



SAVONIA

AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BIKE UP - MOOTTORIPYÖRÄNOSTIN

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Tomi Timlin

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Tomi Timlin			
Työn nimi Bike up -moottoripyöränostimen suunnittelu			
Päiväys	2.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	30+7
Ohjaaja(t) lehtori Tatu Westerholm, lehtori Anssi Suhonen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lekasteel Oy			
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Tuusniemellä ja Kuopiossa toimivalle Lekasteel Oy:lle. Työssä kehitettiin jo olemassa olevaa moottoripyöränostinta. Työn tavoitteena oli saada aikaan tuotannossa ja myynnissä olevaa moottoripyöränostinta kevyempi malli. Tuotekehityksellä pyrittiin myös tekemään tuotteesta kompaktin kokoinen, jotta sitä voidaan helposti kuljettaa. Kehityksen ja uudelleen suunnittelun tavoitteena oli saada aikaan vaatimukset ja tavoitteet täyttävä nostin, joka olisi käyttäjälleen turvallinen.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin tuotekehitysprojektin mukaisesti. Työ lähti liikkeelle vaatimusten selvittämällä yhdessä toimeksiantajan kanssa. Työhön kuului mekaniikkasuunnittelua, mallinusta, materiaalien ja osien valintaa, lujuuslaskentaa ja teknisten dokumenttien laatimista. Mallinnus ja tekniset dokumentit toteutettiin Solidworks-mallinusohjelmalla. MDSolids-ohjelmaa käytettiin apuna lujuuslaskemien tekemisessä.</p> <p>Työn tuloksesi saatiin kehitettyä käyttökelpoinen ja vaatimukset täyttävä moottoripyöränostinmalli. Lisäksi työn tuloksina saatiin yksityiskohtaiset 3D-mallit, lujuuslaskelmat ja tekniset dokumentit.</p>			
Avainsanat moottoripyöränostin, tuotekehitys, lujuuslaskenta, mekaniikkasuunnittelu			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programmed Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tomi Timlin			
Title of Thesis Bike up - motorcycle lift			
Date	2.5.2016	Pages/Appendices	32+8
Supervisor(s) Mr Tatu Westerholm, Senior Lecturer and Mr Anssi Suhonen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Lekasteel Oy			
<p>Abstract</p> <p>This final year project was done for company called Lekasteel Oy, wich is located at Tuusniemi and Kuopio. The final year project was about improving existing motorcycle lifter. The main goal of this work was to reduce weight of the model wich was currently produced and sold.</p> <p>The final year project was done as product development project. Work started by figuring out the standards together with the client. Work included mechanical desing, modelling, choosing the materials and parts, structural analysis and preparation of technical documents. Modeling and technical documents were done with Solidworks modelling program. MDSolids-programs was used in making of structural analysis.</p> <p>The outcome of this project was an useful and regulations filling motorcycle lifter model. The job results also included detailed 3D-models, structural analysis and technical documents.</p>			
<p>Keywords Motorcycle lifter, product development, structural analysis, mechanical desing</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	LEKASTEEL OY	6
3	NOSTIMEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA	8
4	NOSTIMEN MÄÄRITELMIÄ.....	9
4.1	Moottoripyöränostin	9
4.2	Markkinoilla olevia nostimia	9
5	TUOTEKEHITYS	11
5.1	Tuotekehityksen tavoitteet	11
5.2	Tuotekehitysprosessin työvaiheet.....	11
5.2.1	Tuoteohjelman suunnittelu	12
5.2.2	Konseptisuunnittelu.....	13
5.2.3	Systemisuunnittelu	15
5.2.4	Detaljisuunnittelu	15
5.2.5	Testaus	16
5.2.6	Tuotannon käynnistäminen.....	16
6	LUJUUSLASKENTA	17
6.1	Lujuuslaskennan yleisiä periaatteita	17
6.2	Kuormitukset	17
6.3	Staattinen laskenta	19
6.4	FEM	19
7	SUUNNITTELU	21
7.1	Alkutilanne	21
7.2	Konseptisuunnittelu.....	21
7.2.1	Luonnostelu.....	22
7.2.2	Vertailu ja valinta	24
7.3	Systemisuunnittelu	25
7.3.1	Detaljisuunnitteluvaihe	26
7.3.2	Lujuustarkastelu.....	28
7.4	CE-merkintä	29
8	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	31

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tuotekehitystyön tekeminen Tuusniemellä ja Kuopiossa toimivalle Lekasteel Oy:lle. Työssä kehitetään jo olemassa olevaa moottoripyöränostinta. Työn tarkoituksena on saada aikaan kevyempi moottoripyöränostin kuin nykyinen tuotannossa ja myynnissä oleva on. Tuotekehityksellä pyritään myös tekemään tuotteesta kompaktin kokoinen, jotta sitä voidaan helposti kuljettaa. Kehityksen ja uudelleen suunnittelun tavoitteena on saada aikaan vaatimukset ja tavoitteet täyttävä nostin, joka on käyttäjälleen turvallinen.

Nostimella tarkoitetaan laitetta, jolla voidaan nostaa ja laskea raskaita esineitä. On olemassa monenlaisia nostimia ja jokaisella niistä on tietynlainen toimintaperiaate. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan nostimia, jotka on tarkoitettu moottoripyörän nostamiseen. Erilaisten nostimien tarkastelu ja toimintaperiaatteiden tutkiminen edesauttavat työn tekemisessä ja uuden nostimen suunnittelutyössä.

Uuden nostimen suunnittelussa käytetään apuna tuotekehitysprosessia. Prosessilla pyritään löytämään edullinen, vaatimukset täyttävä ja toimiva ratkaisu nostimen rakenteelle. Tällaisen rakenteen löytymisen jälkeen tehdään nostimesta yksityiskohtainen 3D-malli. Lopuksi tarkistetaan rakenteen kestävyys MDSOLIDS-ohjelmaa hyödyntäen.

2 LEKASTEEL OY

Lekasteel Oy on vuonna 1994 Tuusniemelle perustettu konepaja. Yhtiön toiminta on kuitenkin muuttunut konepajatuotannosta ja nykyään yrityksen päätoimiala on moottoripyörien, autojen, pienkoneiden ja muiden moottoriajoneuvojen huolto- ja korjauspalvelut. Yrityksen osaamisalueeseen kuuluvat kuitenkin edelleen metallin työstäminen sekä koneistuspalvelut. Huolto- ja korjaustöiden lisäksi yrityksen palveluihin kuuluvat myös moottoripyörien kustomointi ja rakentaminen. Kustomointi ja rakennustyöt, kuten runkomuutoksetkin suoritetaan niin, että ne ovat lainmukaisia. Toimispisteitä Lekasteel Oy:llä on kaksi, Tuusniemellä ja Kuopiossa. (Lekasteel 2015.)

Lekasteelin yritysstrategian yksi osa-alue on kehittää, suunnitella ja valmistaa uusia tuotteita, joita tarvitaan moottoriajoneuvojen huolto- ja korjaustöissä. Yrityksen toiminnan yksi tärkeimpiä kulmakiviä on alati jatkuva tuotekehitystyö. (Lekasteel 2015.)

Yhtenä esimerkkinä yrityksen innovatiivisesta tuotteistuksesta on moottoripyörälle valmistettu ajosimulaattori (KUVA 1). Ajosimulaattori on rakennettu moottoripyörien tehodynnon päälle ja sillä voidaan myös mitata moottoripyörän teho. Simulaattorissa moottoripyörä kiinnitetään dynoon ja kuljettajan eteen heijastetaan kuva ratanäkymästä. Simulaattorissa moottoripyörän nopeus on todellinen takarenkaan nopeus. Oikea moottoripyörä toimii ajosimulaattorin ohjaimena ja ohjaus tapahtuu normaaliin tapaan moottoripyörää kallistamalla. Lisäksi ajosimulaattori tunnistaa etujarrun painamisen ja mäen tullessa vastustaa takapyörän pyörimistä. One4 Driving on ensimmäinen ajosimulaattori, joka yhdistää moottoripyöräilyn ja virtuaalimaailman. (Lekasteel 2016.)



KUVA 1. Moottoripyöräajosimulaattori (Lekasteel, 2016-03-14.)

Lekasteel Oy valmistaa myös Bike Up -moottoripyöränostimia. Tuoteperheeseen kuuluu kaksi nostinta, Bike Up -500 ja -700 (KUVA 2). Nostinten tekniset ominaisuudet ja mitat ovat muuten

samat, mutta leveydeltään ne eroavat toisistaan. Mallin numero kertoo nostimen leveyden. Nostimen lähtökorkeus on matala, minkä vuoksi tuotetta on vaivaton käyttää ja moottoripyörä helppo siirtää nostotason päälle. Kyseisten nostimien nostokorkeus on 630 mm, joka mahdollistaa huoltomiehen työskentelyn ergonomisesti. Nostimen paino on 65 kg. Nostimen mitat ovat 500 x 1650 x 149 mm tai 700 x 1650 x 149 mm (leveys x pituus x lähtökorkeus) ja suurin sallittu kuorma on 300 kg. (Lekasteel 2016.)



KUVA 2. Bike Up -nostin (Lekasteel, 2016-03-14)

3 NOSTIMEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on Bike Up -moottoripyöränostimen uudelleen suunnittelu ja jatkokehitys. Lekasteel Oy:n valmistava Bike Up -nostin (kuvassa 2) on suunniteltu korjaamokäyttöön. Toimeksiantaja halusikin uudistaa tuotettaan ja määritteli asiakaskunnaksi moottoripyöräkilpailijat. Toimeksiantajan mukaan markkinoilla ei ole olemassa tähän tarkoitukseen sopivia nostimia, joten tuotekehitys tulisi todella tarpeeseen.

Toimeksiantaja määritteli vaatimukset, jotka tuotteen tulee täyttää, jotta se soveltuu kilpailijoiden käyttöön. Yksi tärkeimmistä vaatimuksista oli nostimen kokonaispaino, jonka pitää jäädä alle 65 kg:n, ja nostinta oli kyettävä helposti liikuttamaan lihasvoimin. Pääasiallisesti materiaaliksi määritettiin alumiini, mutta tarvittaessa voi käyttää myös terästä. Bike Up -nostimen nosto on tähän asti tapahtunut hydraulitunkin avulla, mutta toimeksiantaja halusi muutoksen. Jatkossa nosto ja lasku voidaan suorittaa lihasvoimin tai akkuporakoneella.

Suurimmaksi sallituksi moottoripyöränostimen kuormaksi toimeksiantaja määritteli 200 kg, joka on aika yleinen moottoripyörän paino. Alkupalaverissa määritettiin myös nostimen ala- ja yläasennon korkeudet, jotka tulee minimissään saavuttaa. Nämä arvot voidaan kuitenkin joko ylittää tai alittaa tarvittaessa; tilanteen mukaan se on jopa suotavaa.

Toivomuksina oli, että nostin olisi samanlainen kuin vanha tuote, koska vanha malli on todettu toimivaksi rakenteeltaan. Lisäksi huomioon tulisi ottaa samankaltaisten osien hyödyntäminen, jotta sekä tuotteen valmistettavuus että räätälöinti olisi helpompaa. Tässä tapauksessa osien muutokset vaikuttavat vain leveyteen. Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon lisälaitteiden liitettävyyden. (Tarkempi vaatimusluettelo liitteenä 1.)

4 NOSTIMEN MÄÄRITELMIÄ

Nostimella tarkoitetaan laitetta, jolla voidaan nostaa painavia esineitä ylöspäin tai laskea alas. Nostotyön lisäksi jotkin nostimet voivat siirtää esineitä myös muihinkin suuntiin.

Nosturilla tarkoitetaan konekäyttöistä nostolaitetta, jota käytetään kuorman nostamiseen, laskemiseen ja siirtämiseen. Nosturissa kuorma liikkuu nostoköyden, ja -ketjun varassa. Nosturina pidetään myös sellaisia laitteita, joissa kuorman heiluminen estetään nosturin mukana siirtyvällä laitteella. (Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä 1993, §1403).

Torninosturilla tarkoitetaan laitetta, jonka kantavana rakenteena toimii torni. Tornin yläosassa on ulokepuomi, joka on kiinnitetty tangoilla tai köysillä tornin huippuun. Ajoneuvonosturi on pyörillä varustettu nosturi. Ajoneuvonosturia voidaan oman voimanlähteen ansiosta siirtää paikasta toiseen. Kuorma-autoon, työkoneeseen tai perävaunuun liitettyä nosturia sanotaan kuormausnosturiksi. Kuormausnosturi on tarkoitettu lähinnä avustamaan ajoneuvon kuormaamista. Henkilönostin on henkilöiden nostamiseen tarkoitettu laite. Tällaiset laitteet voivat olla kiinteästi asennettuja tai liikuteltavan alustan päälle rakennettuja laitteita. (Valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä 1993, §1403.)

Autonostimella tarkoitetaan laitetta, jolla voidaan nostaa ajoneuvoja. Tällaisia ajoneuvoja ovat autot, moottoripyörät, rekat, trukit ja muut maakuljetuksiin tarkoitetut ajoneuvot. Nostimen avulla saadaan ergonominen työasento ja se myös mahdollistaa ajoneuvon alla tehtävät työt. Nostimen matala lähtökorkeus helpottaa sen käyttöä. (Autonostimet 2011.)

4.1 Moottoripyöränostin

Moottoripyöränostimen perusajatus on saada nostettua moottoripyörää helpommin maantasosta ylöspäin ergonomisempaan korkeuteen. Jotta nostimen kuormaus olisi helppoa, sen pitää olla matala lähtökorkeus. Nostimen avulla moottoripyörän huoltotilanteesta saadaan ergonominen ja selkää säästävä, sillä ei tarvitse kumarrella moottoripyörän vieressä.

4.2 Markkinoilla olevia nostimia

Nostinmarkkinoilla on useita eri toimijoita, joilla jokaisella on erilaisia nostimia kaupan. Tuotteille on kuitenkin hyvät markkinat Suomessa, sillä moottoripyöräilyä harrastavia on paljon. Trafain tilaston mukaan liikennekäytössä olevia moottoripyöriä on 237 832 kappaletta. (Trafi, 2016).

Rungon alle sijoitettava nostin: on niin sanottu saksimallinen nostin ja toimii hydraulitunkin avulla. Moottoripyörä kiinnitetään tasoon kuvassa näkyvien jousien avulla. (Tuote on kuvassa 3.)



KUVA 3. Saksinostin (IKH, 2017-05-16)

Huoltopukki on tarkoitettu lähinnä mopon ja krossipyörään nostoon. Nostin on täysin mekaaninen ja nosto tapahtuu kammien avulla. Tällaisella nostimella on vain kaksi asentoa, alhaalla ja ylhäällä. Kuvassa 4 on esimerkki huoltopukista.



KUVA 4. (IKH, 2017-05-16)

IKH myy täysin mekaanista saksimallin nostinta, joka toimii trapetsikierretangon avulla kuva 5.



KUVA 5. Mekaaninen saksinostin (IKH, 2017-05-16)

5 TUOTEKEHITYS

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jolla pyritään parantamaan vanhan tuotteen ominaisuuksia ja toimintoja. Tai tuotekehityksessä luodaan kokonaan uusi tuote tai palvelu. Yksi yrityksen menestymiseen vaikuttava tekijä on tuotekehitystoiminta ja yrityksen on jatkuvasti huolehdittava tuotekehityksestä. Mikäli yritys laiminlyö tuotekehityksen, niin tuotteen myynti laskee pikkuhiljaa ja saattaa jopa loppua kokonaan, johtuen markkinoilla olevista uusista ja paremmista tuotteista. (Jokinen, T. 2001).

Ennen kuin uutta tuotetta tai tuotekehitystä voidaan aloittaa, pitää määrittää tuotteen tarpeellisuus. Hyvän projekti-idean löytämiseen on kolme tärkeää lähdettä; teknologia, markkinat ja muutos. Yritykset pitävät listaa mahdollisista projekteista. Näitä kaikkia projekteja ei välttämättä kuitenkaan toteuta johtuen rajallisesti käytettävissä olevista rahoista ja ihmisistä. Niinpä yritykset joutuvat tekemään päätöksiä, että mitkä niistä toteutetaan. Joskus päätös tehdään ennen projektin alkua, joskus taas suunnittelun jälkeen, kun projektin toteutuksesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä tiedetään enemmän. (Ullman, D. G. 2010).

5.1 Tuotekehityksen tavoitteet

Tuotekehityksen tavoitteena on kehittää eteenpäin vanhaa jo olemassa olevaa tuotetta. Tuotteen ominaisuuksia pyritään kehittämään, niin että siitä tulee teknisesti parempi ja valmistuskustannuksiltaan edullisempi. Tuotekehityksellä on myös muitakin tavoitteita kuin vanhan tuotteen kehittäminen. Tällaisia ovat esimerkiksi täysin uuden tuotteen tuominen markkinoille, uuden palvelun tarjoaminen tai tietyn järjestelmän sovittaminen toiseen käyttötarkoitukseen. (Jokinen, T. 2001).

5.2 Tuotekehitysprosessin työvaiheet

Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi ja on olemassa useita eri vaihtoehtoja, miten tämä prosessi voidaan jakaa osiin. Yhtenäistä näille eri vaihtoehtoilta on se, että jokaiseen kuuluu ainakin tarvekuvaus, luovan työn vaihe ja detaljisuunnittelu. Karkeasti jaettuna on kaksi erilaista prosessi mallia, peräkkäismalli ja spiraalimalli. Peräkkäismallissa vaiheet seuraavat toisiaan ja seuraava vaihe alkaa vasta kun edellinen vaihe on saatu päätökseen. Spiraalimallissa taas vaiheet ovat ympyrämaisesti ja ne kiertävät koko ajan tarkentuen ratkaisua kohti. (Ullman, D. G. 2010).

Tässä työssä käytetään Ulrich-Eppingerin – mallia, joka on peräkkäismalli. Ulrich – Eppingerin malli jakautuu kuuteen eri osaan seuraavan laisesti:

1. Tuoteohjelman suunnittelu
2. Konseptisuunnittelu
3. Systemisuunnittelu
4. Detaljisuunnittelu
5. Testaus
6. Tuotannon käynnistäminen (Hietikko, E. 2008).

5.2.1 Tuoteohjelman suunnittelu

Tuoteohjelman suunnitteluvaiheessa yritys määrittää projektiin käytettävät resurssit, kuten käytettävissä olevat varat, ihmiset ja välineet, joita projekti tarvitsee. Tässä vaiheessa myös keskustellaan siitä, että tehdäänkö samanlainen tuote kuin aiemmin, joka on helpompi suunnitella kuin kokonaan uusi tuote ja näin säästetään resursseja. Tuote suunnittelu vaati sitoutumista, ihmisiä ja resursseja yhtiöltä. Lisäksi on perustettava tuotekehitystiimi, joka vie projektia eteenpäin, määritettävä hankkeelle aikataulu sekä laskea kustannukset, joita hankkeesta aiheutuu. Tämän vaiheen lopullisena päämääränä on tuottaa joukko erilaisia tehtäviä, jotka suoritetaan hankkeen edetessä. (Ullman, D. G. 2010).

Tuotekehitysprojekti asetetaan niin, että se on yhteneväinen yrityksen tuotestrategian kanssa. Tuotestrategia on yksi tärkeä osa yrityksen strategiaa ja se kertoo, miten yritys pyrkii kohti päämääräänsä innovaatiotoiminnan avulla. Se yhdistää tuotekehityksen yrityksen muuhun strategiaan niin että myös uudet tuotteet tukevat sitä. Tuotestrategialle ei ole olemassa yleistä sääntöä siitä, mitä sen pitää sisältää, vaan jokainen yritys itse määrittelee oman tuotestrategiansa. Tuotestrategiaa mietittäessä olisi hyvä selvittää seuraavanlaisia asioita

- millaisilla markkinoilla yritys aikoo toimia
- haetaanko markkinaosuuden kasvua
- tuotevalikoiman laajuus ja ylläpito
- tuotantoon ja tuotekehitykseen tarvittavat resurssit
- innovaatioaste
- tuotanto
- tuottavuus
- riskit
- kustannukset.

Tuoteohjelman suunnitteluun kuuluu tuotestrategian tarkastelun lisäksi myös tuotekehitysprojektin tavoitteiden asettaminen ja reunaehtojen määrittäminen. Tuotekehitysprojektilla on tietty aikataulu,

tavoitteet ja se on rajattu koskemaan tiettyä tuotetta. Projekti aloitetaan muiden projektien tavoin projektin asettamisella, jossa määritellään lähtökohdat, rajaus ja tavoite. Näistä perustiedoista voidaan yhdelle paperille koota niin sanottu Mission Statment- kuvaus. Mission Statment- kuvaus sisältää tyypillisesti

- tuotteen kuvauksen
- projektin keskeisimmät tavoitteet
- pää- ja sivumarkkinat
- oletukset ja rajat
- sidosryhmät.

Tuoteohjelman suunnittelu päättyy, kun on tarkistettu, että tuotekehitysprojekti on yhteneväinen tuotestrategian kanssa ja projektin tavoitteet ja reunaehdot on saatu määritettyä. Tämän jälkeen voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen eli konseptisuunnitteluun. (Hietikko, E. 2008).

5.2.2 Konseptisuunnittelu

Ennen konseptisuunnitteluvaihetta on kuitenkin hyvä yrittää ymmärtää projektin ongelmat ja luoda tavoitteet projektille. Ongelmakohtien löytäminen saattaa vaikuttaa helpolta tehtävältä, mutta koska useimmat tuotekehityshankkeet ovat huonosti määriteltyjä, voi ongelma-kohtien löytäminen olla haastavaa. Ensimmäisenä pitää tunnistaa asiakastarpeet, jotka toimivat pohjana vaatimuksille. Näiden vaatimusten pohjalta voidaan arvioida tuotteen kilpailukykyä ja tuottaa teknisiä mitattavissa olevia tietoja, jotka auttavat myöhemmin suunnitteluprosessissa. (Ullman, D. G. 2010).

Asiakastarpeita voidaan selvittää kolmella eri menetelmällä, toimimalla itse käyttäjänä, seuraamalla käyttäjiä ja haastatteleamalla käyttäjiä. Menetelmien avulla kerätty raakadata tuotteesta ja sen ominaisuuksista muutetaan tuotteen tarpeiksi. Tämän jälkeen tarpeet luokitellaan primäärisiin ja sekundäärisiin tarpeisiin. Primääriset tavoitteet ovat yleisiä tarpeita ja sekundääriset tarpeet ovat yksityiskohtaisempia kuvauksia tarpeista. (Hietikko, E. 2008).

Tarpeiden selvittäminen ei kuitenkaan anna riittävän tarkkaa tietoa tuotteen suunnittelemiseksi oikealla tavalla, joten tarvitaan mitattavissa olevaa tietoa. Mitattavissa olevan tiedon ja asioiden pitää kertoa, mitä tuotteen tulee saavuttaa. Tällaista tietoa sanotaan spesifikaatioksi, sillä se muodostuu mitattavasta suureesta ja siihen liittyvästä arvosta. (Hietikko, E. 2008).

Tarvelauseita hyväksi käyttäen tehdään spesifikaatioita. Jokaiselle tarvelauseelle etsitään kuvaava suure ja mittayksikkö. Suureen kuvaamiseen saatetaan tarvita useita spesifikaatioita, joilla tarve saadaan kuvattua riittävän tarkasti. (Hietikko, E. 2008).

Spesifikaatioiden laatiminen ei yksistään riitä suurearvojen löytymiseen, joten sen lisäksi on tehtävä kilpailija-analyysi eli benchmarkaus. Kilpailija-analyysi tehdään tutustumalla kilpaileviin tuotteisiin ja

etsimällä niihin liittyviä tietoja. Tietojen pohjalta tehdään taulukko, jossa tuotteet ja niiden ominaisuudet pisteytetään. Kilpailija-analyysin jälkeen voidaan omalle tuotteelle asettaa tavoitearvot spesifikaatioittain. Jokaiselle spesifikaatiolle asetetaan minimiarvo, joka on aina saavutettava ja ihannearvo, johon tuotekehityksellä pyritään. (Hietikko, E. 2008).

Suunnittelija käyttää spesifikaatioiden tuloksia tuotteen suunnittelussa. Spesifikaatioiden pohjalta voidaan arvioida erilaisia konsepteja, joita tuotteesta on luotu. Samalla ne toimivat myös perustana toimivalle mallille ja niiden pohjalta voidaan myös arvioida asiakkaan tarpeita. Tämän tyyppinen toiminallinen lähestymistapa tuotesuunnittelussa johtaa lopulta laadukkaaseen tuotteeseen. (Ullman, D. G. 2010).

Tuotteen spesifikaatioiden määrittämisen jälkeen alkaa luovan työn vaihe, jossa etsitään erilaisia ideoita ongelman tai ongelmien ratkaisemiseksi. Tärkeimpiä asioita luovassa ongelmanratkaisussa on avoimuus uusia ideoita ja ehdotuksia kohtaan, positiivinen asenne, asioiden ja tietojen yhdistely, jotta saadaan uusi tulos, joka eroaa aikaisemmasta näkemyksestä. Luovassa ongelmanratkaisussa ongelma irrotetaan normaaleista olettamuksista ja etsitään ratkaisua oletetun ratkaisujoukon ulkopuolelta. (Hietikko, E. 2008).

Luovaa ongelmaratkaisua sanotaan ideoinniksi. Ideointivaihetta pyritään tehostamaan erilaisilla menetelmillä. Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi ideointipalaverit ja ideointikävely, jonka avulla on tarkoitus löytää luovia ideoita muualta. Parhaiten luovuutta edistetään kuitenkin avoimella ilmapiirillä. Avoimeen ilmapiiriin kuuluu ennakkoluulottomuus ja persoonallisuuksien hyväksyminen. Usein kuitenkin luovan työn esteenä ovat mentaaliset esteet, joita jokainen asettelee oman ajatuspolkunsu varrelle. Tällaisia esteitä ovat epäonnistumisen pelko, pelko idean hylkäyksestä ja ajan kuluttaminen huonoon ideaan. (Hietikko, E. 2008).

Parhaiten ideat syntyvät, kun asia jätetään hautumaan alitajuntaan, jolloin ideoita saattaa pulpahtaa yhtäkkiä mieleen. Idean juolahtaminen mieleen ei katso aikaa, eikä paikkaa, joten sen takia on hyvä olla jatkuvasti mieli herkkänä. Lisäksi on hyvä kuunnella erilaisia lähteitä, joita voivat olla asiakkaat, tutkimukset, myyjät ja muut vieraat lähteet. (Hietikko, E. 2008).

Ideoiden löytymisen jälkeen on alkaa luonnostelu, jossa ajatusmallista tehdään alustava malli. Luonnostelu on ensimmäinen askel kohti fyysistä tuotetta. Ensimmäiset luonnoskuvat piirretään yleensä käsin, vaikka tietotekniikkaa olisi käytettävissä. Käsin piirtämistä käytetään varsinkin, jos kyseessä on monesta eri osasta koostuva kokoonpano, jonka mallintaminen tietokoneella olisi työlästä. Luonnoskuva pitää tehdä huolellisesti, sillä sitä voidaan käyttää ideoiden arvioinnissa ja vaihtoehtojen vertailussa hyödyksi. Jotta vertailu onnistuu hyvin, luonnoksen pitää olla täydellinen ja laadukas malli ideasta. Luonnoskuviin on myös hyvä liittää sanallisia kuvauksia toiminnoista ja ideaan liittyvistä perusajatuksista. Sanallisten kuvausten kirjaaminen on tärkeää, koska ideat unohtuvat. (Hietikko, E. 2008).

Luovan työn vaiheessa syntyy useita erilaisia luonnoksia tuotteesta ja useita ratkaisuvaihtoehtoja. Näistä luonnoksista ja ratkaisuvaihtoehdoista voidaan valita vain yksi luonnos jatkokehitykseen aikataulun ja kustannusten takia. Parhaan luonnoksen valintaan käytetään evaluointimenetelmää, jossa eri luonnoksien ominaisuudet ja toiminnot laitetaan taulukkoon ja pisteytetään. Pisteitä annetaan sen mukaan kuinka hyvin luonnos täyttää vaaditut ominaisuudet. Jatkoon valitaan luonnos, joka saa eniten pisteitä. Pisteytysvaiheessa voidaan kuitenkin vielä yhdistellä eri luonnoksia ja näin saada parempi ratkaisuluonnos aikaan. Luonnoskuvien joukosta voidaan myös valita vähiten aikaa ja resursseja vaativa luonnos, joka kuitenkin täyttää sille asetetut vaatimukset. (Hietikko, E. 2008, Ullman, D. G. 2010).

Pisteytyksen jälkeen on syytä vielä analysoida valittu luonnos huolella. Analysoinnissa tuotetta tai sen prototyyppiä testataan totuudenmukaisissa olosuhteissa, jotta saadaan selville tuotteen käyttökelpoisuus ja kuinka hyvin se täyttää asiakastarpeet. Analyysi tehdään käyttäen prototyyppiä tuotteesta tai yksinkertaistettua ja abstraktia matemaattista mallia, tai jotain muuta mallia näiden esimerkkien väliltä. (Hietikko, E. 2008).

5.2.3 Systeemin suunnittelu

Systeemin suunnitteluvaiheessa keskitytään miettimään millaisista kokoonpanoista, osista ja osakokonaisuuksista tuotteen tuoterakenne koostuu. Samalla tehdään valintaa siitä, että mitkä osat valmistetaan itse ja mitkä osat ovat osto-osia. (Hietikko, E. 2008).

Toimintorakenteen haku eroaa luonnosteluvaiheesta siten, että nyt on toiminoilla valmiit ratkaisumallit. Toimintorakenteen selvittämisen tavoitteena on saada aikaan moduloitu tuoterakenne, jonka auttaa detailjisunnittelussa. Moduloinnissa tuote jaetaan eri osiin, joille sovitaan yhteiset rajapinnat, jotta eri moduulit saadaan kytkettyä toisiinsa. Näin saadaan enempi vapauksia moduulien detailjisunnittelussa, kunhan sovitusta rajapinnoista muistetaan pitää kiinni. (Hietikko, E. 2008).

5.2.4 Detailjisunnittelu

Tuotekehityksen viimeinen vaihe on detailjisunnittelu, jossa tuotteen osien ja kokoonpanojen yksityiskohdat päätetään lopullisesti. Yksityiskohtiin kuuluu materiaalin valinta, pinnankarheuksien määrittäminen sekä valmistusmenetelmien päättäminen. Detailjisunnittelun tavoitteena on suunnitella jokainen osa valmiiksi tuotantoa varten, joka on myös detailjisunnittelun käsite. Tuotteen osista tehdään 3D-mallit, osa- ja kokoonpanopiirustusten laatiminen, käyttö- ja huolto-ohjeiden tekeminen.

Detailjisunnitteluvaiheeseen kuuluu myös mahdolliset lujuuustarkastelut, jotka tehdään tietokoneella kyseiselle tuotteelle. Lujuuustarkastelun tavoitteena on varmistaa tuotteen kestävyys kuormitus tilanteissa ja optimoida tuotteen osien materiaalivahvuudet. (Hietikko, E. 2008).

5.2.5 Testaus

Testausvaiheessa tehdään prototyyppi eli koekappale, jos tuote on sarjavalmistettava. Prototyypin ominaisuudet tutkitaan ja tarkistetaan, vastaavatko ne sille asetettuja vaatimuksia. Jos suunnitellaan suurta konetta tai laitetta ja ei ole mahdollista valmistaa prototyyppiä, niin silloin tehdään epävarmimmista yksityiskohdista koekappaleita joko täydessä mittakaavassa tai pienoismallina. Niitä kokeilemalla ja testaamalla tuotteen epäonnistumisen mahdollisuutta pienennetään. Prototyyppi on tuotekehitysprosessin kannalta tärkeä, sillä vain sen avulla voidaan varmistaa tuotteen toimivuus. (Hietikko, E. 2008).

5.2.6 Tuotannon käynnistäminen

Kun tuotekehitysprosessin vaiheet on käyty järjestelmällisesti vaihe vaiheelta läpi, päästään tuotteen tuotanto käynnistämään. Tuotannon käynnistämisen alkuvaiheessa tehdään koesarja, joka tunnetaan myös nollasarjana. Tämän koesarjan tavoitteena on testata tuotantomenetelmiä ja samalla kouluttaa työntekijöitä uuden tuotteen valmistamiseen. Koesarjan avulla löydetään myös mahdolliset ongelmat tuotteessa ja sen valmistettavuudessa. Mahdolliset ongelmat voidaan korjata vielä tässä vaiheessa, ennen kuin lopullinen tuotanto käynnistetään. Tuotekehitysprosessin päätetään tuotteen kaupallistamiseen. (Hietikko, E. 2008).

6 LUJUUSLASKENTA

6.1 Lujuuslaskennan yleisiä periaatteita

Koneilta ja laitteilta odotetaan käyttöikä, käyttötarkoituksen mukaan. Tämän takia koneelle tai laitteelle on tehtävä lujuuslaskenta, joka on oleellinen osa koneensuunnittelua. Laskennan tavoitteena on osoittaa, että kone tai laite kestää siihen kohdistuvat kuormitukset murtumatta tai että mahdolliset muodonmuutokset eivät haittaa koneen toimintaa ja näin ollen koneen käyttöturvallisuus taataan. (Airila, M., Ekman, K. 2003).

Koneen käyttö- tai kestoajan aikana saattaa kuitenkin tapahtua jotain sellaista, mikä estää koneen toiminnan tai haittaa sitä. Kun koneen toiminta ei enää vastaa sille asetettua käyttötarkoitusta, kyseessä on vaurioituminen tai rikkoutuminen. Rikkoutuminen saattaa johtua sellaisesta tekijästä, jota ei ole suunnitteluvaiheessa osattu ennakoida. (Airila, M., Ekman, K. 2003).

Koneensuunnittelun suurimpia haasteita on ennustaa laitteen toiminta ja käyttäytyminen, ennen kuin on olemassa mitään konkreettista. Tämän lisäksi haasteena on myös kuormitusmekanismien määrittäminen. Lujuusopillisilla matemaattisilla laskentamalleilla pyritään kuitenkin ennustamaan rakenteen käyttäytymistä tietyssä kuormitustilanteessa. Nämä laskentamallit ovat idealisoituja eivätkä täysin vastaa todellista tilannetta, minkä takia laskemissa on epätarkkuutta. Näin ollen rakenne saattaa rikkoutua taikka vaurioitua, vaikka lujuuslaskelmat olisi tehty oikein. (Salmi, T. 2005).

Jotta idealisoitu laskentamalli saadaan paremmin vastamaan todellisuutta ja mahdolliset vauriot pyritään välttämään, tarvitaan varmuuskerrointa. Varmuuskerroin on rakenneosan jännityksen ja materiaalin jännityksen välinen suhdeluku. Varmuuskertoimen tulee aina olla ykköistä suurempi, jotta rakenneosa kestää. Isompi varmuuskerroin tarkoittaa varmempaa rakenneosan kestävyyttä, mutta samalla se kasvattaa rakenteen massaa ja kalliimpia kustannuksia. Joillekin laitteille tai koneille annetaan yleiset varmuuskertoimet tai sallitut jännitykset yleensä koneensuunnitteluun liittyvissä standardeissa ja asetuksissa. (Hietikko, E. 2013).

6.2 Kuormitukset

Lujuusopillisesti hankalin osa on rakenteeseen kohdistuvien kuormitusten määrittäminen. Kuormitusten määrittäminen on hankalaa, koska ne ovat epämääräisiä ja vaikeasti mitattavia. Lisäksi kuormituksen tyyppi voi olla jatkuva, muuttuva tai iskumainen. Kuormituksia voidaan selvittää perinteisin menetelmin eli käsin laskemalla, mutta nykyään laskentaan käytetään kuitenkin enempi tietokoneille tehtyjä laskentaohjelmia. (Hietikko, E. 2013).

Kuormituksella tarkoitetaan sellaista ulkoista voimaa, joka kohdistuu tutkittavaan kappaleeseen. Kuormitukset johtuvat kappaleeseen kontaktissa olevasta massasta, paineistetusta nesteestä tai

kaasusta. Tällaiset kuormitukset yksinkertaistetaan, jotta laskentaa saadaan helpommaksi. Kuormitustyyppinä on kahdenlaisia, staattisia ja dynaamisia. Kyseessä on staattinen kuormitus, kun rakenteen rakenneosat ovat tasapainossa voimien suhteen. Staattisessa tilassa kappale on levossa eli paikallaan tai se liikkuu vakionopeudella tiettyyn suuntaan. Silloin kun kuormitus vaihtelee ajan mukana, on kyseessä dynaaminen kuormitus. Pyörivät koneen osat ovat tyypillisimpiä dynaamisen kuormituksen aiheuttajia. (Hietikko, E. 2013).

Tyypillisimpiä rakenteeseen kohdistuvia peruskuormituksia on viisi: veto, puristus, taivutus, leikkaus ja vääntö. Kyseessä on veto, kun kappaleeseen kohdistuva voima pyrkii venyttämään kappaletta. Voima aiheuttaa jännitystä kappaleeseen. Jos jännitykset pysyvät myötörajan alapuolella, kappaleeseen ei tule pysyviä pituuden muutoksia. Kun jännitys ylittää myötörajan, niin pituuden muutos on pysyvää, vaikka voima poistettaisiinkin. Kappaleen murtuminen tapahtuu, kun jännitys ylittää murtorajan. (Hietikko, E. 2013).

Puristus on päinvastainen verrattuna vetoon, koska voima puristaa kappaletta kasaan. Puristuksessa kappaleen pituus lyhenee ja jännitys kasvaa. Puristustapauksessa myötörajaa sanotaan tyssäysrajaksi. Taivutuksessa palkki taipuu. Taivutuksessa palkkiin syntyy taivutusjännitystä, jonka suurin ja pienin arvo ovat palkin poikkileikkauksen reunassa. Palkin toiselle reunalle syntyy puristusjännitys ja toiselle reunalle vetojännitys. Leikkauksessa kappale pyrkii leikkautumaan poikki. Leikkautumisen aiheuttaa kuormittava voima ja sitä lähellä oleva vastakkaisuuntainen voima, joiden seurauksena voimien välille syntyy leikkausjännitys. Väännössä sauvaa pyritään kiertämään sen pituusakselin ympäri. Väännön johdosta kappaleeseen tulee leikkausjännitystä, joka on suurimmillaan kappaleen ulkopinnalla. (Hietikko, E. 2013).

Peruskuormitusten lisäksi pitää huomioida mahdollinen nurjahdus. Nurjahdus syntyy, kun pitkää ja ohutta sauvaa puristetaan kokoon, jolloin sauva taipuu sivulle. Ohuessa sauvassa nurjahdus tapahtuu ennen kuin myötöraja tulee vastaan. Näin ollen nurjahdus on määräävä mitoitusmekanismi puristuksen alaisessa kappaleessa. (Hietikko, E. 2013).

Taivutusvoiman lisäksi palkkia voi rasittaa myös normaalivoima tai leikkausvoima. Tällöin kyseessä on yhdistetty veto tai puristus ja taivutus. Vedon tai puristuksen alaisen palkin poikkileikkauksen keskimääräinen normaalijännitys lasketaan kaavalla 1

$$\sigma_n = \frac{N}{A}. \quad (1)$$

Kaavassa σ_n on normaalijännitys, N normaalivoima ja A on poikkileikkauksen pinta-ala.

Taivutusjännitys σ_{MT} lasketaan kaavalla 2

$$\sigma_{MT} = \frac{M_t}{I_z} y. \quad (2)$$

Kaavassa M_t on taivutusmomentti, I_z on pinnan taivutusneliömomentti ja y on poikkipinnan etäisyys pintakeskiöstä.

Yhdistetty veto/puristus ja taivutusjännitys σ_x saadaan selville yhteenlaskulla kaavalla 3

$$\sigma_x = \frac{N}{A} + \frac{M_t}{I_z} y. \quad (3)$$

6.3 Staattinen laskenta

Statiikan avulla tutkitaan rakenteeseen tai kappaleeseen vaikuttavia voimasysteemejä. Staattisessa laskennassa päädytään yksinkertaisimpiin laskentamalleihin, jos rakenteeseen kohdistuva kuormitus on staattista. Laskennan teoria perustuu Newtonin peruslakeihin. Staattista laskentatapaa voidaan menestyksellisesti soveltaa, vaikka rakenteeseen kohdistuva kuormitus ei olisikaan täysin staattista. Laskennassa kuormat muutetaan kiihtyvyyden avulla voimiksi ja laskentamallien avulla selvitetään rakenteen eri osiin vaikuttavat suurimmat voimat. Nämä voimat voidaan tarvittaessa jakaa komponentteihin ja yleisin jakotapa on x-, y- ja z-akselin suuntaisiin komponentteihin. Akseleiden suuntaisten voimien summan tulee olla nolla. Samoin kuin momenttien summan minkä tahansa pisteen ympäri tulee olla nolla. Osiin vaikuttavat voimat muutetaan laskennan avulla jännityksiksi ja niitä verrataan materiaalin lujuusarvoihin. (Salmi, T. 2005.)

Koneen- tai rakenteen asetetun vaatimuksen mukaan, mitoituksessa käytetään joko myötö- tai murtorajamitoitusta. Myötörajamitoitusta käytetään rakenteissa, joissa pysyviä muodonmuutoksia ei sallita. Murtorajamitoituksessa taas sallitaan muodonmuutoksia. (Salmi, T. 2005).

6.4 FEM

Suurimmaksi osaksi lujuusanalyysit tehdään nykyään tietokoneavusteisesti. Tietokoneavusteisen laskennan kehittymiseen vaikuttaa laskentakapasiteetin kasvu ja suunnitteluohjelmien kehittyminen. Suunnitteluohjelmilla voidaan helposti luoda 3D-malli, joka kuvaa laitetta paremmin kuin kaksiulotteiseen malli ja mahdolliset virheet on helpompi korjata ja huomata. (Hietikko, E. 2013).

Elementtimenetelmä eli FEM tulee sanoista *Finite Element Method*. FEM-menetelmässä rakenne jakaantuu osiin, joita sanotaan elementeiksi. Elementit kytkeytyvät toisiinsa niin sanotuissa solmupisteissä. Kuormituksessa elementit muuttavat muotoaan ja solmupisteen saavat uudet koordinaatit. Materiaalin ominaisuuksien ja solmupiste koordinaateista tehdään matriisi, joka yhdistetään kuormitukseen ja näin saadaan selvitettyä solmupisteiden siirtymä. Siirtymien avulla saadaan selvitettyä rakenteessa vaikuttavat jännitykset. Käsien laskennassa voidaan käyttää elementtimenetelmäänalyysia, jos tarkasteltava rakenne on hyvin yksinkertainen ja yhtälöryhmän yhtälöiden määrä ei kasva liian suureksi. (Hietikko, E. 2013).

FEM-analyysiä varten tehdään suunnitteluohjelmalla 3D-malli rakenteesta, jota halutaan tarkastella. Tämän jälkeen malliin luodaan eri elementtityypeistä koostuva elementtiverkko FEM-ohjelmalla. Elementtiverkon kokoa voidaan pienentää halutuissa kohdissa ja saavuttaa tarkempia tuloksia. Elementtiverkon tekemisen jälkeen tarkasteltava 3D-malli tuetaan mahdollisimman todenmukaisilla kiinnityksillä paikoilleen ja lisätään vaikuttavat kuormitukset. Lisäksi ohjelmaan pitää syöttää rakenteessa käytetyn materiaalin tiedot oikeanlaisten tulosten aikaansaamiseksi. Tämän jälkeen voidaan lukea analyysin tulokset. Tuloksia pitää tarkastella kriittisesti, sillä analyysin teko vaiheessa on saattanut tapahtua pieniä virheitä reunaehtojen määrittämisessä ja näin ollen saadut tulokset ovat aivan vääriä virheellisten alkuarvojen vuoksi. Kokemus ja ammattitaito auttavat kuitenkin oikeanlaisten tulosten saavuttamista, mutta FEM-analyysin tulokset on kuitenkin hyvä tarkistaa jollakin muulla sopivalla menetelmällä. (Hietikko, E. 2013).

FEM -ohjelmistot näyttävät tulokset visuaalisina värejä hyödyntäen. Värit näyttävät jännitysten tai muodonmuutoksien suuruuksia. Muodonmuutoksia on myös mahdollista skaalata, jolloin ne ovat todellisuuteen verrattuna liioiteltuja. (Hietikko, E. 2013).

7 SUUNNITTELU

7.1 Alkutilanne

Kuvassa 6 on nykyinen Lekasteel Oy:n valmistama moottoripyöränostimen malli. Nostinmarkkinoilla olevan kovan kilpailun vuoksi yritys halusi uuden nostinmallin valikoimaansa. Tuotteen asiakasryhmäksi yritys määritteli moottoripyöräkilpailijat, sillä markkinoilla ei ole tämän asiakasryhmän tarpeita vastaavaa nostinmallia. Yrityksen nykyinen malli ei sovi tämän asiakasryhmän tarpeisiin, koska tuote on tarkoitettu lähinnä korjaamokäyttöön ja sen liikuteltavuus on työlästä tuotteen painon vuoksi.



KUVA 6. Lekasteel Oy:n valmistama moottoripyöränostin (Lekasteel, 2016-03-14)

Projektin aloitettiin yhteisellä palaverilla yrityksen edustajan ja ohjaavan opettajan kanssa. Palaverissa sovittiin työn tavoitteet ja aikataulu. Tärkein asia palaverissa oli saada kaikki projektiin liittyvät henkilöt yhteisymmärrykseen työn tavoitteista.

7.2 Konseptisuunnittelu

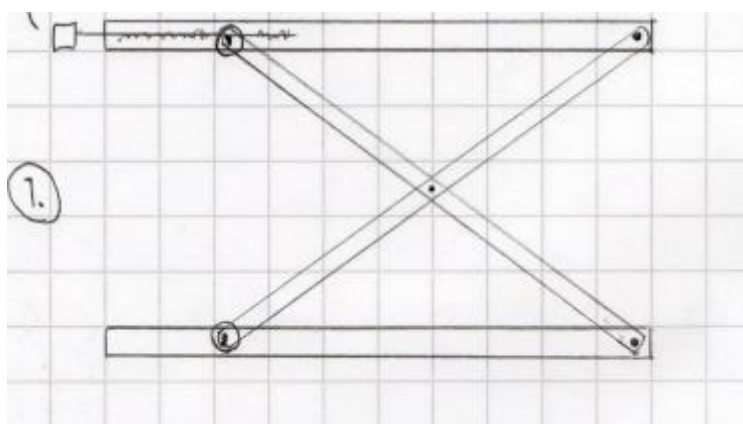
Konseptisuunnittelu lähti liikkeelle palaverimuiston pohjalta laaditulla vaatimuslistalla. Vaatimuslistaan kirjattiin kiinteät ja vähimmäisvaatimukset sekä toivomukset. Kiinteän vaatimuksen pitää toteutua kaikissa tilanteissa. Vähimmäisvaatimuksella on raja-arvoja, mikä on saavutettava mutta voidaan kuitenkin ylittää tai alittaa tilanteen mukaan. Toivomus on tarve, joka huomioidaan mahdollisuuksien mukaan. (Vaatimuslista on liitteenä 1.)

Tuotteen tarvittavien vaatimusten ja ominaisuuksien selvittämisen jälkeen alkoi luovan työn vaihe, jossa kehiteltiin erilaisia ratkaisuja, joilla nostin saadaan toimimaan. Ratkaisuja ja ideoita etsittiin jo

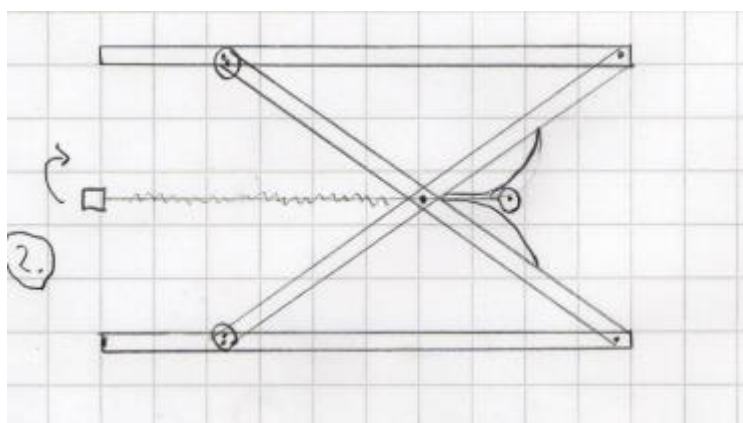
olemassa olevista saman funktion toteuttavasti tuotteista ja laitteista. Ideointi tapahtui avoiminmielin ja kaikki mahdolliset ideat otettiin huomioon. Ideoinnissa tärkeintä oli saada mahdollisimman monta ideaa, vaikka kaikki eivät olisikaan toteuttamiskelpoisia. Ongelman ratkaisu saattaa nimittäin löytyä yhdistelemällä useita eri ideoita.

7.2.1 Luonnostelu

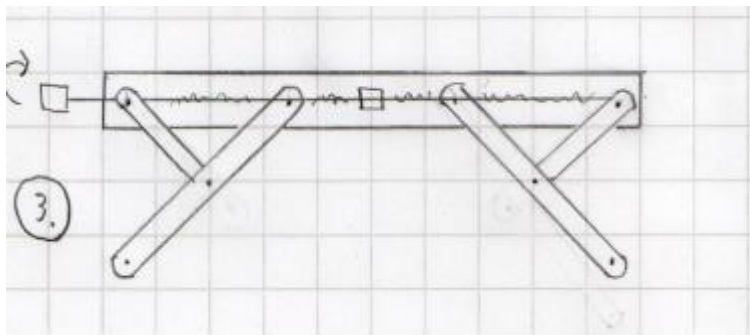
Erilaisten ideoiden ja nostimen toiminta periaatteiden selvittämisen jälkeen voitiin laatia ensimmäisiä luonnoksia nostimesta. Luonnostelun tuloksena saatiin useita erilaisia luonnoskuvia, joista selviää nostimen toiminta ja rakenne. Luonnoksia tehtäessä huomioitiin vaatimuslistan vaatimus, jossa noston pitää tapahtua trapetsikierretangon avulla. Kuvissa 7-12 on luonnoksia, jotka selvisivät esikarsinnasta eteenpäin.



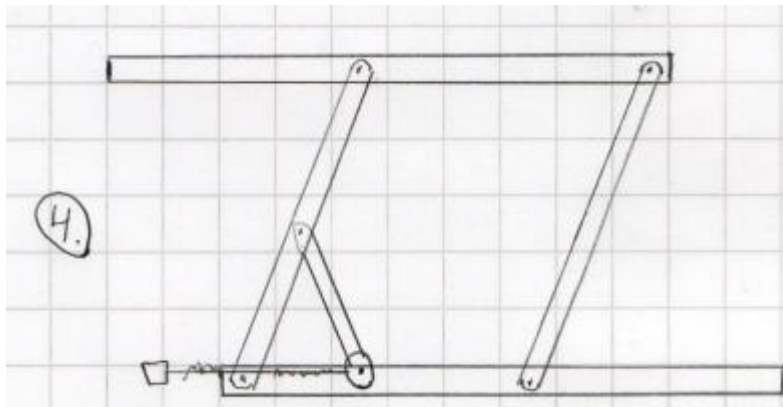
KUVA 7. Luonnos 1 (Timlin, 2016)



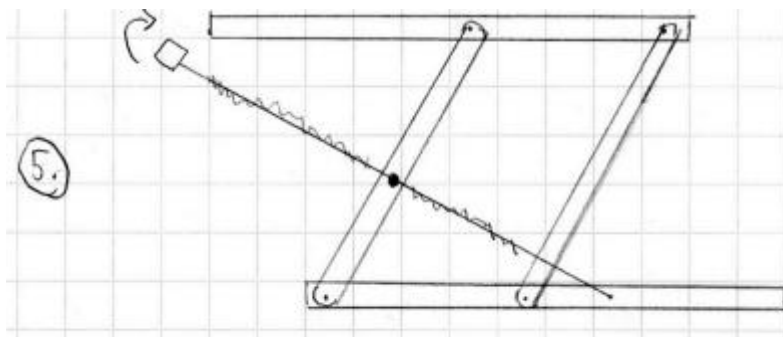
KUVA 8. Luonnos 2 (Timlin, 2016)



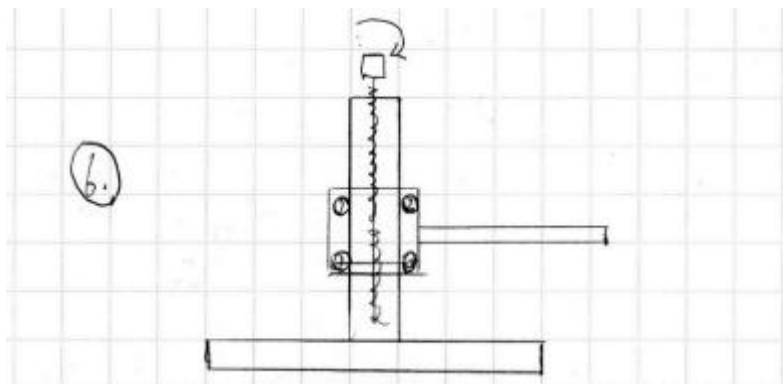
KUVA 9. Luonnos 3 (Timlin, 2016)



KUVA 10. Luonnos 4 (Timlin, 2016)



KUVA 11. Luonnos 5 (Timlin, 2016)



KUVA 12. Luonnos 6 (Timlin, 2016)

7.2.2 Vertailu ja valinta

Luonnosteluvaiheessa aikaan saatuja luonnoksia piti edelleen karsia ja valita sopivin luonnos jatkokehitykseen. Luonnoksen valinta tehtiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Kuvassa 12. oleva pilarinostimen tyyppinen ratkaisu olisi ollut toimiva, vaatimukset täyttävä ja helppo ratkaisu. Pilarinostimessa nostopalkki liikkuu suoraan ylös tai alaspäin. Liike saadaan aikaan trapetsikierretangolla, joka vetää liukutuilla pilariin kiinnitettyä kelkkaa. Kelkkaan on kiinnitetty nostopalkki, johon moottoripyörä kiinnitetään. Näistä luonnosvaihtoehdoista tämän tyyppinen nostin, tarvitsee vähiten voimaa moottoripyörän nostamiseen, sillä nosto tapahtuu suoraan ylöspäin. Yrityksen mielestä vaihtoehto olisi muuten hyvä, mutta moottoripyörän kiinnitys nostimeen olisi ongelmallinen. Nostin ei olisi ollut yleismallinen nostin, vaan jokaiselle moottoripyörä tyyppille olisi pitänyt tehdä omat sovitteet kiinnitystä varten. Tietysti pilarinostimia olisi voinut laittaa useamman vierekkäin ja nostotason niiden väliin, mutta nostimen koko ja paino olisi kasvanut liian suureksi. Samoin nostimien synkroiminen samanaikaisesti toimiviksi olisi ollut ongelmallista. Näin ollen pilarinostinidea hylättiin.

Kuvassa 10. oleva luonnos 3 olisi myös ollut toimiva ratkaisu, mutta monimutkainen toteutettavaksi. Rakenne koostuu tasosta, nostovivuista, tukipalkeista, kahdesta trapetsikierretangosta ja trapetsikierretangot yhdistävästä holkista. Tukipalkit kiinnitetään tason päihin ja nostovipujen puoleen väliin. Nostovipujen yläpäät ovat liukutuilla kiinni tasossa. Nostovivun yläpäihin myös kiinnitetään akseli, johon tulee mutteritrapetsikierre tankoa varten. Taso nousee suoraan ylöspäin, kun nostovipujen yläpäät liikkuvat pois päin toisistaan. Jotta liike saadaan aikaan trapetsikierretankojen avulla, niin niiden kätisyysien pitää erota toisistaan. Erikätiset tangot yhdistetään holkilla toisiinsa puolella välissä tasoa ja näin saadaan haluttu liike aikaan. Tämän rakenteen ongelmiksi kuitenkin muodostuivat nostovipujen synkronointi, jotta taso nousee suorassa ylöspäin ja rakenteen monimutkaisuus.

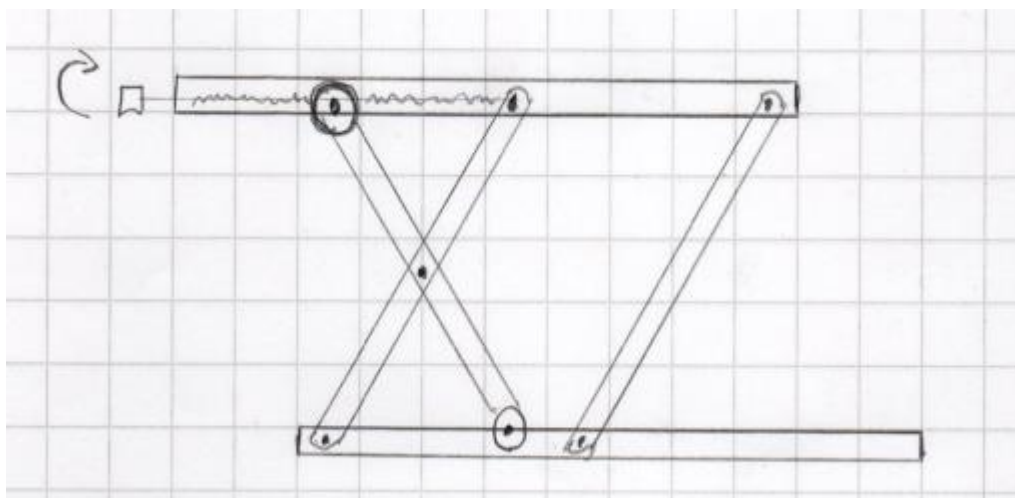
Luonnokset 1 ja 2 ovat ihan perinteisiä saksinostimia (kuvissa 7. ja 8.). Saksinostin koostuu yleensä ylä- ja alarungosta ja välipalkeista. Molempien välipalkkien toiseen päähän tulee liukutuki ja toinen pää on kiinteästi nivelöity runkoon kiinni. Välipalkit on myös yhdistetty toisiinsa nivelellä, joka on palkkien puolella välissä. Saksinostimessa taso nousee suoraan ylöspäin. Luonnoksissa on eroa vain trapetsikierretangon paikalla. Luonnos 2 hylättiin, koska siinä kierretangon pitäisi olla pitempi verrattuna luonnokseen 1. Lisäksi se olisi työläämpi tehdä, johtuen kaaren muotoisista paloista, jotka tulevat välipalkkeihin kiinni. Myös osien määrä olisi suurempi kuin luonnoksessa 1. Näin ollen luonnos 2 hylättiin. Luonnos 1 olisi toimintavarma rakenne ja tämän tyyppisiä ratkaisuja on markkinoilla paljon. Yritys ei kuitenkaan halunnut tällaista ratkaisua, sillä he eivät ole valmistaneet tämän tyyppistä nostinta.

Luonnoksien 4 ja 5 nostimet (kuvissa 10. ja 11.) ovat saman tyyppisiä rakenteeltaan kuin yrityksen tällä hetkellä valmistama tuote. Tällaisessa nostimessa tason liikerata on ympyrän kaaren suuntainen. Nostimen välipalkit on kiinteästi kiinnitetty nivelellä ylä- ja alarunkoon. Tason liike saadaan aikaan, kun välipalkit pakotetaan kääntymään kohti pystyasentoa. Luonnoksessa 5

trapetsikierretanko on nivelellä kiinnitetty alarunkoon ja välipalkin puolella välissä on akseli, jossa on mutteri. Tämän tyyppinen nostinmalli löytyi myös markkinoilta, joten rakenne olisi ollut toimiva. Luonnoksessa ongelma kohdaksi osoittautui se, että kierretanko tulisi ylärungosta läpi ja ylärungosta ei olisi saatu vaatimuksia täyttävää. Lopulta luonnos 4 valikoitui jatkokehitykseen, koska yrityksellä on osaamista tämän tyyppisen nostimen valmistamisesta. Nostimen rakenne on hyvin yksinkertainen ja isoja muutoksia vanhaan nostimeen verrattuna ei tule.

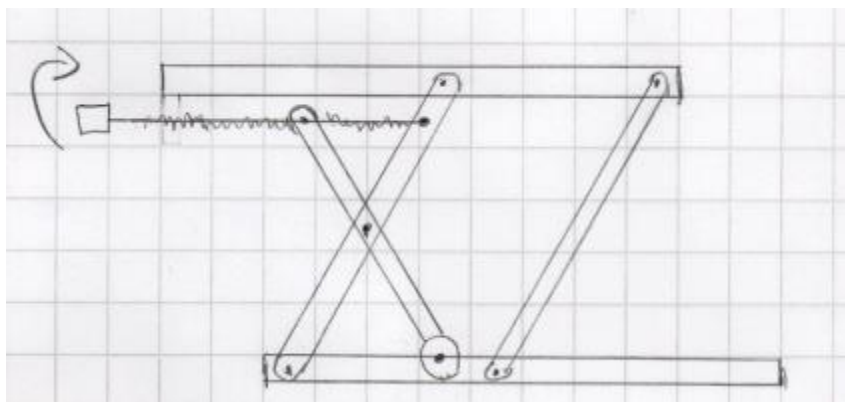
7.3 Systemisuunnittelu

Luonnostelun jälkeen seuraava vaihe työssä oli systemisuunnittelu. Aluksi tarkasteltiin luonnosta ja mietittiin voisiko sitä kehittää vielä paremmaksi. Luonnoksen tarkastelun tuloksena päädyttiin ratkaisuun, jossa kierratanko on ylätasossa kiinni helpommin käsiteltävässä paikassa ja on näin ollen käyttäjä ystävällisempi, joten luonnosta muutettiin kuvan 12. mukaiseksi. Lisäksi yläosaa kannattelevia palkkeja on useampi, minkä avulla voidaan mahdollisesti pienentää palkkien ainevahvuuksia ja alentaa nostimen painoa edelleen.



KUVA 12. Luonnoksen jatkokehitys (Timlin, 2016)

Luonnoksesta tehtiin Solidworks- mallinnusohjelmalla karkea 3D-malli ja etsittiin mahdollisia ongelmakohtia. Lisäksi mallin pohjalta tehtiin alustavia lujuuslaskelmia. Alustavien laskelmien tuloksena yläosan lisätuennalla ei saatu huomattavaa hyötyä. Näin ollen yläosaan lisätty liukutuki toisi vain lisää valmistuskustannuksia, lisäisi materiaalia ja kasvattaisi nostimen osien lukumäärää. Näin ollen nostimen rakenne muutettiin kuvan 13 mukaiseksi, jossa ylärunkoon tuleva liukutuki on poistettu.

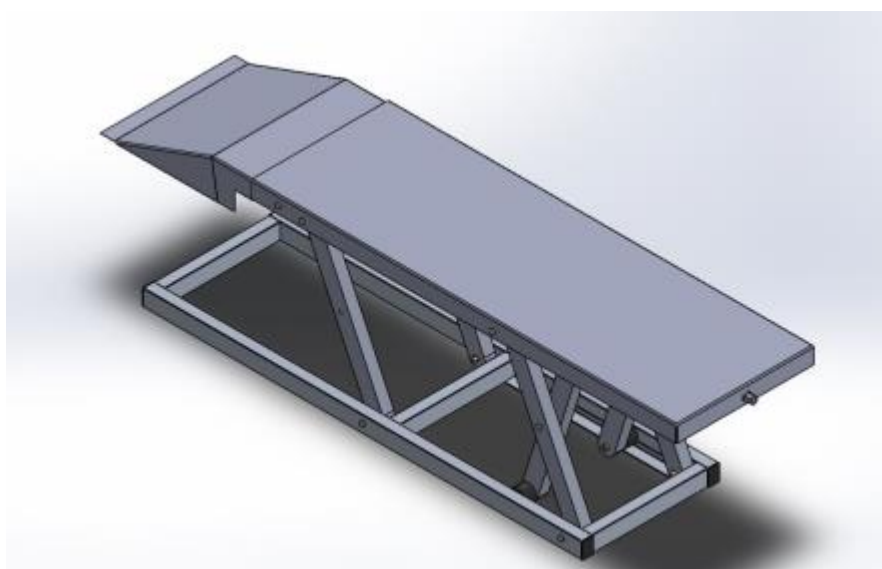


KUVA 13. Lopullinen luonnos (Timlin, 2016)

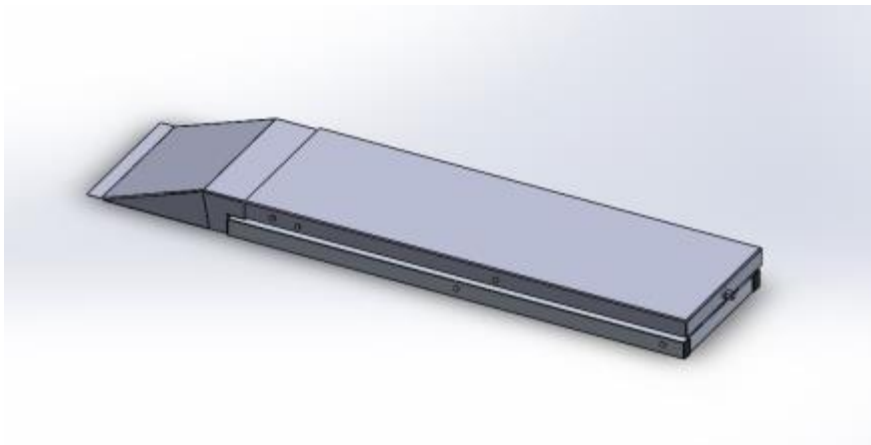
Systeemisuunnitteluvaiheessa keskityttiin miettimään millaisista kokoonpanoista, osista ja osakokonaisuuksista tuotteen tuoterakenne koostuu. Samalla tehtiin valintaa siitä, että mitkä osat valmistetaan itse ja mitkä osat ovat osto-osia. Tuote jakautuu neljään eri osaan, jotka ovat ajoramppi, ylärunko, välipalkit ja alarunko.

7.3.1 Detaljisuunnitteluvaihe

Luonnostelun ja systeemisuunnittelun jälkeen voitiin tuotteesta tehdä tarkka 3D-malli SolidWorks-mallinnusohjelmalla (kuvissa 14. ja 15). Mallin tekemisen yhteydessä tehtiin lopulliset päätökset nostimen eri osista. Nostimessa rakenteessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon samankaltaisia ja kokoisia osia, jotta kustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset. Samankaltaisia osia hyödyntämällä tuotteen valmistettavuus on myös helpompaa.

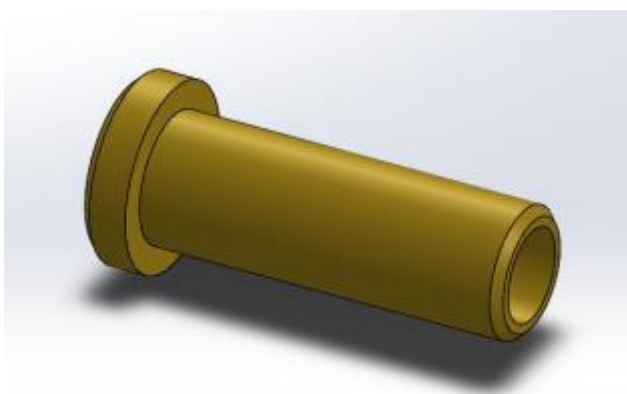


KUVA 14. Nostin yläasennossa (Timlin, 2016)



KUVA 15. Nostin ala-asennossa (Timlin, 2016)

Tuotekehityksen viimeinen vaihe on detaljisuunnittelu, jossa tuotteen osien ja kokoonpanojen yksityiskohdat päätetään lopullisesti. Yksityiskohtiin kuuluu materiaalin valinta, pinnankarheuksien määrittäminen sekä valmistusmenetelmien päättäminen. Detaljisuunnittelun tavoitteena on suunnitella jokainen osa valmiiksi tuotantoa varten, mikä on myös detaljisuunnittelun käsite. Tuotteen osista tehdään 3D-mallit, laaditaan osa- ja kokoonpanopiirustukset sekä tehdään käyttö- että huolto-ohjeet. Kuvassa 16 on esimerkki detaljista. Liitteenä 2 on esimerkki nostimen piirustuksesta.



KUVA 16. Detaljisuunnittelun esimerkkinä pronssiholkki (Timlin, 2016)

Detaljisuunnitteluvaiheeseen kuuluu myös mahdolliset lujuustarkastelut, jotka tehdään tietokoneella. Lujuuustarkastelun tavoitteena on varmistaa tuotteen kestävyys kuormitus tilanteissa ja optimoida tuotteen osien materiaalivahvuudet

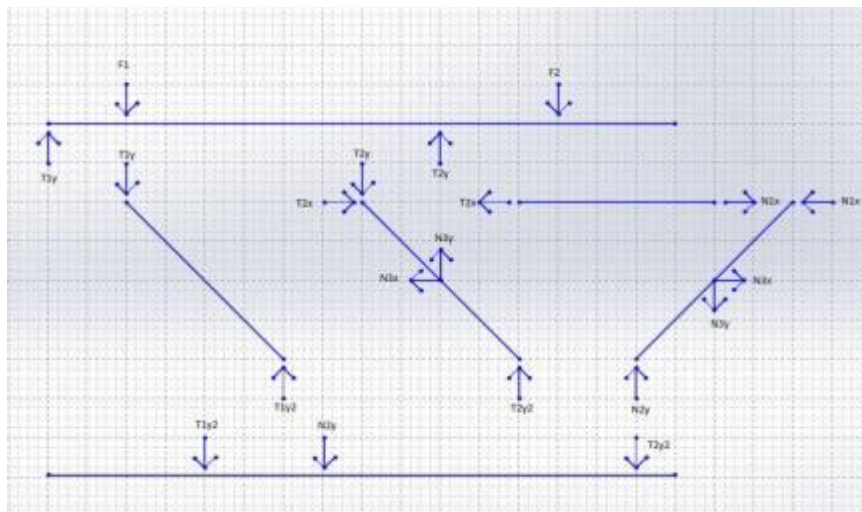
7.3.2 Lujuustarkastelu

Tuotekehityksen lisäksi opinnäytetyöhön kuului myös lujuustarkastelun suorittaminen. Lujuustarkastelun tavoitteena oli nähdä, kestäkö nostimen rakenne siihen kohdistuvat kuormitukset. Lisäksi tarkastelun tavoitteena oli selvittää, voidaanko runkorakenteen materiaalivahvuuksia ohentaa ja näin edelleen pudottaa nostimen painoa.

Lujuustarkastelua varten piti selvittää nostimen eri osiin vaikuttavat suurimmat voimat sekä niiden suunnat. Nämä voimat saatiin selville statiikan keinoilla. Lähtötiedoissa oli määritetty suurin kuormitus, joka nostimen tulee kantaa ja nostaa. Laskentaa varten kuitenkin piti selvittää se, mihin kohtiin kuormitukset kohdistuvat ja minkäsuuruisia ne ovat. Tätä varten jouduttiin selvittämään useiden eri moottoripyörien painojakaumat sekä mitat, jotta kuormitukset saatiin suunnilleen oikeankokoisina oikeisiin paikkoihin.

Statiikan oppien mukaan rakenteesta tehtiin aluksi vapaakappalekuva (kuva 17).

Vapaakappalekuvan tekemisen jälkeen aloitettiin voimien selvittäminen laskennan avulla. Tätä varten luotiin Exceliin laskentataulukko laskemista helpottamaan ja nopeuttamaan. Laskennan suorittaminen käsin olisi ollut lähes mahdoton tehtävä, sillä nostimen osien asento muuttuu noston aikana ja samalla myös niihin vaikuttavien voimien suuruus muuttuu. Laskennassa kävi ilmi, että suurimmat rakennetta kuormittavat voimat ovat nostotapahtuman alkuvaiheessa.



KUVA 17. Vapaakappalekuva (Timlin, 2016)

Kun rakenteessa vaikuttavat voimat oli saatu selvitettyä, voitiin laskea jännitykset. Vaatimuslistan mukaan materiaalina piti käyttää alumiinia. Materiaaliksi suunnitteluvaiheessa valittiin EN AW-6060 T6 sen helpon saatavuuden takia. Kyseisen materiaalin mekaaniset ominaisuudet ovat liitteenä 3. Lujuustarkastelu tehtiin myötörajamitoituksen mukaan, joten suurimmat jännitykset eivät saa ylittää myötörajaa missään tapauksessa. Lujuustarkastelun perusteella voitiin tehdä lopullinen valinta siitä, millaista profiilia nostimen rakenteessa käytetään. Jännitysten laskemisessa käytettiin MDSolids-ohjelmaa. Liitteenä 4 on osa laskennan tuloksista.

Lujuustarkastelun lisäksi laskettiin myös, paljonko käyttövoimaa nostamiseen tarvitaan. Vaatimuslistan yhtenä ehtona oli, että nosto pitää kyetä tekemään joko käsin tai akkukoneella. Tähän vaatimukseen päästiin, sillä suurin tarvittava vääntömomentti on 30Nm ja nykyisistä 18V akkuporakoneista vääntömomentti on keskimäärin 48Nm. Ruuvien hyötysuhdetta voidaan parantaa voitelun avulla ja materiaalivalinnoilla. Trapetsikierteen hyötysuhde vaihtelee 0,2-0,6. Ruuvikäytön momentti laskettiin kaavalla 4

$$Md = \frac{F * p}{2000\pi * \eta s}. \quad (4)$$

Kaavassa Md on tarvittava vääntömomentti, F haluttu lineaarivoima, p kierteen nousu ja ηs on hyötysuhde.

7.4 CE-merkintä

Opinnäytetyöhön kuului myös selvittää, mitä vaatimuksia ja standardeja nostimen pitäisi täyttää, jotta CE-merkinnän saisi laittaa nostimeen. CE-merkillä tuotteen valmistaja tai tuotteen edustaja ilmoittaa lähinnä viranomaisille, että tuote täyttää sille asetetut olennaiset turvallisuusvaatimukset. CE-merkin voi yleensä kiinnittää tuotteeseen ilman kolmannen osapuolen suorittamaa tarkistusta ja testausta. Kuitenkin tietyt tuoteryhmät tarvitsevat kolmannen osapuolen tyyppihyväksynnän, ennen kuin CE-merkintä voidaan liittää tuotteeseen. Tällaisia laitteita ovat mm. autonostimet, moottorisahat ja henkilösuojaimet kuten kypärät ja hengityssuojaimet. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto).

CE-merkinnällä laitteen valmistaja ilmoittaa noudattaneensa suunnittelussa ja valmistuksessa direktiivejä tai kansallisia vaatimuksia, jotka koskevat kyseistä laitetta. Nostimia koskevat direktiivit ovat: **Konedirektiivi** 2006/42/EY, joka on astunut voimaan 29.12.2009, joka koskee kaikkia nostimia.

EMC-direktiivi 2004/108/EY voimassa 20.7.2007 alkaen. Tämä direktiivi koskee nostinta, jonka osana on sähkölaite. Lisäksi on **Pienjännitedirektiivi** 2006/95/EY jos nostimessa käytetään jännitettä 50-1000 VAC tai 75-1500 VDC. Mahdollisesti nostinta voivat koskea myös muutkin direktiivit, esim. **EX-direktiivi**, joka on räjähdysuojaus. (AEL).

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi moottoripyöränostinmalli Lekasteel Oy:lle. Uudesta nostimesta haluttiin kevyempi kuin tuotannossa oleva nostin. Työ aloitettiin pohtimalla yhdessä toimeksiantajan sekä ohjaavan opettajan kanssa työn lähtötilanne sekä vaatimukset uudelle nostimelle. Kun lähtötilanne oli selvitetty, voitiin aloittaa ideoiden etsiminen ja nostimen luonnostelu. Ideoita ja luonnoksia saatiin useampia, ja ne esitettiin toimeksiantajalle. Luonnoksen valinnan jälkeen nostimesta tehtiin SolidWorks-mallinusohjelmalla 3D-malli. Tämän mallin pohjalta voitiin suorittaa lujjuustarkastelut.

Lopputuloksena saatiin kehitettyä vaatimukset täyttävä nostimen malli. Jos aikaa olisi ollut enemmän, olisi ollut mielenkiintoista rakentaa prototyyppi suunnitelmien pohjalta ja nähdä, kuinka se käytännössä toimii.

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli todella opettavainen kokemus ja siinä sai oppia käytäntöön liittyvästä suunnittelutyöstä. Opinnäytetyötä tehdessä huomasi, kuinka tärkeää on olla selvä päämäärä työn tavoitteesta, joka yritetään saavuttaa parhaalla mahdollisella tavalla. Yhteistyön tärkeys korostuu varsinkin asiakkaalle tehtävässä tuotekehitystyössä, koska työn eri vaiheessa tarvitaan muitakin näkökulmia tuotteen tuotekehitykseen, valmistettavuuteen ja toimintaan. Opinnäytetyön aikana ilmeni projektityön haasteet ja projektiin vaikuttavat olennaiset tekijät, kuten aikataulutus, välitavoitteiden asettaminen ja palaverien pitäminen työhön liittyvien henkilöiden kanssa.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AEL. 2016. Autonostimet tarkastukset. [Viitattu 2016-09-18.] Saatavissa:

<http://docplayer.fi/20124575-Autonostimet-tarkastukset.html>

AIRILA M., EKMAN K., HAUTALA P., KIVIOJA S., KLEIMOLA M., MARTIKKA H., MIETTINEN J., NIEMI E., RANTA A., RINKINEN J., SALONEN P., VERHO A., VILENIUS M. ja VÄLIMAA V. 2003.

Koneenosien suunnittelu 4. painos. WS Bookwell Oy.

ALUMECO. 2015. Suorakaideputket [Viitattu 2015-06-17.] Saatavissa:

<http://www.alumeco.fi/Tuotteet/Profilit/Suorakaideputket.aspx>

HIETIKKO, E. 2013. Palkki. 2. painos. Helsinki: BoD - Books on Demand.

HIETIKKO, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

JOKINEN, T. 2001. Tuotekehitys. 6. painos. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2016-04-29.] Saatavissa:

<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>.

LEKASTEEL. 2015. Lekasteel. [Viitattu 2015-03-14.] Saatavissa: <http://www.lekasteel.fi/>

MEKANEX. 2015. Trapetsiruuvit [Viitattu 2015-06-26.] Saatavissa:

<http://www.mekanex.se/produkter/trans/fi-trapetskskrugar.shtml>.

SALMI, T. ja PAJUNEN, S. 2010. Lujuusoppi. Tampere: Klingendahl Paino Oy.

SALMI, T. 2005. Statiikka. 3. painos, 2005. Tampere: Klingendahl Paino Oy.

SUOMEN STANDARDOIMISLIITTO. 2011. Autonostimet. SFS-EN 1493. Vahvistettu 2011-01-24.

[Viitattu 2015-04-13.] Saatavissa: www.sfs.fi.

TRAFI. 2016. Liikennekäytössä olevat ajoneuvot neljännesvuosittain. [Viitattu 2016-04-26.]

Saatavissa:

http://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot/040_kanta_tau_104.px/table/tableViewLayout1/?rxid=652ac175-ca86-424b-a9de-f417671f6d45.

TURVALLISUUS- JA KEMIKAALIVIRASTO. 2016. CE-merkintä. [Viitattu 2016-09-18] Saatavissa:


<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>.

ULLMAN, D. G. 2010. The mechanical design process. 4th ed. New York, NY: McGraw-Hill.

VALTIONEUVOLSTON PÄÄTÖS TYÖVÄLINEIDEN TURVALLISESTA KÄYTÖSTÄ. L 1403/1993. Finlex.

Lainsäädäntö. [Viitattu 2015-04-25.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931403>.

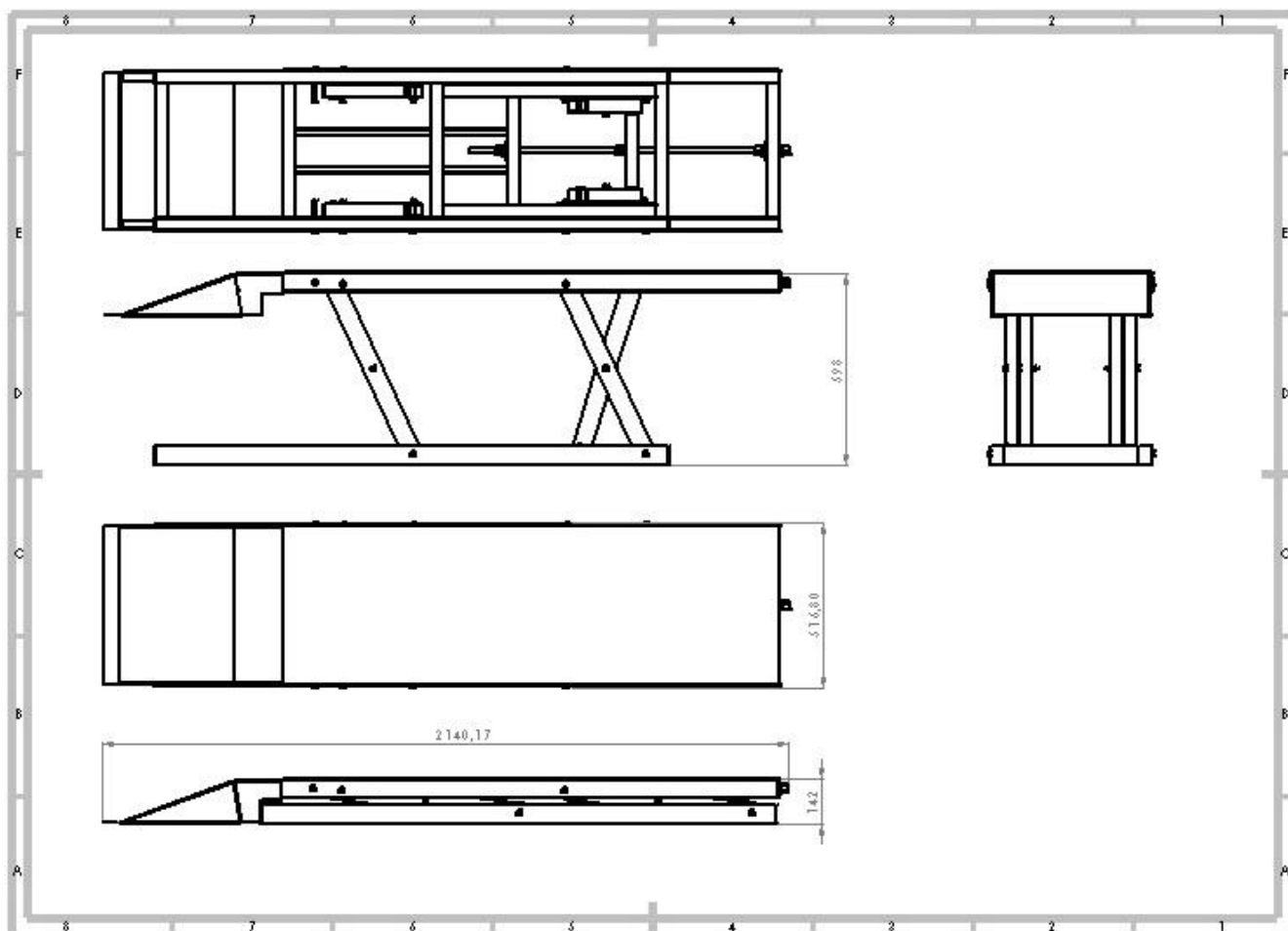
LIITE 1: VAATIMUSLUETTELO

 SAVONIA	VAATIMUSLUETTELO Sivun 1 Päiväys: 16.3.2015 Laatinut: Tomi Timlin
Projektin nimi:	Moottoripyöränostin

Muut.	K/V/T	Kehitettävän tuotteen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:	Vastaava
	K V T	Kiinteä vaatimus: Vaatimuksen tulee toteutua kaikissa tilanteissa Vähimmäisvaatimus: Vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa Toivomus: Tarve, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan	
	K	Nostimen kyettävä nostamaan 200kg painoinen moottoripyörä.	
	V	Nostimen paino enintään 65kg	
	K	Nosto trapetsikierretangon avulla, käsikammella tai akkuporakoneella.	
	V	Ala-asennon korkeus 140mm, Ylä-asennon korkeus 600mm	
	K	Yleismallin nostin, käy kaikille moottoripyörille.	
	V	Materiaali alumiini, tarvittaessa saa olla terästä.	
	V	Max. nostokuorma 200kg.	
	V	Leveys 500mm, pituus 1650mm.	
	K	Turvallisuus; ei saa kaatua tai laskeutua hallitsemattomasti alas.	
	T	Nostimeen myöhemmin liitettävissä erilaiset moottoripyörän kiinnitys apuvälineet.	

	K	Irti otettava ajosilta.	
--	---	-------------------------	--

LIITE 2: NOSTIMEN ÄÄRIMITAT



LIITE 3: MATERIAALIN MEKAANISET OMINAISUUDET

Alumeco Finland OY AB - Pohjoismaiden Johtava alumiinitoimittaja ... http://www.alumeco.fi/Tekninen_informaatio/Mekaaniset_ominaisuude...



Mekaaniset ominaisuudet: Lattaprofiilit - Seos EN AW-6060

Seos	Tila	Vetolujuus R_m N/mm ²		0.2% myötölujuus $R_p 0.2$ N/mm ²		Venymä		Brinell kovuus HBS
		min.	max.	min.	max.	A_{50mm} % min.	A % min.	
EN AW-6060	T6	190	-	150	-	12	-	60

Alumeco A/S Næsbyvej 26 5000 Odense C Danmark Telefon: +45 6617 8117 Fax: +45 6614 5871 Email: mail@alumeco.dk

LIITE 4: LASKENNAN TULOKSIA JA PROFIILITIETOJA

Section Properties Module

Back File Simple Flanged Double Standard Help

User-defined Box Shape

40,0
y

54,0 z

60,0

34,0

To scale

y-z
 x-y

mm

to in

0
 90
 180
 270

Rotate

Mohr's Circle

Compute

Elastic Modulus

68,90 Material Elastic Modulus GPa

Composite Cross Section

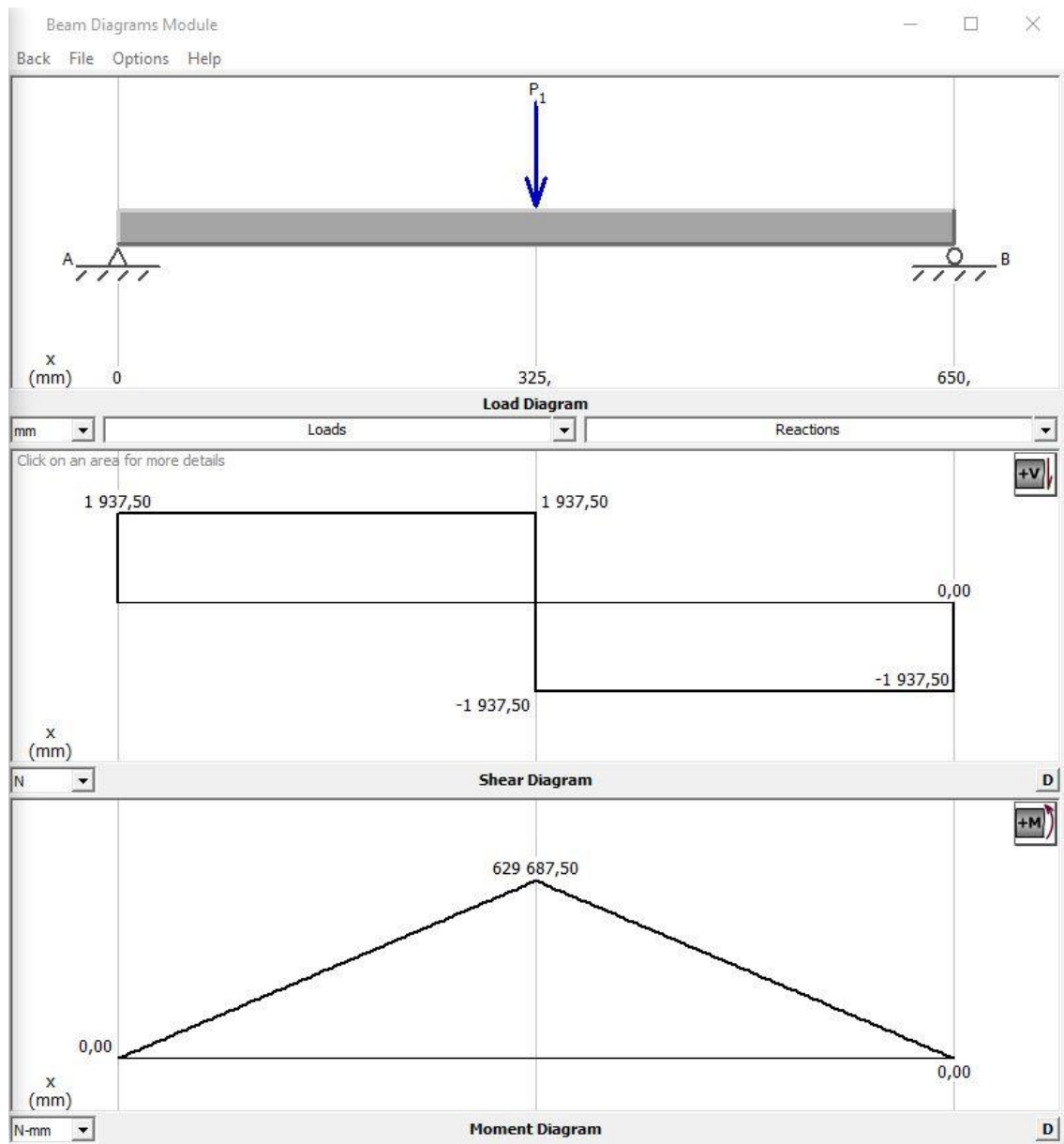
Material A

0,00 Assign area for this material by clicking with left mouse button

Material B

0,00 Assign area for this material by clicking with right mouse button

Cross Section Properties			
Z Axis Properties	Y Axis Properties	Print	Details Excel
Z Axis Properties			
Elastic Modulus	E	68,9000	GPa
From bottom to centroid	y (bot)	30,0000	mm
From centroid to top	y (top)	30,0000	mm
Area of shape	A	564,0000	mm ²
Moment of Inertia	Iz	273 852,0000	mm ⁴
Section Modulus	Sz	9 128,4000	mm ³
Section Modulus (bottom)	S (bot)	9 128,4000	mm ³
Section Modulus (top)	S (top)	9 128,4000	mm ³
Radius of Gyration	rz	22,0353	mm
Plastic Modulus	Zz	11 214,0000	mm ³
Shape Factor		1,2285	
From bottom to plastic n.a.	yp (bot)	30,0000	mm
From plastic n.a. to top	yp (top)	30,0000	mm
Polar Moment of Inertia	J	416 984,0000	mm ⁴
Product of Inertia	Iyz	0,0000	mm ⁴
Maximum Moment of Inertia	Imax	273 852,0000	mm ⁴
Minimum Moment of Inertia	Imin	143 132,0000	mm ⁴
Angle from z axis to Imax axis	β	0,0000	degrees
		Counterclockwise	



Flexure Module

Back File Cross Section Allowable Stresses

Shear/Moment Along the Beam

X-coordinate (mm) **Shear/Moment**

Shear Force (N) -1 937,50

Bending Moment (N-mm) 629 687,50

Analysis Design Unsymmetric Max Loads

Stresses at a point

y z

Normal stress at coordinates specified above

-68,981 MPa

Axial Force N

Shear Force

Bending Moment N-mm

Normal stresses at key locations

Normal Stress **Shear Stress** **Mohr's Circle** **3d Solid Rendering** **Back**

Radius of curvature for 629 687,50 N-mm moment = 29 964,7 mm