteutetaan telin päälle erikseen lisättävällä käännön mahdollistavalla mekanismilla. Tämä vaihtoehto tulee olemaan mielestämme varmempi, kestävämpi ja helpompi huoltaa kuin renkaiden avulla tapahtuva kääntö. Teliin lisättävän käännön mekanismi toteutetaan kuulakehän, kahden sylinterin ja hydraulikan avulla. Tämän ratkaisun myötä telin kääntöä ei tulla tekemään kääntyvien renkaiden avulla. Osasyynä renkaiden avulla tapahtuvan käännön hylkäämiseen oli sekin, että kääntyvillä renkailla varustettuja telejä on jo saatavilla ulkomaisilta valmistajilta (kuva 7).



Kuva 7. Neliakselinen teli, jossa kahden etummaisen akselin renkaat kääntyvät. [8]

Palaverin ja käännön mekanismin toteuttamistavan päätöksen jälkeen aloitettiin tarkempi perehtyminen kolmiakselisten telien rakenteisiin sekä mitoituksiin. Telien tekniikkaan tutustuin sähköisten julkaisujen ja painetun kirjallisuuden avulla. Tämän jälkeen tutustuttiin kahteen erilaiseen Lumiahon Murskauksella käytössä olevaan telimalliin paikan päällä. Toinen teleistä sijaitsi kuvaushetkellä yrityksen konttorin pihalla Vihannin Alpuassa, ja toinen teli oli senhetkiselä työmaalla Kemissä.

5.4 Rajaus

Käännön mekanismin toteuttaminen suunniteltiin alusta alkaen itse, koska tällaisella käännön mahdollistavalla mekanismilla varustettua kolmiakselista teliä ei vielä markkinoilta löydy. Toimeksiantajallakaan ei ollut tiedossa, että jossakin tällaista mekanismia käytettäisiin. Siksi työssä paneuduttiin nimenomaan suuriin kokonaisuuksiin, jotta nähtiin, voiko tällaisella ratkaisulla saada aikaan toimiva ratkaisu käännön mahdollistavan mekanismin toteuttamisessa.

Pääpaino suunnittelussa ja mallintamisessa oli kolmiakselisen telin 3D-mallintamisen avulla saadut kuvat ja piirustukset sekä oikeanlaisen ratkaisun löytäminen käännön mekanismin toteuttamiseen. Nämä tehtävät esitetään 3D-mallintamisen eri vaiheiden ja kirjallisen esityksen avulla.

Työlle asetettiin tilaajan puolelta seuraavia tavoitteita:

- kolmiakselisen telin 3D-mallintaminen
- käännön mekanismin suunnittelu ja 3D-mallintaminen
- käännön toteutus kuulakehällä ja kahdella sylinterillä
- yksinkertainen ja kompakti ratkaisu.

Jotta tästä opinnäytetyöstä ei tulisi liian laaja kokonaisuus, rajattiin telistä pois kaikki epäolennaiset ja pienet yksityiskohdat. Nämä kohdat ovat sellaisia, jotka eivät vaikuta käännön mekanismin toteuttamistavan selkeään esittämiseen.

Yksityiskohdat, jotka työstä tullaan rajaamaan pois:

- hydraulikka
- sähköt
- valot, vilkut
- hitsaukset
- kantavuuslaskelmat

- kaukosäätöinen ohjaus
- jousitus
- jarrut.

6 TYÖN TEKEMINEN

6.1 Aloitus

Ensimmäinen teli, jota käytiin valokuvaamassa ja josta mitattiin telin rakenteita, sijaitsi Lumiahon Murskauksen päämajan pihalla, Vihannin Alpuassa. Tämä teli (kuva 8) on kiinteästi kiinni keskipakomurskaimen kanssa samassa kokonaisuudessa, eikä teliä saa irrotettua keskipakomurskaimen rungosta erilleen. Tässä telissä ei ole käännön mahdollistavaa mekanismia, vaan telin kaikki akselit ovat jäykkiä eivätkä telin renkaat käänny ollenkaan. Teli on voitu yhdistää murskaimeen kiinteäksi, koska yhdistelmä ei ole liian pitkä eikä liian painava, joten sitä voidaan kuljettaa liikenteessä sujuvasti.



Kuva 8. Kolmiakselinen teli keskipakomurskaimen ja purkavan kuljettimen kanssa samassa kokonaisuudessa. Teli on kiinteästi rungossa kiinni.

Toinen teli (kuva 9), jota valokuvattiin ja josta mitattiin rakenteita, sijaitsi senhetkiselä työmaalla Kemissä. Tätä teliä käytetään kuvan 9 taustalla olevan leukamurskaimen siirroissa. Telissä ei ole käännön mahdollistavaa mekanismia, vaan telin kaikki akselit ja renkaat ovat kääntymättömiä. Kolmiakselinen teli on tela-alustaisen leukamurskaimen alla vain siirtojen aikana. Kun leukamurskain saadaan perille työkohteeseensa, irrotetaan teli leukamurskaimen alta työn teon ajaksi. Tämä siksi, että leukamurskainta on huomattavasti helpompi siirrellä

työmaiden epätasaisilla alustoilla ilman teliä ja jotta teli ei olisi töiden aikana haitaksi. Jos teli jätetään töiden ajaksi leukamurskaimen alle, on hyvin todennäköistä, että siitä rikkoutuisi silloin renkaita. Kun työt saadaan tehtyä, asetetaan teli takasin leukamurskaimen alle, jotta murskain voidaan siirtää seuraavalle työmaalle.

Teleihin tutustuttiin tarkemmin paikan päällä sen takia, jotta teleistä voitaisiin yhdistää hyväksi havaitut ja oikeanlaiset ominaisuudet yhteen teliin. Eniten huomio teleissä kiinnittyi siihen, millaisia ratkaisuja telien runkorakenteisiin oli käytetty ja minkälaisista materiaaleista rungot oli valmistettu. Samalla teleistä tutkittiin myös sellaisia ominaisuuksia, joita voitaisiin jättää lopullisesta telimallista kokonaan pois.

Kun tässä työssä mallina käytetyn kolmiakselisen telin (kuva 9) rakenteisiin oli tutustuttu ja tarvittavat mittaukset suoritettu, aloitettiin telien karkea luonnostelu paperille. Aluksi hahmoteltiin kolmiakselisesta telistä ja käännön mekaniismista useita hyvin karkeita malleja paperille, joista luotiin yksi selkeä malli, jonka suunnittelua ja mallintamista jatkettiin tietokoneella.



Kuva 9. Etualalla kolmiakselinen teli ja taustalla tela-alustainen leukamurskain, jonka kuljetuksessa kolmiakselista teliä tällä hetkellä käytetään.

6.2 3D-mallintaminen

Paperilla luonnostelusta siirryttiin tietokoneelle ja 3D-mallinnusohjelmaan, kun luonnokset kolmiakselisesta telistä sekä käännön mekaniismista alkoivat olla sellaisessa vaiheessa, että sitä pystyttiin viemään vaivatta eteenpäin 3D-mallinnusohjelmassa. Mallinnusohjelmaan siirryttäessä erilaisia luonnoksia kolmiakselisen telin ja käännön mekaniismin rakenteista, osista sekä toteuttamistavoista oli syntynyt yli 20 sivua. Luonnoksista pystyttiin näkemään jo tässä vaiheessa sellainen telin lopullinen toteutus, joka vaatisi vielä oikeat mitoitus, mallintamisen ja lopullisen ”hiomisen” 3D-mallinnusohjelmalla.

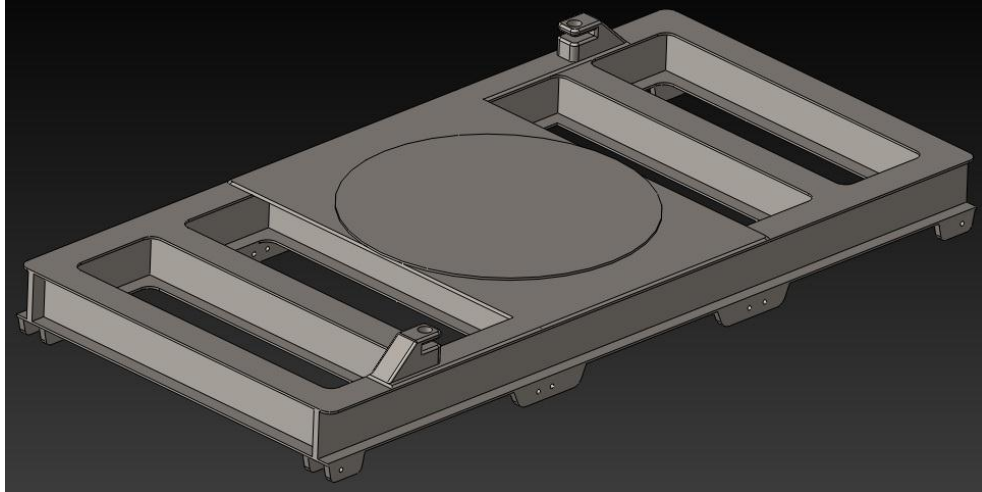
6.2.1 Telin runko

Ensimmäinen vaihe oli mallintaa kolmiakselisen telin runko omien valokuvien, mittaustulosten ja luonnosten perusteella. Rungon mallintaminen ensimmäisenä oli tärkeää siksi, että siihen tullaan lisäämään myöhemmässä vaiheessa kaikki loput vaadittavat osat sekä tekemään työn lopputuloksen kannalta tärkeät viimeistelyt.

Runkorakenteessa päätettiin jäljitellä ja käyttää H-palkin profiilia. Tätä palkkimallia oli käytetty yrityksen aikaisemmissa telien rungoissa, joten sitä käytettiin myös tässä työssä. Aluksi mallinnettiin kaksi H-palkkia, joista tuli rungon sivupalkit. Näiden kahden palkin avulla määriteltiin rungon leveys, korkeus ja pituus (liite 1). Rungon pituuden ja leveyden määrittämisen jälkeen runkoon mallinnettiin poikittaiset palkit. Näitä runkopalkkeja teliin tuli kuusi kappaletta. Palkit mallinnettiin symmetrisesti koko rungon pituudelle, jotta paino jakautuu sille tasaisesti.

Runkoon mallinnettiin myös paikka käännön mekaniismin tulevalle kuulakehän alaosalle sekä paikat käännön mekaniismin sylintereiden kiinnityskohtille. Sylintereiden kiinnityskohtia muutettiin vielä työn loppuvaiheessa, koska sylintereiden mitoitus jouduttiin muuttamaan käännön mekaniismin oikeanlaisen rakenteen saavuttamiseksi. Rungon alaosaan mallinnettiin valmiiksi paikat jousipakkojen kannatinkiinnikkeille. Kannatinkiinnikkeitä ja kiinnikkeiden paikkoja jouduttiin mitoittamaan uusiksi vielä työn myöhemmässä vaiheessa, jotta teliin saatiin halutut akselivälit.

Viimeisenä vaiheena runkoon tehtiin vielä visuaalisia parannuksia pyöristämällä ja viistämällä teräviä kulmia, reunoja ja laitoja. Joitakin rungon pieniä mittavirheitä korjattiin myös mallintamisen tässä vaiheessa oikeiksi. Tämän jälkeen runko oli saanut lopullisen muotonsa (kuva 10).

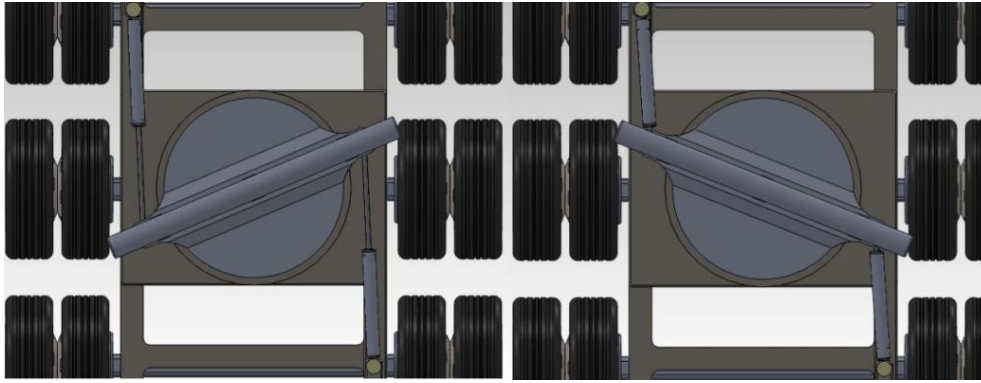


Kuva 10. Telin valmis runko, jossa on mallinnettuna paikka käännön kuulakehän alaosalle ja paikat sylintereiden kiinnityskohdille sekä jousipakoille.

6.2.2 Käännön mekanismi

Telin rungon mallintamisen valmistuttua aloitettiin teliin lisättävän käännön mekanismin osien suunnittelu ja 3D-mallintaminen. Käännön mekanismin mallintamisessa eniten aikaa vei sylintereiden mitoittaminen oikeiksi. Luonnosteluvaiheessa oli keskitytty vain oikeanlaisen kuvan antamiseen käännön mekanismin toteuttamistavasta, eikä siinä vaiheessa kiinnitetty huomiota osien tarkkoihin mitoituksiin.

Käännön mekanismin osat saivat tarkat mitoitukset vasta kokoonpanovaiheessa, kun käännön mekanismin osia kasattiin rungon kanssa samaan kokonaisuuteen. Mitoituksia hiottiin tässä vaiheessa työtä useaan kertaan, jotta käännön mekanismin osat saivat oikeanlaiset muodot. Käännön mekanismi piti asettaa oikealle paikalle rungon yhteyteen siksi, että sylinterit pystyvät vaivatta liikuttamaan kuulakehän yläosaa kuulakehän alaosan päällä. Käännön sylintereiden liikkeiden ääripäät on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Sylinterien liikkeet. Vasemmalla kuvassa sylinterit plus-asennossa ja oikealla kuvassa sylinterit miinus-asennossa.

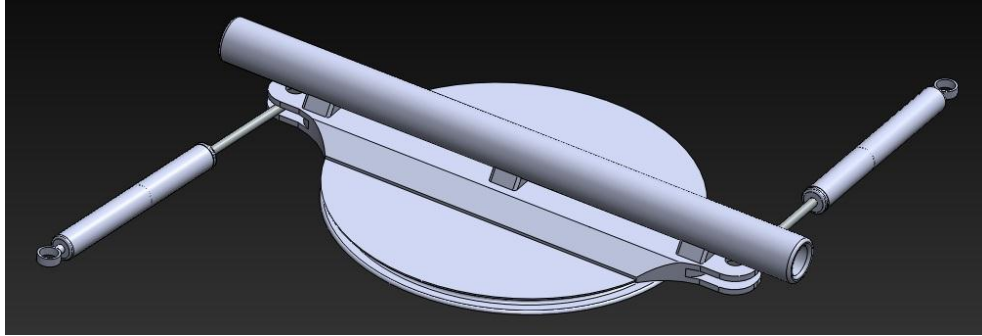
Käännön mekanismi koostuu seuraavista osista:

- kuulakehän alaosa (liite 2)
- kuulakehän yläosa, jossa on siirrettävää laitetta varten ”kannatinpukki” sekä sylinterien kiinnityskohdat (liite 3)
- kaksi kappaletta sylintereitä (liite 4)
 - neljä kappaletta tappeja sylinterien kiinnityskohtiin (liite 5)
 - kaksi kappaletta mäntiä. (liite 6)

Jokainen käännön mekanismin osa mallinnettiin erikseen omana tiedostona, ja lopulta käännön mekanismi koottiin tarvittavista osista kokoonpanotoiminnon avulla. Osat mallinnettiin erikseen siksi, että tarvittavat muutokset osien mitoituksiin ja muotoihin oli helppo tehdä jälkepäin. Osien mitoitusten luominen oli myös huomattavasti helpompaa yksi osa kerrallaan kuin kaikkien osien mitoittaminen samassa paketissa.

Kuulakehän yläosan päälle mallinnettiin siirrettävän murskauslaitteen kiinnittämistä varten vaadittava ”pukki”. Tällaista pukkiä käytetään Lumiahon Murskauksen muissakin telimalleissa ja se on vuosien saatossa osoittautunut toimivaksi. Pukki mallinnettiin kuulakehän yläosaan siten, että pukki tulisi olemaan telin pituus- ja leveysuuntaan nähden keskikohdassa. Tämä siksi, että pukin päälle laskettavan laitteen paino jakautuisi mahdollisimman tasaisesti koko rungon matkalle. Vaikka tällaisella kolmiakselisella

telimallilla varustettua kuljetusta vetävä kuorma-auto olisi telin pukkiin nähden korkea tai matala, siitä ei ole haittaa, koska telin keskikohdassa oleva pukki jakaa painon suurin piirtein tasan kaikille akseleille. Selkeä kuva käännön mekaniikasta saatiin, kun tarvittavien osien mitoitukset, muodot ja mallintaminen olivat valmiina (kuva 12).

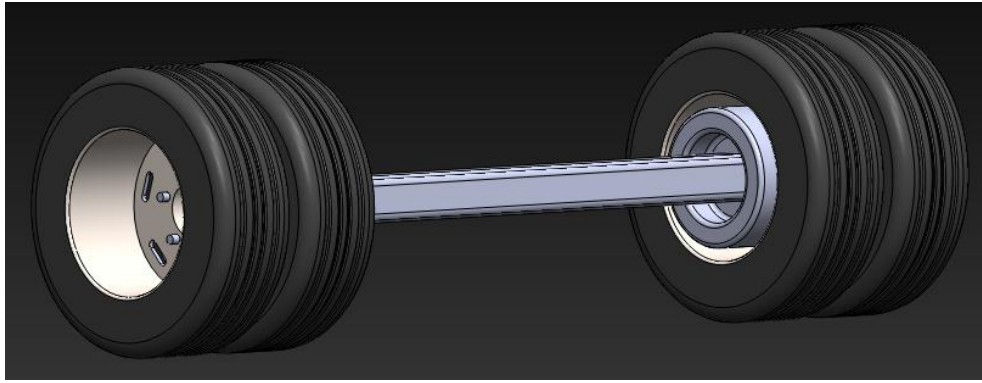


Kuva 12. Käännön mekaniikka. Mekanismissa käännön liikkeen tuottavat kaksi sylinteriä. Siirrettävä laite asetetaan kuulakehän yläosan päällä olevan ”pukin” varaan.

6.2.3 Akseli, vanteet ja renkaat

Rungon ja käännön mekaniikan valmistuttua mallinnettiin työhön vielä loput osat. Nämä osat olivat työn kannalta olennaisia siksi, että työstä saataisiin todentuntuinen ja helposti ymmärrettävä kokonaiskuva. Telin rungon ja käännön mekaniikan lisäksi mallinnettiin vielä akseli, jousipakka, vanne (liite 7), napa (liite 8) ja rengas (kuva 13). Nämä osat mallinnettiin myös jokainen osa erikseen omana tiedostonaan ja lisättiin yksitellen kokoonpanotoiminnon avulla telin rungon kanssa samaan kokonaisuuteen.

Ensimmäiseksi mallinnettiin telin akseli. Mahdollista valmistusta varten ei tarvitse miettiä ja suunnitella akselin mitoituksia sekä muotoja. Akselit tulevat Lumiahon Murskaukselle suoraan johtavilta akselivalmistajilta, SAF ja BPW, valmiiksi mitoitettuina 13 tonnin akselipainolle. Akseleiden 3D-mallintamisella ja työhön lisäämisellä pyrittiin antamaan telistä luonnollinen ja todentuntuinen vaikutelma työn lopputuloksen kannalta. Akselin mallintamisen jälkeen voitiin mallintaa vanne ja rengas. Jokaista osaa (akseli, vanne ja rengas) mallinnettiin kaikkia yksi kappale, ja kokoonpanovaiheessa näitä osia kopioitiin työhön vaadittava määrä. Akseleita lopulliseen telimalliin lisättiin kolme kappaletta, vanteita kuusi ja renkaita kaksitoista kappaletta.



Kuva 13. Kolmiakselisen telin vanteet, renkaat ja akseli mallinnettuna.

6.2.4 Kokoonpano

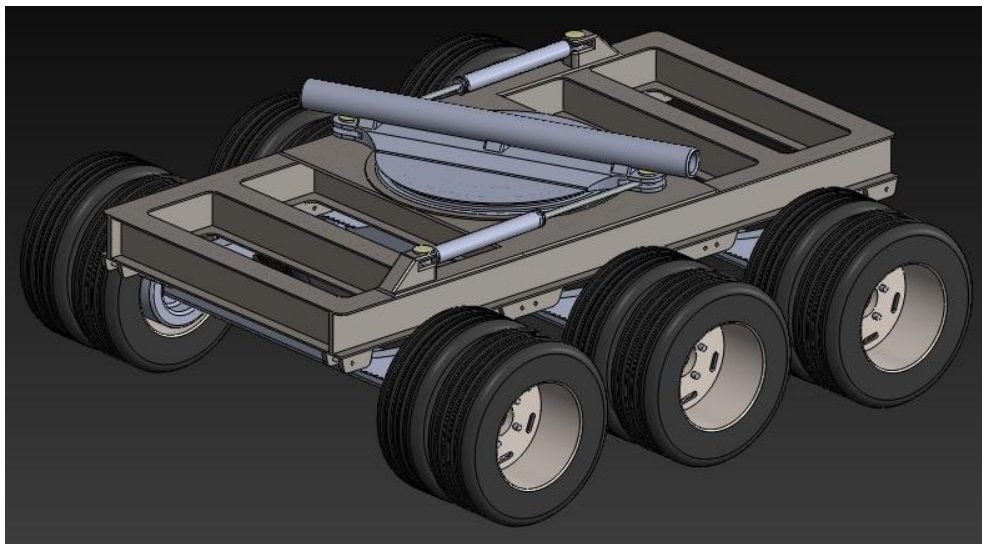
Kun kaikki vaadittavat osat olivat valmiiksi mallinnettuina ja mitoitettuina, aloitettiin osien kokoonpano. Kokoonpanossa osat tuodaan yksitellen kokoonpanosovellukseen ja jokaiselle osalle määritetään oma paikka ja asento jonkin toisen osan suhteen. Kokoonpanovaihe on siksi tärkeä, koska siinä nähdään helposti, jos jokin osista on väärän mallinen tai väärin mitoitettu. Lopullisen kokonaiskuvan hiominen on tässä vaiheessa työtä helppoa tehdä. Jos nähdään, että jokin osa on väärin mitoitettu tai mallinnettu, se korjataan viimeistään kokoonpanovaiheessa. Ensimmäisenä kokoonpanosovellukseen tuotiin telin runko ja sen jälkeen runkoon lisättiin yksitellen kaikki aikaisemmin mallinnetut osat.

Seuraavana vaiheena runkoon lisättiin kaikki käynnön mekanismin osat. Kuulakehän alaosa lisättiin telin runkoon ensimmäisenä käynnön mekanismin osista. Alaosalle oli mallinnettu paikka rungon keskikohtaan rungon mallintamisen yhteydessä, joten alaosan paikalleen asettaminen sujui helposti. Alaosan päälle asetettiin kuulakehän yläosa. Ala- ja yläosa asetettiin sisäkkäin, ja osat sopivat yhteen mitoituksien ollessa oikeat. Tässä vaiheessa huomattiin kuulakehän yläosan pukin olevan liian lyhyt ja pukin mitoitus korjattiin oikeaksi. Yläosan uudelleen mitoittamisessa ei osaa tarvinnut aukaista omaan ikkunaan, vaan se valittiin kokoonpanoikkunassa aktiiviseksi ja sitä kautta päästiin muuttamaan pukin pituus oikeaksi. Pukin mitoituksen korjaamisen jälkeen lisättiin kokoonpanosovelluksen avulla loput käynnön mekanismin osista.

Sylintereiden paikalleen asettamista helpotti runkoon ja kuulakehän yläosaan valmiiksi mallinnetut paikat sylintereiden korvakoille. Ensimmäisen kerran sylintereitä asetettaessa

paikoilleen huomattiin, että sylinterit olivat liian pitkiä tai runkoon mallinnetut korvakot olivat väärässä paikassa. Virhe korjattiin muuttamalla sylinterien korvakoiden paikkoja ja mitoittamalla sylinterien pituus uudelleen. Sylinterien saadessa uudet mitat asetettiin ne paikoilleen ja sylinterien korvakoihin asetettiin sylinterien kiinnitystapit. Nyt käynnön mekanismi oli saanut lopullisen muotonsa.

Seuraavana runkoon lisättiin jousipakat. Jousipakkoja lisättiin teliin kuusi kappaletta. Jousipakkoille oli mallinnettu paikat valmiiksi rungon mallintamisen yhteydessä, mutta jousipakkojen paikkoja jouduttiin muuttamaan vielä kokoonpanovaiheessa. Paikkoja täytyi muuttaa, jotta jousipakat asettuivat symmetrisesti oikeille paikoilleen ja jotta teliin saatiin halutut akselivälit. Jousipakkojen jälkeen työhön asetettiin vielä akselit, vanteet ja renkaat. Kaikkien vaadittavien osien oltua paikallaan kokoonpanotoiminnossa saatiin kolmiakselisesta telistä ja käynnön mekanismista valmis kokonaiskuva (kuva 14).



Kuva 14. Valmis kolmiakselinen teli ja käynnön mekanismi.

7 POHDINTAA

Telistä ja teliin lisättävästä käännön mekanismista saatiin 3D-mallinnettua selkeä kuva mahdollisesta toteuttamistavasta. Koska telistä ei työn tekemisen aikana valmistettu konkreettisesti minkäänlaista prototyyppiä, jouduttiin käännön mekanismin toimivuutta pohtimaan vain teoriassa.

3D-mallintamista apuna käyttäen selvitettiin kahden sylinterin ja kuulakehän avulla tapahtuvan käännön mekanismin toteuttamistapaa. Toteuttamistapaa voidaan pitää onnistuneena. Siitä saatiin 3D-mallintamisen avulla todentuntuinen kuva kuulakehän ja sylintereiden avulla tapahtuvasta liikkeestä käännön mekanismin toteuttamiseksi.

Työn toimeksiantajan kanssa olimme samaa mieltä siitä, että käännön mekanismi ei tulisi toimimaan telin ollessa paikoillaan, vaan telin ja sitä vetävän kuorma-auton täytyisi olla pienessä liikkeessä, jotta sylinterit jaksaisivat tuottaa vaadittavan voiman käännön liikkeen mahdollistamiseksi. Pohtiessamme telin toimivuutta eri korkuisten vetoautojen kanssa tulimme siihen tulokseen, että korkeuden määrittämisessä on myös jonkin verran pelivaraa. Tätä korkeutta voidaan määrittää vanteiden ja renkaiden kokoa muuttamalla.

Tämän työn tarkoituksena ei ollut antaa yksityiskohtaista valmistussuunnitelmaa telistä ja käännön mekanismista, vaan laitteen valmistaja saa käyttää omia ratkaisuja niin materiaalivalinnoissa kuin rakenteiden yksityiskohtien kanssa. Nähtäväksi jää, alkaako toimeksiantaja valmistaa jossakin vaiheessa tällä käännön mekanismilla toteutettavaa teliä omaan käyttöönsä.

8 YHTEENVETO

Kolmiakselisen telin 3D-mallinnus- ja suunnitteluprojekti oli mielenkiintoinen työ moneltakin osa-alueelta. Tietämykseni teleistä ennen insinööriä perustui aikaisempiin työtehtäviini Lumiahon Murskauksella. Insinööriä laajensi tietämystäni telien rakenteista, käyttökohteista ja telien tarkoituksista. Työn toimeksiantaja antoi periaatteessa vain yhden ohjeen käännön toteuttamiseksi eli toteuttaa teliin lisättävä käännön mekanismi kuulakehän ja kahden sylinterin avulla. Tämän jälkeen minulla oli vapaat kädet suunnitella ja toteuttaa käännön mekanismi. Lopputuloksena syntyi mielestäni sellainen ratkaisu, jonka sain mieleeni jo ensimmäisessä toimeksiantajan kanssa pidetyssä palaverissa.

Insinööriä käytetty 3D-mallinnusohjelma SolidWorks oli minulle uusi ohjelma 3D-mallintamisessa. Aikaisemmin olin käyttänyt mallintamisessa vain ProEngineeriä, joten ohjelmistoon perehtyminen ja tutustuminen otti aikansa. Näiden kahden ohjelmiston käyttöliittymä ja idea ovat kuitenkin aikalailla samanlaisia, joten se auttoi huomattavasti uuden 3D-mallinnusohjelman käyttöönottoa. Joissakin mallintamisen vaiheissa jouduin etsimään ohjeita alan kirjallisuudesta ja internetistä, mutta mikään vastoinkäyminen ei jäänyt selvittämättä.

Työn alussa oleellisena osana oli tietojen etsiminen eri lähteistä. Lähteinä käytin pääasiassa internetiä ja kirjallisuutta. Tietojen etsiminen oli mielestäni työlästä ja sain kulutettua siihen paljon tunteja. Varsinkaan teleistä kertovia lähteitä ei montaa löytynyt, mutta 3D-mallintamisesta löytyi tietoa melko paljon. Onneksi olin päässyt tutustumaan teleihin aikaisemmissa työtehtävissä Lumiahon Murskauksella, mikä helpotti työtäni huomattavasti. Työn rakenteen hahmottelussa oli myös oma tekeminen, oli päätettävä mitä on järkevä sisällyttää työhön ja mitä kaikkea voi jättää pois, jottei työn laajuudesta tulisi liian suuri.

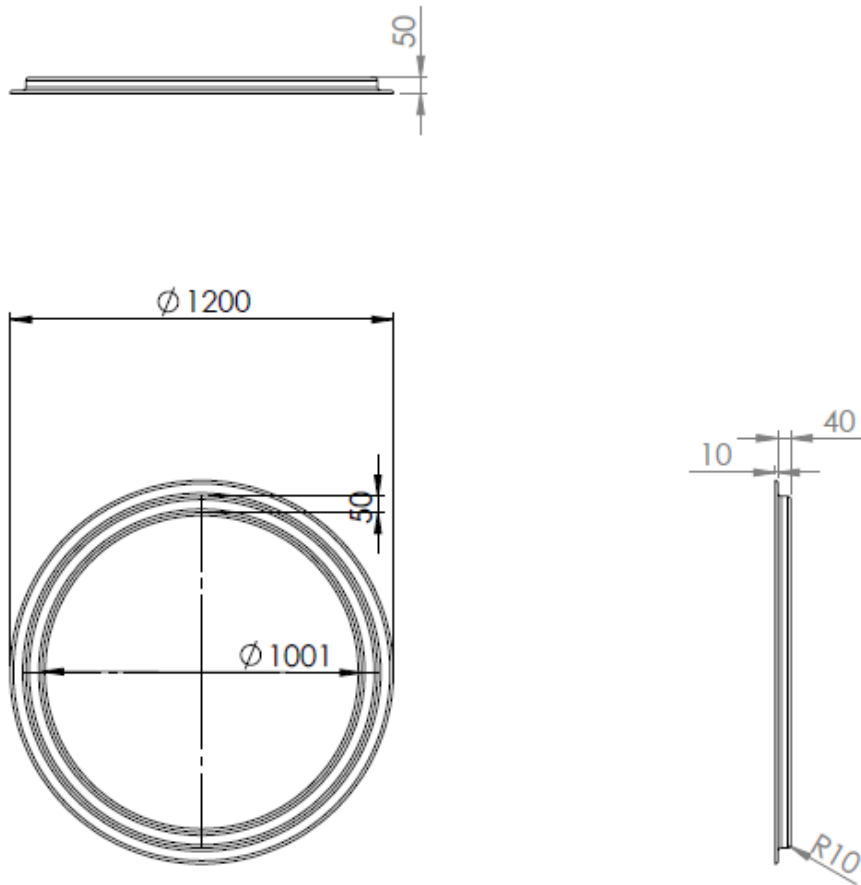
Insinööriä tuloksena saatiin luotua selkeä ja todentuntuinen 3D-malli kolmiakselisesta telistä ja telin käännön mekanismista. Työstä luotiin myös 2D-piirustukset, mutta niiden käyttö valmistusta ajatellen vaatii vielä paljon tarkastelua ja muuttamista. Tämän työn tarkoitus ei ollut antaa suoraa mallia telin ja käännön mekanismin valmistukseen, vaan työn tarkoituksena oli selvittää tällaisen käännön mekanismin toteuttamistavan mahdollisuutta.

LÄHTEET

1. Lumiahon Murskaus OY:n kotisivut. [WWW- dokumentti]
<http://www.lumiahonmurskaus.com/murskaus/index.htm> (Luettu 24.3.2011)
2. Wikipedia. [WWW- dokumentti] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Teli> (Luettu 10.4.2011)
3. Arkkitehtuuritoimisto Aaron Rantalan kotisivut. [WWW- dokumentti]
<http://www.aaronrantala-3d.fi/html/palvelut3.html> (luettu 19.12.2011)
4. Wikipedia. [WWW- dokumentti] <http://fi.wikipedia.org/wiki/3D-grafikka> (Luettu 19.12.2011)
5. Esa Hietikko, SolidWorks - tietokoneavusteinen suunnittelu 2011. Savonia-ammattikorkeakoulu 4. uudistettu painos. ISBN 9789522031303
6. CadWorks Oy:n kotisivut. [WWW- dokumentti]
<http://www.cadworks.fi/modules/system/stdreq.aspx?P=53&VID=default&SID=238439505874242&S=1&A=closeall&C=23554> (Luettu 12.12.2011)
7. CadWorks Oy:n kotisivut. [WWW- dokumentti]
<http://www.cadworks.fi/modules/system/stdreq.aspx?P=53&VID=default&SID=944299137726277&S=1&A=closeall&C=25601> (Luettu 12.12.2011)
8. Faymonville Oy:n kotisivut [WWW- dokumentti]
<http://faymonville.com/image.aspx?ImageID=643&id=360> (Luettu 16.4.2011)

LIITTEET

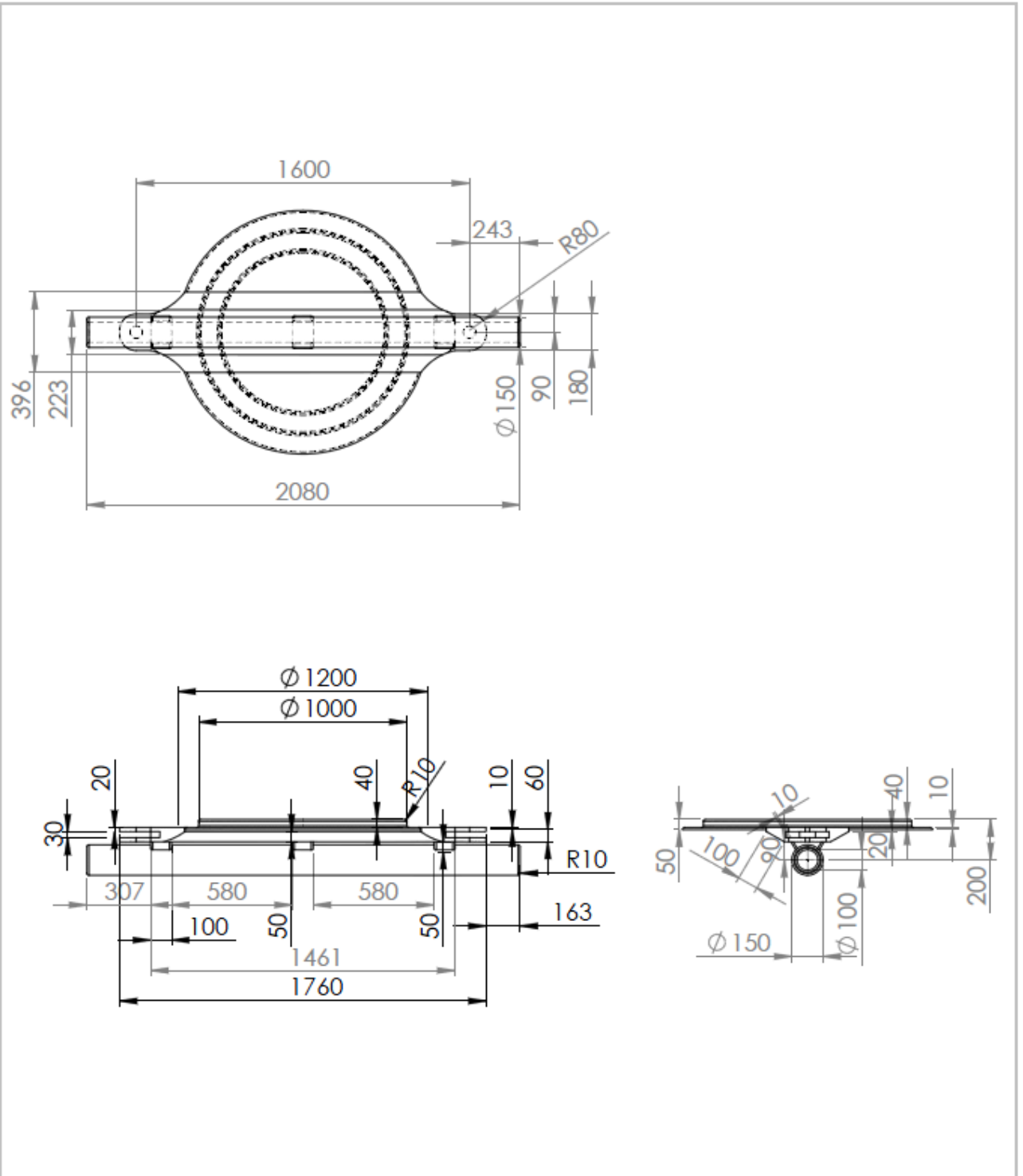
LIITE 1	Rungon mitoitukset
LIITE 2	Kuulakehän alaosan mitoitukset
LIITE 3	Kuulakehän yläosan mitoitukset
LIITE 4	Sylinterin mitoitukset
LIITE 5	Sylinterin tapin mitoitukset
LIITE 6	Männän mitoitukset
LIITE 7	Vanteen mitoitukset
LIITE 8	Navan mitoitukset



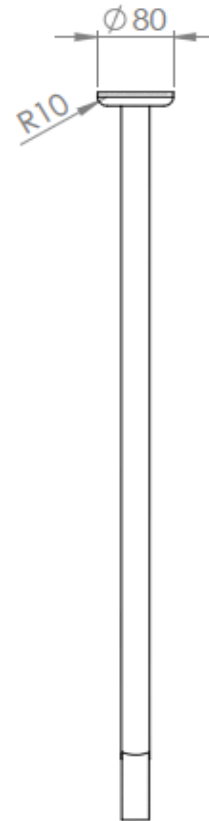
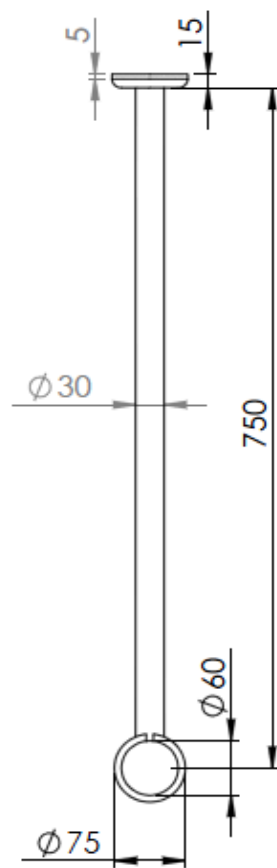
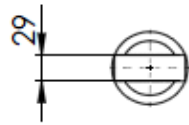
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
QA						DWG NO.		A4	
						SCALE: 1:50		SHEET 1 OF 1	

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

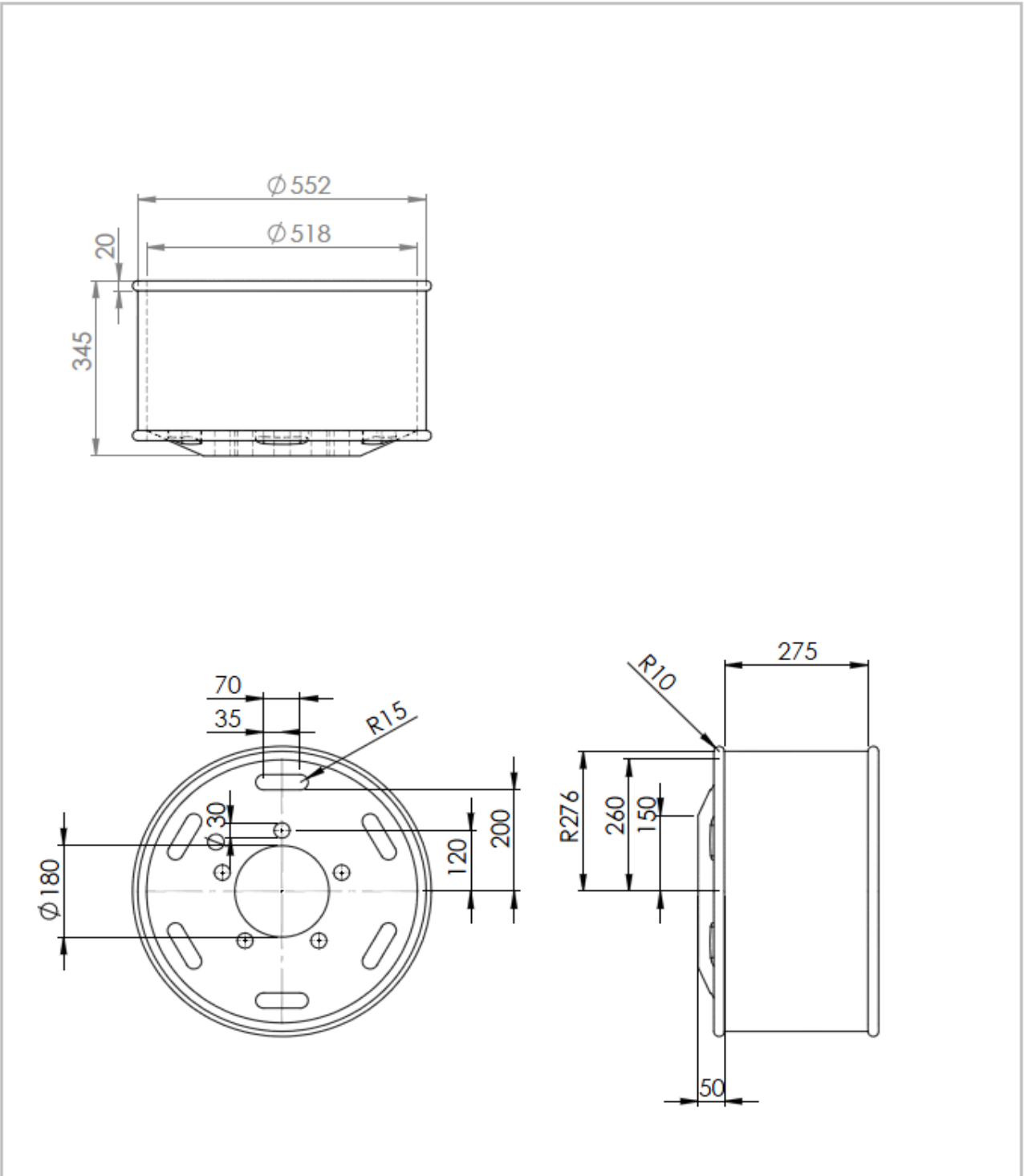
Alaosa



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A									
SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.						DWG NO.		Yläosa	
						SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1	
								A4	

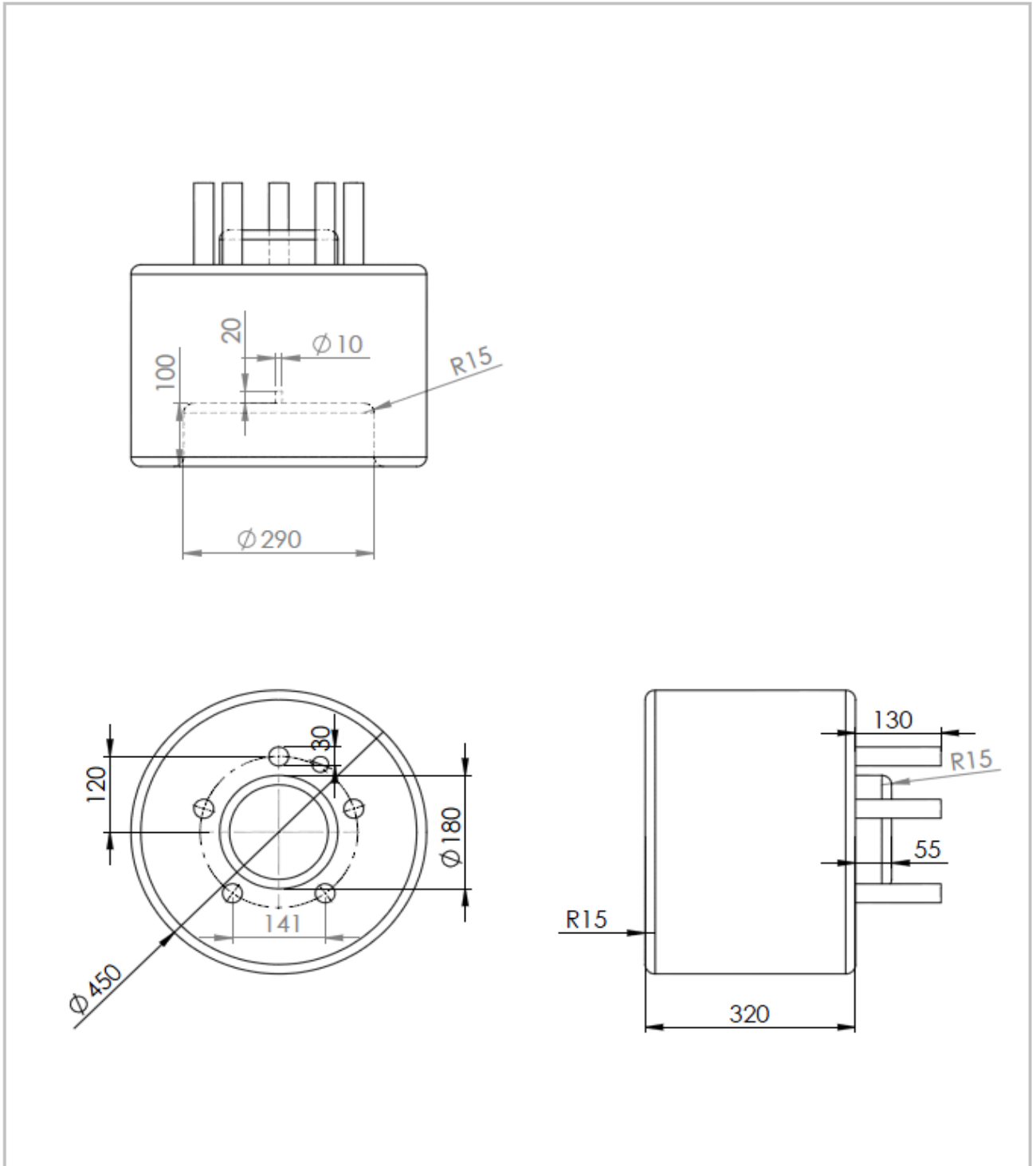


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN						SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.			
CHKD									
APPVD									
MRG									
Q.A						DWG NO.		Mäntä	
						SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1	
								A4	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN:		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D:									
APP'VE:									
MFG:									
Q.A:								DWG NO. Vanne	
								A4	
								SCALE:1:10	
								SHEET 1 OF 1	

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			DO NOT SCALE DRAWING			REVISION		
SURFACE FINISH:														
TOLERANCES:														
LINEAR:														
ANGULAR:														
DRAWN			NAME			SIGNATURE			DATE			TITLE:		
CHK'D														
APP'VD														
MFG														
Q.A												DWG NO. Napa		
												A4		
												SCALE:1:10		
												SHEET 1 OF 1		

SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.