

Tuomo Uusipaikka

Kylvölannoittimen muutostyö

Hinattavan kylvölannoittimen muuttaminen jyrääväksi

Opinnäytetyö

Kevät 2015

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Tuomo Uusipaikka

Työn nimi: Kylvökoneen muutostyö

Ohjaaja: Martti Lehtonen

Vuosi: 2015

Sivumäärä: 50

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämä opinnäytetyö kertoo perinteisen nostolaittekiinnitteisen kylvölannoittimen muuttamisesta hinattavaksi, jyrääväksi kylvölannoittimeksi. Työ tehtiin yksityiselle toimeksiantajalle, joka oli hankkinut sopivan koneen ja saanut idean koneen muuttamisesta jyrääväksi malliksi.

Jyräävien kylvölannoittimien hyviä ja huonoja puolia vertailtiin, ja työssä arvioitiin myös maatalouskoneiden vaikutuksia maaperään. Muutamien valmistajien yleisimpiä jyrääviä kylvölannoittimia vertailtiin keskenään, ja muutososien suunnittelu pohjautuu vertailusta saatuihin tietoihin. Pää tarkoituksena oli kehittää muutososat, jotka ovat helposti valmistettavissa ja asennettavissa. Lähtökohtana suunnittelussa oli myös tuotteiden mahdollinen valmistaminen jälleenmyyntitarkoituksessa, joten muutososat eivät saa loukata jo patentoituja ratkaisuja.

Muutososien suunnittelu ja osien lujuustarkastelut tehtiin Autodesk Inventorilla, ja osapiirroksat luovutettiin työn tilaajalle mahdollista prototyypin valmistamista varten. Muutososien valmistaminen ei sisällynyt työhön.

Avainsanat: koneensuunnittelu, maatalouskoneet, FEM, maaperän tiivistyminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Tuomo Uusipaikka

Title of thesis: Converting a tractor mounted seeding machine into a towable one

Supervisor: Martti Lehtonen

Year: 2015

Number of pages: 50

Number of appendices: 1

This thesis is about converting a tractor mounted combined seeding machine into a towable seeder with a rear wheel packer. The work was done for a private person who bought a suitable seeding machine and got an idea about converting the machine into a towable seeder.

The advantages and disadvantages of towable seeding machines with packers were evaluated. Also the effect of the agricultural machines to the soil was evaluated. Some of the manufacturer's most common models were compared to each other, and the mechanical solutions of the new design are based on the information gathered of the comparison. The main idea was to design transformation parts which could be easily manufactured and installed. There is also a possibility to manufacture the conversion parts for the retail purposes, so the design must differ from the already existing patented seeding machines.

The transformation parts were designed and the stress analyses were performed with Autodesk Inventor. The part drawings were given to the customer who ordered the thesis. Making a prototype was not included into this thesis; manufacturing the necessary parts was left for the customer.

Keywords: mechanical designing, agricultural machines, FEM, soil compaction

SISÄLTÖ

| | |
|--|-----------|
| Opinnäytetyön tiivistelmä..... | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ..... | 4 |
| Kuvio- ja taulukkoluetelo..... | 6 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet | 7 |
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 1.1 Opinnäytetyön tausta | 8 |
| 1.2 Työn tavoitteet ja rajaus | 8 |
| 2 LÄHTÖKOHDAT MUUTOSTYÖLLE | 10 |
| 2.1 Työvaiheet | 10 |
| 2.1.1 Polttoaineenkulutus..... | 11 |
| 2.1.2 Työajan ja -resurssien säästö | 13 |
| 2.2 Maan tiivistyminen..... | 13 |
| 2.2.1 Huokosrakenne..... | 14 |
| 2.2.2 Vedenläpäisy | 15 |
| 2.2.3 Mekaaninen vastus | 15 |
| 2.2.4 Vaikutus kasvien pituuskasvuun ja satotasoon | 16 |
| 3 BENCHMARKKAUS JA RAKENTEEN VALINTA | 17 |
| 3.1 Tume JC3000..... | 17 |
| 3.1.1 Hyvät puolet | 20 |
| 3.1.2 Huonot puolet..... | 20 |
| 3.2 Junkkari Simulta 3000ST | 21 |
| 3.2.1 Hyvät puolet | 22 |
| 3.2.2 Huonot puolet..... | 23 |
| 3.3 Kongskilde / Juko HT3000S..... | 23 |
| 3.3.1 Hyvät puolet | 25 |
| 3.3.2 Huonot puolet..... | 25 |
| 3.4 Muut valmistajat ja konemallit | 26 |
| 4 SUUNNITTELUN KOHTEENA OLEVA KONE | 27 |
| 4.1 Tietoja konemallista | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2 Toteutettavan rakenteen valinta | 29 |
| 5 SUUNNITTELU | 30 |
| 5.1 Rautalankamalli..... | 30 |
| 5.2 Renkaiden valinta..... | 31 |
| 5.3 Hydraulisyliinterien mitoitus | 32 |
| 5.4 Tukivarret | 34 |
| 5.5 Poikittaispalkki ja kiinnityskorvakkeet..... | 37 |
| 5.6 Kiinnityskorvakkeet | 38 |
| 5.7 Renkaiden tukivarsien suunnittelu..... | 39 |
| 5.7.1 Tukivarsien jousitus ja kiinnitys | 40 |
| 5.7.2 Tukivarsien laakereiden mitoitus..... | 41 |
| 5.8 Voimansiirto | 42 |
| 6 YHTEENVETO..... | 46 |
| LÄHTEET | 48 |
| LIITTEET..... | 50 |

Kuvio- ja taulukkoluetelo

| | |
|---|----|
| Taulukko 1. Polttoaineenkulutus eri työvaiheissa (Mikkola & Ahokas 2009)..... | 11 |
| Taulukko 2. Simulta 250:n ja 250H:n tekniset tiedot (Junkkari 1986)..... | 27 |
| Taulukko 3. Paineen vaikutus nykyisten sylintereiden voimaan..... | 33 |
| | |
| Kuvio 1. Tume JC3000:n pyöräristö ja jälkihara. | 17 |
| Kuvio 2. JC3000:n vakausmekanismin keskiosa. | 18 |
| Kuvio 3. Tume JC3000:n pyörästä (Tume 2011). | 19 |
| Kuvio 4. JC3000:n uusimman sukupolven koneiston voimanotto. | 19 |
| Kuvio 5. Junkkari Simulta 3000ST:n pyöräntuenta. | 21 |
| Kuvio 6. Simulta 3000ST:n astinlauta ja jälkihara. | 21 |
| Kuvio 7. Simulta 3000ST:n vetävä akseli. | 22 |
| Kuvio 8. Kongskilde / Juko HT3000S pyöräntuenta ja jälkihararan ripustus. | 24 |
| Kuvio 9. Pyörien ripustuksen osia. | 24 |
| Kuvio 10. Muutostöiden kohteena oleva kone. | 28 |
| Kuvio 11. Yksi rautalankahahmotelma koneen rakenteesta. | 30 |
| Kuvio 12. Renkaiden mitoitus..... | 31 |
| Kuvio 13. Detaljikuva koneen nykyisestä tukivarresta sekä renkaan tuennasta (Junkkari 1986). | 35 |
| Kuvio 14. Tukivarsi..... | 35 |
| Kuvio 15. Tukivarsien FEM-analyysi. | 36 |
| Kuvio 16. Poikittaispalkin FEM-analyysi..... | 37 |
| Kuvio 17. Pyörän tuennan tukirunko, kiinnittimet ja jousi. | 38 |
| Kuvio 18. Valmiin tukivarren lujuusanalyysi valmiina. | 40 |
| Kuvio 19. Tukivarren akselin ripustusrakennetta ja liukulaakeri sekä kiinnittimet. | 41 |
| Kuvio 20. Voimansiirtoketjut ja rattaat (Junkkari 1986) | 43 |
| Kuvio 21. Vetokoneisto ja ketjut uuden tukipalkin sisällä | 44 |
| Kuvio 22. Valmis kokoonpano..... | 47 |

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|-----------------------------------|--|
| Jyräkombi | Traktorikäyttöinen, hinattava kylvölannoitin, jossa koneen perään on rakennettu yleensä ilmakumirenkain toteutettu kiinteä jyräpyörärivistö, joka jyrää kylvöksen. Pyöriä käytetään myös koneen siirtämisessä. |
| Benchmarking | Benchmarking on omien toimintojen tai tuotteiden vertailua muiden vastaaviin ja tämän perusteella oppiminen, sekä oman toiminnan kehittäminen ja kyseenalaistaminen, ts. esikuva-analyysi tai vertailuanalyysi. |
| CAD | Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu |
| FEM / FEA | Finite Element Method / Finite Element Analysis, elementtimenetelmä, numeerinen ratkaisumenetelmä likiarvoisten vastausten saamiseksi monimutkaisista rakenteiden mekaniikkaa koskevista matemaattisista ongelmista. |
| Varmuusluku n | Varmuusluku kertoo sananmukaisesti laskennallisen lujuuksien suhteen esim. teräsrakenteeseen kohdistuvan suurimman todellisen ja raaka-aineen mahdollistaman suurimman mahdollisen jännityksen välillä. |
| RHS | Rectangular hollow section, poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoinen rakenneputkipalkki. |
| S355 | Teräslaatu, jossa teräsraka-aineen myötöraja on 355 MPa. |

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää maataloudessa käytettävään kylvölannoittimeen muutososat, joilla kevythinattavasta koneesta voidaan helposti muuttaa ns. jyräkombi-mallin kone eli jyräävä kylvölannoitin. Työn aihe tuli yksityiseltä toimeksiantajalta, joka hankittuaan itselleen kylvölannoittimen alkoi hautoa ajatusta koneen modifioimisesta, sillä jyräkombissa on omat etunsa verrattuna perinteiseen hinattavaan kylvölannoittimeen.

Aikomuksena oli hankkia tietoa jo valmiista markkinoilla olevista jyräävistä kylvökonetyypeistä sekä selvittää konetyyppien hyviä ja huonoja puolia ja arvioida erilaisten työskentelytapojen vaikutusta kasvuolosuhteisiin ja muihin ympäristötekijöihin. Myös erilaisten tekniikkojen vaikutusta työaikaan ja polttoaineenkulutukseen arvioidaan. Saatujen tietojen perusteella suunnitellaan muutososat, joilla työn kohteena olevasta hinattavasta konetyypistä voidaan muuttaa jyräävä kylvökone.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön päätavoitteena oli suunnitella ja mallintaa vaadittavat muutososat, joita kylvölannoittimen muutostyössä tarvitaan. Ennen kuin tätä voitiin suorittaa, vaadittiin taustatietoja ja tutkimusta. Tavoitteena oli hankkia tietoa ja tehdä vertailtavaa selvitystä siitä, mitä etuja jyräävällä kylvölannoittimella on verrattuna perinteiseen, hinattavaan kylvökoneeseen.

Työssä suoritettiin myös jo markkinoilla olevien vastaavankaltaisten laitteistoiden benchmarkkausta sekä näiden laitteistojen mekaanisten ja käytännön ratkaisuiden hyvien ja huonojen puolien arviointia, ja tämän analysoinnin pohjalta arvioitiin toimivien kokoonpano muutososille. Kun sopiva konfiguraatio oli ratkaistu, suunniteltiin ja mallinnettiin kaikki vaadittavat muutososat. Muutostyössä tarvittavista osista laadittiin CAD-kuvat, ja tuotteesta piirrettiin myös kokoonpanokuvat.

Päänäkökulmina muutostyön suunnittelussa ovat koneen luotettavuus, kestävyys, yksinkertaisuus ja valmistettavuus. Yksinkertaisuuteen ja valmistettavuuteen kiinnitetään huomiota jo suunnittelun luonnosteluvaiheessa, minkä lisäksi kestävyyttä arvioidaan suorittamalla mallinnetuille osille ja rakenteille lujuusanalyysjä FEA-ohjelmistolla. Tässä tilanteessa, kun suunnitellaan muutostöitä jo valmiina olemassa olevaan rakenteeseen, tulee huomiota kiinnittää myös jo olemassa olevien valmiiden rakenteiden kestävyteen ja arvioida runkorakenteen mahdollista vahvistustarvetta. Suunnitelluissa komponenteissa sekä muutososissa hyödynnetään pitkälti vakioprofiileita sekä standardiosia, joita on helposti saatavilla. Kolmantena tavoitteena oli selvittää osien ja komponenttien saatavuutta ja laatia alustava kustannusarvio tuotteelle. Suunnittelu tähtää edullisiin valmistuskustannuksiin ja valmistettavuuteen, ja kustannusarvion ja lopullisen koneen toimivuuden perusteella tilaa jää myös mahdolliselle arvioinnille, onko tuotteella kaupallista potentiaalia. Toisin sanoen prototyypin valmistamisen jälkeen jää sijaa pohdinnalle onko tuotetta järkevää tarjota markkinoille suuremmassa mittakaavassa.

Itse muutososien raaka-aineiden ja tarvikkeiden hankinta sekä osien valmistus ja prototyypin kokoonpano rajattiin opinnäytetyön ulkopuolelle.

2 LÄHTÖKOHDAT MUUTOSTYÖLLE

Aikojen saatossa maanviljelyksessä kylvömenetelmät ovat muuttuneet tiedon karttuessa ja tekniikan kehittyessä. Jyräävä kylvökone ei ole enää mitään uusinta tekniikkaa, mutta hyvien ominaisuuksiensa takia jyräävät kylvökoneet ovat laajalti käytössä. Verrattuna perinteiseen nostolaitekiinnitteiseen tai kevyeen hinattavaan kylvökoneeseen, jyräkombissa on omat etunsa sekä myös haittansa, joihin työn tässä osiossa perehdytään

2.1 Työvaiheet

Perinteisesti kylvötyöt on aloitettu maan muokkaamisella, kuten kyntämisellä. Kyntämisessä maan pintaosa käännetään, ja samalla edellisen satokauden orgaaninen jäte, kuten kasvien naatit ja viljan oljet hautautuvat maahan, josta ne hajotesaan vapauttavat sitomansa ravinteet maahan (Aura 1986, 30). Kyntämisen jälkeen suoritetaan jatkomuokkaus, jossa pellon pinnasta tasataan kyntämisen epätasaisuudet pois, ja samalla pyritään saamaan maahan kasvin kasvamisen kannalta mahdollisimman edullinen kylvöalusta, esim. maan muru- ja huokosrakenteen kannalta (mts. 26).

Kylvämisen jälkeen pellon pinta on myös perinteisesti jyrätty hinaamalla pellon pintaa pitkin raskasta, muovisilla tai teräksisillä keikoilla varustettua jyrää. Jyräämällä saadaan pellon pinnasta tasaisempi, ja samalla jyrä painaa kylvökoneen pintaan nostamia kiviä ja mättäitä takaisin maahan. Pellon pinnan tasaisuus ja kivettömyys on tavoiteltavaa etenkin sadonkorjuun kannalta, sillä suuret kivet tai ruohomättäät voivat aiheuttaa pahoja tuhoja päätyessään esimerkiksi leikkupuimurin puintikoneiston nopeasti pyöriviin osiin. Käyttämällä jyräävää kylvölannoitinta peltoa ei tarvitse jälkeempään jyrätä lainkaan, koska jyräys tapahtuu jo kylvön yhteydessä. Täten yksi työvaihe jää kokonaan pois.

2.1.1 Polttoaineenkulutus

Kun työvaiheita saadaan vähennettyä, pienenee samalla myös polttoaineen kokonaiskulutus. Taulukossa 1 (Mikkola & Ahokas 2009, 336) on esitetty yleisimpien muokkaustapahtumien keskimääräistä polttoaineenkulutusta. Maanmuokkauksen osalta kulutuksen vaihtelu voi olla huomattavankin suurta, riippuen mm. maan kosteudesta ja maalajista, sekä ennen kaikkea kuljettajan ajotavasta. Myös pinnanmuodot vaikuttavat polttoaineenkulutukseen.

Taulukko 1. Polttoaineenkulutus eri työvaiheissa (Mikkola & Ahokas 2009).

| Toimenpide | Energian kulutus | Yksikkö |
|------------------------|------------------|--------------------------------|
| Perusmuokkaus | kyntö | 25,1 l/ha |
| Sänkimuokkaus | kultivaattori | 10 l/ha |
| | lautasäes | 7,2 l/ha |
| Kylvömuokkaus | tasausäestys | 4,5 |
| | äestys | 5,4 l/ha |
| Kylvö | kylvölannoitus | 3,7 |
| | suorakylvö | 7,6 l/ha |
| Lannoitteen levitys | | 2,9 l/ha |
| Kasvinsuojeluruiskutus | | 1,8 l/ha |
| Leikkuupuinti | | 15,1 l/ha |
| Viljan kuivaus | | 0,15 l/(1 kg H ₂ O) |

Jyrän polttoaineenkulutusta hehtaarille ei yllä olevassa taulukossa ole ilmoitettu, mutta arvio kulutuksesta saadaan laskemalla. Joissakin mittauksissa (Ahokas 2012, 19) jyrän vetovastuksen suuruudeksi on saatu arvoja 1000...1500 N/m, ja kumin ja pehmeän peltomaan väliseksi vierimisvastuskertoimeksi arvoja 0,1...0,3 (mts. 8).

Esimerkki: Traktorin massa $m_t = 4000$ kg, ja sillä vedetään jyrää, jonka leveys $L = 4500$ mm nopeudella $v_g = 8$ km/h. Traktorin polttoaineen ominaiskulutus $o = 230$ g/kWh, vierimisvastuskerroin peltomaassa $f = 0.20$, traktorin voimansiirron hyötysuhde $h_f = 0.85$ ja vetohyötysuhde $h_v = 0.70$, jyrän vetovastuksen F_j ollessa 1500

N/m (Ahokas 2012). Traktorin liikkumiseen vaadittava teho P_t saadaan laskettua kaavasta

$$P_t = m_t * g * f * v = 17.43 \text{ kW} \quad (1)$$

Jyrän liikuttamiseksi vaadittava traktorin tehontarve lasketaan kaavasta

$$P_j = F_j * k * v_a * L = 22.5 \text{ kW} \quad (2)$$

jossa k on moottoritehon ja vetotehon suhde 1,5 (Ahokas 2012, 11). Kevyen polttoöljyn tiheyden ρ ollessa noin $0,85 \text{ kg/dm}^3$, voidaan jyrää vetävän traktorin polttoaineenkulutus tuntia kohden laskea kaavasta

$$\text{Kulutus tunnissa} = \frac{(P_t + P_j) * o}{h_t * h_v} * \frac{1}{\rho} = 18.16 \frac{l}{h} \quad (3)$$

Hehtaaria kohden vaadittava ajomatka puolestaan saadaan jakamalla hehtaarin suuruinen pinta-ala työkoneen leveydellä, josta saadaan ajomatka yhdelle hehtaarille. Kun ajomatka jaetaan ajonopeudella, saadaan hehtaaria kohden vaadittava työaika t .

$$t = \frac{\frac{1 * 10^4 m^2}{L}}{v_a} = 16.67 \text{ min} \quad (4)$$

Nyt tiedetään sekä polttoaineenkulutus litroina tuntia kohden että hehtaarille vaadittava työaika. Kertomalla nämä keskenään saadaan hehtaariohtainen kulutus.

$$\text{Kulutus hehtaarilla} = t * \text{Kulutus tunnissa} = 5.04 \text{ l} \quad (5)$$

Esimerkin mukainen jyräys kuluttaa polttoainetta siis noin viisi litraa hehtaarille. Esimerkissä ei ole otettu huomioon pellon pinnanmuotojen vaihteluita eikä päisteajoja saati peltolohkojen välisiä siirtymäajoja. Kun siirrytään jyräävään kylvökoneeseen ja jyräys työvaiheena jää pois, kylvökoneen vaatima vetotehon tarve kasvaa, minkä seurauksena myös kylvövaiheen polttoaineenkulutus kasvaa hieman, mutta suhteessa kuitenkin vähemmän kuin erillisen jyräyksen vaatima polttoaineenkulutus on.

2.1.2 Työajan ja -resurssien säästö

Kun jyräys työvaiheena jää pois, vapautuu jyräykseen vaadittava työaika muihin töihin. Edellisen kohdan esimerkin mukaisella laitteistolla hehtaaria kohden ajoaikaa säästyisi noin 17 minuuttia, jonka lisäksi työaikaa säästyy myös lohkojen välisistä siirtoajoista sekä päisteajoista. Kun kevätkylvöt yleensä tehdään kovalla kii-reellä, työajan säästäminen helpottaa töiden hallintaa. Jos kylvötöitä suorittaa yksi ihminen, hänelle jää jyräyksen poisjäämisen ansiosta paljon aikaa muihin tehtä-viin.

Työajan säästämisen lisäksi työvaiheen pois jättäminen säästää myös työhön vaadittavia resursseja. Tyypillisesti jyräys on suoritettu kylvön jälkeen erillisellä jyrällä, jonka hinaamiseen vaaditaan traktori ja traktorille luonnollisesti käyttäjä. Jyräyksen jäädessä pois vapautuu sekä henkilö- että koneresursseja muihin tar-koituksiin. Kun tarkastellaan suuria kylvöaloja, jyrääminen kuluttaa vuosittain työ-ajan ja työntekijän työpanoksen lisäksi myös polttoainetta, minkä lisäksi kuluja tu-lee myös koneiden ja laitteiden ylläpidosta, kuten traktorin öljyn- ja öljynsuodatti-mien vaihdosta, ilmansuodattimien vaihdoista ynnä muista juoksevista kuluista. Parhaimmassa tapauksessa kulut alenevat tuntuvasti ja työnteko hoituu sujuvam-min.

2.2 Maan tiivistyminen

Maanviljelyllä ja tulevaisuuden ruoantuotannolla on monia uhkia niin kansallisella kuin globaalillakin tasolla. Yksi näistä uhkista on maan tiivistyminen. Maatalous-tuotannon koneellistuttua koneiden koko ja samalla koneiden massat ja koneiden maalle aiheuttamat rasitukset ovat kasvaneet nopeasti, ja maan tiivistyminen tur-melee maan rakenteen ja täten heikentää maan satotasoja (Aura 1986, 26). Kun jyräys työvaiheena jää pois, tulee pellon pinnalle yhdet ajoraiteet vähemmän, jol-loin myös tiivistyminen jää vähäisemmäksi. Jyräävän pyöräristön lisääminen hi-nattavaan kylvökoneeseen muuttaa myös kylvölannoittimen peltoon aiheuttamaa kuormitusta, kun koneen massa ei kohdistu maahan enää sivuilla olevien pyörien kautta, vaan koko koneen levyisen pyöräristön kautta. Tällöin pintapaine jää huomattavan paljon alhaisemmaksi.

Kylvettäessä ns. sivupyöräkoneella, eli koneella, jossa massaa kannatellaan koneen sivuilla olevilla pyörillä, kaksi pyörää kannattelee lähes koko koneen massaa. Riippuen koneen koosta, kylvökoneen renkaiden maahan kohdistama akselikuormitus voi olla hyvinkin suuri, etenkin päisteissä, jossa kone on nostettu täysin ylös renkaiden varaan. Vielä suurempi tiivistävä vaikutus on nostolaitteikiinnitteisellä kylvölannoittimella, jolla ylös nostettuna koko koneen, lannoitteiden ja siementen massa kohdistuu traktorin taka-akselille.

2.2.1 Huokosrakenne

Maan tiivistyminen on usean tekijän summa, mutta avainasemassa on koneiden koko, huonot viljelyolosuhteet ja kostea maa. Tiivistyminen aiheuttaa monia ongelmia maan rakenteelle. Maanpinnan tiivistäminen raskaalla kuormituksella muuttaa maan hienorakennetta. Toisin kuin voisi olettaa, pintapaineen pudottaminen esimerkiksi rengaspaineita pienentämällä ei välttämättä ehkäise maan tiivistymistä. Tutkimuksissa (Carpenter, Fausey & Reeder 1985; 179–192, Alakukun 1989, 4 mukaan) on osoitettu, että homogeenisessa maassa paineen kulkeutuminen syvemmälle maahan on suoraan verrannollinen rengaskuormasta. Mitä suurempi rengaskuormitus on, sitä syvemmälle paine maaperässä kulkeutuu. Maan tiivistyminen riippuukin syvällä renkaan aiheuttamasta kuormituksesta ja pinnassa renkaan aiheuttamasta pintapaineesta.

Alakukun (1989, 15) mukaan neljällä ajokerralla ja raskaalla akselikuormituksella tiivistetyn savimaan huokostilavuus laski selvästi tiivistämättömään maahan verrattuna. Voimakkainta tiivistyminen oli suurten huokosten, eli ilmaa sisältävien huokosten, osalta 0–60 cm syvyydessä, jossa huokostilavuus oli 1–6 prosenttiyksikköä pienempi kuin tiivistämättömässä maassa. Neljän vuoden testiajanjaksolla tiivistys suoritettiin ensimmäisenä vuonna, ja maan huokosrakenne säilyi tiivistyneenä koko testiajanjakson ajan. Suuret huokokset ovat tärkeitä erityisesti kasvien juurille, sillä kuohkea ja ilmava maa mahdollistaa laajan juuriston kasvattamisen helposti. Kun ilmahuokokset puuttuvat maasta, kasvin juuret joutuvat kaivautumaan kovempaan maahan, mikä vaikuttaa kasvin elinvoimaan.

2.2.2 Vedenläpäisy

Maan tiivistäminen vaikuttaa oleellisesti myös sen vedenläpäisykykyyn. Alakukun (1989, 28) tutkimusten mukaan etenkin yksipuolisessa viljanviljelyssä tiivistetyn maan vedenläpäisykyky heikkenee oleellisesti verrattuna vuoroviljelyyn. 20–40 cm:n syvyydessä kerran tiivistetyn savisen maan vedenläpäisykyky laski noin 60 % ja neljästi tiivistetyn maan vedenläpäisykyky aleni lähes 90 %. Vuoroviljelyssä kerran tiivistetyn maan arvot laskivat noin 45 %, kun neljästi tiivistetyssä maassa laskua oli 55 %.

40–60 cm:n syvyydessä, pintamuokkauskerroksen alapuolella, viljelykierto ei vaikuttanut enää yhtä suuresti vedenläpäisykykyyn kuin pinnalla. Saman tutkimuksen mukaan (Alakukku 1989, 29) vedenläpäisykyky tiivistetyssä maassa laski selvästi verrattuna tiivistämättömään maahan myös syvemmillä maan sisällä. Kerran tiivistettynä yksipuolisessa viljelyssä vedenläpäisykyky laski noin 37 % ja neljästi tiivistettynä laskua oli noin 90 %. Vuoroviljelyssä laskua tapahtui kerran tiivistettynä noin 30 %, kun neljästi tiivistettynä laskua oli noin 80 %.

Kun maan vedenläpäisykyky heikkenee, sateisina kesinä maaperä ei kykene imemään kaikkea satanutta vettä, vaan vesi poistuu pelloilta pintavaluntana. Jos maaperä on tarpeeksi tasaista eikä pellon pinta vietä mihinkään suuntaan, vesi ei poistu pellon pinnalta valumalla, vaan hitaasti imeytymällä tai haihtumalla. Pintavalunta on haitaksi maalle eroosion kannalta ja erittäin haitallista vesistöille etenkin fosforikuormituksen takia (Aura 1986, 31–32). Heikentynyt vedenläpäisykyky myös edesauttaa sateisina vuosina kasvien juuriston tukehtumista, joka saattaa johtaa kasvin kuolemiseen ja satomenetyksiin. Syvälle muodostuneen tiivistymän aiheuttama vedenläpäisykyvyn heikkeneminen heikentää myös pellon salaojituksen toimintaa.

2.2.3 Mekaaninen vastus

Maan tiivistyminen kasvattaa myös maan mekaanista vastusta. Eri maalajeilla 0–30 cm:n syvyydessä kuuden vuoden kuluttua tiivistämisestä maan mekaaninen vastus ei ollut juurikaan muuttunut, mutta syvemmälle mentäessä mekaaninen

vastus oli selkeästi kasvanut kaikilla tutkimuksessa mukana olleilla maalajeilla sekä kerran että neljä kertaa tiivistettäessä (Alakukku 1989, 23.) Mekaanisen vastuksen pienuus pintaosissa selittyy sillä, että kynnettäessä ja muokattaessa rakenne kuohkeutuu, ja vastus pysyy pieneenä. Kynnön vaikutus ei vaikuta syvemmälle, eivätkä yksivuotisten kasvien juuret tunkeudu tarpeeksi tehokkaasti syvälle, että ne kykenisivät kuohkeuttamaan maata.

2.2.4 Vaikutus kasvien pituuskasvuun ja satotasoon

Maan tiivistyminen aiheuttaa monia ongelmia maan rakenteelle, ja ongelmat heijastuvat suoraan myös satoon. Maan tiivistämiskokeiden yhteydessä järjestettiin samoilla testilohkoilla jatkotutkimus (Alakukku & Elonen 1989, 49–51) tiivistämisen vaikutuksesta sadon pituuskasvuun ja satotasoon. Kävi ilmi, että sekä savisella että eloperäisellä maalla kasvuston keskimääräinen pituus jäi 6–12 % pienemmäksi, mitä tiivistämättömän maan kasvuston pituus. Tiivistäminen vaikutti samansuuntaisesti eri viljelylajikkeiden satotasoihin, kuten myös maalajeihin. Savi- maalla kertatiivistys laski kuuden vuoden vertailujaksolla satoa enimmillään 6 %, ja neljästi tiivistetty maaperä tuotti useana vuotena yli 10 % huonomman sadon vaihteluvälin ollessa 4–19 %. Eloperäisessä maassa satotason alenema oli kertatiivistyksellä maksimissaan noin 9 %, kun neljästi tiivistetyssä maassa lasku vaihteli lajikkeiden välillä 8–23 % välillä.

3 BENCHMARKKAUS JA RAKENTEEN VALINTA

Opinnäytetyön kohteena olevaa kylvölannoittimen muutososia ei toki tarvitse lähteä keksimään aivan tyhjästä, sillä markkinoilla on ollut vastaavalla periaatteella toimivia koneita jo pitkään. Muutososien suunnittelutyö lähti luonnollisesti liikkeelle jo markkinoilla olemassa olevien ratkaisujen tarkastelusta. Tarkastelua suoritettiin lähinnä jyräpyörästäön tuentageometrian ja tukirakenteiden osalta.

3.1 Tume JC3000

Tume Agri oli ensimmäinen valmistaja, joka toi markkinoille jyrävän kylvökoneen 1990-luvun puolivälissä (Tume 2011). Tume nimesi laitteensa Jyräkombiksi, ja tästä nimityksestä on muodostunut laitetyypin yleisnimitys. Tämän jälkeen lukuisat kilpailijat ovat tuoneet markkinoille omia versioitaan laitetyypistä.



Kuvio 1. Tume JC3000:n pyöräristö ja jälkihara.

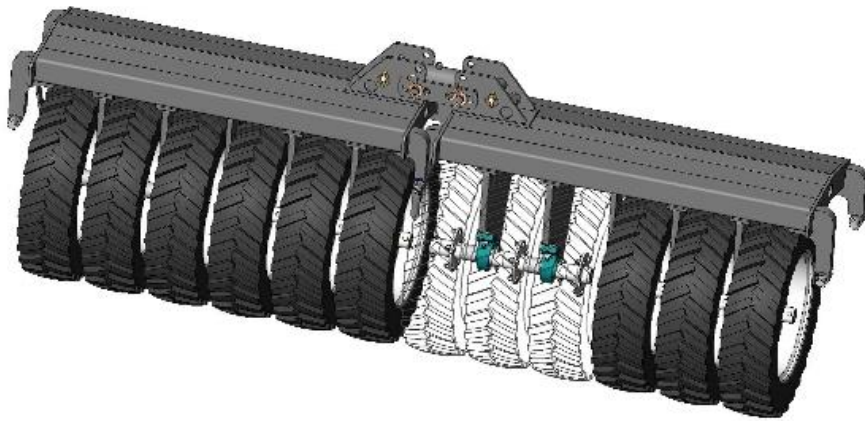
Nykyisessä JC3000-mallistossa 12 rengasta on jaettu neljälle akselille, ja kullakin akselilla on kolme rengasta. Tukevarakenteinen kulkutaso toimii samalla renkaiden tukirakenteina, akseleita kannattavat tuet on hitsattu suoraan kulkutason pohjaan kiinni. Ripakuvioitujen renkaiden koko kuvion 1 koneessa on 7.50 x 16". Koneen perässä kulkeva jälkihara on kytketty ketjulla kylvökoneen runkoon, ja se liikkuu automaattisesti koneen laskeutuessa ja noustessa. Hara voidaan myös lukita ylös, mikäli sitä ei tarvita.

Renkaat eivät ole aivan kiinni toisissaan, vaan renkaiden väliin jää muutaman senttimetrin rako, joka vaaditaan pyöräntuennalle ja akseleiden laakereille. Renkaiden ei toisaalta tarvitse edes olla tiiviisti toisiaan vasten, vaan renkaat suorittavat jyräyksen vain siemenrivien päältä. Pyörien väli on kuitenkin niin pieni, että haitalliset kivet painuvat maahan rengasrivistön jyrätessä sen yli. Koneen takana kulkevan jälkiharän piikit tasoittavat renkaiden painumisesta syntyvät palteet pelon pinnasta.

Jyrävissä kylvölannoittimissa astinlautaratkaisu eroaa perinteisestä kylvökoneesta. Perinteisesti astinlauta on asennettuna kylvölannoittimen runkoon kiinteänä vantaiden yläpuolelle, mutta joissakin jyrävissä kylvökoneissa astinlauta toimii myös tukirakenteena jyräpyörästölle.



Kuvio 2. JC3000:n vakausmekanismin keskiosa.



Kuvio 3. Tume JC3000:n pyörästö (Tume 2011).

JC3000:ssa on patentoitu (Tume 2011), hydraulikalla toimiva vakausmekanismi, joka tasapainottaa konetta sen kallistuessa. Jyräpyörästö on nivelletty keskeltä, ja nivelen yläpuolelle astinlautoihin on asennettu sylinteri, kuten kuvioista 2 ja 3 voi havaita. Koneen kallistuessa, esim. auranvaon ylitse ajettaessa, tukirakenteeseen kytketty sylinteri mahdollistaa akseliston kallistumisen. Sylinterin mäntä liikkuu, ja männän öljyvirtaus ohjautuu koneen nostosylintereille säääten näin koneen painatusta ja tasapainoa.



Kuvio 4. JC3000:n uusimman sukupolven koneiston voimanotto.

JC3000-mallissa siemen- ja lannoitekoneiston käyttö saa voimansa erilliseltä maapyörältä. Koneen sivulle asennettu suurikehäinen ja pitoa parantavilla piikeillä varustettu teräksestä valmistettu pyörä liikkuu koneen mukana, nousten maasta ylös koneen mukana ja näin katkaisten syötön aina koneen noustessa ylös.

3.1.1 Hyvät puolet

JC3000:n vakaaja on kaikessa yksinkertaisuudessaan toimiva ratkaisu, joka mahdollistaa tehokkaasti telin kallistumisen maanpinnan muotojen mukaisesti. Järeälle kulkusillalle on helppo nousta, ja tasaisuuden vuoksi siinä on helppo kävellä. Suuri pyörä koko ja renkaiden ripakuviointi ehkäisee pyörien luistamista. Kun koneistoa käytetään erillisellä maapyörällä, ei koneeseen tarvita kuluvia epäkeskolaukaisimia tai -kytkimiä.

3.1.2 Huonot puolet

Koneistoa käyttävä maapyörä on suuresta kehästään huolimatta altis luistamiselle, sillä sen maata koskettava pinta-ala on pieni. Maapyörän piikit toki helpottavat tiilannetta, mutta erityisen liukkaisiin maihin kylvettäessä saattaa luisto kasvaa suureksikin. Kulkusillan keskellä oleva vakausmekanismin sylinteri aiheuttaa jonkinasteisen työturvallisuusriskin koneen päällä kulkiessa, sillä se on asennettu kiinteästi keskelle astinlautoja.

Rikkoutuneen renkaan korjaaminen tai vaihtaminen on todella vaikeaa. Koko kone pitää saada nostettua ylös, jonka jälkeen pultit saadaan avattua laakeripukeista, ja koko painava, kolmea rengasta kannatteleva akseli renkaineen voidaan laskea alas. Jos hajonnut rengas on akselillaan keskimmäisenä, pitää toisen puolen reunimmainen rengas irrottaa navaltaan ja vetää napa irti, ennen kuin keskimmäisen renkaan vanteineen saa pois paikoiltaan huoltotöitä varten. Renkaiden vaihtotyöt ovat erittäin hitaita ja työläisiä. Renkaan vaihtotyöstä aiheutuu myös selvästi työturvallisuusriskejä, sillä akselia ei saa irti muuten, kuin ryömimällä painavan, ylöstuetun koneen alle, ja irrottamalla pultit sitä kautta. Myös akselin saaminen takaisin paikoilleen on erittäin työläistä.

3.2 Junkkari Simulta 3000ST



Kuvio 5. Junkkari Simulta 3000ST:n pyöräntuenta.

Junkkarin Simulta 3000ST -mallissa ripakuvioidut jyräpyörät on jaettu kuvion 5 mukaisesti kahteen rinnakkaiseen telirakenteeseen. Pyörästä on jaettu myös pyörimään neljän erillisen akselin varassa. Koneessa on kaikestaan 12 rengasta, joten yhdellä akselilla on aina kolme rengasta.



Kuvio 6. Simulta 3000ST:n astinlauta ja jälkihara.

Kuvio 6 esittää Simulta 3000ST:n astinlautarakennetta. Jälkihara toimii automaattisesti vaijerin avulla, nostettaessa kone ilmaan myös hara nousee ylös. Haran automaattikäyttö voidaan myös ohittaa ja hara voidaan lukita pystyasentoon, jos sen käyttöä ei katsota tarpeelliseksi.



Kuvio 7. Simulta 3000ST:n vetävä akseli.

Siemen- ja lannoitepuolen veto on toteutettu vasemmanpuolimmaisimman akselin päästä lähtevällä ketjuvedolla kuvion 7 mukaisesti. Simulta 3000ST:ssä jokainen rengas pyörii itsenäisesti, joten veto tapahtuu vain yhden renkaan avulla.

3.2.1 Hyvät puolet

Etuna akseliston keinutelirakenteesta on etenkin se, että pyörärakenne mukautuu maanpinnan muotoihin. Esimerkiksi pellolla olevaan notkoon tai vanhaan auranvaan ajettaessa koko kone ei pääse kallistumaan, vaan pyörien keinuva tuenta mahdollistaa vain toisen puolen renkaiden kallistumisen. Näin saadaan tasaisempi jyräystulos, ja koneen runkoon kohdistuvat rasitukset pienenevät.

Uusimmissa malleissa rengaskoko on 7,50 x 16", ja jokainen rengas on ripakuvioitu. Ripakuvio pitää huomattavasti paremmin pehmeällä pinnalla kuin sileäkuvioinen rengas, sillä renkaan rivat leikkautuvat maan sisään. Renkaan suuri koko on myös etu, sillä pintapaine jakautuu tasaisemmin, ja renkaan suuri koko vähentää

luiston määrää. Renkaat pääsevät myös pyörimään itsenäisesti toisistaan riippumatta, jolloin pyörien luistosta ei aiheudu suuria ongelmia, joten kylvökoneen jättämä siemenrivi pysyy ehjänä. Ripakuvio myös puhdistuu hyvin rapaisissa paikoissa.

3.2.2 Huonot puolet

Renkaiden vaihtaminen on vähintään yhtä ongelmallista kuin Tumen JC3000:ssa, ellei jopa vielä vaikeampaa. Keinutelirakenteen takia renkaita vaihdettaessa pitää koneen nousta ilmaan huomattavan paljon korkeammalle, kuin Tumen vastaavan koneen, sillä tukirakenteiden vuoksi irrotettua akselia ei voi vetää takakautta pois koneen alta. Painavan koneen ylös nostaminen ja sen alla työskentely kasvattaa aina riskejä työtaturmiin.

Kun jyräpyörät on asennettu kahdelle rinnakkaiselle keinuvalle telirakenteelle, aiheuttaa tämä tietyissä tilanteissa ongelmia. Esimerkiksi ajettaessa kivikkoisilla peltolohkoilla suuren maakiven ylitse, eivät yksittäiset renkaat pääse joustamaan lainkaan, vaan telirakenteen myötä kaikki renkaat puolen koneen leveydeltä liikkuvat. Tästä voi seurata paikallisesti jyräämättömiä alueita. Suurempi ongelma on esimerkiksi ajettaessa samansuuntaisesti vanhojen auranvakojen kanssa. Tällöin voi syntyä tilanne, että vaon pohjaa ja reunaa jyrää muutama rengas, ja loput renkaista eivät kosketa pellon pintaa lainkaan. Huonoimmassa tapauksessa kaltevilla pinnoilla ajettaessa voi käydä myös niin, että kylvölaitteistoja käyttävä rengas ei kosketa maahan riittävästi, jonka seurauksena rengas luistaa ja kylvötarkkuus heikkenee. Keskeltä nivelletty rakenne aiheuttaa kallistuessaan myös suuria rasituksia koneelle, joten renkaiden tukirakenteiden pitää olla huomattavan järeät. Sama ongelma on myös Tumen JC3000:ssa.

3.3 Kongskilde / Juko HT3000S

Kongskilde on valmistanut sekä omalla merkillään että Juko-merkillä jyrääviä kylvölannoittimia, jotka molemmat ovat rakentuvat saman perusrakenteen päälle. Tanskalaisen Kongskilde Industriesin ostettua mynämäkeläisen Jukon vuonna

1997 (Penttilä 2009) myös molempien valmistajien mallistot yhdenmukaistuivat. Juko-malliston valmistaminen päättyi vuonna 2010, kun omistaja Kongskilde päätti luopua konepajatoiminnasta Suomessa ja siirtää kylvölannoittimien valmistuksen Överumiin, Ruotsiin (Vehmanen 2010).



Kuvio 8. Kongskilde / Juko HT3000S pyöräntuenta ja jälkiharan ripustus.



Kuvio 9. Pyörien ripustuksen osia.

HT3000S:ssä on 12 rengasta, kuten Junkkarin vastaavanlevyisessä koneessa. Jukossa renkaat on jaettu noin puolen metrin levyisiin yksiköihin, ja renkaat ovat tuettu perusrunkoon pareittain. Jukon erikoisuutena on patentoitu (Kongskilde

2011) joustoratkaisu, jossa jokainen rengaspari on varustettu hydraulisylinterillä, ja sylinterit ovat kytketty toisiinsa suljettuun piiriin. Veto tapahtuu kuin Simultassa reunimmaisen renkaan ollessa ainoa vetävä. Rengaskoko HT3000s:ssä on 7.00–12, ja renkaat ovat ripakuvioidut.

3.3.1 Hyvät puolet

Rengasrikon sattuessa on korjaaminen helppoa, kun koko konetta ei tarvitse nostaa ylös, vaan pareittain olevat renkaat saa irrotettua rungosta helposti ja vedettyä taaksepäin ulos koneesta. Yksi koneen vahvuuksista on hydraulisylintereillä toteutettu jousitus. Kun maanpinnassa on suuri kohouma, esimerkiksi suurikokoinen maakivi lähellä pintaa, yksi pyöräpari joustaa ylöspäin ja hydrauliiikan paine siirtyy tasaisesti muille piirin sylintereille, jolloin muut pyörät painautuvat alaspäin. Näin pintapaine pysyy jatkuvasti tasaisena. Hydraulinen jousitus on jaettavissa kahteen eri piiriin, jolloin molemmat puolet joustavat itsenäisesti. Jälkihara on myös hydraulikäyttöinen, jolloin sen voi tarvittaessa helposti laskea tai nostaa ylös hytistä poistumatta.

Toisin kuin Tumen tai Junkkarin vastaavissa koneissa, Jukossa jokainen rengaspari pääsee joustamaan hieman. Tästä on apua etenkin ajettaessa auranvakojen tai maakivien ylitse, sillä koko kone ei nouse ilmaan tai kallistu, kun pyörät joustavat. Etuna on myös se, että yksinkertainen perusrakenne on helppo toteuttaa.

3.3.2 Huonot puolet

Pyörien pieni koko on heikkous HT3000S:ssä, sillä siinä on kilpailijoihinsa verrattuna pienemmät renkaat. Renkaiden koossa ja luiston määrässä on suora yhteys, sillä mitä pienemmät renkaat ovat, sitä herkemmin ne pääsevät luistamaan pellon pinnalla. Renkaiden tukirakenteet vaativat astinlaudalta erikoisen muotoilun, ja tämän vuoksi astinlaudalla voi olla epämukavaa kävellä.

Vaikka hydraulinen pyörien jousitus onkin käytössä erittäin käytännöllinen, se on hintava toteuttaa, sillä hydraulisylintereitä vaaditaan renkaille kaikestaan kuusi

kappaletta, minkä lisäksi jälkihara vaatii kaksi sylinteriä ja vaadittavat letkut ja liittimet vielä lisäksi. Kylvökoneita työskennellään hyvin usein pölyisissä olosuhteissa, jolloin pöly helposti jää kiinni sylinterien mäntien varsiin. Kun männät liikkuvat, pöly voi pitkällä aikavälillä vaurioittaa sylinterien tiivisteitä, jolloin öljyvuo-tojen riski kasvaa.

3.4 Muut valmistajat ja konemallit

Kylvölannoitinvalmistajia löytyy maailmalta lukuisia, ja yllä on tarkasteltu lähinnä kotimaisia jyräävien perinteisten kylvölannoittimien valmistajia. Kansainväliset suuret valmistajat ovat keskittyneet lähinnä suorakylvökoneisiin tai pneumaattisiin kylvökoneisiin, eikä perinteisiä kylvölannoittimia niiltä liiemmin löydy, mutta suorakylvökoneet on yleensä varustettu jyräävillä renkailla.

Käytännössä aiemmin esitetyissä kolmessa kylvökonetyypissä on esillä kaikki markkinoilla olevat erikoisemmat renkaiden tuentatyyppit. Eri valmistajilla on vain hienoisia variaatioita toistensa tuotteista, ja käytännössä katsoen ainoa renkaiden tuentatyyppi on yksinkertainen, joustamaton tukivarsista ja hydraulisyntereistä muodostuva yhdistelmä. Suorakylvökoneilla kylvetään oletusarvoisesti muokkaamattomille maille suoraan sängen päälle, jolloin muokkaustarve jää minimaaliseksi. Kun maata ei tarvitse muokata, peltoon ei muodostu esimerkiksi auran jättämiä vakoja eikä kiviä nouse muokkaamisen mukana ylös, joten renkaiden ei juuri edes tarvitse joustaa.

4 SUUNNITTELUN KOHTEENA OLEVA KONE

4.1 Tietoja konemallista

Suunnittelun kohteena on Junkkarin valmistama Simulta 250H, vuosimallia 1986. Kone on tyypiltään hinattava sivupyöräkone, ns. kevythinattava. Kun kylvölannoitin kiinnitetään traktorin nostolaitteisiin, koneen painoa, eli lähinnä säiliöiden kokoa, on rajoitettava, rajallisen nostotehon vuoksi ja ettei traktorin keula nousisi ajettaessa ilmaan. Hinattavat koneet kytketään erillisen puomin varassa traktorin perään, ja hinattava kone kulkee omien renkaidensa varassa. Näin koneeseen saadaan suurempi kantavuus ja säiliöiden kokoa voidaan kasvattaa.

Taulukko 2. Simulta 250:n ja 250H:n tekniset tiedot (Junkkari 1986).

| Simulta | 250 nostolaite | 250H |
|--------------------------|----------------|-------------|
| Työleveys | 2500 mm | 2500 mm |
| Lannoitevantaita | 10 kpl | 10 kpl |
| Kylvövantaita | 20 kpl | 20 kpl |
| Lannoiteriviväli | 250 mm | 250 mm |
| Siemenriviväli | 125 mm | 125 mm |
| Lannoitesäiliön tilavuus | 460 l | 690 l |
| Siemensäiliön tilavuus | 315 l | 450 l |
| Täyttökorkeus | 1180 cm | 1330 mm |
| Rengaskoko | 7,5" x 16" | 12,5" x 18" |
| Koneen paino tyhjänä | 715 kg | 910 kg |
| Rengaspaine | 150 kPa | 200 kPa |

Simulta 250H -malliin on saatavilla tehdasvalmisteisia muovisia, kumisia sekä metallisia rivijyriä, jotka asennetaan koneen taakse. Rivijyrät ovat kapeakiekkoisia jyriä, jotka jyräävät vain kylvörivin. Rivijyrät ovat myös kevytrakenteisia eikä niiden varaan voida laskea koko koneen painoa. 2500 mm:n levyisiin koneisiin markkinoilta ei löydy valmiita ilmakumirenkailla toteutettuja kantavia jyräpyörästäjiä.

Koneen kokonaismassa säiliöt täytettyinä vaihtelee jonkin verran, riippuen käytävistä siemenlajeista ja lannoitteista. Esimerkkinä voidaan laskea koneen massa kylvettäessä vehnää, joka on yksi raskaimmista siemenistä. Vehnän siemen painaa lajikkeesta riippuen enimmillään 80 kg/hl (Kangas ym. 2011, 46), raskaimpien NPK-apulantojen tiheyden ollessa luokkaa 1200 kg/m³ (Peippo 2013). Näillä tiedoilla laskettuna saadaan koneen kokonaismassaksi

$$m = 0.8 \frac{kg}{l} * 450 l + 1.2 \frac{kg}{l} * 690 l + 910 kg = 2098 kg \quad (6)$$



Kuvio 10. Muutostöiden kohteena oleva kone.

Sivupyörärakenne luo myös edellytykset koneen muutostyölle, sillä mekaanisilta ominaisuuksiltaan koneen rakenne vastaa jo nykyisellään hyvin pitkälti jyräävää konetta. Jyräävissä koneissa renkaat sijaitsevat koneen takana. Renkaat on tuettu koneen sivulta lähteviin vipuvarsiin samalla tavoin kuin sivupyöräkoneissa. Koneen työskentelyä hallitaan hydraulisesti nostamalla, ja veto kytkeytyy ja katkeaa automaattisesti. 250H:ssa siemen- ja lannoitekoneistojen käyttö tapahtuu vasemman renkaan käyttämänä. Koneesta tullaan poistamaan kuviossa 10 näkyvät renkaat molemmilta sivuilta, renkaiden tukivarsia muokataan pidemmiksi ja tarpeen tullen vahvistetaan, ja koneen taakse rakennetaan jyräävä rengasrivi.

Kun kone lasketaan työskentelyasentoon, renkaan tukirakenteisiin kiinnitetty jousikiristeinen epäkeskomekanismi kytkee syöttölaitteet käyttöön. Kun suunnitelmien mukaisesti koneen rengaskokoa pienennetään ja renkaita siirretään taaksepäin, voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa vetokoneistoa, mutta välityssuhteita pitää muuttaa. Veto voidaan toteuttaa edelleen vasemmanpuoleisimmalla renkaalla. Renkaiden kokoa joudutaan pienentämään, jotta koneen massa ja koko saadaan pidettyä kurissa. Myös renkaiden hankintahinta on rajoittava tekijä ja suuremmat renkaat ovat aina kalliimpia.

4.2 Toteutettavan rakenteen valinta

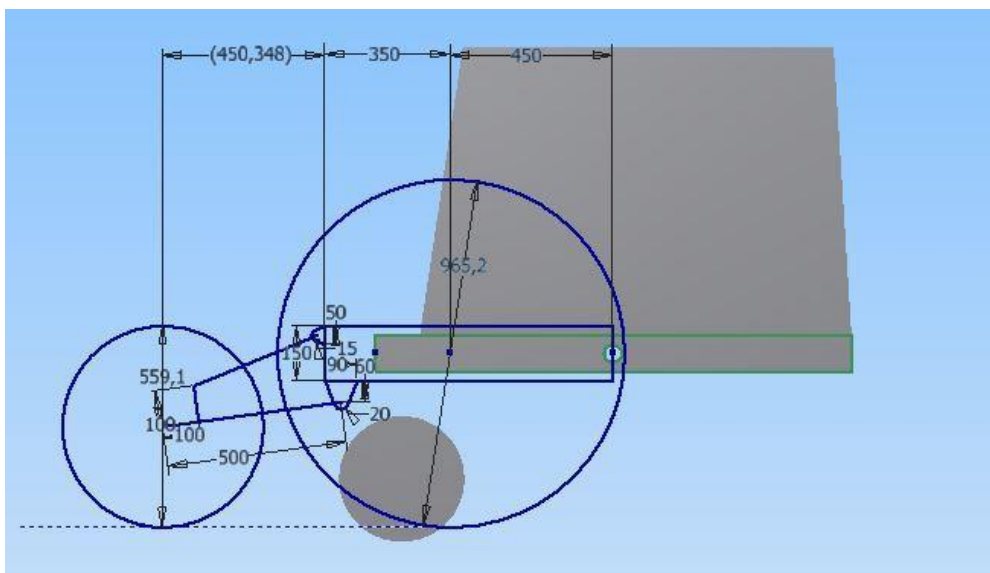
Keskustelussa työn tilaajan kanssa (Lehtonen 2013) käytiin läpi markkinoilla olevia malleja, ja keskusteltiin laitteiden hyvistä ja huonoista puolista. Samalla käytiin myös läpi hänellä koneen suhteen olevia tarpeita. Kävi ilmi, että ratkaisun tulisi olla avoimesti hyödynnettävissä, joten suoraan patentoidut mallit karsiutuivat pois. Ratkaisun tulisi olla myös riittävän yksinkertainen ja edullisesti valmistettavissa. Vertailemalla eri mallien hyviä ja huonoja puolia keskenään päädyimme siihen, että jyräpyörärakenne suunnitellaan mukaillen Kongskilde / Juko HT3000S -mallia. Vaikka kyseinen malli onkin patentoitu, patentti koskee vain ko. koneessa käytettävää hydraulista joustoratkaisua. Näin ollen päädyttiin siihen, että muutostyön kohteena olevaan koneeseen suunnitellaan erillisjousto jokaiselle pyöräparille. Geometria tulee pakostakin olemaan erilainen kuin HT3000S-mallissa, ja jousto toteutetaan tavallisilla puristusjousilla.

5 SUUNNITTELU

5.1 Rautalankamalli

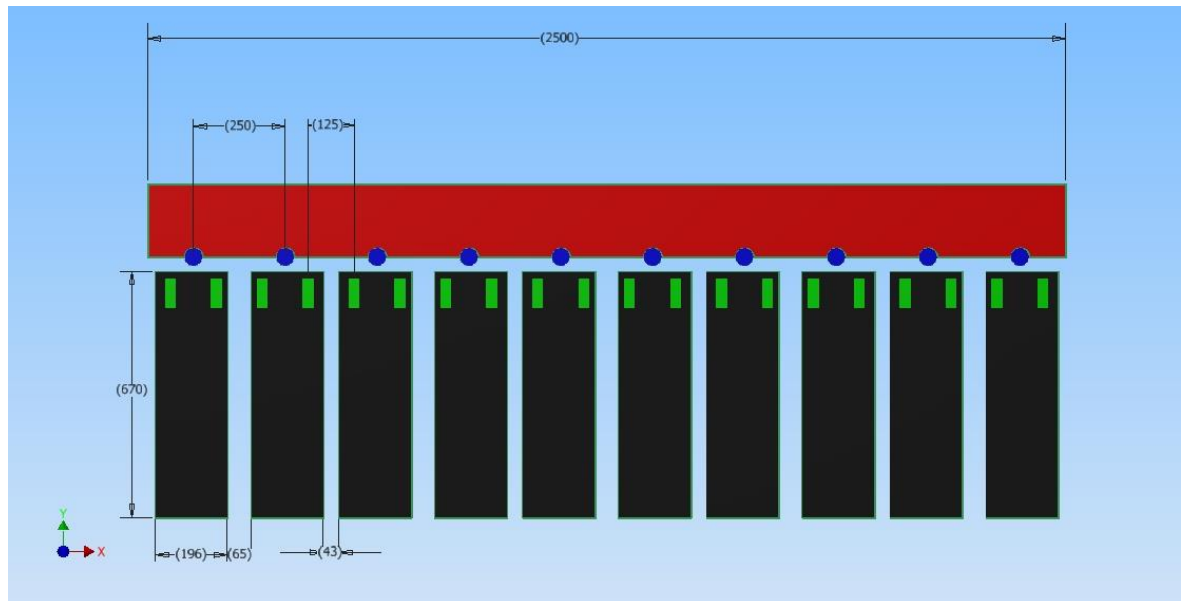
Muutostyön suunnittelu lähti liikkeelle hankkimalla tietoa sekä mittaamalla koneen mittoja. Koneesta mitattiin rungon ulkomitat sekä tärkeimpien konstruktion vaikuttavien osien sijainnit, sekä otettiin selvää käytetyistä materiaaleista. Junkkari on myöhemmin valmistanut melkein samaan perusrakenteeseen pohjautuvaa jyräävää kylvölannoitinta, joten sitäkin tutkittiin hieman.

Kun vaadittavat mittatiedot oli saatu, lähti suunnittelu liikkeelle koneen mallintamisesta Autodesk Inventor -ohjelmistolla. Mittojen perusteella mallinnettiin kone sellaisena kuin se nykyään on, ja saadusta mallista tehtiin yksinkertaisia rautalankahahmotelmia. Rautalankamallien avulla saatiin sommiteltua mittasuhteita suunniteltaville osille, sekä arvioitua esimerkiksi vaadittavien teräspalkkien pituuksia. Pituusmittojen selvittyä osille voitiin laskea vaadittavat lujuudet, jotta rakenteesta tulisi kestävä. Rautalankamallien avulla suoritettiin myös renkaiden valinta.



Kuvio 11. Yksi rautalankahahmotelma koneen rakenteesta.

5.2 Renkaiden valinta



Kuvio 12. Renkaiden mitoitus.

Työn tilaajan kanssa keskusteltiin muutamista eri rengastyypeistä ja vaihtoehtoista (Lehtonen 2013), mutta renkaiden valinta jätettiin alussa avoimeksi. Kuvio 12 esittää renkaiden valinnassa apuna käytettyä karkeaa piirrosta. Kuvassa punainen osio havainnollistaa koneen runkoa, siniset ympyrät ovat lannoitevantaiden paikat, vihreät osat ovat siemenvantaat ja mustat osiot ovat renkaat. Leveämmillä renkailla renkaita luonnollisesti tarvittaisiin lukumääräisesti vähemmän, mutta samalla rengaskustannukset nousisivat. Kun renkaista haluttiin myös tehdä joustavat, olisi koneen ahtaan rakenteen takia jousto huomattavan hankalaa toteuttaa leveillä renkailla. Kun renkaita on useampia, myös renkaiden tuentakomponentteja on lukumääräisesti enemmän ja kokonaisuormituksen pysyessä samana voidaan yksittäiset tuet mitoittaa pienemmiksi.

Aluksi pohdittiin mahdollisuutta hyödyntää henkilöautojen renkaita, mutta myöhemmin päädyttiin traktorikuvioiseen renkaaseen, jonka koko on 7,00x12". Henkilöautojen renkaat olisivat edullisia ja niitä on helposti saatavissa, mutta traktorikuvioiseen renkaaseen päädyttiin muun muassa siksi, että ne on yleisesti tarkoitettu maatalouskäyttöön, ja traktorirengaan kuviointi soveltuu paremmin pehmeään peltoaahan. Renkaan leveys ja lopullinen halkaisija vaihtelevat hieman valmistajittain, ja suunnittelussa on käytetty rengasta, jonka leveys on 196 mm ja korkeus on

670 mm (Isojoen Konehalli Oy, [viitattu 11.11.2014]). Renkaat asennetaan siten, että kukin rengas jyrää kaksi siemenvantaan jättämää siemenriviä, ja renkaiden keskinäinen väli on 65 mm leveä. Rengasparien väliin jää tilaa noin 43 mm, joka on renkaan litistymisen aiheuttaman leveyden muutoksen huomioon ottaen riittävä väli.

5.3 Hydraulisyylinterien mitoitus

Nykyisessä kokoonpanossa on kaksi rinnakkain kytkettyä samanlaista hydraulisyylinteriä. Sylinteriputken ulkohalkaisija on 60 mm ja sylinterin takaosassa sylinteriputken vahvuus on 6 mm, joten voidaan olettaa sylinteriputken sisähalkaisijaksi noin 48 mm. Täten laskennoissa on käytetty männän halkaisijana mittaa 48 mm. Sylinterin voima F lasketaan kaavalla

$$F = A * p \quad (7)$$

jossa A on pinta-ala, johon paine kohdistuu

p on paine, tässä tapauksessa traktorin hydraulikkajärjestelmän paine.

Kaavalla 6 laskettiin koneen kokonaismassaksi noin 2100 kg, mutta tässä laskelmassa ei ole otettu huomioon tulevien muutososien painoa eikä esimerkiksi vantaisiin tarrautuvan maa-aineksen, kuten mättäiden, tuottamaa lisäpainoa. Varmuuden vuoksi koneen massana laskelmissa on käytetty lukemaa 2300 kg. Muutososien painoa laskelmissa ei ole huomioitu, niiden vaikutus kun jää vipuvarren takia pieneksi. Hydraulisyylinterin mitoituksessa pyörästön jousitusrakenteiden on oletettu olevan joustamattomia. Jo olemassa oleviin renkaiden tukivarsiin kiinnitetään uuden pyörästön pidemmät tukirakenteet, ja pyörästön nivelpisteinä koneen rungossa on sama kohta kuin nykyisinkin.

Kun tukivarret pidentyvät, sylintereiltä vaaditaan enemmän voimaa koneen nostamiseksi. Jyräpyörästön keskikohdan etäisyys nivelpisteestä on noin 1385 mm, ja nykyisten sylintereiden etäisyys nivelpisteestä on vastaavasti noin 450 mm. Sylintereiden kiinnityspisteitä ei tulla siirtämään uudessa kokoonpanossa, joten uuden kokoonpanon aiheuttaman vipuvarren takia koneen nostamiseksi vaaditaan 69,4

kN:n suuruinen voima. Taulukossa 3 on esitetty paineen vaikutus sylinterin voimaan, eli tässä tapauksessa sylinterin nostotehoon, sekä laskennallinen noston varmuusluku. Taulukosta havaitaan selvästi, että vaikka kylvökonetta vetävän traktorin hydrauliiikan paine olisi 200 baria, nostosylinterien varmuuskerroin olisi vain 1,15, joka on riittämätön. Nykyiset sylinterit on siis korvattava uusilla.

Taulukko 3. Paineen vaikutus nykyisten sylintereiden voimaan.

| Paine (bar) | F yksi sylinteri (kN) | F kaksi sylinteriä (kN) | Varmuusluku |
|-------------|-----------------------|-------------------------|-------------|
| 160 | 28,95 | 57,91 | 0,92 |
| 165 | 29,86 | 59,72 | 0,95 |
| 170 | 30,76 | 61,52 | 0,98 |
| 175 | 31,67 | 63,33 | 1,01 |
| 180 | 32,57 | 65,14 | 1,04 |
| 185 | 33,48 | 66,95 | 1,07 |
| 190 | 34,38 | 68,76 | 1,10 |
| 195 | 35,26 | 70,57 | 1,13 |
| 200 | 36,19 | 72,38 | 1,15 |

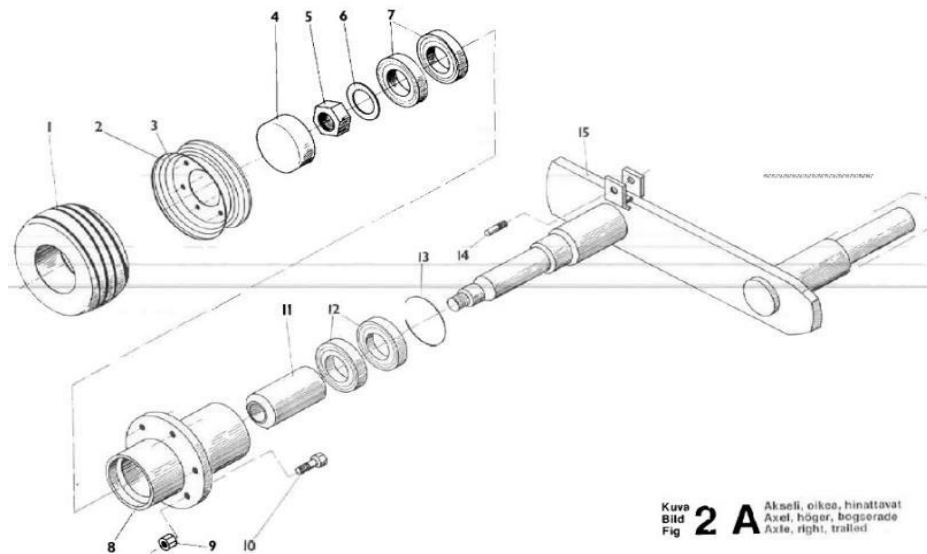
Nykyisten sylinterien noston varmuusluku on 160 barin voimalla noin 2,57. Mikäli varmuuskerroin halutaan pitää uusillakin sylintereillä jotakuinkin samana, on 180 barin hydrauliiikkajärjestelmässä männän halkaisijan oltava laskennallisesti noin 79 mm. 80 mm männän halkaisijalla ja 180 barin paineella päästään noin 90,5 kN:n voimaan, joka antaa nostolle varmuusluvuksi 2,61. 80 mm sylinteri on siis riittävä.

Uudet sylinterit eroavat vanhoista muutenkin hieman mitoitukseltaan, koska muutosten takia sylinteriltä ei vaadita yhtä suurta iskunpituutta kuin ennen. Koneen nostamiseksi suunnilleen samaan korkeuteen vanhoista tukipisteistä vaadittaisiin sylinteriltä noin 200 mm iskun pituus. Käytännössä kuitenkin sylinteri kannattaa mitoittaa pidemmäksi. Uudelle sylinterille voidaan joko tehdä uudet kiinnikkeet, hitsaamalla esimerkiksi nykyisten kaltaiset laippaan kiinnitetty pyörötangot koneen kylkeen, tai sitten sylinteri voidaan teetättää sellaisena, että se sopii vanhoihin kiinnikkeisiin, eli käytännössä sylinteriputki on takapäätä ylipitkä.

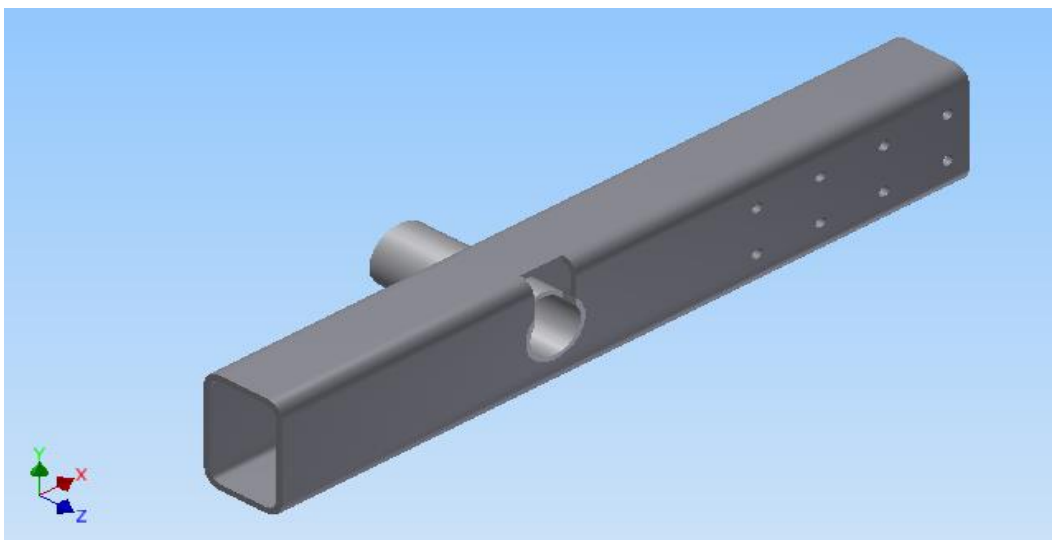
Työn tilaajan kanssa (Lehtonen 2014) kanssa käytiin keskustelua siitä, voisiko vanhat hydraulisyylinterit hyödyntää uudessa kokoonpanossa, jos tukipisteitä siirtää taaksepäin, ja sylinterin kallistaa kulmaan. Laskelmien jälkeen kävi kuitenkin ilmi, että nykyinen sylinteri on riittämätön, vaikka tukipisteitä muuttaisikin. Kun kiinnityskohta tukirunkoon siirretään taaksepäin, muuttuu myös sylinterin kulma, jolloin sylinterin alaspäin tuottama voima heikkenee. Kun sylinterin kiinnityskohta tukirungossa siirretään taaksepäin niin paljon, että sylinterin voima riittää sopivalla varmuuskertoimella, ei sylinterin iskunpituus enää riitä.

5.4 Tukivarret

Koneen nykyisiin renkaiden tukivarsiin kiinnitetään putkipalkit, joiden varaan koneen pyörästä tuetaan. Uudet tukivarret valmistetaan 150 mm x 100 mm x 8 mm RHS-palkista, jonka raaka-aineena on S355-teräs, ja uudet tukivarret kiinnitetään vanhoihin erikseen valmistetuilla kiinnityskappaleilla. Kiinnityskappaleita käyttämällä vältetään tässäkin vaiheessa asennusaikaiselta hitsaamiselta, ja kone voidaan myös palauttaa entiselleen. Palkki on mitoitettu siten, että raskaasti yksinkertaistetusta mallista laskettiin maksimijännitykset hydraulisyylinterin tuottamalla suurimmalla mahdollisella voimalla, ja haettiin varmuuslukua, joka on välillä 2,5–3. Valitulla palkilla saavutettiin riittävän suuri varmuusluku 2,81, mutta tulos ei ole suoraan vertailukelpoinen, koska laskelmat on tehty työstämättömän palkin lujuusopillisilla taulukkoarvoilla. Esimerkiksi palkkiin työstettävät reiät heikentävät hieman palkin kestävyyttä, joten palkin kestävyyttä analysoitiin myös Inventorin FEM-sovelluksella.



Kuvio 13. Detaljikuva koneen nykyisestä tukivarresta sekä renkaan tuennasta (Junkkari 1986).

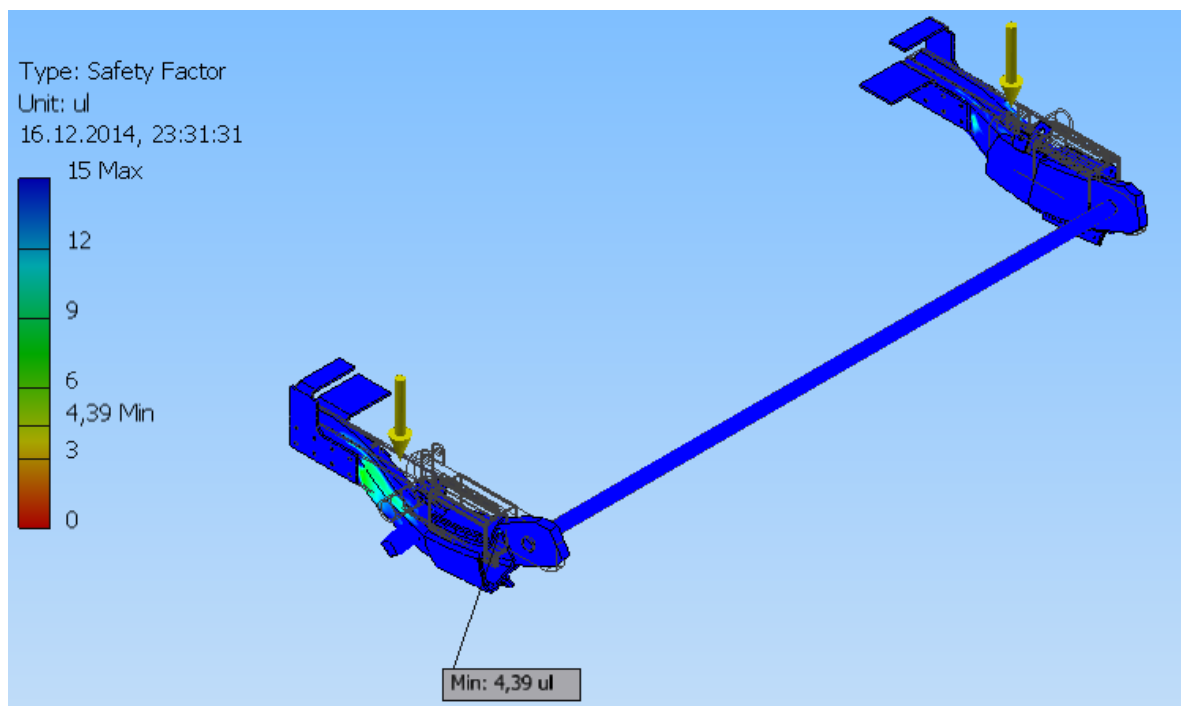


Kuvio 14. Tukivarsi.

Renkaan tukivarren ja pyöränlaakerin kokoonpano on esitetty kuviossa 13 ja tukivarren havainnekuva kuviossa 14. Tukivarsiin on koneistettu reiät akselitapeille, jotka on hitsattu kiinni tukivarsien molemmilta puolilta. Koska muutososat halutaan valmistaa siten, että kone on palautettavissa alkuperäiseen malliinsa, päätettiin akselitapit jättää paikoilleen. Asennusvaiheessa renkaan napa laakereineen puretaan pois, ja uudessa rakenteessa vanha akselin pää on suojattu putken sisälle.

Apurunkoihin työstetään sopivat aukot nykyisten hydraulisylintereiden kiinnityskorvakkeille, sekä reiät, joihin voidaan asentaa akseleiden suoja-putket.

Suoja-putken pää jää hieman pitkälle apurungosta, jolloin putken pää on ulommais-
sin osa koneen sivulla. Tästä ei tosin synny käytönaikaista haittaa, mutta putken
pää aiheuttaa jonkinasteisen kompastumisriskin koneen sivulla kuljettaessa. Akse-
lien suoja-putkien mitoitus tulee varmistaa osien valmistusvaiheessa, koska akselin
mittoja ei saatu mitatuksi, kun renkaat napoineen olivat paikoillaan. Suoja-putken
pituuden saa mitattua vasta siinä vaiheessa, kun napa laakereineen on purettu
pois. Myös suoja-putken poikkileikkausmitat tulee varmistaa.



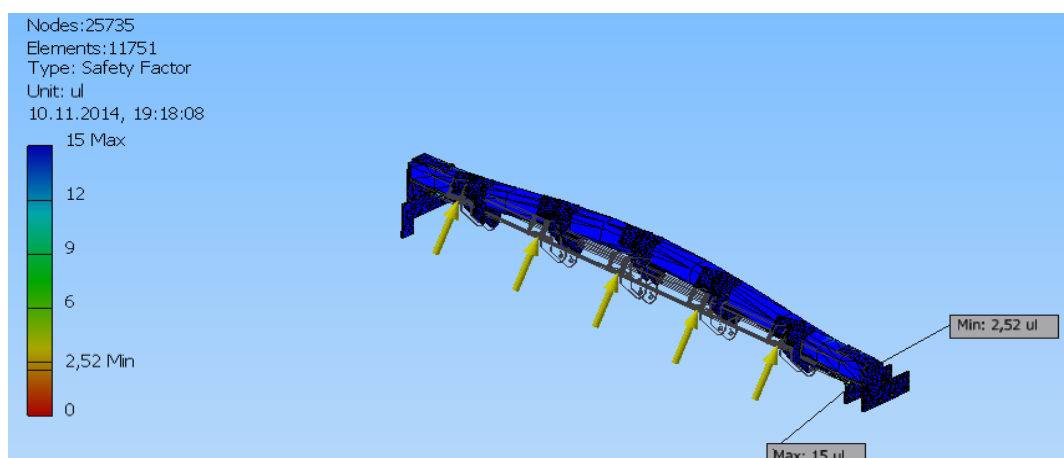
Kuvio 15. Tukivarsien FEM-analyysi.

Kuviossa 15 on esitetty ote Inventorin FEM-analyysityökalun raportista. Molempiin tukivarsiin on kohdistettu 100 kN:n voima, joka saadaan sylintereillä täydellä 200 barin paineella. Pienimmäksi varmuusluvuksi palkille saadaan 4,39, joten palkki on riittävän kestävä. Lujuusanalyysistä täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että tilanne ei vastaa aivan täysin tosielämää, sillä ohjelmistojen käytössä on omat rajoitteensa, ja malli on lähinnä rajusti yksinkertaistettu malli todellisesta tilanteesta. Koneiston lujuusanalyysit jouduttiin suorittamaan pienissä osissa, koska mallien käsittely vaatii tietokoneelta suurta prosessointitehoa, ja suurien mallien analysoiminen

asettaa aina omat rajoitteensa esimerkiksi tarkisteltavan mekaniikan suhteen. Tämän takia on järkevintä suorittaa analyysit pienemmissä osissa, jolloin ohjelmistossa kappaleen fyysisten rajoitteiden, kuten esimerkiksi staattisesti liikkumattomien pisteiden määrittäminen on helpompaa, mutta mallitilanteesta ei välttämättä saada täysin tosielämää vastaavaa. Kuitenkin edellä mainitun sekä muiden analyysien mukaan palkki on riittävän kestävä. Kuviossa 15 on näkyvissä myös kiinnityslaipat, joilla tukivarret kiinnitetään koneen nykyisiin tukivarsiin. Asennusvaiheessa kaksi laippaa asetetaan varsien ympärille, ja laipat liitetään toisiinsa 10.9 - luokan ruuveilla.

5.5 Poikittaispalkki ja kiinnityskorvakkeet

Koneen tukivarsiin kiinnitetään poikittain 120 mm x 120 mm x 10 mm RHS-putkipalkki, joka valmistetaan S355-teräksestä. Palkki toimii renkaiden tuennan ja joustinkomponenttien tukipisteenä. Palkin päihin hitsataan teräksestä taivutetut laipat kiinnitystä varten, ja palkki kiinnitetään koneen tukivarsiin ruuviliitoksilla. Ruuviliitoksia käytetään, jotta kone voidaan haluttaessa palauttaa entiselleen. Ruuvien käyttöä puoltaa myös se, että asennusvaiheessa konetta ei tarvitse hitsata kasaan, vaan kaikki vaadittavat hitsisaumat voidaan valmistaa hyvissä olosuhteissa pajassa, kun osia valmistetaan. Käytettävien ruuvien tulee olla lujuusluokitukseltaan luokkaa 10.9, sillä yksittäisten ruuvien määrä on laskettu riittäväksi juuri tuolla lujuudella.

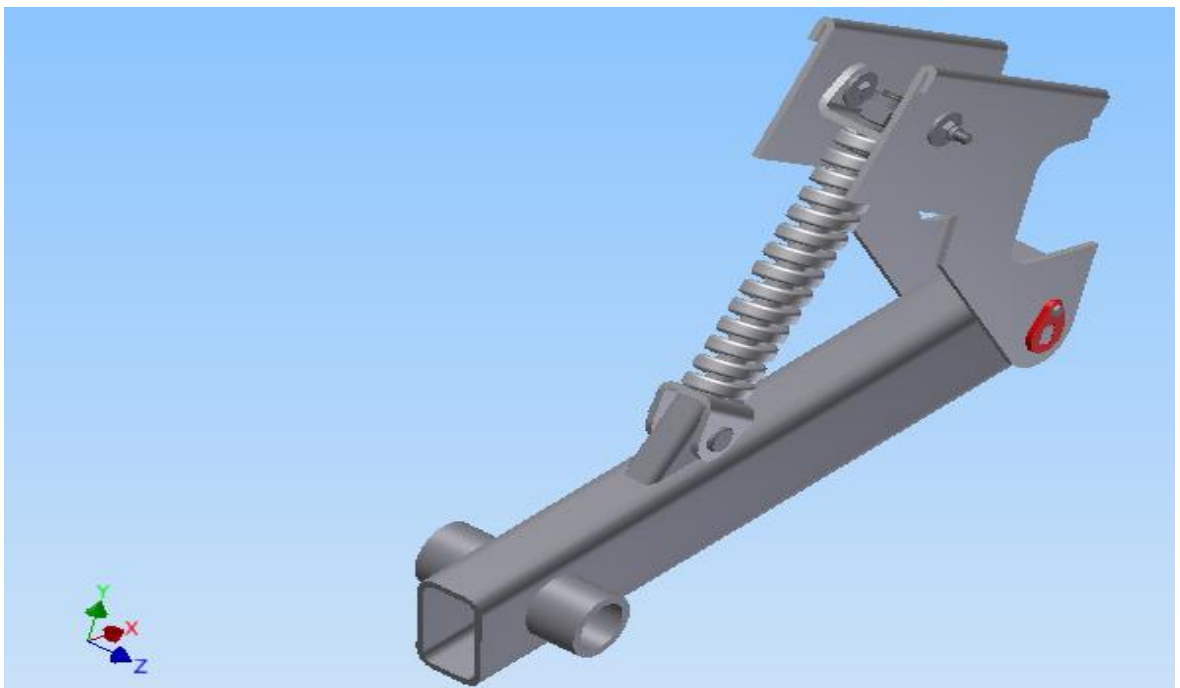


Kuvio 16. Poikittaispalkin FEM-analyysi.

Kuviossa 16 on esitetty ote poikittaispalkin lujuusanalyysin raportista. Analyysissä jokaiseen kiinnityskorvakkeen kohtaan kohdistettiin 8800 N:n suuruinen voima. Tasaisesti kuormitettuna jokaiseen korvakkeeseen kohdistuu noin 5,5 kN:n voima, joten lujuustarkastelussa on käytetty varmuuden vuoksi 1,6-kertaista voimaa. Tuolla voimalla pienimmäksi varmuusluvuksi saadaan 2,52, joten palkki sekä kiinnityskorvakkeet ovat riittävän kestävä.

5.6 Kiinnityskorvakkeet

Poikittaispalkkiin hitsataan kiinnityskorvakkeet, jotka toimivat rengaspakettien ripustimina. Korvakkeet on muotoiltu niin, että kaikki yhden renkaan vaatimat tukiosat saadaan kiinnitettyä yhteen korvakkepariin. Korvake valmistetaan yhtenäisestä levystä leikkaamalla, jotta siitä saadaan riittävän tukeva. Korvakkeen yläreunaan särmätään jäykisteura, ja rinnakkaiset korvakkeet ovat peilikuvia toisistaan. Yhtenäinen rakenne helpottaa asennusvaiheen kokoonpanoa, sillä tarkasti paikoilleen asemoitavien osien määrä saadaan vähäisemmäksi.



Kuvio 17. Pyörän tuennan tukirunko, kiinnittimet ja jousi.

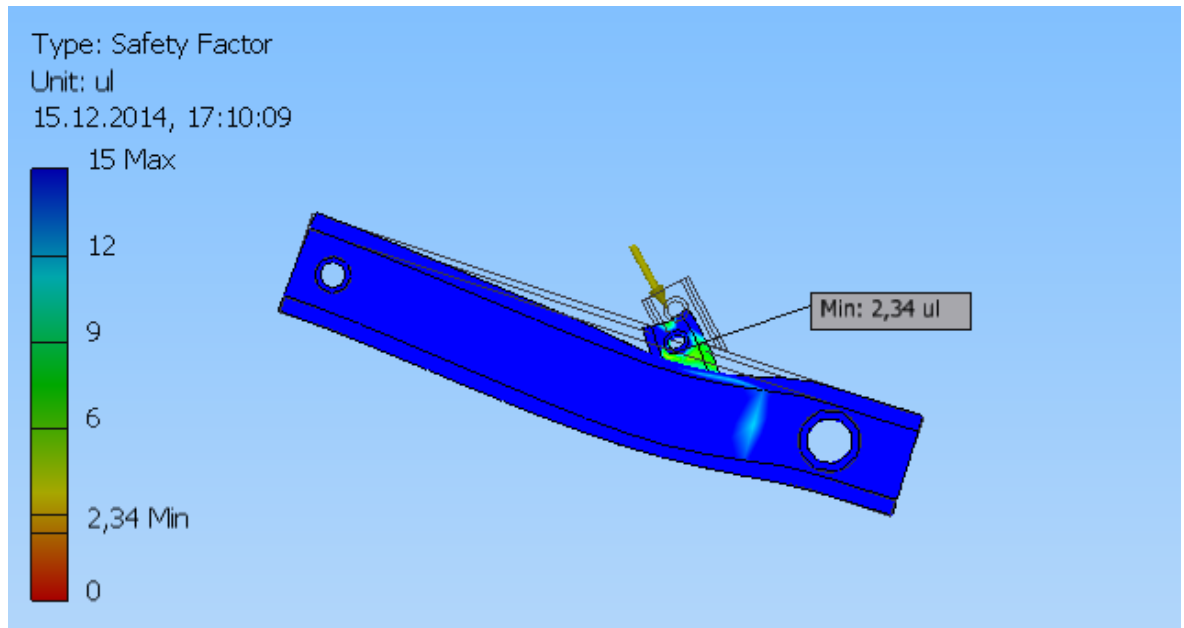
Korvakkeisiin koneistetaan reiät pyörän tukivarren akselitapille, akselitapin lukitusholkkien vaatimat kierteitetyt reiät ja jousen tukirakenteen kiinnitysreiät. Akselitappi

viedään molempien kiinnikekorvakkeiden läpi, ja kiristetään paikoilleen erityisillä kiinnitysholkeilla, joilla estetään akselin liikkeet. Kiinnityskorvakkeisiin asennetaan ruuveilla jousen yläkiinnitin, joka toimii jousen vastinkappaleena ja kohtana, joka ottaa vastaan pyörän nousemisesta ja jousen puristumisesta aiheutuvan voiman. Yläkiinnittimeen työstetään reikä, johon jousen ohjaintanko asetetaan. Ohjaintanko pääsee vapaasti liikkumaan edestakaisin jousen jostaessa, ja tangon putoaminen pois paikoiltaan on estetty tangon yläpäähän asennetulla mutterilla. Tangon toisessa päässä on kierteet, joihin mutteri asennetaan, ja tuolla samalla mutterilla voidaan myös säätää jousen esijännitystä. Jousen yläkiinnitin kiinnitetään erillisten holkkien varaan ruuveilla. Koska tila on kapea, yläkiinnittimien kiinnitykseen ei voida käyttää järeitä ruuveja, joten erilliset holkit asetetaan reikiin, ja näin varmistetaan siitä, että ruuvit eivät leikkaudu poikki käytön aikana.

5.7 Renkaiden tukivarsien suunnittelu

Kun renkaiden leveyttä mitoitettiin kuviossa 12 esitetyn rautalankamallin mukaan, samalla selvitettiin myös renkaiden etäisyydet toisistaan. Kun valitun renkaan leveys on peräti 196 mm, renkaiden väleistä tulee melkoisen ahtaat, mutta kuitenkin riittävän suuret, jotta rakenne voidaan toteuttaa. Renkaita ei asenneta aivan tasavälein toisiinsa nähden, koska tukirakenteet vaativat oman tilansa. Tukivarsien materiaaliksi valikoitui S355-teräksestä valmistettu suorakaidepalkki 100 mm x 50 mm x 6 mm.

Jotta renkaiden navat saataisiin kiinnitettyä vain 50 mm kapeaan putkipalkkiin, tulee palkkiin työstää reikä, johon hitsataan soviteputki. Soviteputki koneistetaan siten, että pyörän navan akseli saadaan asetettua putkeen sisälle. Esimerkkikuvissa on käytetty napaa, jonka akselin halkaisija on 45 mm, mutta akseleiden paksuudet vaihtelevat valmistajittain. Soviteputki tulee siis valmistaa valitun navan mukaiseksi. Molemmat navat asetetaan vastakkain putkeen ja kiinnitetään putkeen hitsaamalla. Hitsatessa tulee kuitenkin tarkoin varoa navan liiallista kuumeenemistä laakerivaurioiden välttämiseksi. Varmin tapa onkin asennusvaiheessa purkaa napa laakereineen osiksi, ennen kuin akselia hitsaa kiinni.



Kuvio 18. Valmiin tukivarren lujuusanalyysi valmiina.

Kuviossa 18 on valmiin tukivarren lujuusanalyysin lopputulos. Kuvan tukivarteen on kiinnitetty kaikki vaadittavat lisäosat. Itse tukivarteen hitsataan jousen kiinnityspisteeksi toisesta päästään viistoksi leikattu 50 mm x 30 mm x 4 mm palkki. Tuki-putken yläpäähän sovitetaan soviteholkki jousen ohjaimen kiinnitystä varten.

5.7.1 Tukivarsien jousitus ja kiinnitys

Muutososien suunnittelun yhtenä päälähtökohtana oli, että jokainen rengaspari pääsee joustamaan itsenäisesti muista renkaista riippumatta. Tämän takia jokaiselle pyöräparille vaaditaan omat joustinkomponentit. Jousia kytketään rinnakkain kaikesta viisi kappaletta, yksi jokaista pyöräparia kohden

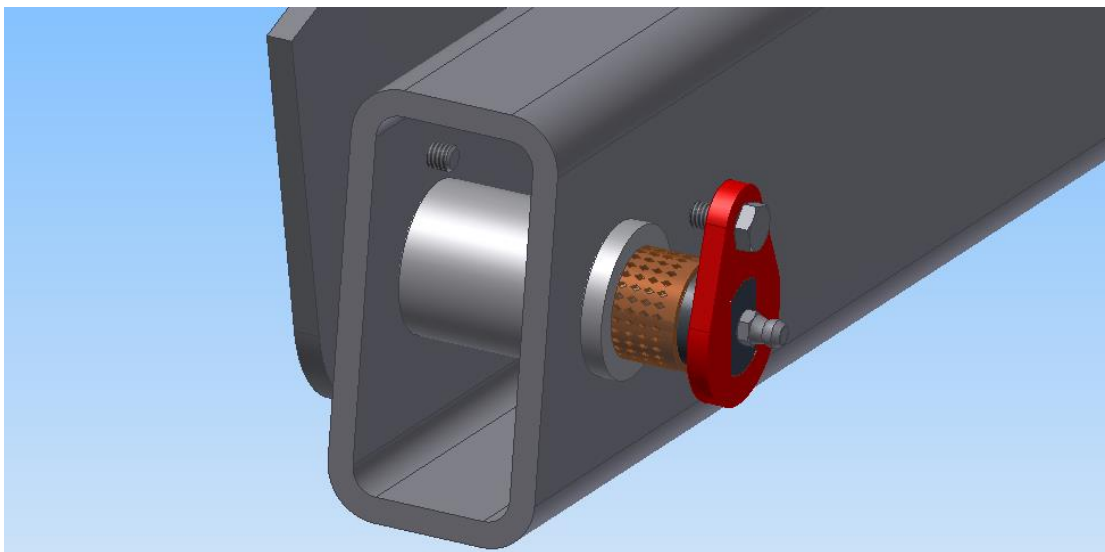
Laskelmien perusteella valikoitui jäykkä jousi, jonka jousivakio on minimissään noin 360 N/mm. Jousi mitoitettiin niin, että kun koneen koko massa on yhden pyöräparin varassa, pyöräpari pääsee liikkumaan noin 80 mm matkan. Jousituksen suunnitteluperiaatteena oli myös se, että kone pysyy vakaana ajettavana, ja että renkaat toden teolla jyräävät kivet maahan. Jos renkaat pääsisivät joustamaan jokaisen pienenkin kiven kohdalla ylöspäin, jyräysjälki olisi kehnoa. Riittävän jäykillä jousilla taataan se, että renkaat joustavat ylöspäin vasta siinä vaiheessa, kun

vantaiden ylös nostama kivi on riittävän iso. Muussa tapauksessa renkaat painavat kiven takaisin maahan, kuten jyrän tarkoitus onkin.

Jousen kiinnityskappaleet sekä kiinnitys korvakkeisiin on esitetty kuviossa 17. Jousi ohjaimineen kiinnitetään tukivarteen tapin varaan. Tällä mahdollistetaan jousen kulman muutokset, kun pyöräpari joustaa. Vastaavasti yläpäästä yläkiinnittimen kulma pääsee muuttumaan tappien ja holkkien varassa renkaiden joustessa.

Jouseksi valikoitui Lesjöforsin vakiokatalogista erikoisluja työkalujousi, mallinumeroltaan 8307 (Lesjöfors 2013). Kyseisen jousen jousivakio on 472 N/mm, eli jousi on jonkin verran ylimitoitettu. Jousen suurin sallittu joustomatka on 38,1 mm, ja suurimmalla joustomatkalla rengaspari joustaa ylöspäin noin 80 mm.

5.7.2 Tukivarsien laakereiden mitoitus



Kuvio 19. Tukivarren akselin ripustusrakennetta ja liukulaakeri sekä kiinnittimet.

Renkaiden tukivarret kiinnitetään kiinnityskorvakkeisiin tapeilla, jotka varustetaan liukulaakereilla käyttöänsä lisäämiseksi. Tapit lukitaan paikoilleen molemmista päistään erityisillä kiinnitysholkeilla. Holkeilla varmistetaan, että tukivarren liikkua tappi ei pääse pyörimään kiinnityskorvakkeissa, jolloin teräs liikkuisi terästä vastaan, vaan liikkeet tapahtuvat liukulaakerien välityksellä. Kuviossa 19 on esitetty

renkaan tukivarsi, tukivarren laakerointia sekä tapin kiinnitys. Kiinnitystappeihin työstetään rasvaura sekä tila rasvanipalle, jotta laakeria voidaan voidella esim. vaseliinilla.

Liukulaakerit toimivat hyvin likaisissa ja pölyisissä olosuhteissa, ja liukulaakereilla saadaan helposti kannettua suuriakin kuormia, joten muuntyyppiset laakerit sulkeutuivat pois vaihtoehtojen joukoista heti alkuunsa. Laakerina voidaan käyttää esimerkiksi 22 mm x 25 mm x 30 mm laipatonta pronssilaakeria, joka on varustettu rasvauralla tai rasvataskuilla. Laakereita asennetaan kaksi päittäin per tukivarsi, joten akselitappi on laakeroitu koko mitaltaan. Akselitapin toiseen päähän työstetään asennusviiste, jotta tappi saadaan asennetuksi laakereiden sisälle. Akselitapin asennusputken sisäpituus on 80 mm, joten laakerin pituudeksi voidaan valita myös pidempi laakeri, mikäli valmistajilta sellaisia löytyy.

Liukulaakerit ja akselitapit ovat suhteellisen edullisia komponentteja, joihin yleensä kohdistuu suuria rasituksia, joten niitä on järkevää ylimitoitaa hieman. Erään liukulaakerivalmistajan (D & E Trading Oy 2014, [viitattu 11.11.2014]) ohjeen mukaisesti sopiva pintapaine pronssisille liukulaakereille on 30–40 MPa, ja kuormitus lasketaan kaavasta

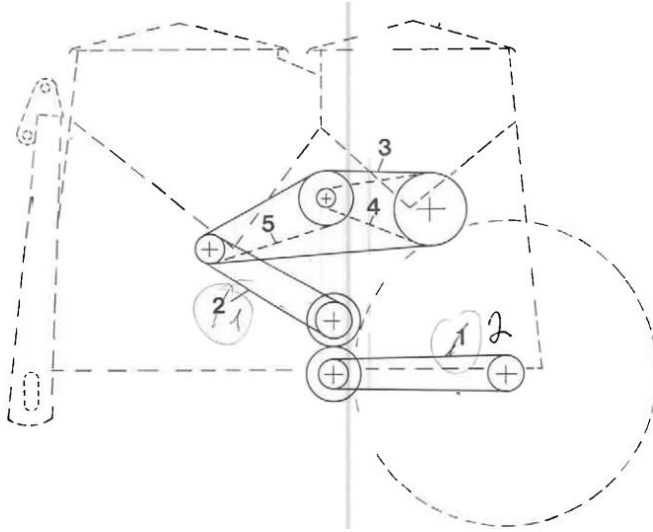
$$p = \frac{F}{l * d} \quad (7)$$

jossa p on laakerin pintapaine, l on laakerin leveys ja d on tapin halkaisija, sekä F on kuormittava voima. Laskemalla laakerille suurin mahdollinen käytönaikainen kuormitus 60 mm:n laakerointileveydellä sekä edellä mainitulla 40 MPa:n kuormituksella, saadaan tapin halkaisijaksi noin 12 mm. Tappi ylimitoitetaan kuitenkin reilusti, joten tapiksi valittiin halkaisijaltaan 22 mm tappi. Akselitapit on järkevää pintakarkaista kulutuskestävyyden lisäämiseksi.

5.8 Voimansiirto

Kylvökoneen koneistoja käyttävä voima otetaan nykyisin kylvökoneen renkailta, ja näin tehdään tulevassakin kokoonpanossa. Kun kone lasketaan työskentelyasentoon, kylvökoneistojen veto kytkeytyy automaattisesti, ja vastaavasti veto katkeaa

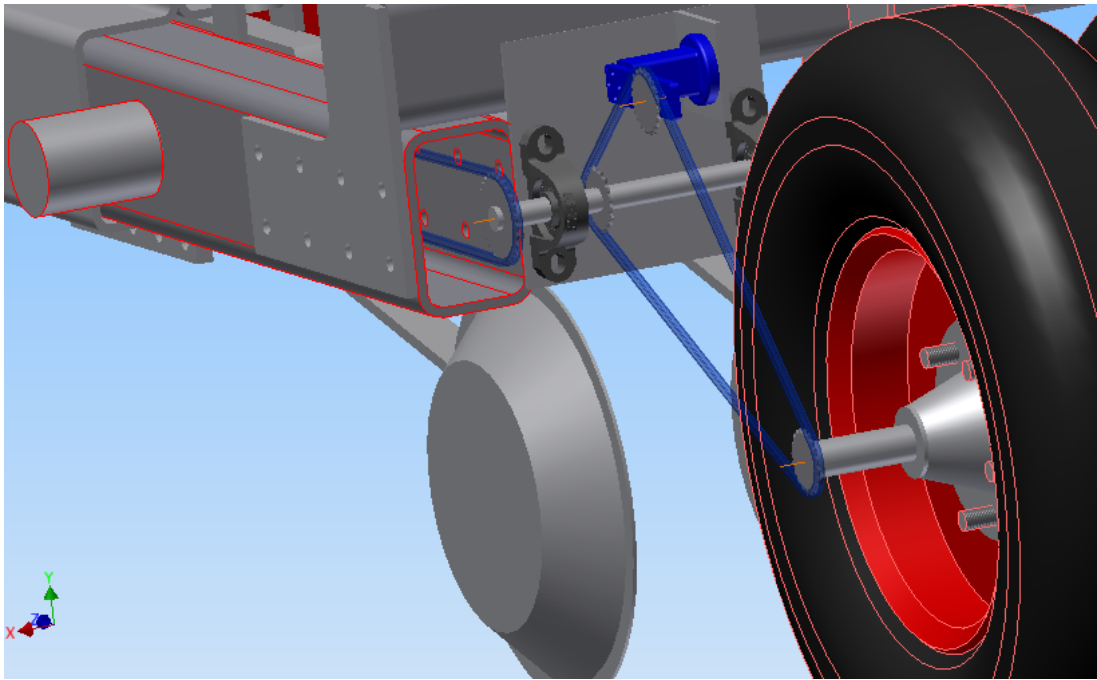
kun konetta nostetaan. Erillisiä kytkimiä ei pyörien akseleissa ole ollut. Vedon kyt-
kentää hoitaa koneen tukivarren päähän asennettu jousikuormitteinen epäkesko-
mekanismi. Nykyisen renkaan navassa on navan mukana pyörivä ketjupyörä, jolta
ketjut kulkevat epäkeskolle.



Kuvio 20. Voimansiirtoketjut ja rattaat (Junkkari 1986)

Nykyisen voimansiirtokoneiston koneen päähän ei tulla kajoamaan, koska valmis-
tajan lannoite- ja kylvötiheystaulukot on laskettu pätemään nykyisen vetokoneiston
välityksillä. Uusi voimansiirtokoneisto asennetaan siten, että se hyödyntää ole-
massa olevaa koneistoa. Asennusvaiheessa renkaan pyörä irrotetaan ja napa pu-
retaan uuden tukivarren tieltä pois. Navan mukana puretaan siis myös ketjupyörät
ja laakerit ynnä muut tarvikkeet pois. Kuviossa 20 on esitetty nykyisten voimansiir-
toketjujen ja rattaiden sijainnit.

Voimansiirtoketjut kuljetetaan uuden tukivarsipalkin sisällä epäkeskomekanismille
saakka, kuten kuviossa 21 esitetään. Ketjujen asettamisella tukipalkin sisälle välty-
tään hankalien ja yleensä epäkäytännöllisten ketjusuojien asentamiselta. Kun ket-
jut asennetaan palkin sisälle, tulee ottaa huomioon tukipalkin sisälle asennettava
akselin suojaputken koko ja se, että ketju varmasti kiertää kyseisen suojaputken
nirhaamatta sitä. Kuviossa 21 esitetään myös uusi voimansiirto kokonaisuudes-
saan.



Kuvio 21. Vetokoneisto ja ketjut uuden tukipalkin sisällä

Koska jokainen rengas asennetaan oman navan varaan, voimaa ei suunniteltu otettavaksi suoraan renkaan navasta, sillä navan tarkka rakenne ei ole tiedossa, ja voi olla, että napaan ei edes saa asennettua sovitteita, joilla voima voitaisiin siirtää eteenpäin koneistolle. Kun aikomuksena on valmistaa kone, jossa ei tarvitse asennusaikana tehdä paljoa hitsausta, ei myöskään vetolaitteistoa haluttu hitsata suoraan vanteeseen kiinni. Tämän takia ainoaksi järkeväksi vaihtoehdoksi jäi valmistaa kuppimainen sovitekappale, joka kiinnitetään pyöränpulteilla kiinni vanteeseen.

Sovitekappaleen päässä on pieni akseli, jonka päässä on ketjupyörä. Koneen poikkispalkkiin kiinnitetään hitsaamalla vetolaitteiston asennuslevy. Levyyn työstetään kiinnitysreiät kahdelle laakerille. Laakereita on kaksi, jotta akselisto saadaan toimimaan oikein, ja asennusvaiheessa tulee varmistua siitä, että laakerit on varmasti linjattu suoraan keskenään. Laakereiden varaan asennetaan akseli, joka lukitaan ruuveilla kiinni laakereihin, ja akseliin on kiinnitetty ketjupyörät voimaa välittämään. Akselin toiseen päähän ketjupyörä voidaan hitsata, kahden laakerin väliin tuleva ketjupyörä täytyy kiinnittää akseliin esim. ruuvilla tai kiilalla. Vetolaitteiston asennuslevyyn kiinnitetään hitsaamalla myös pieni levynpala, johon asennetaan jousikuormitteinen kiristin. Kiristin vaaditaan renkaiden joustamisen takia.

Jos kiristintä ei olisi ja renkaat joustavat ylöspäin, olisi vaarana että ketjut putoavat rattailta, tai että ketjut hyppivät rattaiden hampaiden yli. Kiristin myös pitää huolen siitä, että kun ketju käytön aikana hieman venyy, laitteisto pysyy edelleen käyttö-kuntoisena.

Kun rengaskoko pienenee, täytyy myös ketjujen välityksen hieman muuttua. Väli-tyksen muutokset on helpointa tehdä siten, että uuteen renkaaseen kiinnitettävän vetorattaan koko valitaan niin, että koneiston pyörimisnopeus pysyy samana kuin ennenkin. Kun vanha rengas on malliltaan 12,5/80 -18, eli renkaan halkaisija on 965,20 mm, ja uuden renkaan halkaisija on 670 mm, renkaiden ympärysmittojen suhde on 1,441. Täten vetorattaan ja voiman vastaanottavan rattaan välityssuh-teen tulee olla 1:1,441. Kun konetta suunnitteluvaiheessa mitoitettiin, osa veto-koneistosta oli purettuna, joten rattaista ja vetokoneistosta ei saatu otettua riittävän tarkkoja mittoja ketjujen suunnittelua varten. Tämän takia vetokoneiston mitoitus ja ketjutyypin tulee ehdottomasti tarkistaa, ennen kuin osia valmistetaan.

Kun tarkastellaan vetokoneistoa muutenkin, käytettävyyden kannalta kriittisinä te-kijöinä ovat myös uudet hydraulisylinterit, jotka täytyy vaihtaa tehokkaampiin. Kun muutososista aiheutuvan vipuvarren takia sylinterien iskun pituus lyhentyy entises-tä, tulee uutta sylinteriä tilatessa varmistaa vetolaitteiston kytkentä- ja katkaisu-kohdat. Kun kylvökoneesta otettiin mittoja, vetolaitteiston toimintaa ei päästy mit-taamaan kunnolla.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli suunnitella osat vanhaan kylvölannoittimeen siten, että kylvölannoitin voidaan muuttaa perinteisestä mallista jyrääväksi koneeksi. Toisena tarkoituksena oli luoda mallit ja mitoituskuvat osista niin, että osista voidaan valmistaa prototyyppi. Tämän takia osien suunnittelu tuli tehdä huolella, jotta koneen konstruktio olisi toimiva, ja että se kestäisi käytössä hyvin. Kaikkia osia ei tosin saatu suunniteltua täysin valmiiksi, vaan niiden valmistamiseksi saatavat mitat saadaan vasta sitten kun koneesta on purettu osia pois. Myös voimansiirtokoneiston ketjujen ja rattaiden asemointi tulee suorittaa viimeisenä vasta sitten, kun muutokset on muutoin jo asennettu, jotta ketju saadaan kulkemaan suoraan ja oikein.

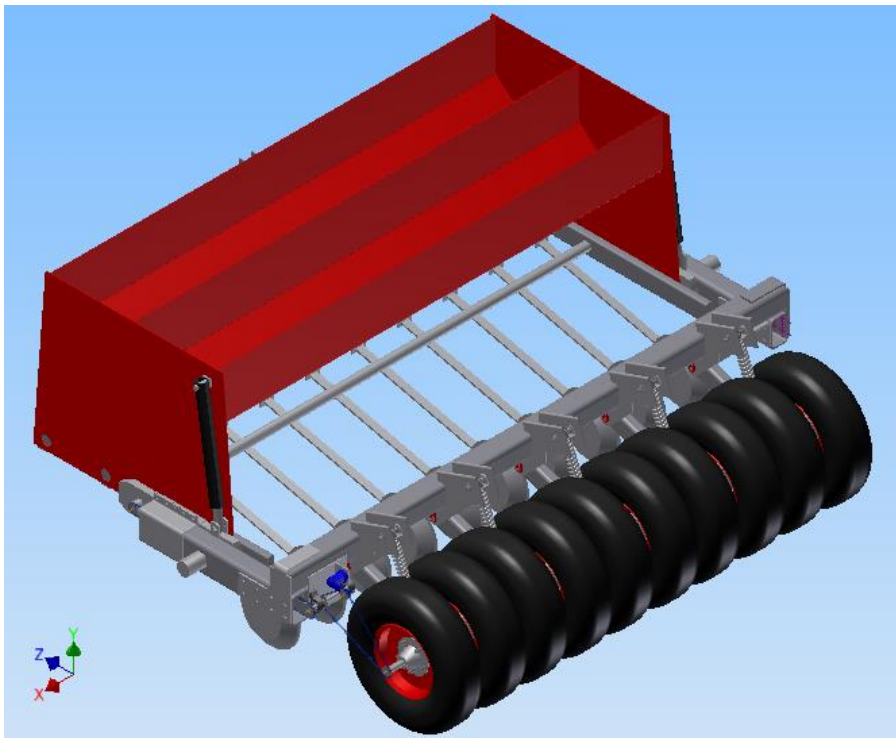
Kuten aina vanhaa esinettä korjatessa tai muokatessa, mittatarkkuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Jos koko konstruktio suunniteltaisiin puhtaalta pöydältä, mittaepävarmuus olisi huomattavan paljon pienempi kuin tällaisessa työssä, jossa alkuperäisiä mittoja mitataan perinteisillä työkaluilla, kuten rullamitalalla ja työntömitalla. Tästä syystä on suositeltavaa suhtautua kaikkiin mittakuviin terveellä kriitikkillä, koska on mahdollista, että konetta on esim. hitsailtu jostakin, jolloin muutamien millimetrin mittavirheet saattavat korostua koneen toisessa päässä senttimetriluokkaan. Korjaushitsisaumoja alkuperäisestä koneesta ei tosin löytynyt.

Kaikki pulttiliitokset kasataan 10.9-lujuusluokan pulteilla, ja kaikkien koneen muutosten teräsmateriaalina on minimissään S355-luokan teräs. Muutososissa voidaan aivan hyvin käyttää myös esim. Ruukin Optim MC -sarjan rakenneteräksiä, jolloin samoilla ainevahvuuksilla saadaan rakenteesta huomattavasti kestävämpi. Kestävämpien teräslaatuojen käyttöä ei luonnollisesti estä mikään, mutta materiaaliksi valikoitui S355 lähinnä sen hyvän saatavuuden ja työstöominaisuuksien takia.

Kustannusarviossa suurimmat yksittäiset kuluerät ovat renkaat, vanteet ja navat, sekä teräsmateriaalit koneen runkorakenteisiin. Kustannusarviossa ei ole mukana ruuveja, pieniä standardiosia kuten rasvanippoja, hitsausaineita eikä työn osuutta. Kustannusarviota katsomalla voi myös päätellä, onko muutosten rakentaminen itse taloudellisesti järkevää. Työn sisältöön ei sisällytetty prototyypin valmistamista, joten työtä varten piirretyt kuvat jäävät työn tilaajan käyttöön. Kustannusarvio ja kuvat on toimitettu työn tilaajan käyttöön. Piirrosluettelo on liitteenä (LIITE 1).

Työn tekeminen oli antoisaa ja opetti monin paikoin kantapäänkin kautta erilaisten suunnittelutyökalujen käyttöä. Etenkin Autodeskin Inventor lisäohjelmistoinen tuli hyvinkin tutuksi työtä tehdessä, vaikka ohjelman monipuolista käyttämistä on harjoiteltu ammattikorkeakoulun opinnoissa jo ennestään melko paljon. Ohjelmisto on nykyisin suunnitteluinsinöörien perustyökaluja, jolloin sitä ei käytännössä voi hallita liian hyvin. Työn tekemisen aikana tutuksi tulivat useiden muidenkin ohjelmistoyhtiöiden CAD- ja FEM/FEA-ohjelmistot ja niiden ominaisuudet, mutta itse työn kaikki osat on mallinnettu Autodeskin Inventorilla.

Työssä tutustuttiin myös erilaisiin kylvökoneiden rakenteisiin ja rakenneratkaisuihin, ja vaikka työssä ikään kuin lähdettiin keksimään pyörää uudelleen, oli mielenkiintoista vertailla eri valmistajien koneiden yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia, sillä jokaisessa nykyrakenteessa oli mielenkiintoisia teknisiä yksityiskohtia ja oivalluksia. Kuvioissa 22 on esitetty kuva valmiista kokoonpanosta. Saatujen osapiirrosten perusteella seuraavana työvaiheena on prototyypin valmistaminen.



Kuvio 22. Valmis kokoonpano.

LÄHTEET

- Ahokas, J. 2012. Traktorit ja työkoneet. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Energia-akatemia. [Viitattu 9.4.2013]. Saatavana: <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/54/Traktorit%20ja%20työkoneet.pdf>
- Alakukku, L. 1989. Raskaan akselikuormituksen aiheuttama maan tiivistyminen. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 13 / 89.
- Alakukku, L. & Elonen, P. 1989. Raskaan akselikuormituksen jälkivaikutus peltokasvien satoon. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 13 / 89.
- Aura, E. 1986. Maan rakenne ja vesitalous. Teoksessa: Poutiainen E. (toim.) Uusi maatilatieto 2: Toimiva ja tuottava maatila. Helsinki: Kirjayhtymä, 26–30.
- Carpenter, T., Fausey, N. & Reeder, R. 1985. Theoretical effect of wheel loads on subsoil stresses. Soil & Tillage Research 6 (2), 179–192.
- D & E Trading Oy. 2014. Tuote-esite Liukulaakeri WB700. Saatavana mm. http://www.detrading.fi/files/produkt/WB700/pdf/WB700_FIN..pdf
- Isojoen Konehalli Oy. 2014. Tuotenumero RT700126V. Saatavana mm. <http://www.ikh.fi/tuotehaku/rt700126v#!tid34233>
- Junkkari Oy. 1986. Simulta Junkkari kylvölannoittimen käyttöohje ja osaluettelo.
- Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhiainen, L. & Nikander, H. 2011. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2004–2011. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. MTT Kasvu 18.
- Kongskilde Juko Ltd. 2011. Juko kylvölannoitin vaativiin olosuhteisiin. Oy Kongskilde Juko Ltd:n markkinointimateriaali. Saatavana mm. <http://www.kongskilde.com/fi/fi-FI/Agriculture/Soil/Seed%20Drills/Trailed%20Seed%20Drills/JUKO%20COMBI SEED%20HT3000S%20HT4000S>
- Lehtonen, M. 2013. Opinnäytetyön tilaaja. Haastattelu 17.4.2013.
- Lehtonen M. 2014. Opinnäytetyön tilaaja. Haastattelu 3.12.2014.
- Lesjöfors Springs Oy. 2013. Jousiluettelo.

- Mikkola, H. & Ahokas J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. [Verkkolehtiartikkeli]. Helsinki: Helsingin yliopisto. Agricultural And Food Science vol.18, Nro 3-4, 336. [Viitattu 8.4.2013]. Saatavana: <http://ojs.tsv.fi/index.php/AFS/article/view/5958/5156>
- Peippo, J. 2013. Yhteyspäällikkö. Yara Suomi Oy. Puhelinkeskustelu 23.4.2013
- Penttilä, V. 2009. Juko massatuotannosta räätälöityihin tuotteisiin. Vakka-Suomen Sanomat. 27.3.2009
- Tume Agri Oy, 2011. Tume Jyräkombi - suunnannäyttäjän etumatka kasvaa. Turenki: Tume Agrin markkinointimateriaali. Saatavana mm.: http://www.tumeagri.fi/esitteet/Tume_jyr%E4kombi_Star%20XL_290911.pdf
- Vehmanen, J. 2010. Mynämäen Jukon väki toivoo yhä viime hetken pelastajaa. Turun Sanomat 9.4.2010

LIITTEET

LIITE 1. Luettelo tilaajalle luovutetuista osapiirroksista.

| Piirros n:o | Nimike |
|--------------------|--------------------------------|
| 1.1 | Runkopalkki |
| 2.1 | Renkaiden kiinnityskohdat |
| 3.1 | Tukivarsi oikea |
| 3.2 | Tukivarsi vasen |
| 4.1 | Kiinnitin |
| 5.1 | Renkaan tukivarsi |
| 5.2 | Rengas ja tukivarsi kokoonpano |
| 6.1 | Akselitappi |
| 6.2 | Akselitappi leikkaus |
| 7.1 | Lukituskappale |
| 8.1 | Jousi ja osat kokoonpano |
| 8.2 | Jousi ja osat mitoitus |
| 8.3 | Jousi ja osat |
| 9.1 | Kiristin ulko |
| 9.2 | Kiristin sisä |
| 10.1 | Runkopalkin ulkokiinnitin |
| 10.2 | Runkopalkin sisäkiinnitin |
| 11.1 | Vetolaite |
| 12.1 | Vetokoneiston tukilevy |
| 12.2 | Vetokoneiston kokoonpano |
| 12.3 | Vetokoneiston akseli |
| 12.4 | Vetokoneisto takakuva |
| 12.5 | Vetokoneisto sivukuva |