

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SOVITERUNKO

LLP Farm Machinery Group Oy

TEKIJÄ: Esa Hentunen

| | |
|--|-----------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | |
| Työn tekijä(t) Esa Hentunen | |
| Työn nimi Soviterunko | |
| Päiväys | 13.5.2013 |
| Sivumäärä/Liitteet | 58 |
| Ohjaaja(t) yliopettaja, TkT Esa Hietikko | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) LLP Farm Machinery Group Oy | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää uusi soviterunkomalli tie- ja kiinteistöhoitolaitteisiin. Soviterunko yhdistää työlaitteen työkoneeseen. Erilaisia sovitteita on useita käytettävän työkoneen mukaan.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu, jossa sovitteet kiinnitetään soviterunkoon vasta sitten, kun tiedetään asiakkaan tarvitsemat sovitteet. Sovitteiden tuli olla helposti kiinnitettävät ja myös irrotettavat, jotta asiakas voi ne tarvittaessa itse vaihtaa. Soviterunkon tuli olla sellainen, että myöhemmin siihen voidaan kiinnittää yleisimmät sovitteet.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla soviterunkoihin liittyviä patenteja ja standardeja. Tämän jälkeen kartoitettiin käytössä olevat sovitteet sekä niiden menekki yrityksessä. Sovitteiden kartoituksen jälkeen alkoi uusien soviterunkomallien luonnostelu. Aluksi ideointi tapahtui perinteisesti paperille piirtämällä ja potentiaalisimmat ideat mallinettiin Solid-works-ohjelmalla 3D-malleiksi. Ideoita jalostamalla löytyi toimiva ratkaisu, joka täytti työlle asetetut tavoitteet ja vaatimukset.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kehitettyä uudenlainen soviterunko, johon sovitteet voitiin helposti kiinnittää. Asiakas voi vaihtaa sovitteet tarpeen mukaan myös itse. Ratkaisu vähentää kustannuksia sekä lyhentää toimitusaikaa.</p> | |
| Avainsanat soviterunko, sovite | |
| Julkinen | |

| | | | |
|---|--------------|------------------|----|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Industrial Engineering and Management | | | |
| Author(s) Esa Hentunen | | | |
| Title of Thesis Attaching Frame | | | |
| Date | May 13, 2013 | Pages/Appendices | 58 |
| Supervisor(s) Senior Lecturer, D.Sc. (Tech.) Mr. Esa Hietikko | | | |
| Client Organisation /Partners LLP Farm Machinery Group Oy | | | |
| Abstract <p>The subject of this thesis was to develop a new attaching frame for municipal and road maintenance equipment. An attaching frame joins the equipment to a tractor. There are several adapters depending on the use of the tractor. The aim of the project was to find a solution where adapters are attached to the attaching frame only when it is known which adapter the customer needs. Adapters must be easy to attach and to release, so that the customer himself can change them. The attaching frame must be suitable for the most common adapters.</p> <p>The project was started by researching patents and standards related to attaching frames. After this, adapters that are used and their sale in the company were studied. Then sketching of the new attaching frame was done with pen and paper. The most potential ideas of these were modeled to 3D-models with Solidworks. By developing these ideas a working solution was found, which satisfies objectives and requirements set to this work.</p> <p>As a result of this thesis there is the new attaching frame, to which adapters can easily be attached. Customers themselves can also later change adapters. The solution reduces costs and shortens delivery time.</p> | | | |
| Keywords attaching frame, adapter | | | |
| Public | | | |

ESIPUHE

Opinnäytetyö on tehty LLP Farm Machinery Group Oy:lle kevään 2013 aikana. Kiitän yritystä opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta. Erityiskiitos R&D –päällikkö Väinö Rönkölle työni ohjaamisesta ja neuvoista sekä ohjaajalle yliopettaja Esa Hietikolle.

Kuopiossa 13.5.2013

Esa Hentunen

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 2 | LLP FARM MACHINERY GROUP OY..... | 8 |
| 2.1 | Historia | 8 |
| 2.2 | Tuotteet..... | 8 |
| 3 | LÄHTÖKOHDAT JA VAATIMUKSET | 10 |
| 3.1 | Vaatimusluettelo | 11 |
| 3.2 | Standardit | 12 |
| 3.2.1 | Kolmipistekiinnitys | 12 |
| 3.2.2 | Euro-sovite | 15 |
| 3.2.3 | Nelipistekiinnitys..... | 17 |
| 3.3 | Patentit..... | 19 |
| 4 | MODULOINTI | 20 |
| 4.1 | Variointi | 21 |
| 4.2 | Tuotteen konfigurointi | 21 |
| 5 | TYÖLAITTEIDEN PIKAKIINNITYS | 23 |
| 5.1 | Varustelevy | 23 |
| 5.2 | Soviterunko | 24 |
| 5.3 | Sovitteet | 24 |
| 5.3.1 | Sovitteiden kartoitus | 25 |
| 5.3.2 | Sovitteiden menekki..... | 25 |
| 5.4 | Adapterit..... | 25 |
| 6 | LUONNOSTELU | 27 |
| 7 | SUUNNITTELU | 40 |
| 7.1 | Sovitepohja | 40 |
| 7.2 | 3-pistekiinnitys..... | 41 |
| 7.3 | Auran soviterunko | 42 |
| 7.4 | Avoharjan soviterunko | 44 |
| 7.5 | Nivel- ja U-auran soviterunko | 44 |
| 8 | LUJUUKSIEN MÄÄRITTÄMINEN..... | 46 |
| 8.1 | FEM-analyytit | 46 |
| 8.1.1 | Sovitepohja..... | 46 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8.1.2 | Soviterungot | 47 |
| 8.2 | Pulttien mitoitus | 48 |
| 9 | HITSAUSKUSTANNUKSET | 50 |
| 9.1.1 | Sovitepohja | 53 |
| 9.1.2 | Alue- ja perhosauran soviterunko | 53 |
| 9.1.3 | Avoharjan soviterunko | 54 |
| 9.1.4 | Nivel- ja U-auran soviterunko | 54 |
| 10 | KÄYTÄNNÖN MUUTOKSET | 56 |
| 11 | YHTEENVETO | 57 |
| | LÄHTEET | 58 |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä kehitetään uusi soviterunkomalli LLP Farm Machinery Group Oy:lle. Soviterungolla tarkoitetaan runkoa, johon sovitteet kiinnitetään. Sovitteilla työlaite kytketään työkoneeseen. Käytettävät sovitteet riippuvat työkoneesta.

Tällä hetkellä yrityksessä käytetyt sovitteet hitsataan kiinni soviterunkoon jo tehtaalla, eli työlaitteissa on jo tehtaalta lähtiessä sovitteet valmiina. Tehtaalta työlaitteet kuljetetaan jälleenmyyjille ennakoon eli varastoon odottamaan myyntiä. Etukäteen ei voida kuitenkaan tietää, millä sovitteilla työlaitteita menee kaupaksi, vaan työlaitteita pitää varustaa aiemman kokemuksen mukaan. On kuitenkin mahdollista, että asiakkaan haluama työlaite on jälleenmyyjän varastossa, mutta siinä on väärät sovitteet. Tällöin työlaite joudutaan kuljettamaan tehtaalle, jossa siihen vaihdetaan oikea soviterunko ja lähetetään takaisin. Tämä aiheuttaa turhia kustannuksia yritykselle ja toimitusaika pitenee.

Yritys haluaa soviterunkomallin, johon sovitteet kiinnitetään sitten, kun asiakas on työlaitetta ostamassa ja asiakkaan tarvitsemat sovitteet tiedetään. Tehtaalta työlaitteet lähtisivät jälleenmyyjille entiseen tapaan soviterungon kanssa. Sovitteet olisivat kuitenkin erikseen asennettavia osia, jotka kiinnitetään soviterunkoon kaupanteon yhteydessä, kun tiedetään, mihin koneeseen asiakas laitteen kytkee. Tämä säästää kustannuksia sekä nopeuttaa toimitusaikaa. Irrotettavilla sovitteilla varustetut työlaitteet olisivat myös kilpailuetu.

Uuden soviterunkomallin lujuus lasketaan ja verrataan sitä nykyisen soviterungon lujuuteen. Soviterunko on tärkeä linkki työlaitteen ja työkoneen välillä ja sen on kestettävä. Soviterungon valmistuskustannukset lasketaan. Uutta suunniteltaessa tulee kustannukset ottaa huomioon. Uuden soviterungon kustannukset eivät saisi radikaalisti nousta nykyisen soviterungon valmistuskustannuksista.

2 LLP FARM MACHINERY GROUP OY

LLP Farm Machinery Group Oy on iisalmelainen tie- ja kiinteistönhoitotyökaluita valmistava yritys, jonka tuotemerkki on FMG. Markkina-alueita ovat Pohjoismaat, Baltia ja Venäjä. Yritys työllistää tällä hetkellä 22 henkilöä. Liikevaihto oli 4,7 miljoonaa euroa.

2.1 Historia

Yrityksen perusti Jarmo Hiltunen Lapinlahdella vuonna 1989 nimellä Lapinlahden Levypalvelu. Yritys valmisti alkuaikoina alihankintaosia Ponselle. Ensimmäinen oma tuote oli metsäkoneen koura ja samalla käyttöön tuli Rote-tuotemerkki. (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)

Myöhemmin urakoitsijoiden pyynnöstä yritys alkoi valmistaa traktorin lisälaitteita. Vähitellen toiminta alkoi painottua tie- ja kiinteistönhoitolaitteiden valmistukseen. Yrityksen kasvaessa se muutti vuonna 1994 teollisuusalueelle Iisalmeen Parkatille ja sai samalla lisää tuotantotilaa. (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)

Vuonna 1996 Lapinlahden Levypalvelu aloitti myyntiyhteistyön Valmetin traktorimyynnin kanssa. Tämä tarkoitti sitä, että asiakkaan ostaessa Valmetin uuden traktorin hän pystyi jo traktorin oston yhteydessä ottamaan siihen lisävarusteena Roten alueauran. Tämän seurauksena varsinkin aurojen valmistusmäärät lähtivät selvään kasvuun. Toiminta laajeni myös muiden työkalujen valmistukseen, ja vuonna 2003 yritys muutti nykyiselle paikalle Iisalmen teollisuuskylälle. (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)

Suuret muutokset yrityksessä alkoivat vuonna 2010, jolloin yhtiön omistuspohja, nimi ja tuotemerkki vaihtuivat. Lapinlahden Levypalvelu Oy vaihtui nykyiseksi LLP Farm Machinery Group Oy:ksi. Tuotemerkistä Rote tuli FMG. Samalla alkoi yrityksen kansainvälistyminen. (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)

2.2 Tuotteet

LLP Farm Machinery Group valmistaa laajasti tie- ja kiinteistönhoitotyökaluita. FMG:n tuotemallistoon kuuluvat seuraavat tuoteryhmät:

- aurat
- harjalaitteet
- lanat
- kauhat
- perävaunut
- pihdit ja piikit.

FMG:n kysytyin tuote on aurat. Auramallistoon kuuluu seitsemän erilaista työlaitetta, joista alueaura on suosituin. Auroja on saatavana eri levyisinä asiakkaan tarpeen mukaan. FMG:n tuotteita myyvät Agco Suomi sekä Valtran toimipisteet. (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)



KUVA 1. Perhosaura (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)

3 LÄHTÖKOHDAT JA VAATIMUKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää nykyistä soviterunkoa. Tällä hetkellä soviterungot hitsataan valmiiksi muun työlaitteen yhteydessä, joten sovitteet ovat siis kiinteästi paikallaan rungossa. Ennen valmistamista arvioidaan sovitteiden menekki ja valmistetaan niitä arvion mukaan. Jälleenmyyjille lähetetään työlaitteita ennakkoon myyntipisteisiin. Jos asiakas ostaa myyjältä esimerkiksi auran, tämä löytyisi jo myyjän varastosta eikä sitä tarvitsisi erikseen lähettää. Näin asiakas saisi auran nopeasti käyttöönsä.

Työlaitteiden ennakkoon lähettämisessä on kuitenkin ongelma. Työlaitteita toimitetaan myyjille näiden arvioiden mukaan. On kuitenkin mahdotonta tietää varmaksi, kuinka paljon työlaitteita milläkin sovitteilla ostetaan. Jos myyjällä ei olekaan oikeilla sovitteilla olevaa auraa varastossa, se joudutaan erikseen toimittamaan myyjälle, mikä pidentää toimitusaikaa. Toisaalta varastosta saattaa löytyä muuten sopiva aura, mutta asiakas haluaa ne eri sovitteilla. Tällöin aura joudutaan tuomaan FMG:lle lisälmeen, jossa auran vaihdetaan oikea soviterunko. Tämä lisää turhaan kustannuksia yritykselle.

Ihanteellinen tilanne olisi, jos sovitteet voisi liittää työlaitteeseen myöhemmin. Työlaitteita lähetettäisiin ennakkoon myyjille niin kuin ennenkin, mutta soviterungossa ei olisi sovitteita paikallaan. Sovitteet olisivat siis irrallisia osia. Asiakkaan ostaessa konetta myyjä tiedustelisi, mitkä sovitteet työlaitteessa tulisi olla. Sovitteet kiinnitettäisiin siis vasta silloin, kun tiedetään asiakkaan tarpeet. Sovitteet tulisi olla helposti kiinnitettävät, jotta ne voi tarpeen tullen kuka tahansa kiinnittää.

Jos asiakas myöhemmin vaihtaa työlaitteen eri koneeseen, johon tarvitsee erilaiset sovitteet, tulisi hänen pystyä vaihtamaan sovitteet itse. Nykyisin koko soviterunko joudutaan vaihtamaan toiseen, jos työlaitteeseen halutaan erilaiset sovitteet. Irrotettavat sovitteet lisäisivät totta kai myös kilpailukykyä.

Koska erilaisia sovitteita on paljon, uuteen soviterunkoon ei välttämättä saada kaikille soviteille kiinnityspaikkoja. Siksi työn alussa kartoitetaan sovitteiden menekki, jolloin tiedetään, millä sovitteilla työlaitteita ostetaan eniten. Toimeksiantajan kanssa ajateltiin, että uuteen soviterunkoon tulisi käydä esimerkiksi viisi yleisintä sovitetta. Tietenkin mahdollisuuksien mukaan niin monta kuin mahdollista. Harvinaisimmilla sovitteilla voitaisiin joko pysyä tämänhetkisessä menetelmässä tai tehdä toinen versio soviterungosta, johon voi kiinnittää loput sovitteet.

Projektia tehtäessä tulee ottaa huomioon myös logistiikka. Jos sovitteet lisätään laitteisiin sitten, kun laite myydään asiakkaalle, on mietittävä, toimitetaanko sovitteet laitteiden mukana jälleenmyyjille? Lisäksi jos uusi soviterunko käy vain yleisimmille soviteille, miten toimitaan, jos työlaite halutaan harvinaisilla sovitteilla, joille ei ole uudessa rungossa paikkaa.

Työ aloitetaan tutkimalla sovitteisiin liittyviä standardeja sekä patentti- ja rekisterihallitusta.

3.1 Vaatimusluettelo

Taulukossa 1 esitetään opinnäytetyölle asetetut vaatimukset. Kiinteä vaatimus tarkoittaa sitä, että se toteutuu kaikissa tilanteissa. Projekti voidaan katsoa onnistuneeksi, kun kiinteät vaatimukset täyttyvät. Vähimmäisvaatimus merkitsee taas sitä, että vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa. Esimerkiksi uuden soviterungon lujuuden tulee olla vähintään yhtä hyvä kuin nykyisen. Toivomus vaatimusluettelossa tarkoittaa tarvetta, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. Opinnäytetyössä toivomus olisi, että uusia nimikkeitä jouduttaisiin avaamaan mahdollisimman vähän, koska uusi nimike lisää kustannuksia.

TAULUKKO 1. Vaatimusluettelo

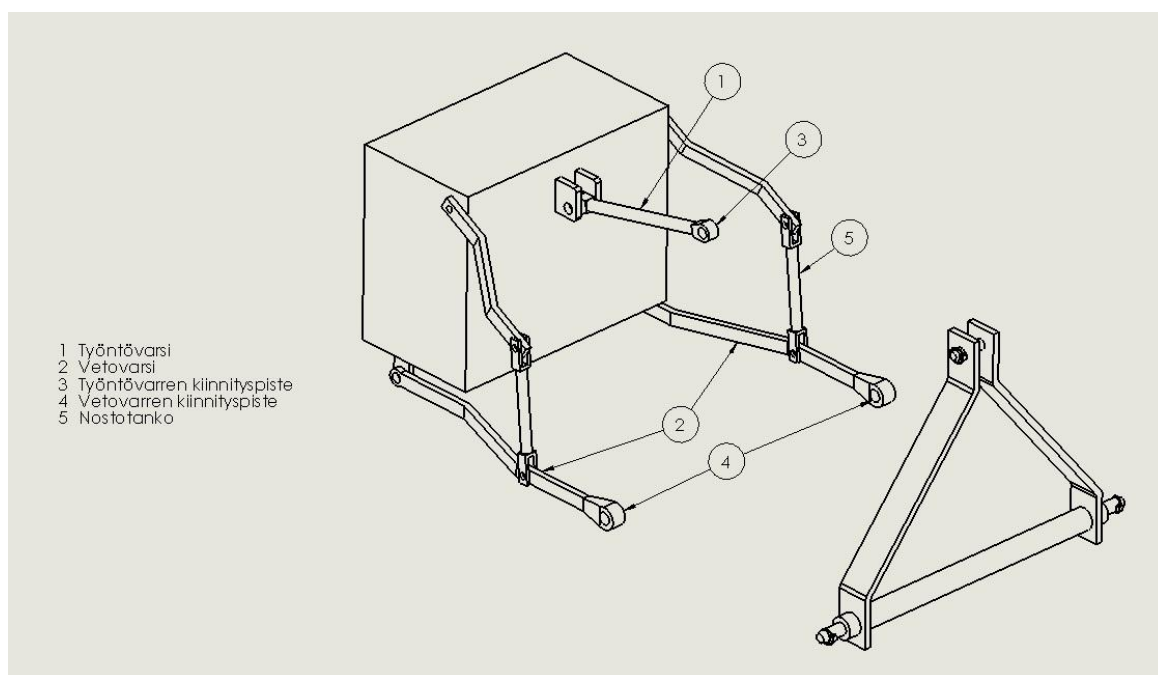
| K/V/T | K=Kiinteä vaatimus, V=Vähimmäisvaatimus, T=Toivomus |
|-------|--|
| K | Sovitteet tulee pystyä kiinnittämään soviterunkoon tarpeen tullen |
| K | Kustannukset eivät saa nousta merkittävästi |
| K | Asiakkaan tulee pystyä vaihtamaan sovitteet itse |
| V | Lujuus vähintään yhtä hyvä kuin nykyisessä soviterungossa |
| K | Samaan soviterunkoon voidaan kiinnittää yleisimmät käytössä olevat sovitteet |
| K | Soviterungon tulee olla helposti valmistettavissa |
| K | Yksinkertainen rakenne |
| T | Mahdollisimman vähän uusia nimikkeitä |
| K | Opinnäytetyö tuottaa viimeistellyt 3D-mallit ja raportin sekä esityksen tehdystä työstä. |

3.2 Standardit

Työlaitteiden pikakiinnitykseen on olemassa tarkentavia standardeja. Kolmipistekiinnitykseen, nelipistekiinnitykseen ja etukuormainkiinnitykseen on olemassa omat standardinsa. Myös kiinnityslaitteisiin kohdistuville suurimmille kuormille standardit antavat omat rajansa.

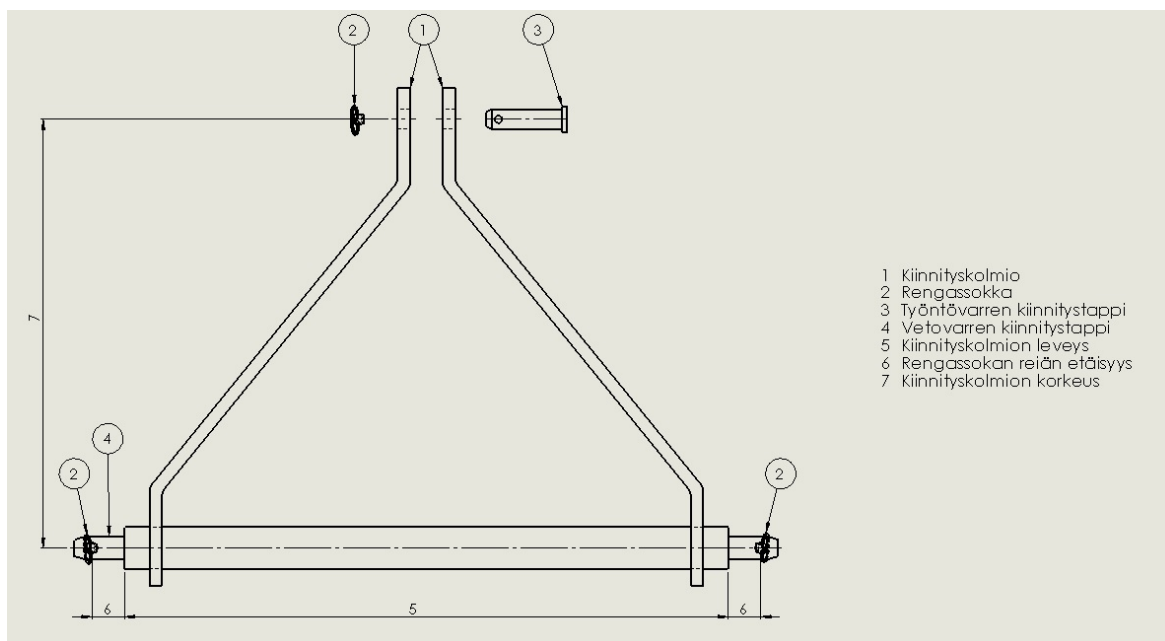
3.2.1 Kolmipistekiinnitys

Standardi SFS-ISO 730-1 käsittelee traktorien ja maatalouskoneiden kolmipistekiinnitystä. Kolmipistekiinnitys tarkoittaa työntövarren ja kahden vetovarren muodostamaa mekanismia, jolla työkonetta kiinnitetään traktoriin. Varsien molemmat päät kiinnittyvät nivellyvästi. Kuva 2 esittää traktorin kolmipistekiinnityksen osat. Kolmipistekiinnitystä selventävät kuvat on laadittu standardin mukaisesti.



KUVA 2. Traktorin kolmipistekiinnityksen osat

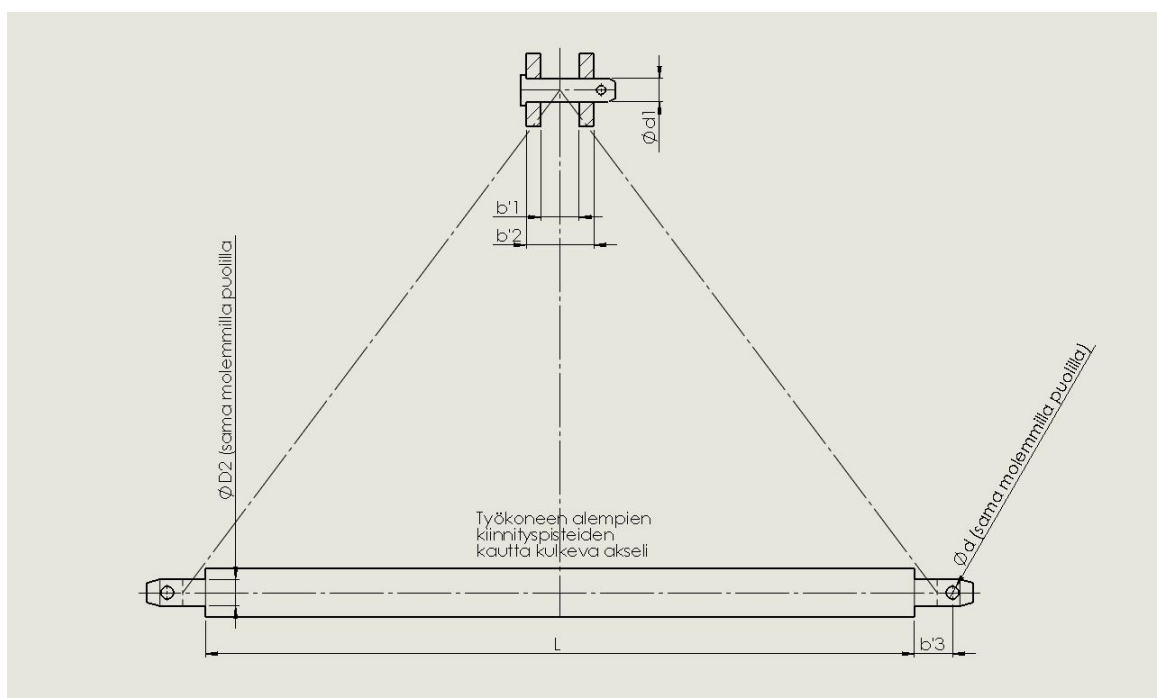
Vetovarsien avulla säädetään työlaitteen korkeutta. Kytettäessä työkonetta traktoriin vetovarsien leveyttä voidaan säädellä kiinnitettävän työkonetta mukaan. Työkonetta sivuttaisliikettä rajoitetaan lukitsemalla nostotanko vetovarsiin tappiitoksin. Työntövarren avulla voidaan säätää kytketyn laitteen traktorin suuntaista kallistuskulmaa. Kun työntövarrtta pidennetään, työlaite kallistuu taaksepäin. Vartta lyhentämällä laite kallistuu eteenpäin. Työntövarren pituudensäätö voi olla kierteellinen tai hydraulisesti toteutettu.



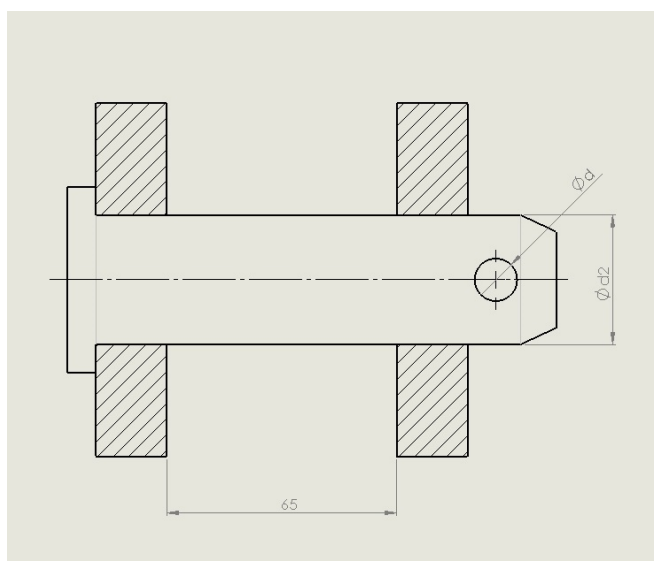
KUVA 3. Työkoneen kolmipistekiinnityksen osat

Työkoneen kolmipistekiinnitykseen kuuluu kiinnityskolmio, jossa on kiinnityspisteet vetovarsille sekä työntövarrelle. Kiinnitys tapahtuu tapeilla, jotka lukittuvat rengassokilla.

Työkoneen kiinnityslaitte voi olla kahdentyypinen, tappityyppi tai haarukkatyyppi. Tappityyppisessä kiinnityslaitteessa on kiinteät tapit vetovarsien kiinnitystä varten. Vetovarret pujotetaan tappeihin ja lukitaan rengassokilla. Haarukkatyyppinen kiinnityslaitte eroaa tappityypistä siten, että vetovarsien kiinnitystä varten siinä on kuvan 4 mukaiset korvakkeet. Vetovarret kiinnitetään kiinnityslaitteeseen tapeilla ja lukitaan sokilla.



KUVA 4. Työkoneen kiinnityspisteiden mitat, tappityyppi



KUVA 5. Työkoneen kiinnityspisteiden mitat, haarukkatyyppi

Kolmipistekiinnitykselle ja sen osille on asetettu tarkat mitat, jotka selviävät taulukosta 2. Mitat on jaettu traktorin kokoluokan mukaan viiteen osaan. Kokoluokkien määritykset selviävät taulukosta 3.

TAULUKKO 2. Työkoneen kiinnityspisteiden mitat, mm

| Mitta | Selitys | Kokoluokka | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4L | 4H |
| Työntövarren kiinnityspiste | | | | | | |
| d_1 | Kiinnitystapin reiän halkaisija | $19,3_0^{+0,2}$ | $25,7_0^{+0,2}$ | $32_0^{+0,25}$ | $45,2_0^{+0,3}$ | $45,2_0^{+0,3}$ |
| b'_1 | Kiinnityspisteen sisämitta | 44,5 min | 52 min | 52 min | 65 min | 65 min |
| b'_2 | Kiinnityspisteen ulkomitta | 69 max | 86 max | 95 max | 132 max | 132 max |
| Vetovarsien kiinnityspisteet | | | | | | |
| D_2 | Kiinnitystapin halkaisija | $22_{-0,2}^0$ | $28_{-0,2}^0$ | $36,6_{-0,2}^0$ | $50,8_{-1,1}^0$ | $50,8_{-1,1}^0$ |
| b'_3 | Rengassokan reiän etäisyys | 39 min | 49 min | 52 min | 68 min | 68 min |
| L | Kiinnityskolmion leveys | $683 \pm 1,5$ | $825 \pm 1,5$ | $965 \pm 1,5$ | $1166,5 \pm 1,5$ | $1166,5 \pm 1,5$ |
| Muut mitat | | | | | | |
| d | Rengassokan reikä | | | | | |
| h | -Työntövarren kiinnitystapissa | 12 min | 12 min | 12 min | 17,5 min | 17,5 min |
| | -vetovarsien kiinnitystapeissa | 12 min | 12 min | 17 min | 17,5 min | 17,5 min |
| | Kiinnityskolmion korkeus | $460 \pm 1,5$ | $610 \pm 1,5$ | $685 \pm 1,5$ | $685 \pm 1,5$ | $1100 \pm 1,5$ |

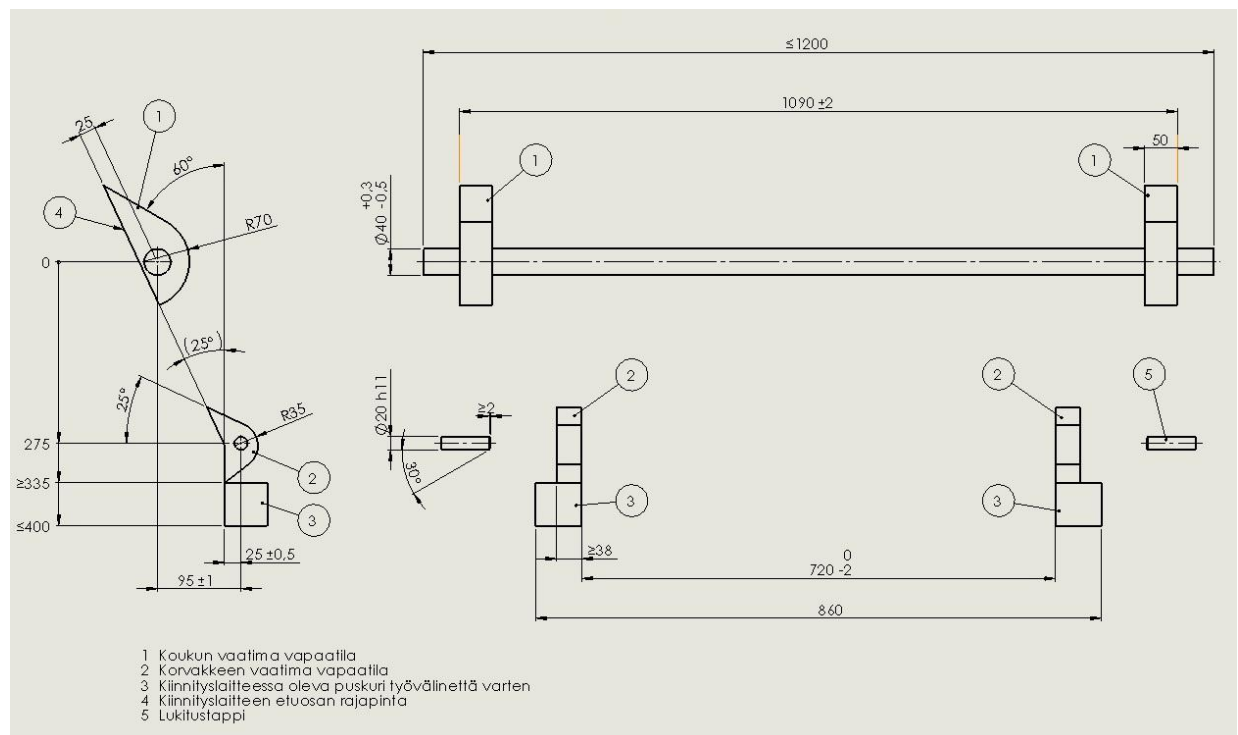
TAULUKKO 3. Traktorien kokoluokat

| Kokoluokka | Voimanulosottoakseliteho moottorin nimellisa nopeudella, kW |
|------------|---|
| 1 | ≤ 48 |
| 2 | ≤ 92 |
| 3 | 80 - 185 |
| 4 | 150 - 350 |

Traktorien kokoluokka 4 on jaettu vielä kahteen osaan, 4L sekä 4H, voimanulosoton sijainnin perusteella. Kokoluokan 4L traktoreissa voimanulosotto sijaitsee taka-akselin keskilinjän alapuolella, ja kokoluokan 4H traktoreissa voimanulosotto sijaitsee taka-akselin keskilinjän yläpuolella.

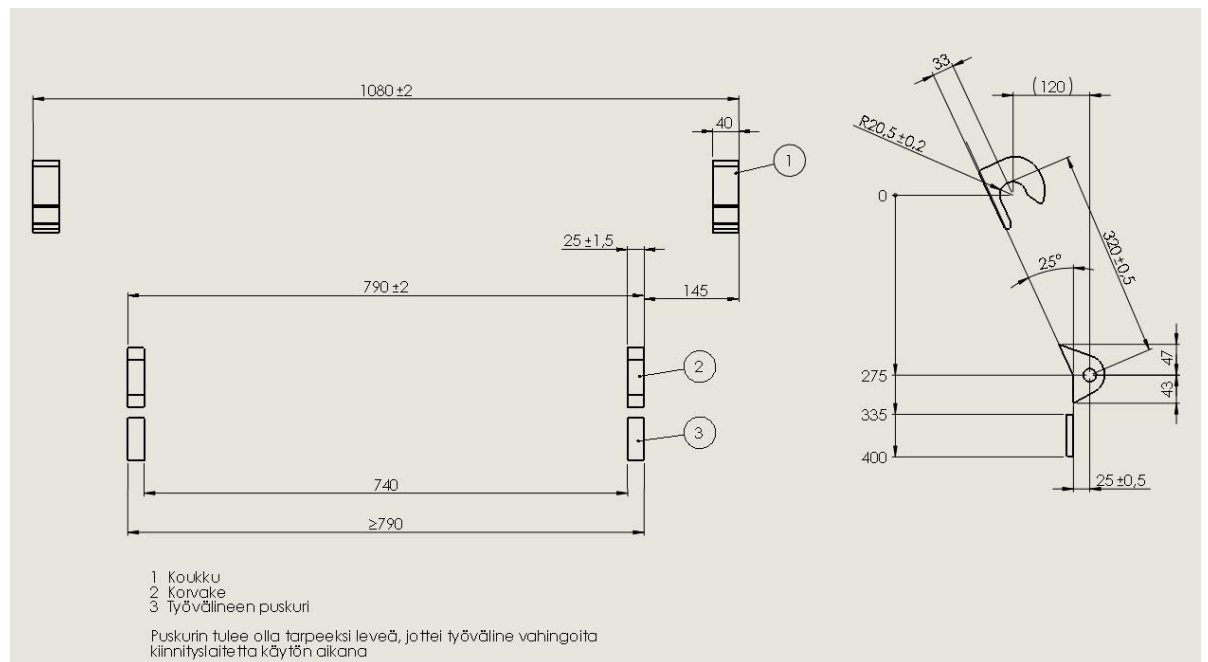
3.2.2 Euro-sovite

Euro-sovitteen mittoja käsittelee standardi SFS-ISO 23206, joka määrittelee tarkat mitat niin työkooneen kuin työlaitteenkin kiinnityslaitteille. Standardin asettamien mittojen mukaan on tehty havainnollistavat kuvat 6 ja 7 kiinnityslaitteista.

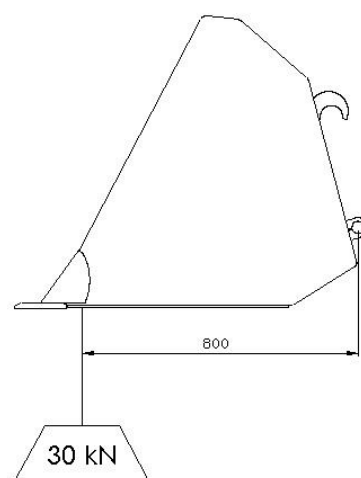


KUVA 6. Työkoneen kiinnityslaitteen mitat

Työkoneen, esimerkiksi traktorin, kiinnityslaitteen yläkorvakkeiden läpi kulkee kuvan 6 mukaisesti halkaisijaltaan 40 mm:n tanko, johon sovittien koukku nojaa. Työvälinettä kytkettäessä koneeseen tanko nostetaan ensin sovittien koukkua vasten, jolloin työväline nousee samaan vaakatasoon koneeseen nähden. Tämän jälkeen alaosa työnnetään sovittien alakorvakkeita vasten, jolloin kiinnitys voidaan lukita kuvassa 6 näkyvillä lukitustapeilla. Työkoneen kiinnityslaitteeseen kuuluu myös kuvassa näkyvä puskuri, joka vastaa työvälineeseen.



KUVA 7. Työvälineen kiinnityslaitte

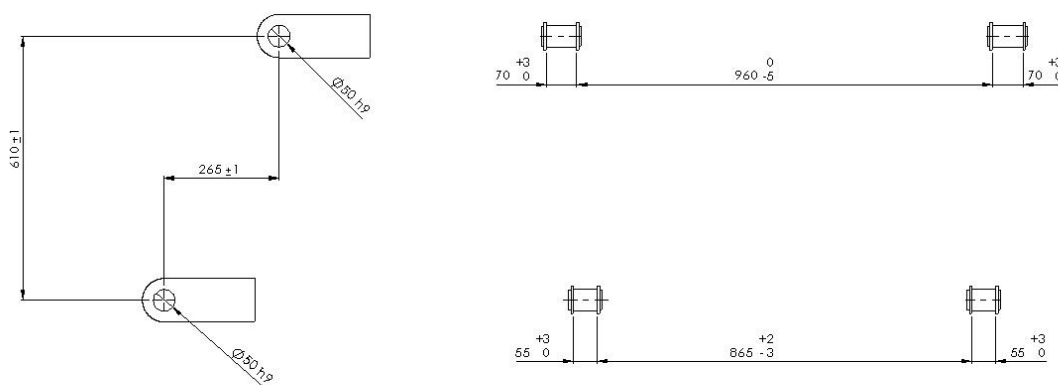


KUVA 8. Suurin sallittu kuormitus

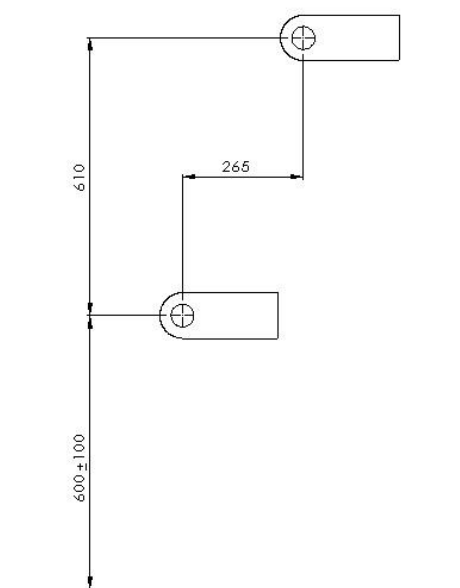
Standardissa SFS-ISO 23206 on esitetty myös suurin sallittu kuormitus kiinnityslaitteelle, josta on tehty kuvan 8 mukainen piirustus. Standardin mukaan 800 mm:n päässä kiinnityslaitteen lukitustappin etupuolella saa olla enintään 30 kN:n kuormitus.

3.2.3 Nelipistekiinnitys

Eräät työkoneet pitää kiinnittää hyvin tukevasti traktoriin. Tällaisia koneita ovat muun muassa maati-lakaivuri, takakuormain ja kourakuormain. Tähän tarkoitukseen on kehitetty nelipistekiinnitys. Työkoneiden nelipistekiinnitystä käsittelee standardi SFS-ISO 11374. Kuvassa 9 on standardin mukainen tappien sijoitus ja niiden keskinäinen sijoitus. Standardissa annetut mitat perustuvat kokoluokan 2 traktoreille. Kokoluokat ovat esitetty taulukossa 3.



KUVA 9. Työkoneosan tappien mitoitus ja keskinäinen sijoitus



KUVA 10. Työkoneosan tappien sijainti työkoneen ollessa kiinnitettynä traktoriin

3.3 Patentit

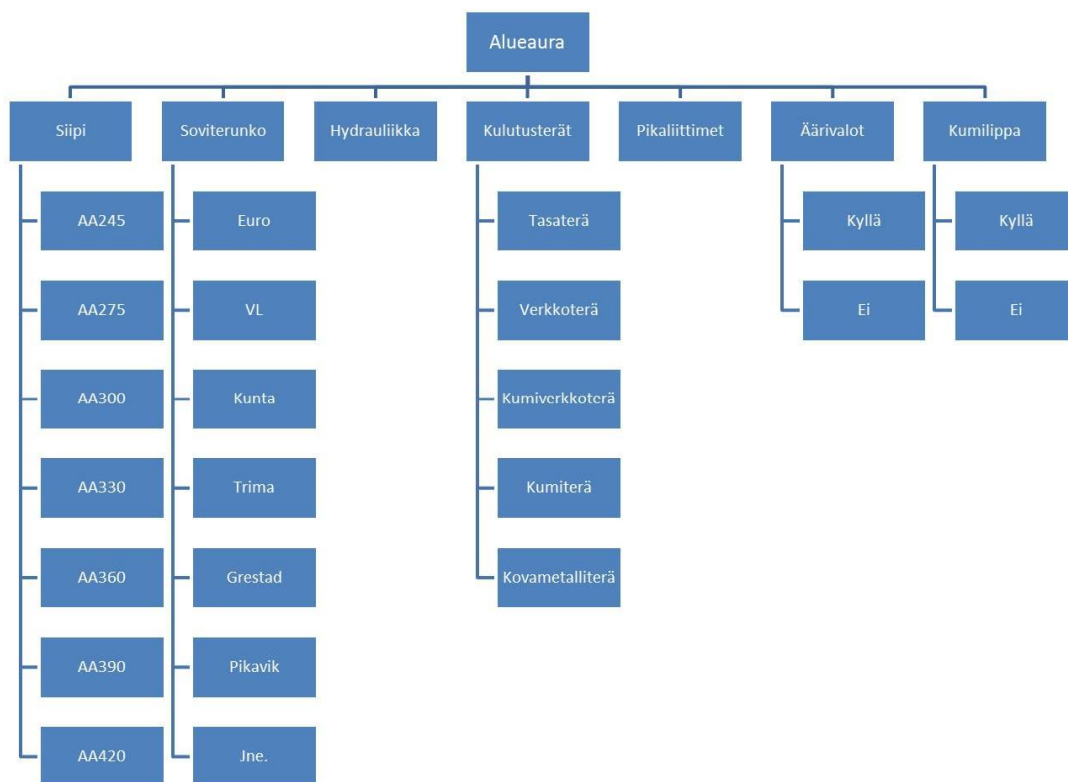
Patentti- ja rekisterihallituksesta tutkittiin, onko soviterunkoihin tai sovitteisiin liittyen voimassa olevia patenteja, jotka tulisi ottaa huomioon työtä tehdessä. Suomessa ei kuitenkaan ole yhtään patenttia, joka liittyisi soviterunkoihin.

Patentteja selattiin myös kansainvälisestä patenttikirjastosta Espacenet:stä, josta löytyy laajemmin patenteja myös muualta maailmasta. Espacenet:stä löytyi muutamia patenttija soviterunkoihin liittyen, mutta niistä ei suoranaisesti ole tässä työssä hyötyä.

4 MODULOINTI

Moduulilla tarkoitetaan yksikköä, joka on kiinnitettävissä ja vaihdettavissa muihin moduuleihin. Moduuli on valmis osa tai kokoonpano, joka on sisäisesti muuttumaton. Se voi olla esimerkiksi tässä tapauksessa valmis soviterunko, joka kiinnitetään työlaitteeseen. Soviterunkomoduleja on eri soviteiden mukaan tietty määrä. Moduulit voivat olla keskenään erilaisia, kunhan kiinnityspinnat ovat oikeanlaiset. Moduulien avulla tuote voidaan valmistaa ja toimittaa ilman tilauskohtaista räätälöintiä.

Modulaarisuudella tarkoitetaan tuotevarianttien luomista valmiiden moduulien avulla. Modulaarisuus mahdollistaa varioitavan tuoterakenteen. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotetta voidaan muunnella asiakkaan toiveiden mukaan vaihdettavien moduulien avulla. Tilauksen yhteydessä asiakas valitsee, millä varusteilla työlaitteen haluaa, ja lopullinen tuote rakentuu erilaisista moduuleista, jotka ovat toisiinsa kytkettävissä. Modulaarisella tuoterakenteella on tarkoitus saada aikaan selkeä tuotevalikoima, joka kattaa mahdollisimman laajasti asiakkaan tarpeet.



KUVA 13. Alueauran modulointi

Kuva 13 esittää alueauran modulointiä. Siinä on seitsemän pääyksikköä, joista tuote rakentuu. Näiden alapuolella on listattu eri vaihtoehdot. Asiakas voi valita omaan käyttötarkoitukseensa parhaiten sopivat vaihtoehdot. Alueauran moduloinnista mikään vaihtoehto ei sulje toista pois. Siipi, soviterunko, hydraulikka, kulutusterät sekä pikaliittimet ovat pakollisia valintoja, eli niiden valitseminen on pakollista. Tuote on toimiva, kun pakolliset valinnat on tehty, lisävarusteita ei ole pakko valita. Äärivalot ja kumilippa ovat lisävarusteita, eli niissä vaihtoehtoina on joko niiden tilaaminen tai pois jättäminen.

Modulaarisuus selkeyttää tuoterakennetta ja se mahdollistaa tuotteen käsittelemisen pienemmissä toiminnallisissa kokonaisuuksissa, jotka voidaan suunnitella ja valmistaa erillisinä. Esimerkiksi sovite-runkoa voidaan suunnitella erillisenä kompleksina, kunhan liittymäpinnat muihin moduuleihin säilyvät samanlaisina. Moduloinnin avulla tuoterakennetta on helpompi hallita ja seurata, sekä tuotteen kehittäminen asiakkaiden tarpeiden mukaan on helpompaa. Moduloinnilla tehostetaan tuotekehitystä rinnakkaistamalla suunnittelua eri moduuleiden kesken. Suunnittelu voidaan jakaa osastoihin moduuleiden perusteella, esimerkiksi hydraulikkaosasto. Tuoteperheen moduloinnilla tuotannon läpimenoaika voidaan lyhentää rinnakkaistamalla kokoonpanoa. Tämä parantaa tuotannon laatua.

Tuoteperheen modulointia suunnitellessa liikkeelle lähdetään asiakastarpeiden kartoittamisesta. Tutkitaan mitä asiakkaat oikeasti haluavat ja mille olisi menekkiä. Tällä varmistutaan, että tuoteominaisuudelle on todellista kysyntää. Uusia ominaisuuksia on turha kehittää, jos sille ei ole tarvetta. Eri markkina-alueiden vaatimukset ja rajoitukset tulee ottaa myös tuoteperhettä suunnitellessa huomioon. Jokin ominaisuus, joka kotimaassa on hyödyllinen ja kysytty, ei toimikkaan toisessa maassa, tai voi olla että muualla tuotteelta vaaditaan enemmän joitakin muita ominaisuuksia. Nämä asiat tulee ottaa huomioon varitaatioita tehdessä.

4.1 Variointi

Tuoterakenteen moduloinnilla mahdollistetaan tuotteen variointi. Variointi jaetaan ulkoiseen ja sisäiseen variointiin. Ulkoinen variointi näkyy asiakkaalle, esimerkiksi tuotteen rakenne. Sisäinen variointi on yrityksen sisäistä variointia, esimerkiksi valmistukseen ja logistiikkaan liittyviä toimintoja. Ulkoinen variointi jaetaan vielä hyödylliseen ja hyödyttömään variointiin. Hyödyllinen variointi antaa lisäarvoa asiakkaalle tuottamalla uusia vaihtoehtoisia ominaisuuksia, joista asiakas voi valita itselleen sopivimman vaihtoehdon. Hyödytön variointi lisää variaatioiden määrää, mutta variaatiot ovat liian samankaltaisia eivätkä ne tarjoa mitään lisäarvoa tuotteelle, pikemminkin päinvastoin.

4.2 Tuotteen konfigurointi

Tuotteen konfiguroinnin avulla asiakas voi tilausvaiheessa valita hänelle sopivimmat varusteet työlaitteeseen. Konfiguroinnin tuloksena syntyy asiakaskohtaisia tuoteyksilöitä. Selkeän konfiguroinnin kautta myös myyjän työ helpottuu kun nähtävillä on selvästi valikoimassa olevat vaihtoehdot. Asiakkaan on helppo valita listasta valmiiksi tarjolla olevia variaatioita. Laitetta tilatessa asiakas ruksii haluamansa varusteet työlaitteeseen ja näiden tietojen perusteella yritys valmistaa ja toimittaa asiakaskohtaisen työlaitteen. Konfiguroitava tuote tarkoittaa tuoteperhettä, jonka avulla muodostetaan variantteja eli tuoteyksilöitä.

FMG:llä on tuotteen konfigurointi käytössä. Myyjillä on käytössään Excel-pohjainen taulukko, josta löytyy varustevaihtoehdot. Esimerkiksi kulutusteriä valitessa näkyviin tulee luettelo, jossa näkyy

kaikki valittavissa olevat kulutusterät, joista valitaan asiakkaan haluama vaihtoehto. Kustakin ryhmästä voi valita vain yhden vaihtoehdon, joten sekaannuksia tilauksessa ei tule. Kun myyjä on asiakkaan kanssa päättänyt tuotteen sisällöistä ja varusteista sekä täyttänyt tilauksen, tilaus menee FMG:lle. Yrityksessä on käytössä Teamex -tuotannonohjausjärjestelmä, josta löytyy myös tuotekonfiguraattori. Konfiguraattorissa valitaan ensin tuote, esimerkiksi alueaura. Tämän jälkeen tulee luetelo varusteista, kuten kulutusterät ja soviterunko. Varusteen alla on lueteltu vaihtoehdot, joista valitaan yksi, esimerkiksi kulutusteristä verkkoterä. Kunkin varusteen vaihtoehdoista voi valita vain yhden, joten sekaannuksia tilauksessa ei voi tulla. Kun jokaisesta ryhmästä on valittu oikea vaihtoehto, konfigurointi on valmis. Konfiguroinnista tilaus purkautuu tuotannonohjausjärjestelmään.

5 TYÖLAITTEIDEN PIKAKIINNITYS

Työlaitteiden liittämässä työkoneeseen käytetään pikakiinnitystä. Pikakiinnityksellä haetaan erityisesti työlaiteiden nopeaa ja helppoa kiinnittämistä ja irrottamista työkoneesta. Työlaitteen kiinnittämiseksi etukuormaajaan tarvitaan etukuormaajaan varustelevy sekä oikeanlaiset sovitteet työlaiteessa. Työlaitteen kiinnittämiseksi etu- tai takanostolaitteeseen tarvitaan omanlaisensa soviterunko.

5.1 Varustelevy

Jotta traktorin etukuormaajaan voidaan kytkeä työlaite, tarvitaan etukuormaajaan varustelevy. Yleensä etukuormaajaa ostettaessa kuormaajassa on vakiona tietty varustelevy, esimerkiksi Euromerkkinen. Lisähinnasta voidaan etukuormaaja varustaa myös muulla varustelevyllä, esimerkiksi Ismen tai Volvon varustelevyllä. Kuvassa 14 on Combi-varustelevy, johon sopii sekä Euron että Triman sovitteilla olevat työlaitteet. Erimerkkisillä sovitteilla olevia työlaitteita ei suoraan voida kytkeä.



KUVA 14. Combi-varustelevy (MP-lift)

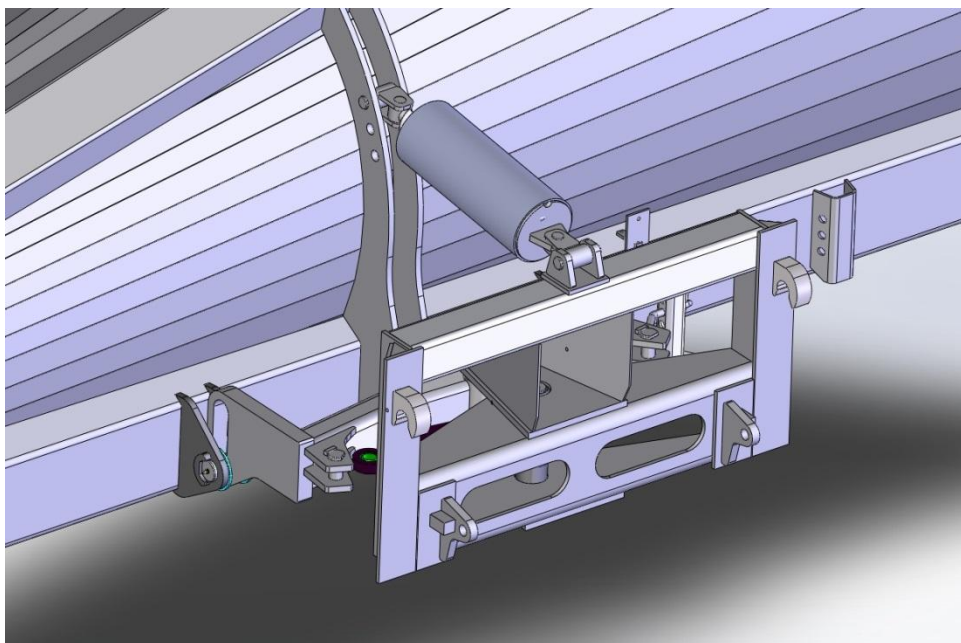
Kuvan 15 etukuormaaja on varustettu Volvon varustelevyllä. Työlaitteen liittämiseksi kyseisessä kuormaajassa on oltava Volvon sovitteet. Yleensä sovitteissa on koukkumainen yläpää, johon sovittelevyn tanko ensiksi ripustetaan. Tämän jälkeen varustelevyn alapää lasketaan sovitteen alapäätä vasten, joka lukittuu tappiliitoksella. Tällainen pikakiinnitys helpottaa työkoneella työskentelyä oleellisesti, koska työlaite on nopea kiinnittää ja irroittaa.



KUVA 15. Varustelevy kytkettynä traktorin etukuormaajaan (MP-Lift)

5.2 Soviterunko

Soviterunko on eräänlainen linkki työlaitteen ja työkonen välillä. Kuvassa 16 on soviterunko kytketty alueauraan. Soviterunko kiinnitetään nivelöityvästi kiikkuun, joka taas on tappiliitoksin alueaurassa kiinni. Soviterungosta kiinnittyy kummallekin puolelle kiikkua sylinterit, joilla säädetään aurasukulmaa. Soviterungon yläpuolelta kiinnittyy laukaisulaite alueauran runkoon. Laukaisulaite on turvana, jos aura tökkää johonkin, esimerkiksi kaivon kanteen. Laukaisulaitteen sisällä oleva jousi antaa myöten ja aura niiaa eikä vaurioita auraa ja traktoria. Kuvassa 16 soviterungossa on hitsattuna Euro-sovitteet.



KUVA 16. Auran soviterungon kiinnitys

Eri työlaitteiden soviterungot poikkeavat toisistaan. FMG:llä erillinen soviterunko on käytössä kaikissa auroissa ja harjoissa. Esimerkiksi alueaurassa ja nivelaaurassa on erilainen soviterunko, koska nivelaaurassa on liukunivelöity kiinnitys soviterungon ja nivelaauran rungon välillä. Harjalaitteissa on myös oma soviterunkonsa. Harjojen soviterunkoon tulee puomi eteen, joka kiinnittyy harjaan.

5.3 Sovitteet

Sovitteilla työlaite liitetään työkoneseen. Erimerkkiset traktorien etukuormaajat sekä muut työkooneet tarvitsevat omat sovitteensa. Myös taka- ja etunostolaitteet tarvitsevat omat kiinnityspisteensä, näille käytössä on kolmipistekiinnitys. Erilaisia sovitteita on siis hyvin paljon. FMG:llä työlaitteita on valmistettu parilla kymmenellä erilaisella sovitteella. Monet sovitteet ovat hyvin pitkälle standardoitu, esimerkiksi Euro- ja 3-pistekiinnitys.

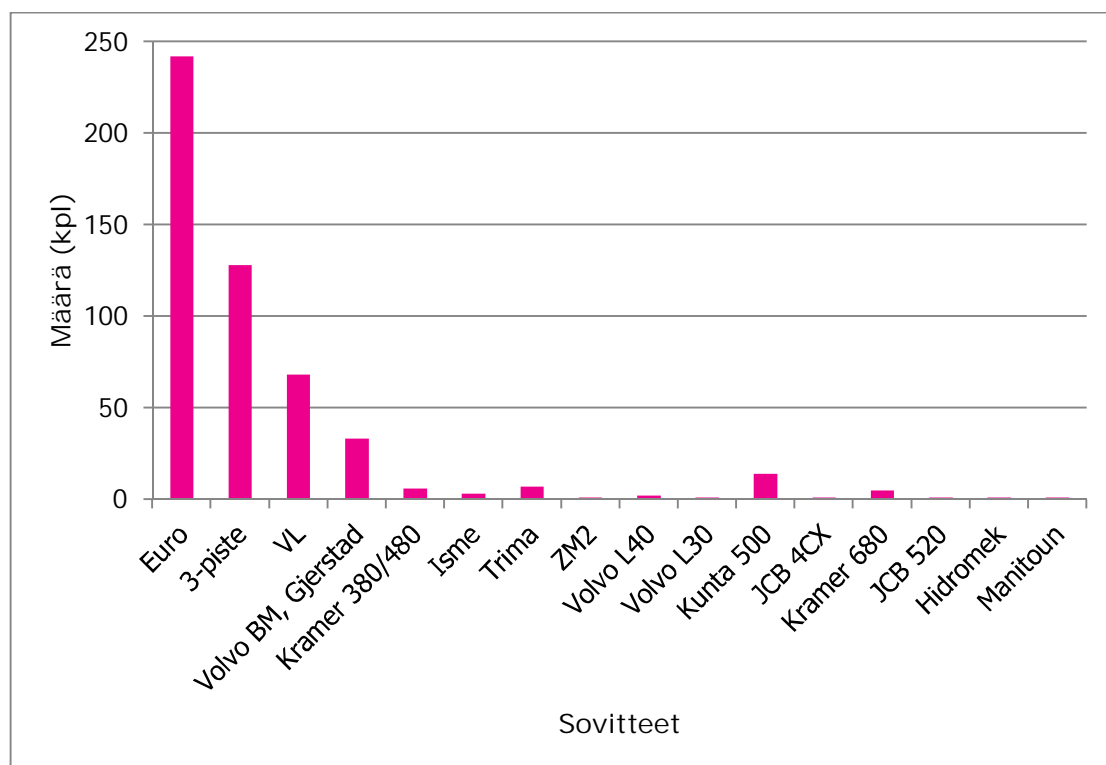
5.3.1 Sovitteiden kartoitus

Varsinainen työ alkoi sovitteiden kartoituksella. Sovitteiden mallit sain yritykseltä käyttööni. Esimerkiksi avoharjoille on tällä hetkellä olemassa 19 erilaista soviterunkoa. Lisäksi kun erilaisia soviterunkomalleja on auroille, liukunivelellä varustettuihin laitteisiin (mm.nivelaura), harjoihin sekä kerääviin harjalaitteisiin (esim.kauhaharja), niin erilaisia soviterunkoja on kymmeniä. Jos sovitteet olisivat irrallisia ja soviterunkoon pystyisi kiinnittämään kaikki mahdolliset sovitteet, teoriassa soviterunkoja olisi vain yksi per laitetyyppi. Esimerkiksi alueauralle yksi ja avoharjalle yksi soviterunko. Tämä helpottaisi tuotantoa ja vähentäisi käytössä olevien nimikkeiden määrää

5.3.2 Sovitteiden menekki

Sovitteiden menekit saatiin selville yrityksen tuotannonohjausjärjestelmästä, josta näkee millä soviteilla työlaitteita on tilattu. Taulukossa 4 sovitteiden menekki on kuvattu pylväsdiagrammina.

TAULUKKO 4. Sovitteiden menekki

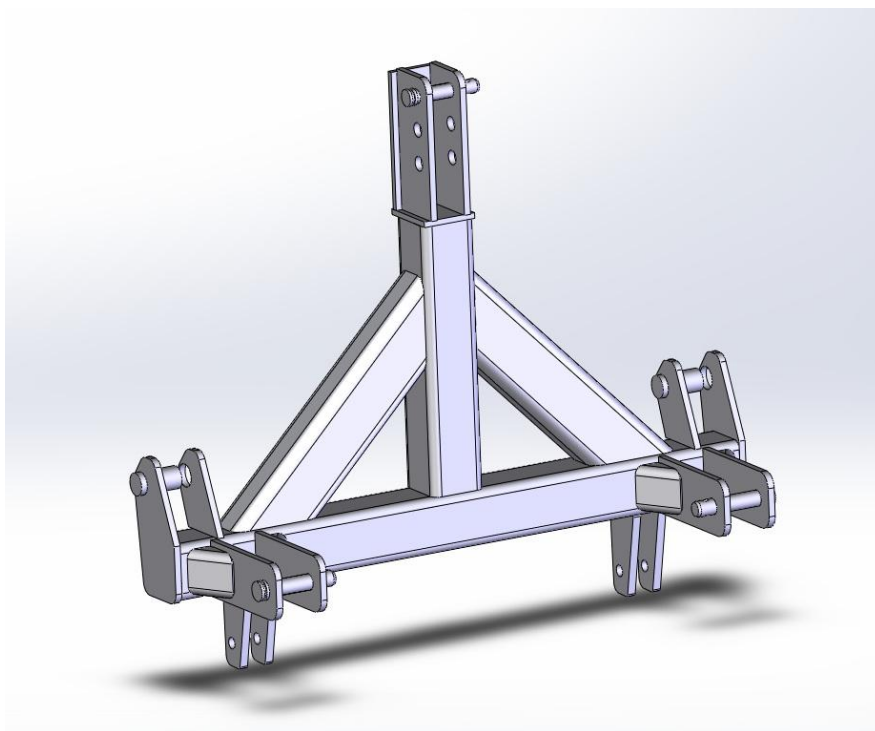


Taulukosta voi todeta, että työlaitteita menee eniten euro-soviteilla. Euro-sovitteisten työlaitteiden osuus on 47 %. 3-pistekiinnitteisten työlaitteiden osuus on 25 % ja VL-sovitteisten 13 %. Muita sovitteita menee suhteessa vähän.

5.4 Adapterit

Adapterilla työlaite saadaan kiinnitettyä koneeseen, vaikka työlaitteen sovitteet eivät olisi suoraan sopivat. Adapteri tulee työlaitteen ja koneen väliin. Toisella puolella on koneeseen sopivat sovitteet ja toisella puolella työlaitteeseen sopivat. Kuvassa 17 on esitetty eräs adapteri, jossa on sekä kolmi-

pistesovitteet koneelle että euro-sovitteille tarkoitetut kiinnikkeet. Eli adapteri voidaan kiinnittää esimerkiksi traktorin etunostolaitteeseen, jonka jälkeen siihen voidaan kytkeä euro-sovitteilla oleva työlaite. Adaptereita on saatavilla kaikille yleisille sovitteille, ja FMG:llä niitä on tarjolla tällä hetkellä 25 erilaista. Adapterin ansiosta työlaitteen soviterunkoa ei välttämättä tarvitse uusia jos työkone vaihtuu esimerkiksi, vaan laittaa adapterin väliin. Adapterin vuoksi työlaite siirtyy jonkin verran eteenpäin verrattuna suoraan kytkentään.

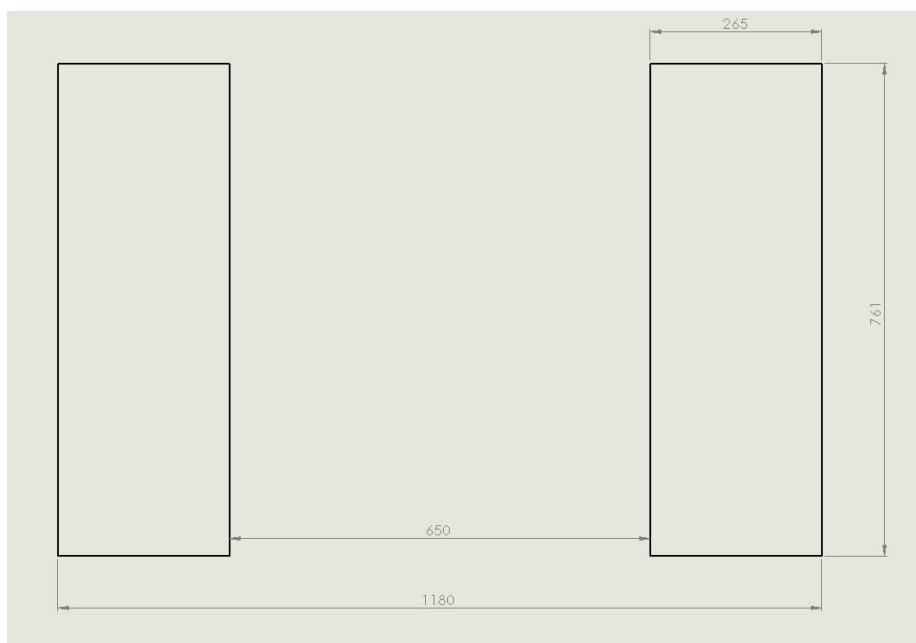


KUVA 17. Adapteri

6 LUONNOSTELU

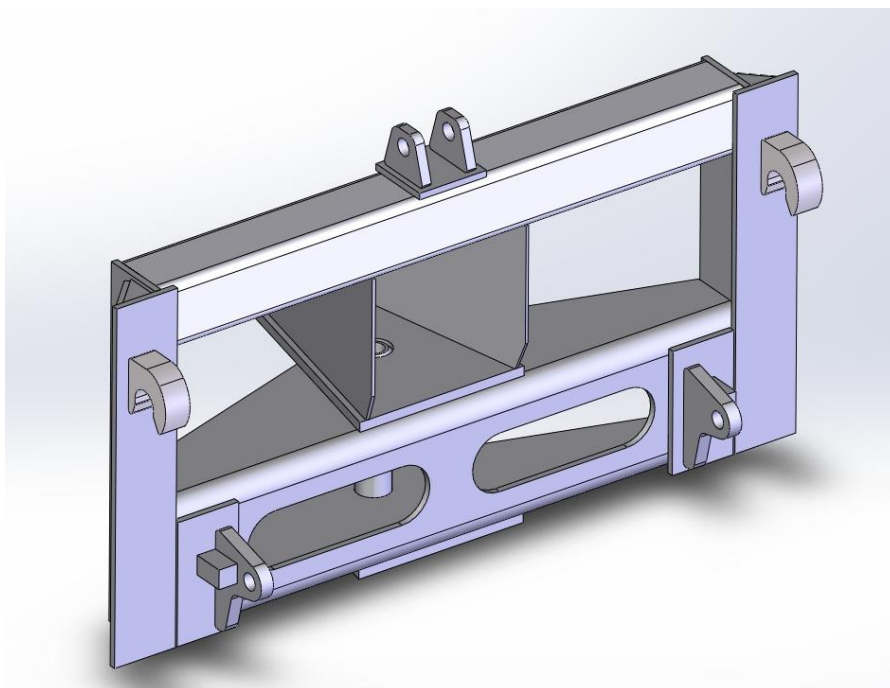
Uuden soviterungon luonnostelu aloitettiin tutustumalla käytössä oleviin sovitteisiin. FMG:llä käytössä olevat sovitteet ja niiden mitat saatiin Solidworks-malleina valmiina, joten sovitteiden mittojen selvittämiseen ei hukattu aikaa. Sovitteet poikkeavat toisistaan paljon, ne ovat erikokoisia ja eri tasoissa. Esimerkiksi Euro-sovite poikkeaa muista sovitteista siten, että ylä- ja alakorvakkeet tulevat leveysuunnassa eri tasoille.

Aluksi selvitettiin, mille alueelle käytössä olevat sovitteet tulevat. Sovitteiden mittojen mukaan piirrettiin Solidworks-malli, josta selviää alue, jolle sovitteet tulevat. Tämä selviää kuvasta 18. Leveysuunnassa kapeimmalle tulevat sovitteet tulevat 650 mm päähän toisistaan. Kaikkiaan sovitteet vaativat vähintään 1 180 mm leveän soviterungon, jotta kaikki sovitteet saadaan siihen kiinnitettyä.



KUVA 18. Sovitteiden vaatima tila

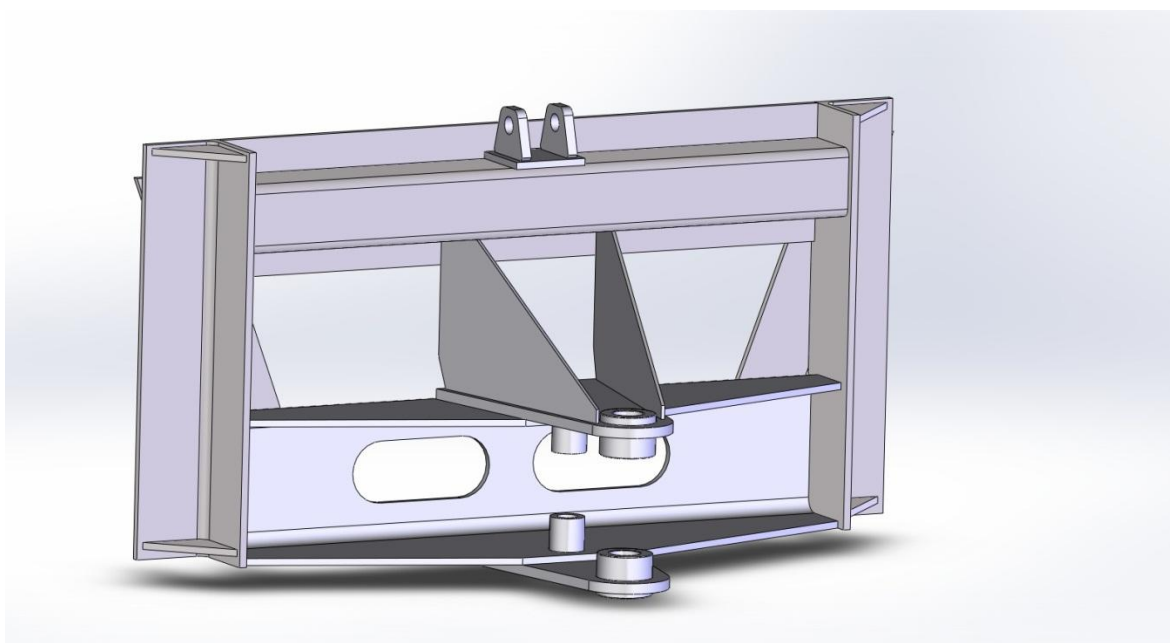
Periaatteena luonnosteluvaiheessa oli, että mietitään rauhassa useita ideoita eikä valita heti ensimmäistä ideaa. Luonnostelu aloitettiin tärkeimmästä asiasta, eli miten sovitteet kiinnittyvät soviterunkoon. Kehitettiin ensin ideaa, miten sovitteet saadaan soviterunkoon kiinni ja sen jälkeen suunniteltiin soviterunko tämän ympärille. Uudesta soviterungosta suunniteltiin kolme eri versiota: alue- ja perhosauroille, harjalaitteille sekä nivel- että U-auroille omat soviterungot.



KUVA 19. Nykyinen aurojen soviterunko

Nykyiseen aurojen soviterunkoon tarpeen mukaan, sovitteesta riippuen, hitsataan levikkeet sivuille. Levikkeiden takana ovat vielä tukilevyt. Jotkut sovitteet tulevat kapeammalle toisistaan, jolloin levikkeitä ei tarvita. (LLP Farm Machinery Group Oy 2013.)

Aluksi ajateltiin, että muutettaisiin soviterunkoa niin, että levikkeet olisivat siinä pysyvästi. Nykyisellään levikkeiden tukena on yksi levy. Ensimmäiseen luonnokseen laitettiin levyn taakse muutama vahvikepala, jotta sovitteet olisi helppo pultata siihen kiinni. Soviterungon päällä oleva putkipalkki korvattiin U-profiililla.

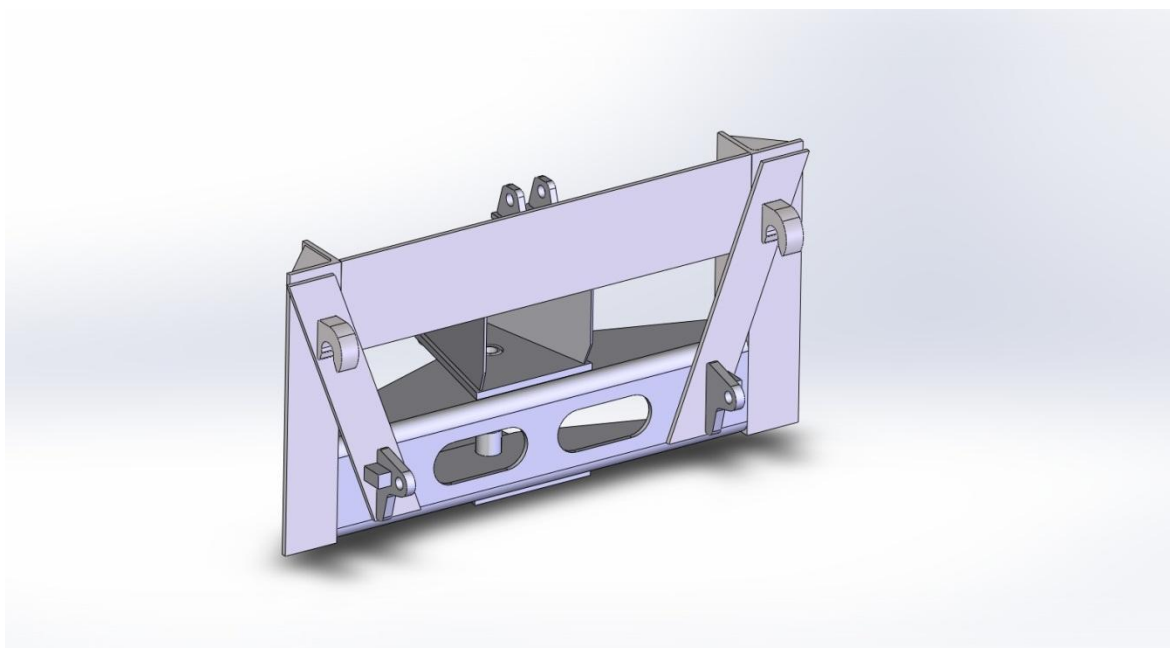


KUVA 20. Auran soviterunkoluonnos, takaa

Kokoonpanoja katsellessa tuli idea siitä, että hitsattaisiin leveä lattarauta putkipalkin eteen. Näin saataisiin yksi kiinnityspiste sovitteille. Levy tulisi putkipalkin ylä- ja alapuolella sen verran, että siihen saataisiin kiinnityspisteet sovitteille. Mallia luonnostellessa huomattiin, että lattaraudan hitsaaminen putkipalkkiin olisi vaikeaa ja hidasta putkipalkin pyöristysten vuoksi. Toiseen luonnokseen putkipalkki korvattiin samankokoisella U-profiililla. Näin hitsaus helpottuisi oleellisesti, kun pyöristyksiä ei ole. Tällä tavalla rakenteesta tulee yhtä luja kuin putkipalkkirungostakin.

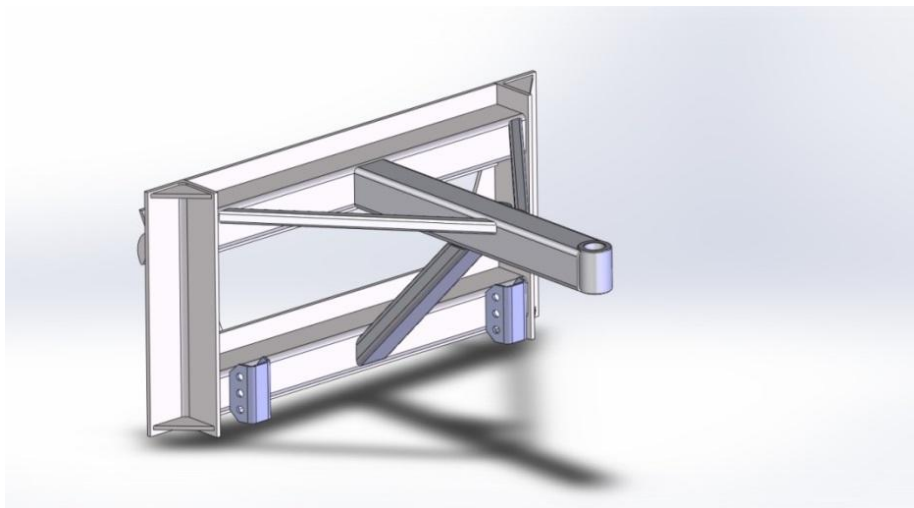
Kuvan 21 luonnokseen vaihdettiin sivulla olevat levikkeet L-profiiliin; nykyiset levikkeet tehdään lattarautoista. Korvaamalla lattaraudat L-profiililla kokoonpano nopeutuu ja hitsaamista on vähemmän. L-profiili on mitoiltaan 120x120x11.

Auran soviterungon alaosassa olevaa särmättyä levyä pidennettiin, jotta etusivu tulee samalle tasalle etulevyjen kanssa. Levyssä olevia hydrauliletkujen läpiviennin reikiä pienennettiin, jotta levyyn sopii reikiä sovitteiden kiinnitystä varten.



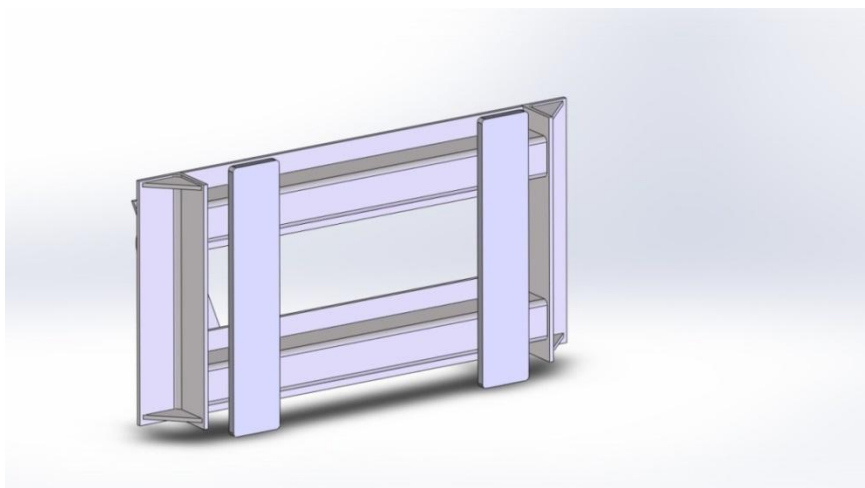
KUVA 21. Auran soviterunkoluonnos, edestä

Kuvasta 21 näkyy auran soviterungon etupuoli. Etupuolella olevat levyt ovat samalla tasalla, joten sovitteet on helppo kiinnittää. Sovitteiden paikkojen mukaan tehdään reiät soviterunkoon. Sovitelevyn kulmiin tehdään myös reiät pulteille. Tässä luonnoksessa soviterungon rakenne on yksinkertainen, mutta siihen voidaan kuitenkin kiinnittää useat erilaiset sovitteet.



KUVA 22. Luonnos harjojen soviterungosta

Auran soviterungon mukaisesti luonnosteltiin uusi soviterunko avoharjoille. Auran soviterungon sär-mätty levy korvattiin U-profiililla ja lattaraudalla. Puomi ja tukipalkit ovat vanhasta soviterungosta.



KUVA 23. Liukuniveleen käyvä soviterunko

Samoilla osilla voidaan rakentaa myös U-auran soviterunko, joka on kuvassa 23. Taakse hitsataan vain kaksi levyä, joilla soviterunko kiinnittyy liukuniveleen runkoon. Liikkumavara pystysuunnassa voi olla liian rajallinen tässä mallissa.

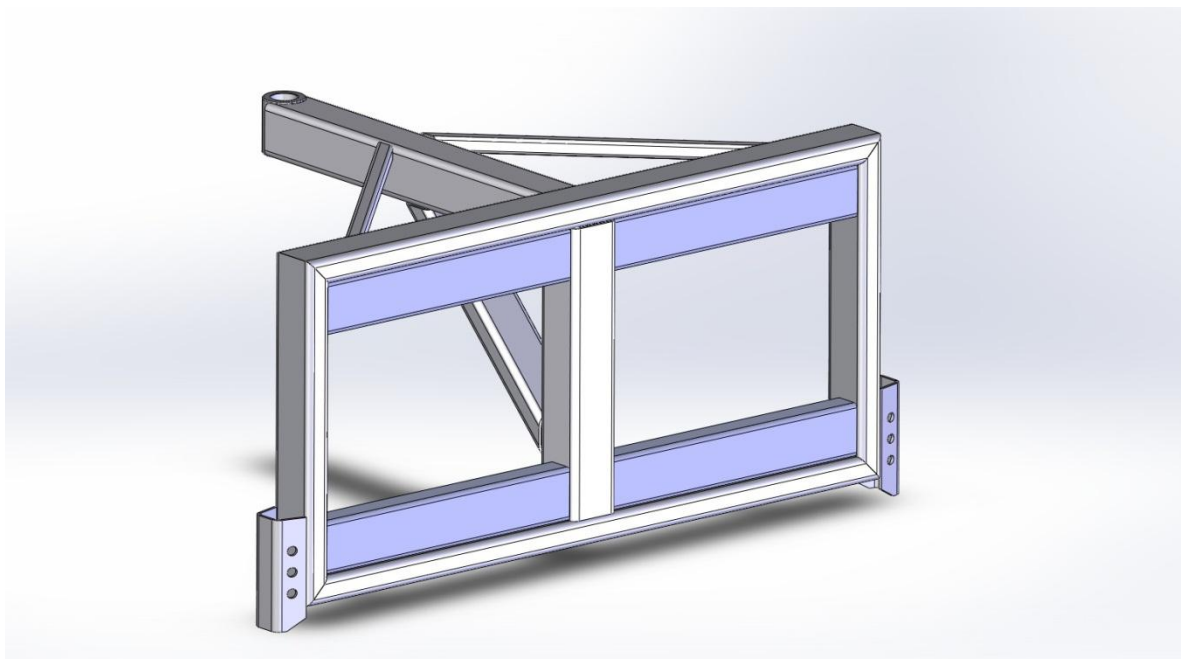
Seuraavaksi kokeiltiin kuvan 21 luonnostelmaan muita yleisimpiä sovitteita. Huomattiin, ettei tällai-nen kokoonpano toimisi. Osa sovitteista tulee kapeammalle kuin toiset, ja jotkut sovitteista tulisivat juuri kulmaraudan ja lattaraudan liitoskohdille. Näille alueille on vaikea saada pultteja kiinni. Yksi vaihtoehto olisi leventää soviterunkoa niin että kaikki sovitteet sattuisivat lattaraudalle. Yksinkertai-semmaksi tulisi kun ottaisi kulmaraudat sivuilta pois ja pidentäisi U-profiilia ja lattarautaa tarpeeksi.

Toinen ongelma sovitteita paikottaessa soviterunkoon tuli nykyisistä sovitelevyistä. Sovitepalojen taustalla oleva sovitelevy on sovitteissa hyvin niukan kokoinen, eikä niihin nykyisellään sovi montaa

kiinnitysreikää. Sovitteet pitäisi saada kuitenkin usealla pultilla soviterunkoon kiinni, jotta lujuus olisi riittävä.

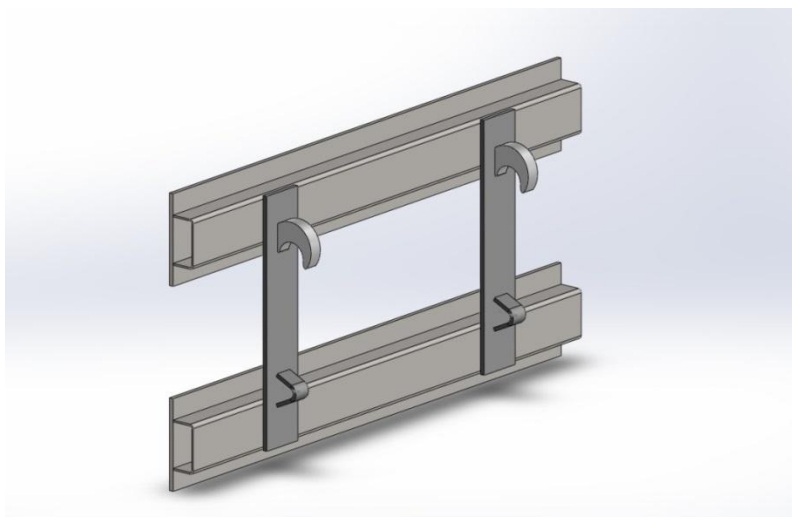
Tällä hetkellä sovitelevyt ovat sen verran kapeita, ettei niihin saa tarpeeksi kiinnitysreikiä mahdollistettua. Toinen ongelma on se, että sovitelevyt ovat kapeita, ja sovitteista riippuen ne tulevat eri levyyksille soviterunkoa, joutuisi soviterunkoon tekemään paljon reikiä. Ratkaisu olisi, että sovitelevyjä leventäisi reilusti. Koska sovitteet kasataan FMG:llä itse, voidaan sovitelevyinkin kokoa vaihtaa. FMG:llä sovitepaloja hitsatessa levyyn, paikoitetaan kiinnitysreikiä levyyn oikeaan paikkaan. Soviterunkoon tehtäisiin vain yhden tai kahden kiinnitysreiän sovitteille. Sovitelevyt tulisivatkin siis aina samaan paikkaan soviterungossa, mutta sovitepalat hitsattaisiin oikeaan kohtaan sovitelevyyn, jotta ne tulisivat oikealle kohdalle.

Seuraavassa luonnoksessa on putkipalkista tehty, jonka sisälle hitsataan ylä- ja alalaitaan kiinnikkeet sovitteille. Kiinnikkeet voisivat olla vaikkapa U-profiilit. Keskellä olisi pystyssä putkipalkki tukemassa rakennetta. Tästä tehtiin havaintomalli, joka on kuvassa 24. Siihen kävisi kaikki sovitteet, eivätkä soviterungon rakenteet olisi kiinnittämisessä tiellä. Rakenne on yksinkertainen.



KUVA 24. Luonnos harjalaitteen soviterungosta

Luonnoksia tutkiessa mietittiin ideaa, jossa sovitteita ei suoraan pultattaisikaan soviterunkoon kiinni. Kehitettiin ideaa siitä, että sovitteet hitsattaisiin ns. "adapteriin", joka voisi olla hyvin yksinkertainen. Adapteri olisi siten kiinnitettävissä itse soviterunkoon, esimerkiksi pulttikiinnityksellä. Soviterungoissa olisi yhteneväiset kiinnityspinnat adapteriin, eli adapteri kävisi jokaiseen FMG:n työlaitteeseen.



KUVA 25. Adapteriesimerkki

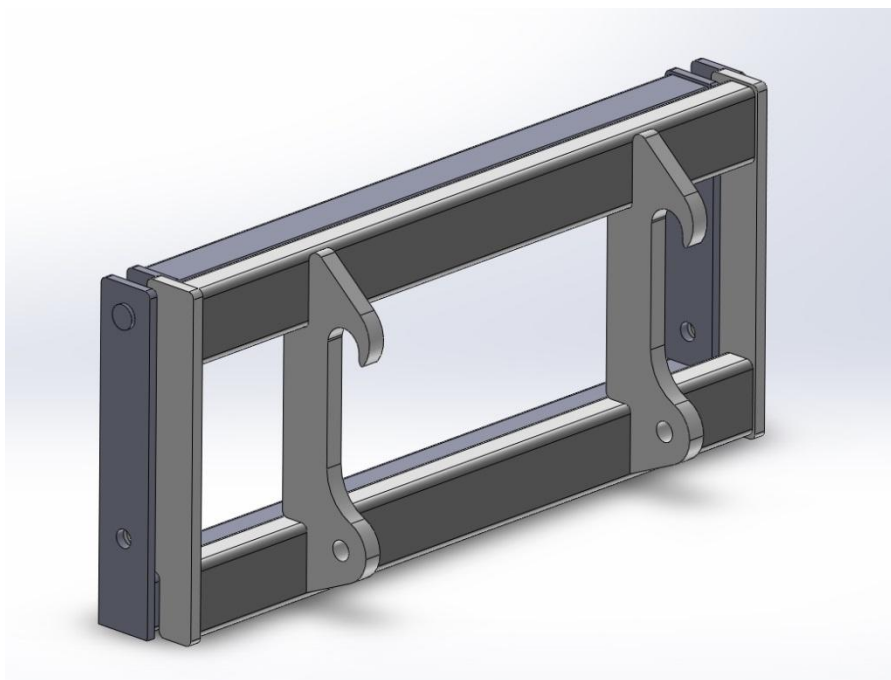
Kuvassa 25 adapteriesimerkki. Tässä mallissa U-palkkeihin hitsataan lattaraudat. Sovitteet hitsataan palkkeihin, jolloin tulee yhtenäinen adapteri. Adapterin kiinnitystä soviterunkoon ei vielä luonnosteltu, mutta sen täytyisi olla sellainen, että sen saa nopeasti kiinni. Adapterin tulisi olla helposti soviterunkoon paikoittuva, eli siinä voisi olla ohjurit. Tällaisessa adapterissa olisi se hyvä puoli, että työkooneeseen voisi nopeasti vaihtaa erilaisen FMG:n työlaitteen. Kunhan työkooneesta löytyy tämä adapteri, siihen voidaan kytkeä eri laitteita. Tämä helpottaa urakoitsijoita, joilla on useampi erilainen traktori ja ne vaativat eri sovitteet. Näihin kytkee vain adapterin ja siten kaikki työlaitteet ovat kytkettävissä.

Adapteri-ideaa jalostettiin ja mietittiin millä keinolla adapteri kiinnitettäisiin soviterunkoon. Pulttikiinnitys olisi helpoin toteuttaa, mutta se ei välttämättä ole kovin nopea ratkaisu. Jos pulttikiinnitykseen päädyttäisiin, tarvittaisiin jonkinlaiset ohjurit adapteriin ja soviterunkoon, jotta adapteri menisi oikealle paikalleen helposti. Kiinnitys voisi olla sellainen, jossa adapteri saadaan paikalleen soviterunkoon vaikka traktorista käsin, ja sitten vain kävisi kirimässä pultit. Kiinnitys soviterunkoon voisi olla myös samanlainen kuin sovitteissa on, eli soviterunkoon tulisi koukut ylhäälle ja korvakkeet tappiliitokselle alhaalla. Adapterissa olisi koko leveydeltään tanko ylhäällä ja korvakkeet. Adapteri kiinnitettäisiin soviterunkoon samalla tavalla kuin tällä hetkellä työkoone soviterunkoon. Kaikissa soviterungoissa olisi samanlaiset kiinnityspinnat ja näin adapteri kävisi joka laitteeseen.

Sovitteita tutkittaessa mietittiin, voisiko sovitteet toteuttaa yksinkertaisemmin. Tällä hetkellä osa sovitteista on valmiita polttoleikkeitä, jotka hitsataan paikalleen soviterunkoon. Muutamat sovitteet kuitenkin koostuvat ylä- ja alakorvakkeista, jotka hitsataan taustalevyyn, kuten kuvassa 25. Kaikki sovitteet voisivat olla valmiita polttoleikkeitä, joka vähentäisi hitsauksen määrää olennaisesti.

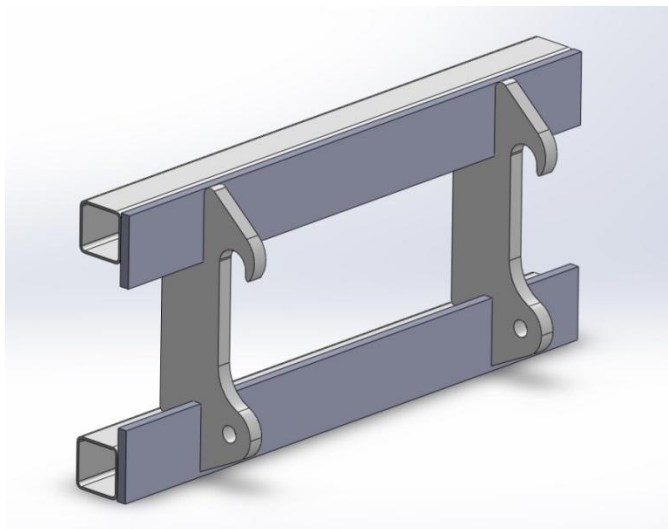
Sovitteita voisi jalostaa siten, että lisäisi lipan sovitteen taakse siten, että samalla tulisi tuki putkipalkkien väliin. Tämä ratkaisu yksinkertaistaisi rakennetta, sillä ylimääräisiä vahvikkeita adapteriin ei tarvittaisi, sovitte itsessään lujittaisi rakennetta. Tätä ideaa selvittää kuva 26. Adapterin päädyissä on koukut, jotka vastaavat soviterungon päissä oleviin tankoihin. Alapää kiinnittyy tapeilla. Tämä on hyvin yksinkertainen rakenne, ja adapteri on nopea ja helppo kiinnittää ja irroittaa soviterungosta.

Kaikissa soviterunkomalleissa olisi samanlainen kiinnitysratkaisu, joten adapteri kävisi kaikkiin malleihin kiinni. Soviterunkoja tarvitsisi muuttaa hyvin vähän, vain päihin hitsataan tangot adapterin koukkuja varten sekä yksi levy lisää. Adapterin perusrakenne pysyisi aina samanlaisena, siihen hitsattaisiin valmiit sovitteet kiinni. Adapterin runko on mitoitettiin siten, että siihen voi hitsata mitkä tahansa sovitteet. Sovitteet muutettaisiin pelkiksi polttoleikkeiksi, joissa kiinnityspinta adapteriin olisi kaikissa samanlainen. Erilaisia adaptereita olisi valmiina jälleenmyyjän varastossa, josta tarpeen mukaan kiinnitettäisiin asiakkaan haluama adapteri laitteeseen.



KUVA 26. Adapteri

Adapteriasiaa tarkemmin pohdittaessa syntyi ajatus, tarvitaanko adapteria käytännössä. Tällaisessa ratkaisussa valmistuskustannukset lisääntyvät, koska joudutaan valmistamaan myös adapterin runko itse soviterungon lisäksi. Mietittiin myös sitä, tarvitaanko tällaista adapteria, joka käy jokaiseen FMG:n työlaitteeseen. Eli tarvitseeko traktoriin tai muuhun työlaitteeseen vaihtaa hyvin usein laitetta. Alunperin adapteri-idea kehittäessä pääkohtana oli se, että adapterin avulla mikä tahansa FMG:n työlaite voidaan kiinnittää koneeseen sovitteista riippumatta. Adapteri voitaisiin kuitenkin korvata sillä ratkaisulla, että sovitteet olisivat helposti asennettavissa paikoilleen soviterunkoon. Sovitteet olisivat edelleen polttoleikkeitä, ja ne lukittaisiin oikealle paikalleen jollakin yksinkertaisella ja nopealla tavalla. Vain adapteri jäisi tästä välistä pois.



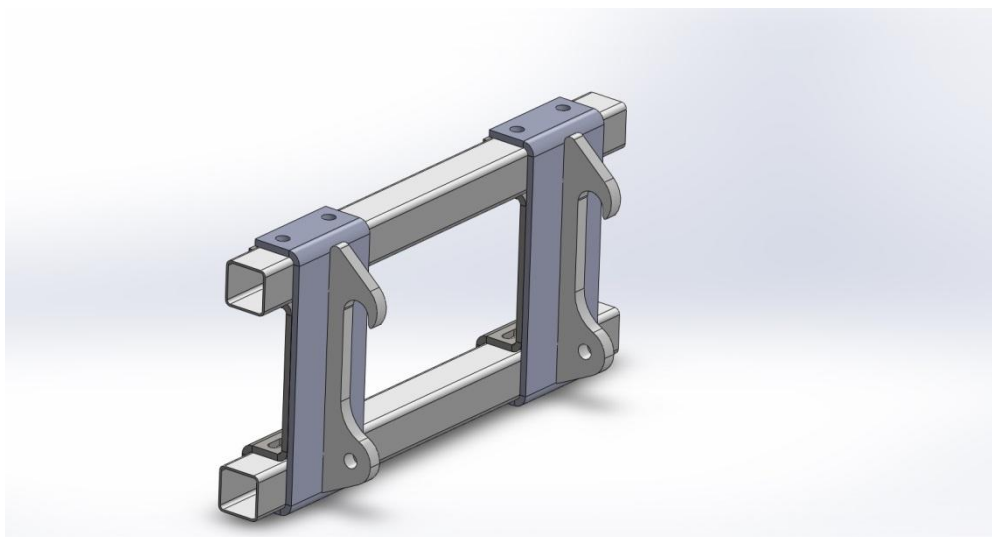
KUVA 27. Luonnos soviterunkoon kiinnitettävästä sovitteesta

Kuva 27 kuvaa edellä mainittua ideaa. Soviterungon putkipalkkeihin hitsataan levyt, jotka jatkuvat hieman palkin yli. Sovitteessa on levyn paksuinen ura takana. Sovite tuodaan soviterunkoon vinoitain, ja se asetetaan pystyyn kun levy on sovitteen urassa. Tämän jälkeen sovitteet lukitaan sivuttaissuunnassa paikoilleen esimerkiksi tappiliitoksilla. Tämä ratkaisu on yksinkertainen ja se on halvempi valmistaa kuin adapteri. Osia tässä on myös paljon vähemmän kuin käytettäessä adapteria. Ratkaisu kestää hyvin rasitusta koska sovitteiden lipat vastaavat putkipalkkeihin sekä hitsatut levyt estävät sovitteiden liikkeen eteen ja taakse.

Kuvan 27 ratkaisu on muuten valmis vaihtoehto irroitettaville sovitteille, vain sivuttaisliikkeen rajoittaminen täytyy ratkaista. Tähän ratkaisuksi ajateltiin takaa kiinnitettävälle kiinnikkeelle, joka lukitaan esimerkiksi tapeilla. Kiinnikkeet kävisivät kaikkiin sovitteisiin kiinni. Putkipalkeissa olisi läpi reiät, joihin tapeilla lukitaan sovitteet oikealle paikalleen. Soviterungon takana on sen verran tilaa, ettei takaa asennettava lukitusjärjestelmä ole ongelma.

Seuraavaksi aloitettiin sovitteiden paikoittaminen soviterunkoon. Tässä kohtaa tuli eteen ongelma, sillä osa sovitteista ovat leveysuunnassa todella lähellä toisiaan, eikä täten edellisessä kappaleessa mainittu tapeilla lukittava järjestelmä toimi. Reikäjakoa putkipalkeissa ei saa millään kaikille sovitteille sopivaksi, eikä sitä täten tässä ratkaisussa voi käyttää. Myöskään lukituslevyyn ei voi tehdä kovin montaa reikää rinnakkain ettei sen leveys kasva liian suureksi, koska se taas vaatisi soviterungon leventämistä.

Ratkaisu lukitusongelmaan voisi olla se, että kiinnike ei olisikaan irtonainen osa, vaan se hitsattaisiin sovitteisiin kiinni. Tällöin kuvan 27 putkipalkkeihin hitsatut levyt voitaisiin poistaa. Lukituslevy olisi jokaiselle sovitteelle oma. Lukituslevyyn tehtäisiin reiät aina sovitteen mukaan. Tällöin putkipalkeissa ei tarvitsisi olla niin paljon reikiä, kun lukituslevyissä reiät on mitoitettu siten, että sovitteet saadaan lukittua oikealle paikalleen. Soviterungon takaa voitaisiin samalla kiinnityksellä laittaa tukilevy kiinni.



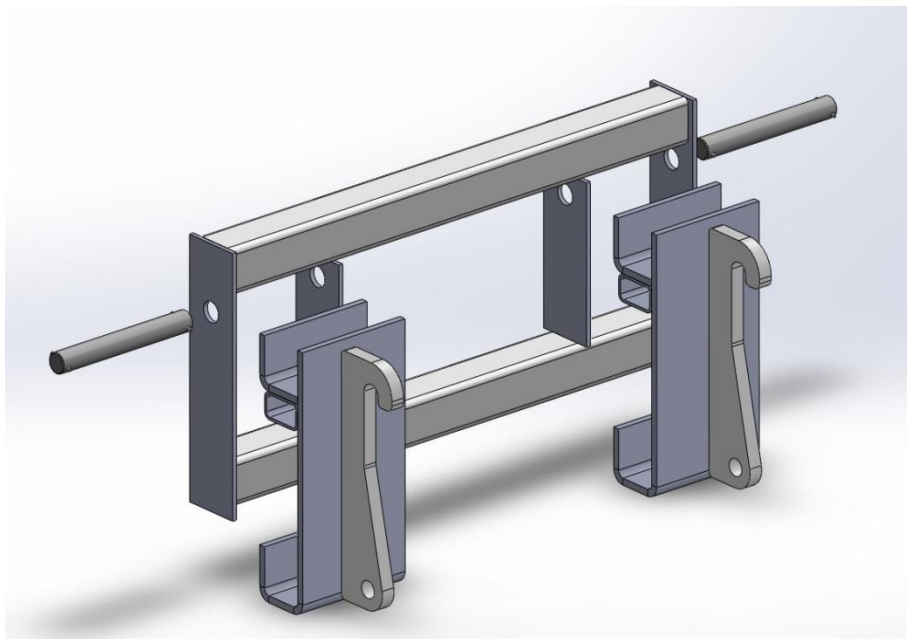
KUVA 28. Luonnos irroitettavista sovitteista

Tulevaisuudessa tällainen rei'ittäminen voisi koitua ongelmalliseksi, jos esimerkiksi tulee uusi sovitystyyppi, jolle ei löydy valmiita kiinnitysreikiä soviterungossa. Tällöin joutuisi suunnittelemaan taas uudet reikäjaot. Uuden soviterungon tulisi olla sellainen, että kun se on kertaalleen suunniteltu, ei sitä tarvitsisi enää myöhemmin muuttaa, vaikka uusia sovitteita tulisi markkinoille. Tästä lähdettiin miettimään keinoa, millä sovitteet saadaan soviterunkoon lukittua ilman, että tarvitsee tehdä reikiä soviterunkoon.

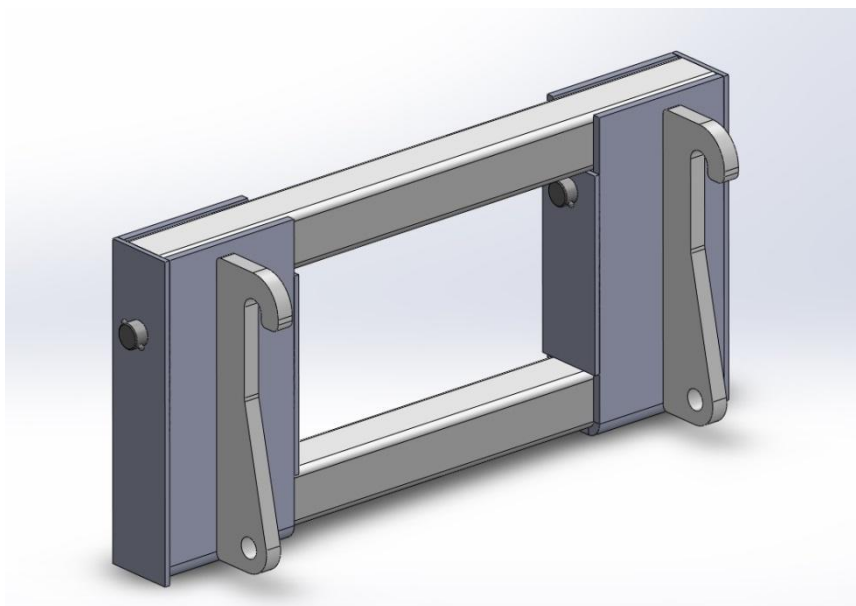
Tästä jatkettiin ideoimista. Mieleen tuli idea, jossa sovitteiden sivuttaisliikkeen rajoittimet hitsataan soviterunkoon kiinni. Rajoittimet tulevat paikkoihin, joihin kapeimmalle tulevat sovitteet tulevat. Eli rajoittimen ja päätylevyn väliin jää tila, mihin kaikki sovitteet sopivat, kuvan 29 mukaisesti. Sovitteisiin hitsataan tähän väliin sopiva levy. Sovitteen paikka levyn suhteen riippuu niiden paikasta soviterungon suhteen. Levyssä on ylä- ja alapäässä kourut, jotka tulevat soviterungon putkipalkkeja vasten. Kourut ottavat vastaan sovitteisiin kohdistuvaa rasitusta. Sovitteet nostetaan alhaalta päin soviterunkoon.

Sovitteiden lukitsemisessa lähdettiin liikkeelle siitä, että sen tulisi olla yksinkertainen ja nopea. Mieleen tuli keräävän auran soviterunko, joka on kiinni auran rungossa pitkällä poikittaisella tangolla, joka menee putkipalkin läpi. Samaa periaatetta sovellettiin tähän, eli kun sovitteet on nostettu putkipalkkeja vasten, työnnetään tapit sovitteissa olevan putkipalkin läpi ja lukitaan jousisokilla. Tällä tavoin sovitteen lukitseminen paikalleen on nopeaa ja helppoa. Kuva 30 havainnollistaa tilannetta, jossa sovitteet on kiinnitettynä runkoon.

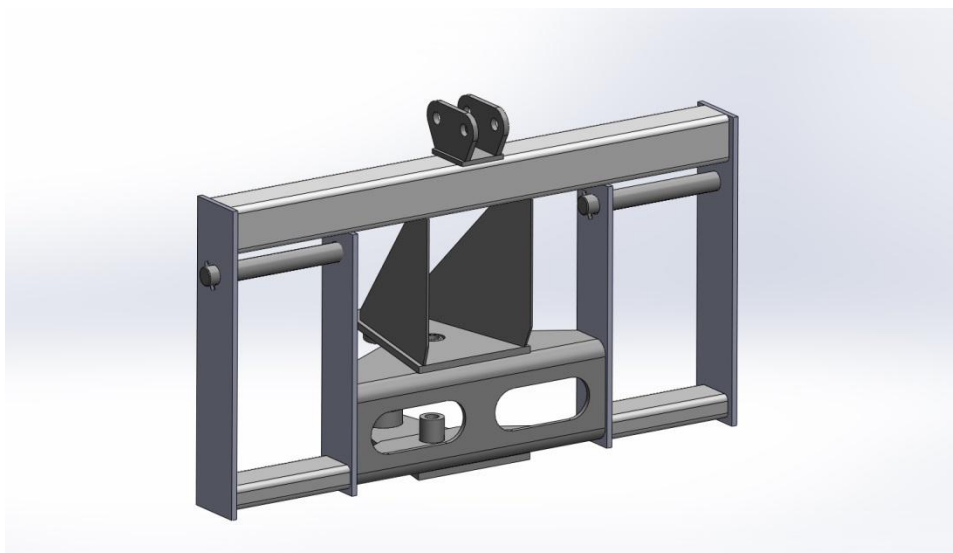
Tämä malli on siinä mielessä hyvä, että uusien sovitteiden sovittaminen runkoon on helppoa. Sovitteisiin hitsattavat levyosat ovat kaikissa samanlaiset, eli ne sopivat kaikkien sovitteiden kanssa. Sovitteet ovat helppo kiinnittää soviterunkoon myöhemmin esimerkiksi myyjän toimesta, eikä työkaluja asentamiseen tarvita. Myös asiakkaan on helppo myöhemmin myös itse vaihtaa haluamansa sovitteet, koska soviterunkoon voidaan asentaa kaikki markkinoilla olevat sovitteet.



KUVA 29. Sovitteet irrallaan rungosta

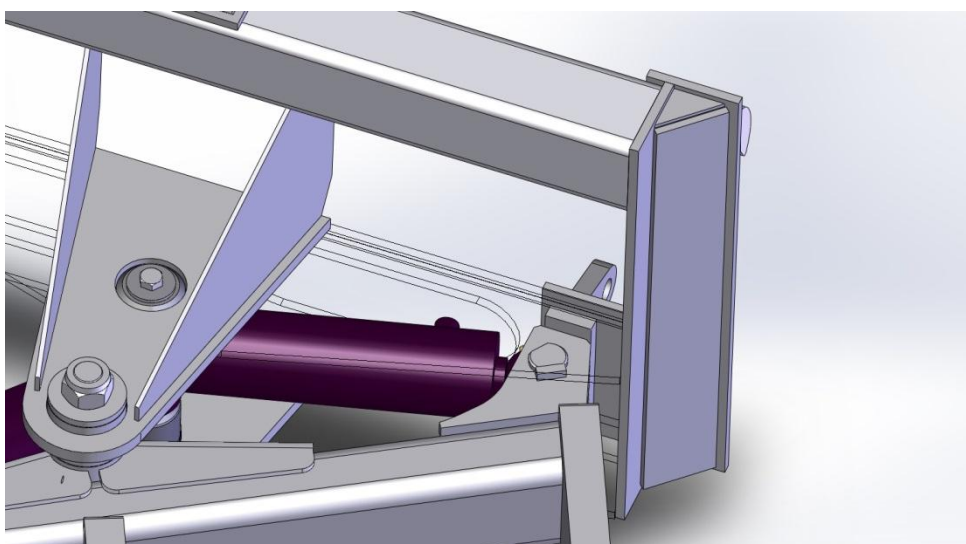


KUVA 30. Sovitteet kiinnitettynä runkoon



KUVA 31. Auran soviterunko

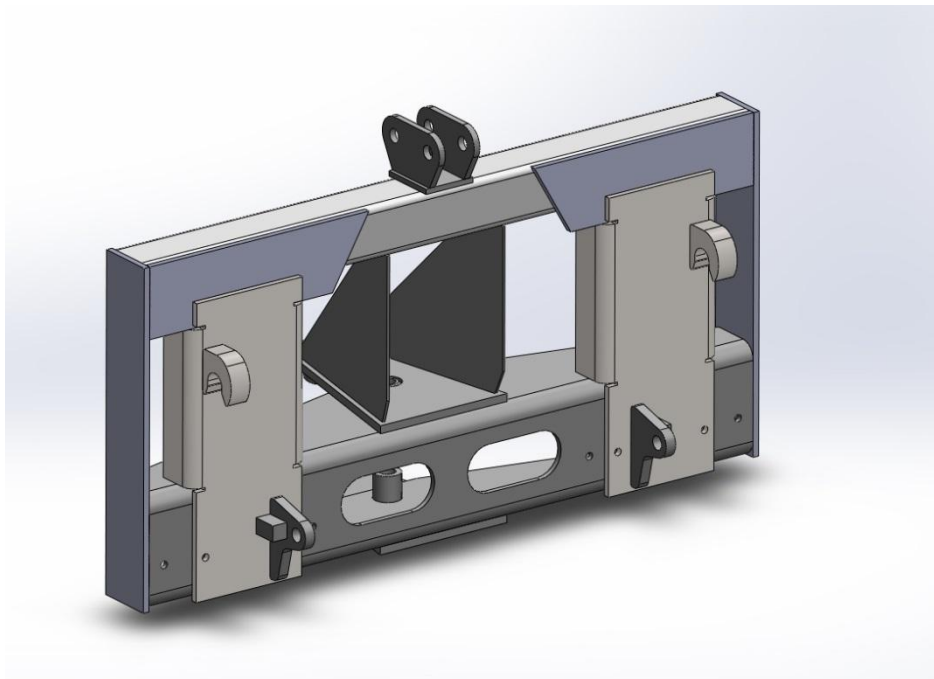
Sovellettaessa kuvien 29 ja 30 malleja auran soviterunkoon havaitsimme ongelman. Auroissa soviterunko kiinnittyy välipalkkiin, joka on kiinni aurassa. Aurauskulmaa käännettäessä äärimmilleen välipalkki menee soviterungon sisään ja vastaa soviterunkoon. Soviterungon alaosassa täytyy olla siis tilaa välipalkille. Kuvassa 31 on sovellettu aiempaa ideaa auran soviterunkoon. Tässä mallissa aura ei pystyisi kääntymään ääriasentoonsa, koska välipalkki ottaisi kiinni soviterungon pystylevyyn. Tämä malli ei toimisi käytännössä. Soviterungon alaosassa olevan särmätyn levyn täytyy olla koko soviterungon levyinen. Silloin aurauskulma säilyisi entisellään. Kuvassa 32 on aurauskulma säädetty äärimmilleen ja välipalkki vastaa soviterunkoon.



KUVA 32. Soviterunko ja välipalkki

Uuden mallin luonnostelussa otettiin huomioon välipalkin tarvitsema tila soviterungon sisällä. Soviterungon alaosaa päätettiin säilyttää samanlaisena särmätynä levynä kuin vanhassakin soviterungos-

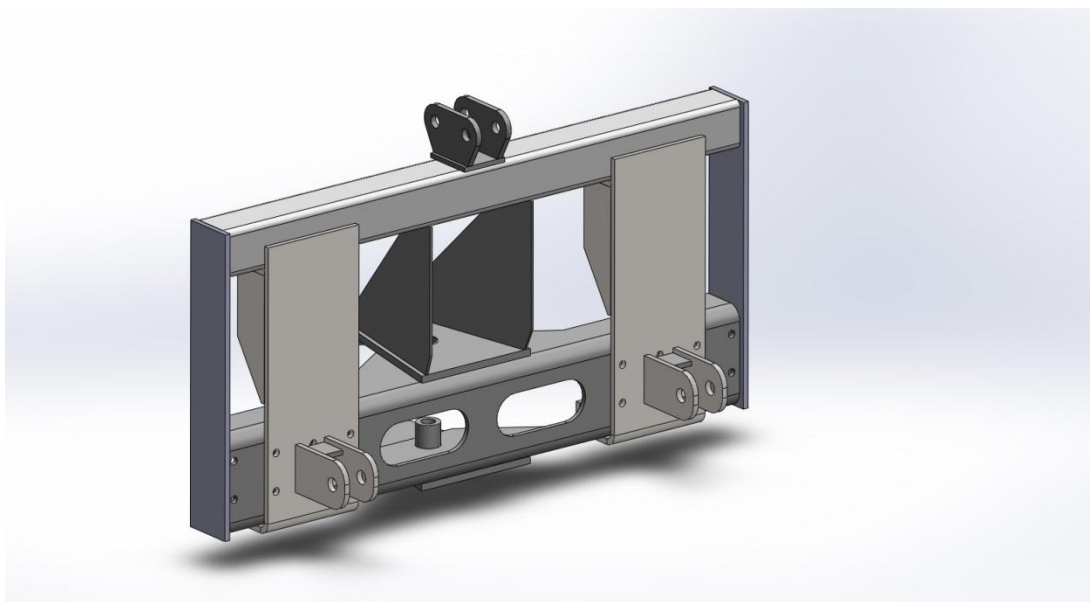
sa. Tässä vaiheessa pohdittiin ideaa, jossa sovitteet tuodaan soviterunkoon sivusta paikalleen. Soviterunkoon hitsataan etuyläkulmiin levyt, joita pitkin sovitteet liu'utetaan paikoilleen.



KUVA 33. Auran soviterunko

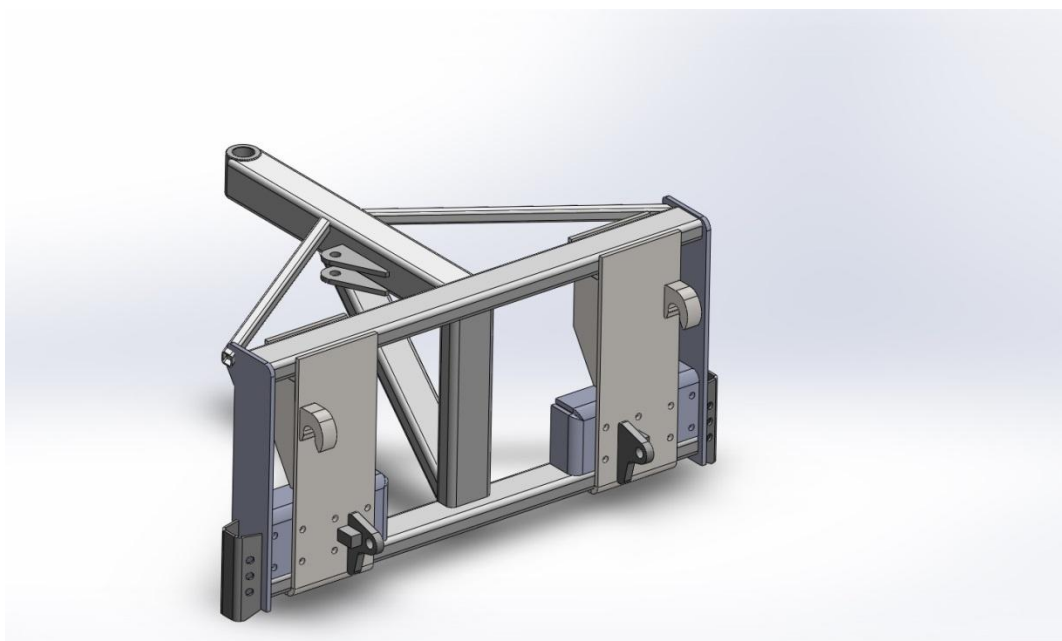
Kuvan 33 mallissa sovitepohja on särmätty yhdestä levystä, jolloin se on halvempi valmistaa kuin aiemmassa mallissa oleva sovitepohja. Sovitepohja on myös kapeampi kuin aiemmassa mallissa, joten materiaalia tarvitaan vähemmän. Sovitepohjan suunnittelussa vaatimuksena on Euro-sovitteiden mahtuminen, sillä ne tarvitsevat leveysuunnassa suurimman tilan. Sovitepohja on kaikissa sovitteisissa samanlainen. Kulmissa olevissa levyissä on hahlo, jota kautta sovitteet saadaan työnnettyä soviterunkoa vasten. Sovitteet liu'utetaan oikealle paikalleen ja lukitaan paikalleen kahdella pultilla, jotka estävät sovitteiden liikkeen sivusuunnassa sekä estävät sovitteen lipan vääntymästä ylöspäin. Sovitepohjan särmätyt reunat ottavat vastaan pystysuunnassa tulevat rasiukset, jolloin pulteille ei tule niin suurta rasiusta. Soviterungossa on kolme paikkaa sovitteille ja ne ovat limittäin, jolloin uusien sovitteiden paikoitus onnistuu ilman uusien reikien tekemistä.

Kuvan 33 luonnosta tutkittaessa mietittiin, voisiko soviterunkoa vielä yksinkertaistaa, esimerkiksi poistamalla soviterungon yläkulmien levyt. Myös sovitepohjan särmäyksien pätyihin kohdistuvat pintapaineet mietityttivät. Särmäyksien ala- ja yläpäädyt vastaavat soviterunkoon melko pieneltä pinta-alalta, joten niihin kohdistuu kova rasiusta. Aiempia luonnoksia tutkiessa tuli idea kuvan 33 ja 29 yhdistämiseen. Sovitepohja nostettaisiin alhaaltapäin vasten soviterunkoa ja kirittäisiin paikoilleen pulteilla. Sovitepohja säilyisi samanlaisena. Sovitepohjan ylä- ja alapään kourut vastaisivat soviterunkoon. Luonnos tästä ideasta on kuvassa 34.



KUVA 34. Auran soviterunkomalli

Tässä luonnoksessa soviterungosta tulisi yksinkertaisempi kuin tällä hetkellä käytössä oleva soviterunko. Sovitepohja ei ole särmätty yhdestä levystä, vaan se rakentuu yhteensä kolmesta nimikkeestä. Jos sovitepohja tehtäisiin särmätystä levystä, mittojen tulisi olla tarkkoja, koska esimerkiksi kuvan 33 luonnoksessa soviterungon levy tulee sovitepohjan särmäyksien taakse. Viimeisimmässä mallissa mittojen ei tarvitse olla niin tarkkoja. Hitsattavaa tässä mallissa ei kuitenkaan ole niin paljon, että sovitepohjaa kannattaisi särmätä tarkoilla mitoilla. Samaa ideaa hyödyntämällä luonnosteltiin avoharjan soviterunko. Avoharjan sekä nivel- ja U-auran soviterunkoon suunniteltiin kiinnityskohdat soviteille. Alakulmiin särmätään levystä kiinnityspisteet pulteille. Muuten soviterungot voivat olla melko samanlaisia kuin ennenkin.



KUVA 35. Avoharjan soviterunko

7 SUUNNITTELU

Toimeksiantajan kanssa luonnoksia tutkittaessa päädyttiin valitsemaan kuvien 34 ja 35 mukaiset soviterunkoratkaisut. Kuvien malleissa sovitteet ovat nopeasti kiinnitettävissä soviterunkoon. Sovitteiden kiinnittämiseen käytetään pultteja. Näissä malleissa soviterungon rakenne on yksinkertainen eikä hitsaaminen lisääny varsinkaan aurojen soviterungoissa.

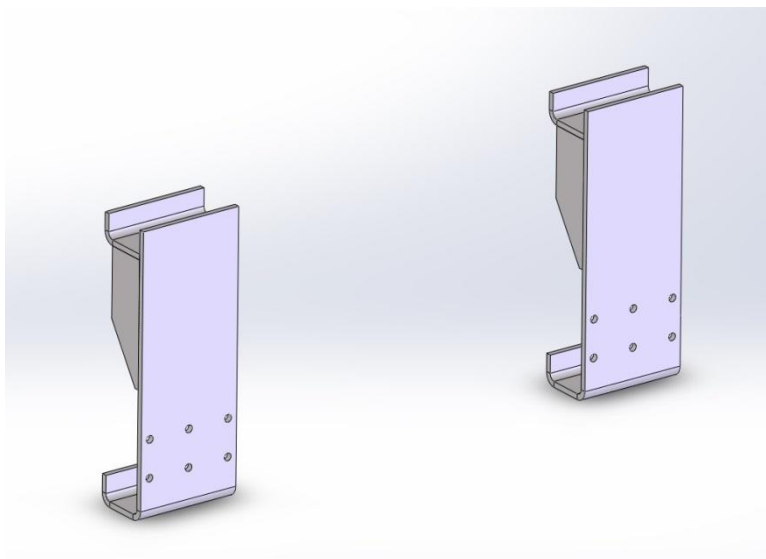
7.1 Sovitepohja

Sovitepohjalla tarkoitetaan alustaa, johon sovitepalat hitsataan. Sovitepohja on aina samanlainen soviteista riippumatta. Kuvan 29 luonnoksen putkipalkki korvattiin kahdella levyllä, jotka samalla tukevat rakennetta.

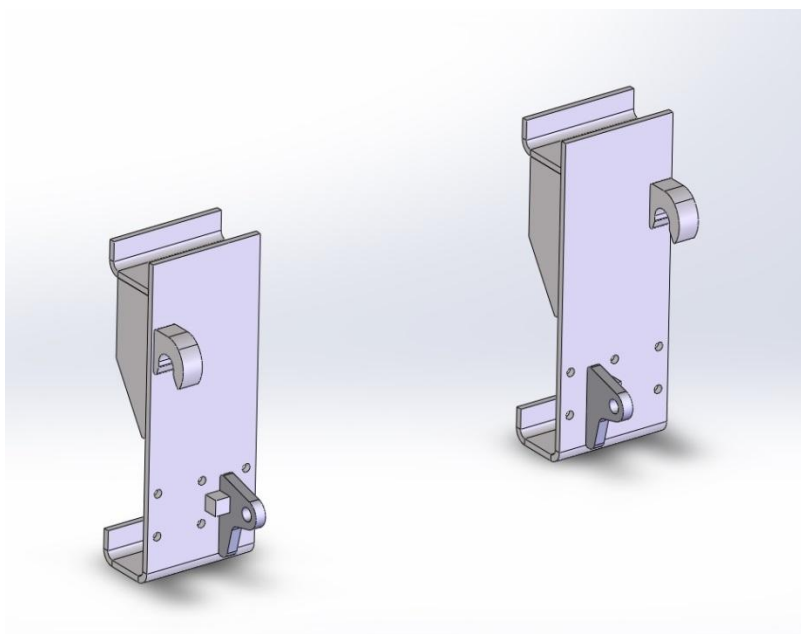
Sovitepohjan leveyttä määritettäessä tutkittiin, mikä sovite tarvitsee leveyssuunnassa suurimman tilan. Eniten tilaa tarvitsevat Euro-sovitteet, 165 mm. Sovitepohjan tulee siis olla vähintään näin leveä. Sovitteita kohdistettaessa soviterunkoon ja siirrettäessä sovitteiden vaatimiin kohtiin kävi kuitenkin ilmi, ettei sovitepohja toimisi näin kapeana. Ensinnäkin kapealla sovitepohjalla joutuisi tekemään paljon reikiä soviterunkoon. Reiät tulisivat myös niin lähelle toisiaan, että sovitepohjaa on pakko leventää. Toiseksi auran soviterungossa on kuvan 32 mukaiset vastinkappaleet välipalkille. Välipalkki siis ottaa soviterunkoon kiinni ääriassenossaan. Tämän vuoksi reikiä ei voinut tehdä mihin tahansa kohtaan. Soviterunkoa ja sovitepohjaa tarkemmin suunniteltaessa kului kauan aikaa löytää oikea reikäväli niin, että kaikille soviteille löytyy paikka soviterungosta. Sovitepohjan leveydeksi valikoitui 225 mm. Tämän levyisenä kaikki sovitteet saadaan kiinnitettyä soviterunkoon.

Sovitepohja koostuu kolmesta nimikkeestä. Etulevyn alareunasta särmätään kouru ottamaan vastaan soviterungon alaosaan. Toinen särmätty levy tulee sovitepohjan yläosaan, joka vastaa soviterungon putkipalkkiin. Sovitepohjassa on kaksi levyä jäykistämässä ja tukemassa rakennetta. Levyt on mitoitettu siten, että sovitepohja sopii nousemaan paikalleen. Levyt ovat paksuudeltaan 12 mm.

Sovitepohja päätettiin kiinnittää soviterunkoon neljällä pultilla. Pulttikiinnityksessä täytyy olla suuret varmuudet, jotta ne varmasti kestävät rasituksen eivätkä mene poikki. Sovitepohjaan jouduttiin tekemään yhteensä kuusi reikää, jotta soviterunkoon ei tarvinnut tehdä ylimääräisiä reikiä.



KUVA 36. Sovitepohjat

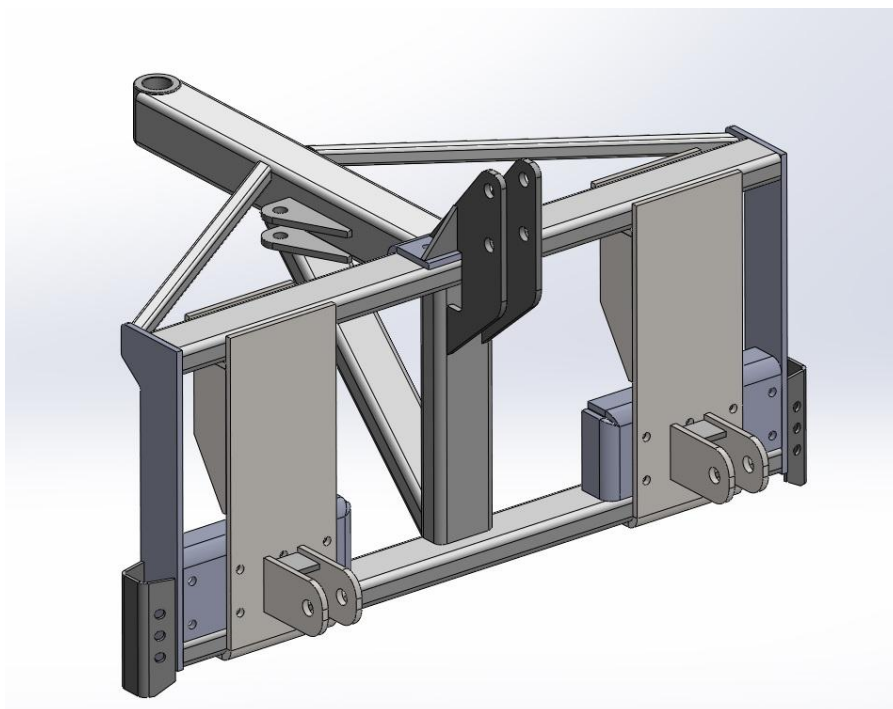


KUVA 37. Euro-sovitteet

7.2 3-pistekiinnitys

3-pistekiinnityksen sovitteet eroavat muista sovitteista siten, että siihen kuuluu myös korvakkeet työntövarren kiinnitystä varten. Alueauran vanhassa 3-pistekiinnitteisessä soviterungossa on korvakkeet, joissa on reiät sekä laukaisulaitteen että työntövarren kiinnitystä varten. Tällaiset korvakkeet löytyvät esimerkiksi kuvasta 34. Korvake päätettiin säilyttää myös uudessa alueauran soviterungossa, sillä se on toimiva ja yksinkertainen. Korvake hitsataan soviterunkoon aina valmiiksi, sillä korvake on niin pieni, ettei siitä tule paljon lisäkustannuksia. Jos korvakkeen muuttaisi jälkeinpäin kiinnitettäväksi, joutuisi korvakkeesta tekemään monimutkaisemman pulttikiinnitykselle, joten päätettiin että se hitsataan soviterunkoon jo tehtaalla.

Avoharjan sekä nivel- ja U-auran soviterunkoihin työntövarren kiinnityskorvake päätettiin tehdä irralliseksi. Näissä soviterungoissa ei tarvita korvaketta laukaisulaitteen kiinnitykseen niin kuin aurojen soviterungoissa, joten korvakkeen hitsaaminen jokaiseen runkoon olisi turhaa. Asiakas ei välttämättä ikinä tarvitse 3-pistekiinnitystä, joten työntövarren korvakkeen hitsaaminen kiinteästi soviterunkoon olisi turha kuluerä. Vanhan avoharjan soviterungon korvake muutettiin pulttikiinnitteiseksi. Korvake tuodaan runkoon edestäpäin koholla kiinni soviterungon kylkeen, ja lasketaan alas. Tämän jälkeen korvake kiristetään paikalleen kahdella pultilla. Sama korvake käy sekä avoharjan että nivel- ja U-auran soviterunkoihin. Avoharjan 3-pistekiinnitystä havainnollistaa kuva 38.



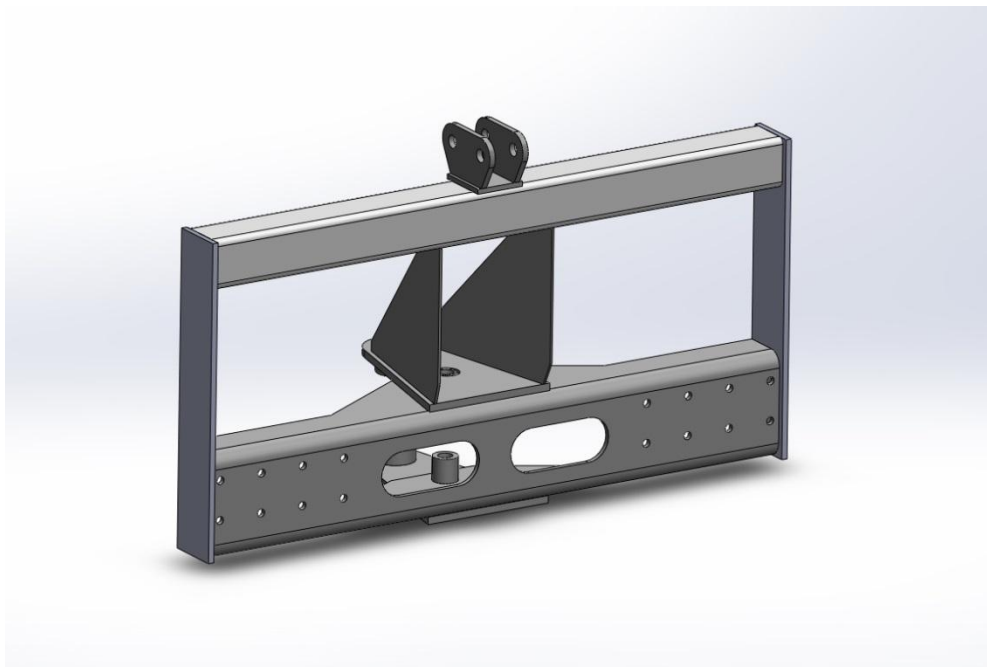
KUVA 38. Avoharja 3-pistekiinnityksellä

7.3 Auran soviterunko

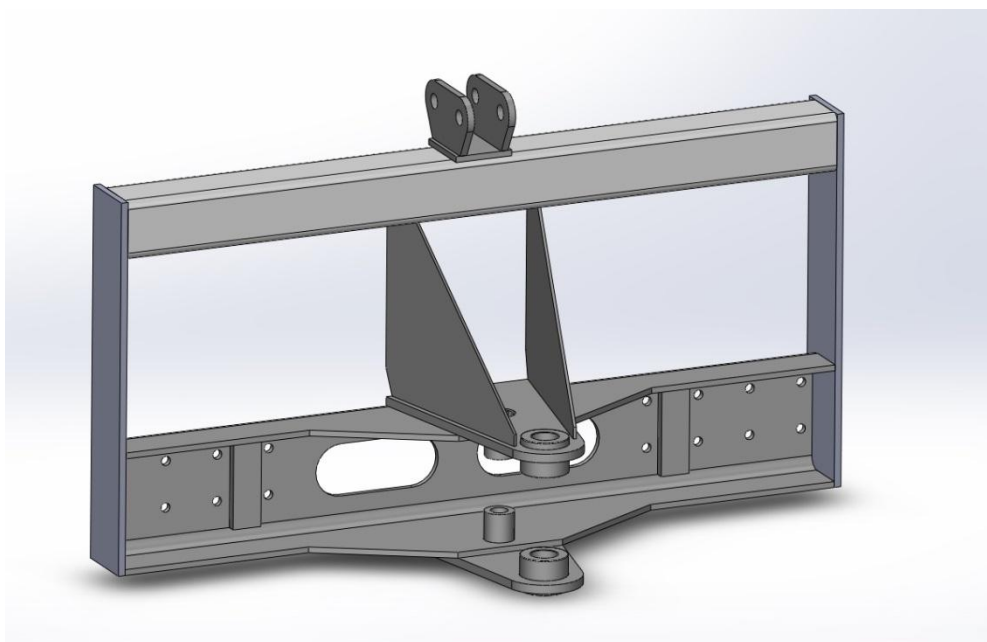
Soviterungoista vaikein muuntaa irroitettaville soviteille sopivaksi oli aurojen soviterunko. Sovitepohjaa suunniteltaessa lähtökohtana oli auran soviterungon antamat rajat ja mahdollisuudet. Yksi rajoituksista oli se, että auran ollessa ääriasennossa välipalkki tulee soviterungon takaosaan kiinni. Sovitepohjan kiinnitystä suunniteltaessa oli huomioitava, että välipalkille jää tilaa.

Suunnittelun lähtökohtana oli alue, jolle sovitteet tulevat. Soviterungon tulee olla niin leveä ja korkea, että siihen saa kiinnitettyä kaikki markkinoilla olevat sovitteet. Leveyden määräsi Pehtoori-sovitteet, jotka tulevat leveimmälle, 1 180 mm päähän toisistaan. Soviterungon korkeus määriteltiin 3-pistekiinnityksen mukaan. 3-pistekiinnitys on mitoitettu standardien mukaan, joten soviterungon korkeus määritettiin standardin mukaan, jotta työntövarren kiinnityskorvake tulee oikealle korkeudelle.

Auran soviterungosta tuli rakenteeltaan hyvin yksinkertainen. Osia siinä on vähemmän kuin vanhas-
sa soviterungossa. Sovitteiden kiinnitystä varten ei tarvitse hitsata lisärakenteita. Soviterunkoon teh-
tiin neljä paria reikiä kummallekin puolelle sovitteiden kiinnitystä varten. Reiät ovat tasaisin välein.
Auran uudet soviterungot ovat esillä kuvissa 39 ja 40.



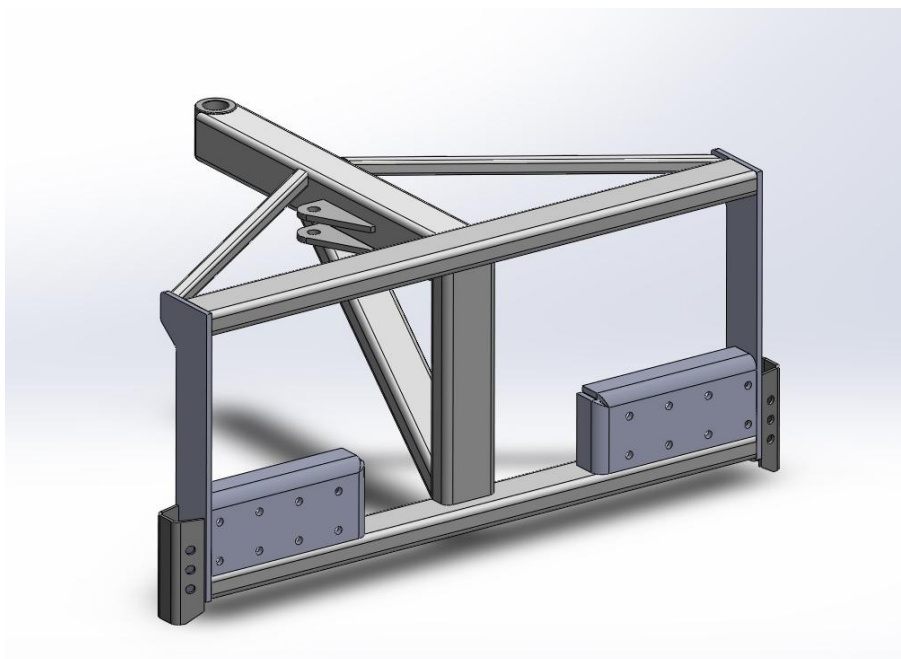
KUVA 39. Auran soviterunko edestä



KUVA 40. Auran soviterunko takaa

7.4 Avoharjan soviterunko

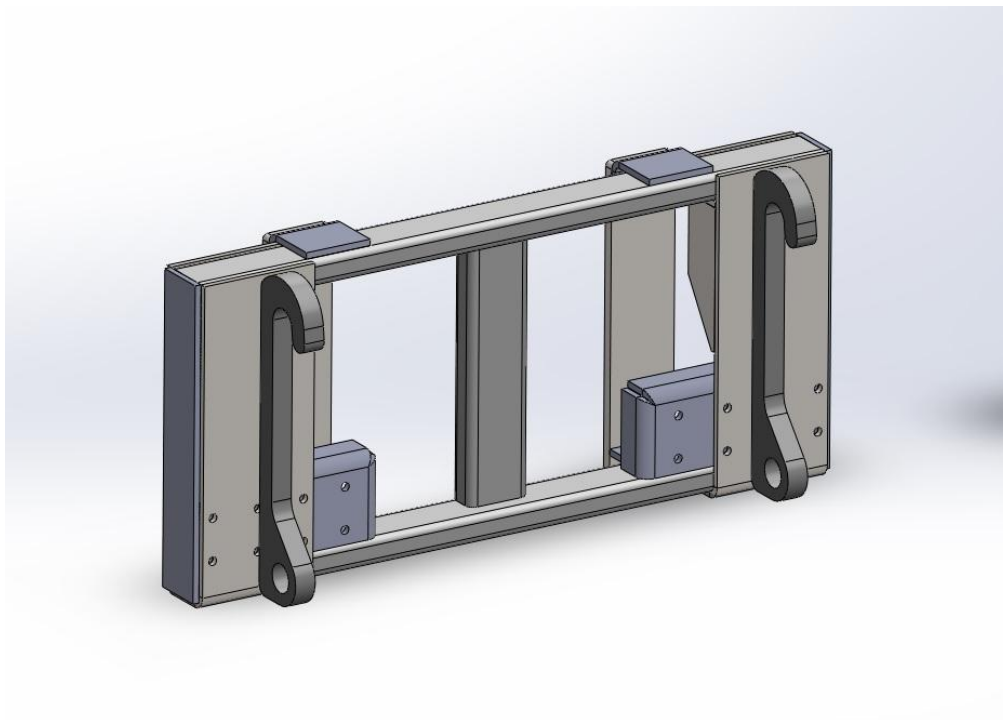
Avoharjan soviterunkoon ei tarvinnut tehdä isoja muutoksia. Soviterungon alakulmiin hitsataan särmätyt levyt sovitteiden kiinnitystä varten. Levyt särmätään jotta ne eivät taivu rasituksen alla. Levyt ovat paksuudeltaan 12 mm. Soviterungon puomi ja kääntösylinterin korvakkeet sekä seisontatuen korvakkeet ovat alkuperäisiä. Muihin osiin joutui muuttamaan pituutta. Soviterungosta tuli hieman vanhaa leveämpi, jotta kaikki sovitteet saadaan kiinnitettyä. Sivuttaistuet ovat nyt kiinni päätylevyissä, jolloin tuen molemmat päät leikataan samassa kulmassa.



KUVA 41. Avoharjan soviterunko

7.5 Nivel- ja U-auran soviterunko

Suurimmat muutokset vanhaan soviterunkoon tehtiin nivel- ja U-auran soviterunkoon. Uudesta soviterungosta tuli monimutkaisempi kuin vanhasta, jotta sovitteet saadaan siihen kiinnitettyä. Vanha soviterunko koostui pelkästään putkipalkkikehikosta ja siihen hitsatuista kahdesta lattaraudasta auran kiinnittämistä varten. Uuteen soviterunkoon hitsataan alakulmiin samanlaiset särmätyt levyt kuin avoharjan soviterunkoonkin, jotta sovitteet saadaan pultattua kiinni. Keskelle soviterunkoa hitsataan 120x60x6 putkipalkki tueksi 3-pistekiinnitystä varten.



KUVA 42. Nivel- ja U-auran soviterunko Kunta 500 -sovitteilla

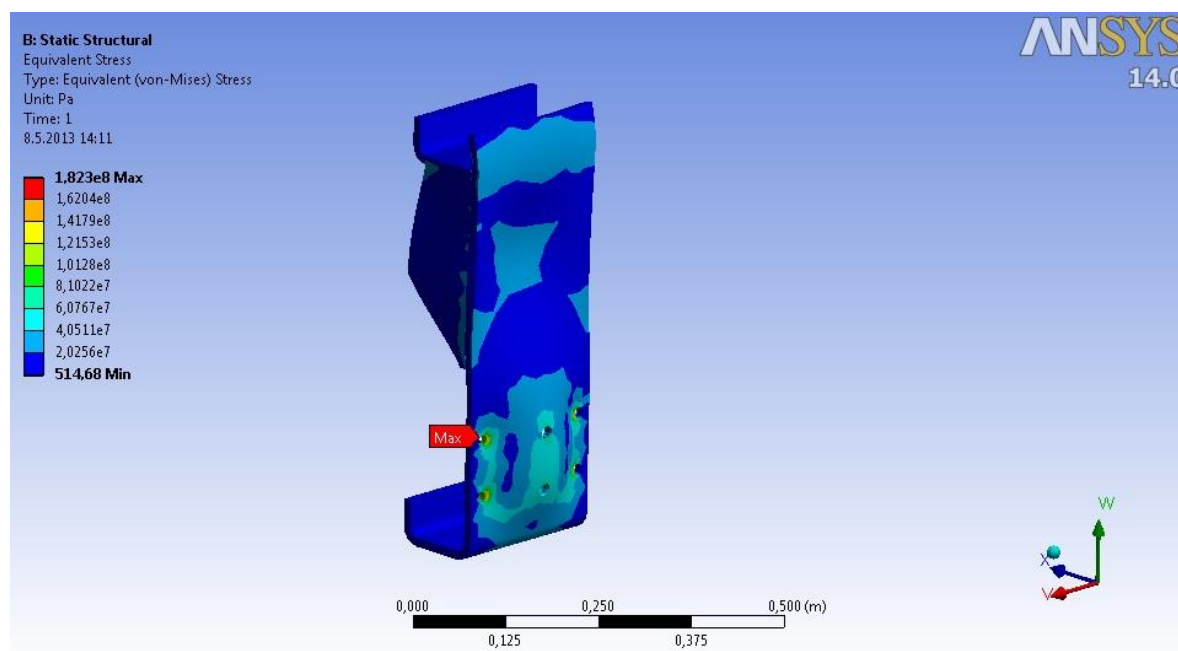
8 LUJUUKSIEN MÄÄRITTÄMINEN

8.1 FEM-analyysit

Soviterunkojen lujuudet määritettiin Ansysella. Rasituksena käytettiin standardin SFS-ISO 23206 mukaista arvoa 30 kN, joka on suurin sallittu kuormitus työlaitteelle 800 millimetriä sovitteiden edessä. Rasitusta havainnollistaa kuva 8.

8.1.1 Sovitepohja

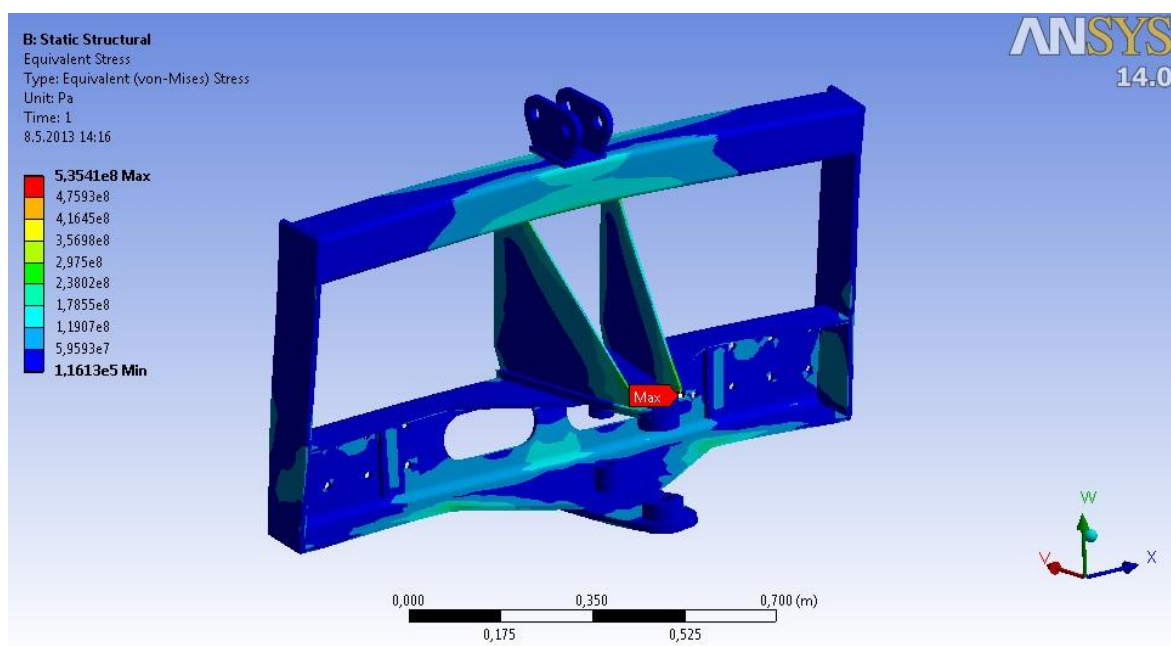
FEM-analyseistä tärkein on sovitteiden kestävyys, sillä sovitteiden mallit ovat melko pitkälti samanlaisia kuin vanhatkin ja ovat samoilla ainevahvuuksilla. Sovitteiden pohjassa tärkeintä on, ettei se ala vääntyä rasituksen alla. Sovitteiden pohjassa suurin rasitus kohdistuu kiinnitysreikiin. Rasitus ei ole kuitenkaan liian kova, kestävyys riippuu pulttien koosta. Muualla sovitteiden pohjassa kuormitus jakaantuu tasaisesti eikä suurta rasituspiikkiä ole. Sovitteiden pohjan FEM-mallia esittää kuva 43.



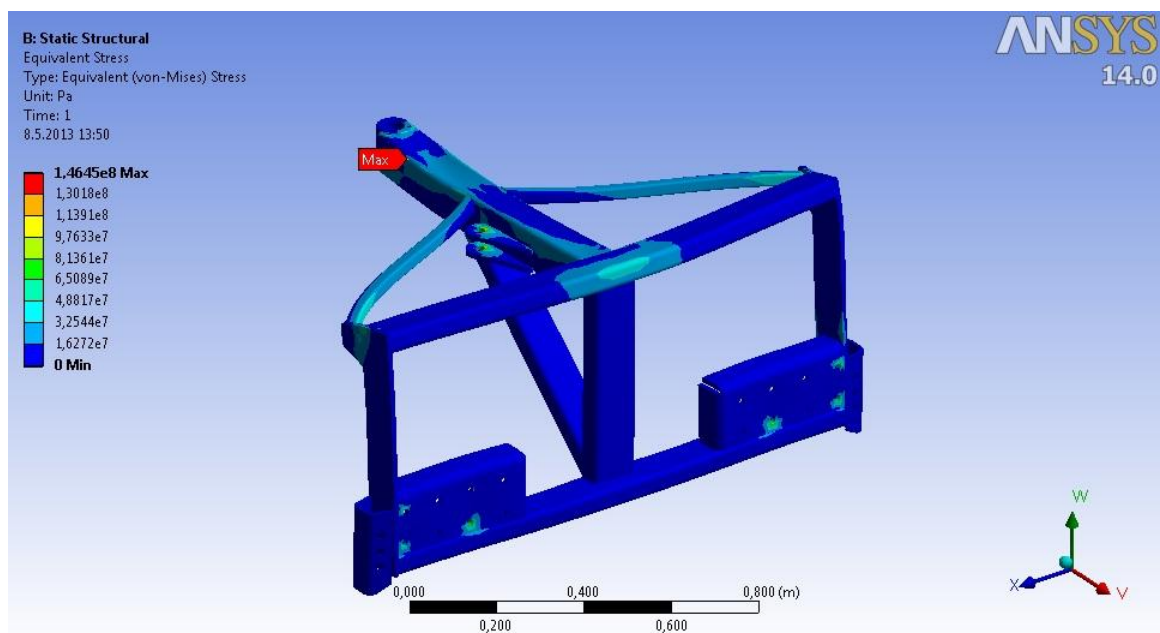
KUVA 43. Sovitteiden pohjan FEM-malli

8.1.2 Soviterungot

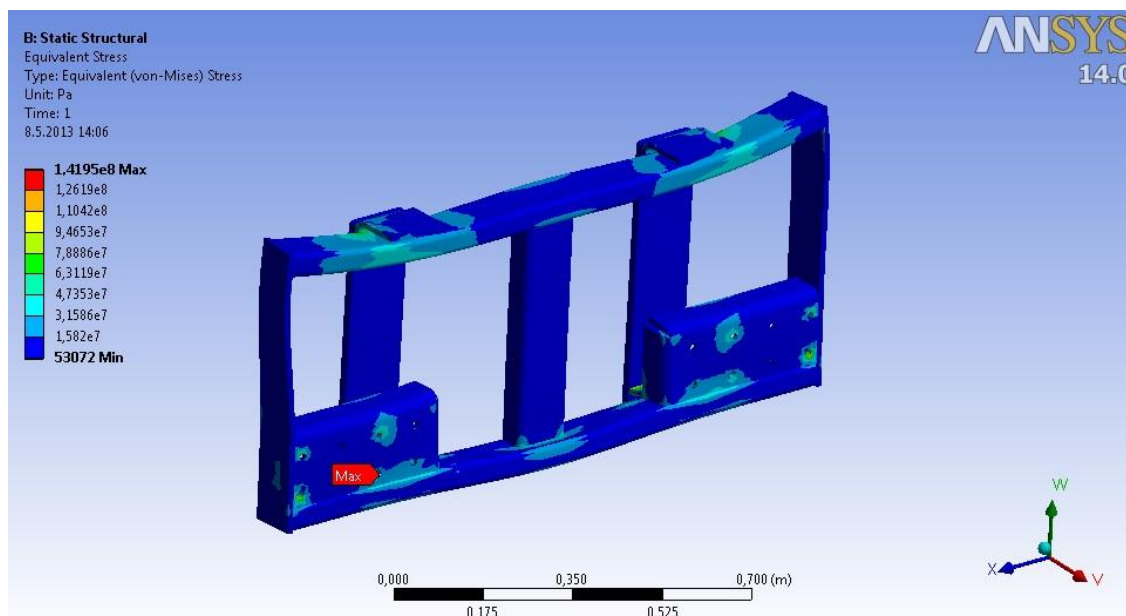
Myös soviterunkojen FEM-analysissä käytin standardin SFS-ISO 23206 mukaista 30 kN:n rasiusta 800 millimetrin päästä sovitteita. Analyyseiden perusteella soviterungot tulisivat kestävämmän hyvin eikä kovia rasituksia synny. Pitää kuitenkin muistaa, että työlaitteita käytettäessä rasituksia voi tulla hyvin erisuuruisia ja monelta suunnalta. Rasitus riippuu monesta tekijästä ja niiden suuruuksia on mahdollista täysin selvittää. Siksi rakenteissa tulee olla tarpeeksi varmuutta, jotta soviterunko varmasti kestä kaikki tilanteet. Rakenteiden tulee kestää myös niin sanotut työlaitteiden väärinkäytöt työtilanteissa.



KUVA 44. Alue- ja perhosauran soviterungon FEM-analyysi



KUVA 45. Avoharjan soviterungon FEM-analyysi



KUVA 46. Nivel- ja U-auran soviterungon FEM-analyysi

8.2 Pulttien mitoitus

Mitoituksessa periaatteena oli, että pulteissa täytyy olla niin paljon varmuutta, että ne varmasti kestävät. Usein auratessa traktorilla painatetaan auraa tien pintaan niin, että eturenkaat nousevat ilmaan, jolloin traktorin koko etuakselipaino siirtyy soviteille. Kun auraa painetaan alaspäin, pultteihin kohdistuu kova rasitus.

Pultteihin kohdistuu siis leikkausjännitystä. Standardin EN 1993-1-8 mukaan leikkauskestävyydelle on kaava

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\varphi_{M2}} \quad (9)$$

jossa

α_v = kerroin, lujuusluokan 8.8 ruuveilla 0,6

f_{ub} = vetomurtolujuus, lujuusluokan 8.8 ruuveilla 800 N/mm²

A = ruuvin poikkipinta-ala

φ_{M2} = osavarmuusluku; 1,25.

Kokeillaan M16 8.8 –pultin kestävyyttä rakenteessa. M16 -ruuvin poikkipinta-ala A on 157 mm².

Kaavalla 9 saadaan leikkauskestävyyden arvo

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * 800 \frac{N}{mm^2} * 157 mm^2}{1,25} = 60288 N$$

Jaetaan saatu tulos maan putoamiskiihtyvyydellä 9,81 m/s², jolloin saadaan leikkauskestävyyden arvo kiloina

$$F_{v,Rd} = \frac{60288 N}{9,81 m/s^2} = 6145,6 kg \approx 6150 kg$$

Yksi M16 8.8 -pultti kestää siis yli 60 kN voiman ja 6 150 kg painon ennen kuin katkeaa. Kun pultteja kiinnitetään neljä, kestävät pultit yhteensä 240 kN voiman. M16 -pultit siis kestäisivät rasituksen varmasti eli valitaan M16 -pultit lujuusluokasta 8.8.

9 HITSAUSKUSTANNUKSET

Hitsauskustannusten laskennassa käytettiin apuna ESAB Oy:n sekä SHY-hitsauksen julkaisemia kaavoja hitsauskustannusten laskemiseen. Kustannukset ilmoitetaan euroina metriä kohden.

Hitsauskustannukset koostuvat seuraavista osakustannuksista:

- työkustannukset: hitsaajat
- ainekustannukset: lisäaineet ja suojakaasut
- konekustannukset: hitsauskoneet ja niiden kunnossapito
- energiakustannukset: hitsauskoneen kuluttama sähkö.

Työkustannukset (K_T) voidaan määrittää kaavalla

$$K_T = \frac{M}{T} * \frac{1}{e} * H_T \quad (1)$$

jossa

M = hitsiainemäärä (kg/m)

T = hitsiaineen tuotto (kg/h)

e = paloaikasuhte

H_T = työtunnin hinta (€/h).

Hitsiaineenmäärällä tarkoitetaan hitsiaineen kulutusta kiloina metriä kohden. Hitsiaineen määrä voidaan laskea kaavalla

$$M = 0,008 * a - mitta * a - mitta \quad (2)$$

Tässä tapauksessa käytetään a-mittana 4 mm:ä, joten hitsiaineenmääräksi saadaan

$$M = 0,008 * 4 * 4 = 0,128 \text{ kg/m}$$

Hitsiaineentuotolla tarkoitetaan lisäaineesta raiioon siirtyneen hitsiaineen määrää aikayksikössä, tässä tapauksessa kg/h, jossa tunti tarkoittaa kaariaikatuntia. MAG-hitsauksessa 1,2 mm umpilangalla hitsiaineentuotto on

$$T = 0,017 * \text{hitsausvirta (A)} \quad (3)$$

Hitsausvirran ollessa 300 A hitsiaineentuotoksi saadaan

$$T = 0,017 * 300 \text{ A} = 5,1 \text{ kg/h}$$

Paloaikasuhteella tarkoitetaan kaariajan suhdetta työaikaan, eli hitsauksen tehokkuutta. Paloaikasuhte on kuitenkin melko epämääräinen käsite, eikä kovin tarkkoja arvoja sille saada. MIG/MAG - hitsauksen paloaikasuhte on yleensä välillä 10 – 30 %. Näissä laskuissa käytetään arvoa 30 %.

Työtunnin hinta voidaan määrittellä monella tavalla, hitsaajalle maksettavana palkkana tai yritykselle aiheutuvina kokonaiskustannuksina. Laskuissa käytetään hitsaajan työtunnille hintana 30 €/h, johon kuuluu hitsaajan palkka, sosiaalikulut ja yleiskustannukset.

Kaavan 1 mukaisesti työkustannuksiksi saadaan

$$K_T = \frac{0,128 \text{ kg/m}}{5,1 \text{ kg/h}} * \frac{1}{0,3} * 30 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 2,51 \text{ €/m}$$

Hitsauslisäainekustannukset (K_L) voidaan laskea kaavalla

$$K_L = M * \frac{H_L}{N} \quad , \quad (4)$$

jossa

H_L = lisäaineen ostohinta (€/kg)

N = hyötyluku/riittoisuus.

Hitsauslisäaineen ostohintana laskuissa käytetään 1,5 €/kg. Riittoisuudella tarkoitetaan saadun hitsainemäärän suhdetta kulutettuun lisäainemäärään. Laskussa riittoisuuden arvona käytetään 95 %. Kaavan 4 mukaan hitsauslisäainekustannuksiksi saadaan

$$K_L = 0,128 \text{ kg/m} * \frac{1,5 \text{ €/kg}}{0,95} = 0,2 \text{ €/m} .$$

Suojakaasukustannukset (K_S) lasketaan kaavalla

$$K_S = \frac{M}{T} * V * H_S * 0,12 \quad , \quad (5)$$

jossa

V = kaasun virtaus (l/min)

H_S = suojakaasun ostohinta (€/m³).

Kaasun virtausnopeutena käytetään 15 l/min ja suojakaasun ostohintana 2 €/m³. Kaavasta 5 saadaan suojakaasukustannusten arvo

$$K_S = \frac{0,128 \text{ kg/m}}{5,1 \text{ kg/h}} * 15 \text{ l/min} * 2 \text{ €/m}^3 * 0,12 = 0,09 \text{ €/m}$$

Energiakustannukset saadaan kaavalla

$$K_E = M * E * H_E \quad , \quad (6)$$

jossa

E = energian kulutus (kWh/hitsiainekilo)

H_E = energian hinta (€/kWh).

Energian kulutus hitsiainekiloa kohden on 3kWh ja energian hintana pidetään 0,05 €/kWh. Saadaan energiakustannuksille arvo

$$K_E = 0,128 \text{ kg/m} * 3 \text{ kWh} * 0,05 \text{ €/kWh} = 0,0192 \text{ €/m} .$$

Jotta konekustannukset voidaan laskea, täytyy ensin määrittää koneen tuntihinta. Tuntihinnan laskemiseksi on kaava

$$H_{KT} = \left(H_H * \left(\frac{1}{T_p} + \frac{p}{2*100} \right) + Y \right) * \frac{1}{T_K} \quad , \quad (7)$$

jossa

H_H = koneen ostohinta (€)

T_p = koneen poisto aika (v)

p = pääoman korkoprosentti (%)

Y = vuosittaiset kunnossapitokustannukset (€)

T_K = koneen vuosittainen käyttöaika (h).

Koneen ostohintana käytetään 5000 €, koneen poisto aikana 5 vuotta ja korkoprosenttina 10. Vuosittaisina kunnossapitokustannuksina 200 € ja koneen vuosittainen käyttöaika 1600 tuntia. Nämä ovat karkeita arvioita eikä välttämättä ole tarkkoja. Koneen kustannukset ovat kuitenkin pieni osa kokonaishitsauskustannuksista eikä sillä ole siten niin suurta osaa loppukustannuksissa. Arvojen perusteella koneen tuntihinnaksi saadaan

$$H_{KT} = \left(5000€ * \left(\frac{1}{5v} + \frac{0,1}{2*100} \right) + 200€ \right) * \frac{1}{1600h} = 0,75€/h$$

Konekustannukset saadaan kaavalla

$$K_K = \frac{M}{T} * \frac{1}{e} * H_{KT} \quad (8)$$

$$K_K = \frac{0,128 \text{ kg/m}}{5,1 \text{ kg/h}} * \frac{1}{0,3} * 0,75 \text{ €/h} = 0,06 \text{ €/m}$$

Hitsauskustannukset jakautuvat seuraavasti:

| | | |
|--------------|-----------|------------|
| - työ | 2,51 €/m | (= n. 87%) |
| - lisäaine | 0,20 €/m | (= n. 7%) |
| - suojakaasu | 0,09 €/m | (= n. 3%) |
| - kone | 0,06 €/m | (= n. 2%) |
| - energia | 0,019 €/m | (= n. 1%) |
| Yhteensä | 4,51 €/m. | |

Valtaosa hitsauskustannuksista on siis työkustannuksia. Muiden osakustannusten osuus jää hyvin pieneksi. Hitsaustyön vähentämisellä ja nopeuttamisella on siis hyvin suuri merkitys kustannuksia ajatellen.

9.1.1 Sovitepohja

Sovitepohjan ja soviterunkojen hitsauskustannukset ovat laskettu edellä mainittujen kaavojen avulla. Sovitepohjassa hitsisaumaa on yhteensä 1,85 metriä. Hitsauskustannukset lasketaan ilman sovitepaloja. Sovitepohjan hitsauskustannukset ovat esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 3. Sovitepohjan hitsauskustannukset

| Kustannus | € |
|-------------------|------|
| Työ | 4,64 |
| Hitsauslisäaineet | 0,37 |
| Suojakaasut | 0,17 |
| Energia | 0,04 |
| Kone | 0,12 |
| Yhteensä | 5,34 |

Yhden sovitepohjan hitsaamiseen maksaa 5,34 euroa. Yhden sovitepohjaparin hitsaaminen maksaa vajaa 11 euroa, johon lisätään vielä sovitepalojen hitsauskustannukset.

9.1.2 Alue- ja perhosauran soviterunko

Soviterungoissa päätettiin vertailla uuden ja vanhan soviterungon hitsauskustannuksia keskenään. Tällä tavoin tiedetään, kuinka paljon kalliimpi uusi soviterunko on valmistaa. Vanhassa soviterungossa hitsisaumaa oli yhteensä 11,3 metriä, kun taas uudessa soviterungossa hitsattavaa on 6,4 metriä. Uuden ja vanhan soviterungon hitsauskustannuksia on vertailtu taulukossa 5.

TAULUKKO 4. Alue- ja perhosauran soviterunkojen hitsauskustannukset

| Kustannus | Vanha | Uusi |
|-------------------|-------|------|
| Työ | 28,4 | 16,0 |
| Hitsauslisäaineet | 2,3 | 1,3 |
| Suojakaasut | 1,0 | 0,6 |
| Energia | 0,2 | 0,1 |
| Kone | 0,7 | 0,4 |
| Yhteensä € | 33 | 18 |

Taulukosta nähdään, että uusi soviterunko on huomattavasti halvempi hitsata kuin vanha. Tämä johtuu siitä, että uudessa alueaurassa on vähemmän osia kuin vanhassa. Rakenne on yksinkertaisempi.

9.1.3 Avoharjan soviterunko

Avoharjan uusi soviterunko on kalliimpi hitsata kuin vanha malli, sillä siihen täytyi tehdä paikat sovitteiden kiinnitykselle. Vanha soviterunko oli hyvin yksinkertainen, eikä siinä ollut niin paljon hitsattavaa. Uudessa avoharjan soviterungossa hitsauskustannuksia lisää särmätyt levyt avoharjan alakulmissa, joihin sovitteet kiinnitetään pultein. Hitsisaumaa uudessa soviterungossa on 7,8 metriä, pari metriä enemmän kuin vanhassa. Avoharjan soviterunkojen hitsauskustannusten vertailu selviää taulukosta 6.

TAULUKKO 5. Avoharjan soviterunkojen hitsauskustannukset

| Kustannus | Vanha | Uusi |
|-------------------|-------|------|
| Työ | 13,5 | 19,2 |
| Hitsauslisäaineet | 1,1 | 1,5 |
| Suojakaasut | 0,5 | 0,7 |
| Energia | 0,1 | 0,1 |
| Kone | 0,3 | 0,5 |
| Yhteensä € | 15 | 22 |

9.1.4 Nivel- ja U-auran soviterunko

Nivel- ja U-auran soviterunko muuttui eniten näistä kolmesta soviterungosta. Alun perin soviterunko oli vain neljästä putkipalkista hitsattu kehikko, jonka takana oli kaksi lattarautaa auran runkoon kiinnittämistä varten. Uusi soviterunko on monimutkaisempi sovitteiden kiinnittämisestä johtuen. Tämän

vuoksi uusi soviterunko on kalliimpi hitsata. Nivel- ja U-auran soviterunkojen hitsauskustannukset ovat esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 6. Nivel- ja U-auran soviterunkojen hitsauskustannukset

| Kustannus | Vanha | Uusi |
|-------------------|-------|------|
| Työ | 10,0 | 15,4 |
| Hitsauslisäaineet | 0,8 | 1,2 |
| Suojakaasut | 0,4 | 0,6 |
| Energia | 0,1 | 0,1 |
| Kone | 0,3 | 0,4 |
| Yhteensä € | 12 | 18 |

10 KÄYTÄNNÖN MUUTOKSET

Irralliset sovitteet helpottavat tuotantoa ja työlaitteiden toimittamista. Tällä hetkellä sovitteet hitsataan soviterunkoon valmiiksi jo tehtaalla. Tuotantoa suunniteltaessa joudutaan arvioimaan sovitteiden menekki. Jälleenmyyjille lähetetään työlaitteita erilaisilla sovitteilla. Jos jälleenmyyjällä ei olekaan varastossaan asiakkaan haluamalla sovitteella olevaa työlaitetta, joudutaan soviterunko vaihtamaan tehtaalla tai lähettämään työlaite oikealla sovitteella jälleenmyyjälle. Tämä tuo turhia kustannuksia yritykselle ja toimitusajat pidentyvät.

Uudessa soviterunkomallissa jälleenmyyjä voi asentaa sovitteet työlaitteeseen. Työlaitteet voivat lähteä tehtaalta jälleenmyyjille ilman sovitteita. Sovitteet kiinnitetään soviterunkoon sitten, kun tiedetään asiakkaan haluamat sovitteet. Tämä nopeuttaa työlaitteen luovuttamista asiakkaalle ja säästää kuluja, kun soviterunkoja ei tarvitse enää vaihdella. Sovitteita voidaan kuljettaa myös erikseen myyjille tarpeen vaatiessa.

Myös asiakkaan kannalta irrotettavat sovitteet ovat etu. Jos asiakas vaihtaa työkoneen uuteen, voi työkone vaatia toisenlaiset sovitteet kuin vanha. Ennen vaihtoehtoina oli joko adapteri työkoneen ja laitteen väliin tai koko soviterungon vaihto. Uudessa mallissa asiakas voi vaihtaa sovitteet itse, irrottamalla neljä pulttia ja vaihtamalla sovitteen. Tulevaisuudessa käytettyä työlaitetta ostettaessa ei laitteessa välttämättä tarvitse olla juuri oikeat sovitteet, koska ne voi vaihtaa itse oikeisiin.

Soviterunkojen valmistaminen helpottuu, kun esimerkiksi auroihin on olemassa vain yksi soviterunko. Nykyisellään soviterunkomoduli käsittää sekä soviterungon että siihen hitsatut sovitteet. Soviterunkoja on siis yhtä paljon kuin sovitteitakin. Uudessa mallissa on vain yksi soviterunkonimike auroille, ja soviterunkoon sopivat kaikki markkinoilla olevat sovitteet. Tämä vähentää käytössä olevien nimikkeiden määrää. Soviterunkojen määrää on helpompi seurata, kun on vain yksi malli eikä käytävistä sovitteista tarvitse välittää.

Soviterunko ja sovitteet voidaan uuden mallin myötä erottaa omiksi moduuleikseen. Ylimmällä kokoonpanotasolla voi olla pelkkä soviterunko ilman sovitteita ja siihen vaihtoehtoina sovitteet. Tuoterakennetta on helpompi hallita kun esimerkiksi auroihin on olemassa vain yksi soviterunko. Kun markkinoille tulevat uudet sovitteet, ne voidaan helposti moduloida muiden sovitteiden rinnalle eikä sovitteille tarvitse tehdä omaa soviterunkoa.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää uusi soviterunkomalli, johon sovitteet voidaan kiinnittää jälkeinpäin. FMG:llä on ollut käytössä soviterunkoratkaisu, jossa sovitteet hitsataan valmiiksi soviterunkoihin jo tehtaalla. Tämä hankaloittaa niin tuotantoa kuin myyntiäkin, koska ei voida täydellisesti ennustaa, millä sovitteilla työlaitteita kauppataan. Työn lähtökohtana oli ajatus, että yhteen soviterunkoon voitaisiin kiinnittää mitkä tahansa sovitteet. Oikeat sovitteet kiinnitettäisiin työlaitteeseen myyntihetkellä, kun tiedetään asiakkaan tarpeet.

Työ aloitettiin tutustumalla aiheeseen liittyviin standardeihin. Euro- ja 3-pistesovitteisiin on olemassa omat standardinsa, joista selviää tarkat mitat ja rajoitukset. Standardeihin tutustumisen jälkeen kartoitettiin käytössä olevat sovitteet ja niiden menekki yrityksessä. Erilaisia sovitteita on olemassa hyvin paljon ja ne poikkeavat toisistaan. Yrityksen kautta selvitettiin yleisimmät sovitteet. Sovitteiden kartoittaminen antoi perustan uusien mallien luonnostelulle. Selvitetiin sovitteiden vaatimat tilat ja siten voitiin määrittää soviterungon äärimitat. Luonnostelu vei eniten aikaa, sillä sopivan soviterunkomallin ja idean löytäminen oli hankalaa. Tämä johtui siitä, että suunniteltavana oli soviterungot alue- ja perhosauralle, avoharjalle sekä nivel- ja U-auralle. Jokaisessa soviterungossa oli omat rajoituksensa, jotka hankaloittivat suunnittelua. Myöskään kustannukset eivät saaneet merkittävästi nousta vanhasta mallista. Soviterungoissa oli oltava samanlainen kiinnitys sovitteille. Oikean mallin valitsemisen jälkeen soviterungoille tehtiin lujuus- ja kustannuslaskelmat.

Tuloksena syntyi vaatimukset täyttävä soviterunkomalli, johon sovitteet voidaan kiinnittää tarvittaessa. Varsinkin auran soviterunko on hyvin yksinkertainen rakenteeltaan eivätkä kustannukset merkittävästi nousseet vanhasta. Sovitemalli, johon kuuluu sovitepohja ja -palat, käyvät jokaiseen soviterunkoon. Soviterunkoon voidaan kiinnittää kaikki olemassa olevat sovitteet tarvittaessa. Asiakas voi itse myöhemmin vaihtaa sovitteet.

LÄHTEET

EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: liitosten mitoitus. Vahvistettu 2005. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

ESAB Oy 2006. *Hitsausuutiset 1/2006* [verkkolehti]. [viitattu 15.4.2013]. Saatavissa:

http://www.esab.fi/fi/news/upload/HU_1_06.pdf

Kuusakoski Oy 2013. *Terästuoteluettelo* [verkkopublication]. [viitattu 20.4.2013]. Saatavissa:

[http://www.kuusakoski.fi/inet/Kuusakoski/FI4/AKPMedia.nsf/Resources/KK_terastuoteluettelo_2010.pdf/\\$file/KK_terastuoteluettelo_2010.pdf](http://www.kuusakoski.fi/inet/Kuusakoski/FI4/AKPMedia.nsf/Resources/KK_terastuoteluettelo_2010.pdf/$file/KK_terastuoteluettelo_2010.pdf)

LLP Farm Machinery Group Oy 2013. *Yritys* [verkkosivu]. [viitattu 5.4.2013]. Saatavissa:

<http://fmg.fi/fi/yritys>

MP-lift, Ylistaron Koneliike Oy 2013. *Etukuormaimet* [verkkosivu]. [viitattu 5.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.mp-lift.fi/lisavarusteet-mp-lift-224.html>

Patentti- ja rekisterihallitus 2013. *PatInfo* [verkkosivu]. [viitattu 20.2.2013]. Saatavissa:

<http://patent.prh.fi/patinfo/default2.asp>

SFS-ISO 23206. Traktorit ja lisälaitteet. Etukuormaimet. Työvälineiden kiinnityslaitteet. Vahvistettu 2007. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS-ISO 11374. Traktorit, maatalous- ja metsäkoneet. Työkoneiden nelipistekiinnitys. Vahvistettu 1994. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto

SFS-ISO 730-1. Traktorit ja maatalouskoneet. Kolmipistekiinnitys. Kokoluokat 1, 2, 3 ja 4. Vahvistettu 1996. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto

SHY-hitsaus 2007. *Hitsaustekniikka 2/2007* [verkkolehti]. [viitattu 15.4.2013]. Saatavissa:

http://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2007/ht_2_07/files/assets/basic-html/page4.html

Worldwide espacenet 2013. *Patent search* [verkkosivu]. [viitattu 20.2.2013]. Saatavissa:

http://worldwide.espacenet.com/?locale=en_EP