

Mika Koukkari KKM17s

Pielienkevennyskoneen kehityssuunnitelma



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2021



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Koukkari Mika

Työn nimi: Pielienkevennyskoneen kehitys

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Asiasanat: Pyöröhirsi, hirsi, hirsitalo, rakentaminen, kehitys

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia sekä selvittää pielenkevennyskoneen ongelmat. Koneita käytetään pyöröhirsitalon ikkuna- ja ovenpielien kevennysten tekemiseen. Kone on valmistettu 90-luvun alussa silloisten työntekijöiden toimesta, eikä siitä ole olemassa dokumentaatiota. Ilmaantuneiden ongelmien pohjalta tehtiin koneen modernisointisuunnitelma, joka toteutuessaan tehostaa tuotantoa sekä parantaa työturvallisuutta. Näiden lisäksi modernisoinnin täytyisi keventää koneella tehtävää työtä. Modernisoinnin jälkeen kone tulisi olemaan konedirektiivin mukainen.

Työn alussa selvitettiin koneeseen liittyvät ongelmat. Näiden pohjalta tehtiin riskianalyysi sekä vaatimustalista, jotka koneen tulisi täyttää. Tässä kohtaa aloitettiin koneen rungon mallintaminen ja selvitettiin eri vaihtoehtoja vaatimusten täyttymiseksi. Työn loppuvaiheessa tehtiin rungon osalta materiaalimenekkilista ja materiaaleista koostuva hinta-arvio.

Työn pääpaino oli koneen rungon ja laitojen liikemekanismin suunnittelussa siten, että vanhan koneen teräyksikön osat käytetään hyödyksi huollettuna modernisoidussa versiossa. Rungonsuunnittelu ja valmistuskuvat toteutettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla hyödyntäen weldments-toimintoa. Rungon suunnittelun jälkeen ohjelmalla laadittiin katkentalista, jonka pohjalta tehtiin rungon materiaalien kustannusarvio. Teräyksikkö ja muut valmistettavat osat mallinnettiin myös SolidWorksillä. Asiakasyritys voisi tulevaisuudessa halutessaan käydä läpi kaikki sen pyöröhirsitalotuotannossa käytössä olevat tuotantokoneet ja täten tehostaa tuotantoa vielä lisää.

Loppuotteena työstä syntyi modernisoidusta versiosta koneen 3D-malli, jonka pohjalta tehtiin koneen rungon materiaalimenekin ja kustannusten laskenta. Työssä perehdyttiin myös laitojen liikkeen avulla tehtävään hirren keskitykseen koneen keskilinjaan nähden.

Abstract

Author(s): Koukkari Mika

Title of the Publication: Jamb lightening machine development.

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical engineering

Keywords: Timber, log house, log machining, machine, timberframe

The purpose of this thesis is to explore and find out the problems in a lightening machine. The machine is meant for smoothing window and doorposts in round log houses. It was made in the early of 90's by former employees. There is no documentation of the machine from the time it was built. The modernization plan has been made based on the problems manifested. This should increase production efficiency and improve industrial safety. In addition to these, modernization must make working with the machine easier and lighter. After the modernization the machine will meet the requirements of the Machinery Directive.

The focus of this thesis is on designing the machine frame and the movement mechanism of the sides. Parts of the old blade unit will be reused and fully serviced before utilizing them in the modernized machine. The frame design and technical drawings were made by using Solidworks 3D modeling software, its weldments feature. After designing the frame, a cutting list was made by using another feature of the software. Based on cutting list, an estimate of costs was made. The old blade unit and other necessary parts were also designed with Solidworks. In a similar way, it is possible to go through all the company's machines used in round log house production to make production more efficient and upgrade work safety.

Alkusanat

Haluan kiittää TimberFrame Oy:n toimitusjohtaja Jukka Hyväristä sekä tehtaanjohtaja Ilpo Heikkistä mahdollisuudesta tehdä tämä työ heidän tehtaaseensa. Työskentely heidän kanssaan oli todella antoisaa. Iso kiitos myös Petteri Laitiselle, joka toimi opinnäytetyön ohjaavana opettajana. Sain häneltä paljon apua ja vinkkejä työn tekemiseksi. Työ sai alkunsa työharjoittelun kautta ja sen alkuvaiheissa ilmeni suuria ongelmia pielenkevennyskoneen kanssa, joten tämä työ tulee tulevaisuudessa parantamaan yrityksen tuottavuutta, työturvallisuutta sekä keventämään työvaihetta. Työn voi jakaa kolmeen osaan, ongelmien kartoitus, koneen mittaus ja suunnittelu. Työn pääpaino on ongelmien kartoituksessa sekä suunnittelussa.

Sisällys

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Toimeksiantaja..... | 2 |
| 3 | Ongelmakohdat | 3 |
| 3.1 | Teräyksikkö..... | 3 |
| 3.2 | Rullarata | 6 |
| 3.3 | Laidat | 6 |
| 3.4 | Muut ongelmat..... | 8 |
| 4 | Tavoitteet | 9 |
| 5 | Konedirektiivi..... | 10 |
| 6 | Suunnittelu | 11 |
| 6.1 | Vaatimukset ja riskianalyysi | 11 |
| 6.2 | Teräyksikkö..... | 13 |
| 6.3 | Rullarata | 16 |
| 6.4 | Laidat | 17 |
| 6.5 | Laitojen mekanismi | 18 |
| 6.6 | Muut muutokset | 25 |
| 6.7 | Materiaalimenekki | 26 |
| 7 | Yhteenvedo | 27 |
| | Lähteet | 28 |

1 Johdanto

Työ tehtiin yritykselle, joka valmistaa pyörö- ja höylähirsitalojen runkoja. Työn kohteena yrityksessä on pyöröhirsilinjan tuotantokone, jota käytetään ikkuna- ja ovipieliin kevennysten tekoon. Tarkoituksena on selvittää koneen ongelmat, puutteet ja vaaraa aiheuttavat kohdat ja etsiä näihin mahdolliset parannusvaihtoehdot.

Koneen ongelmien selvityksen jälkeen koneesta tehdään modernisointisuunnitelma. Suunnitelman teko aloitettiin tekemällä riskien arviointi ja vaatimuslista, johon työntekijät pääsivät vaikuttamaan. Tämän jälkeen piirrettiin alustava 3D-malli, jossa ilmenneet ongelmat ja puutteet oli suurimmaksi osaksi korjattu. 3D-mallin pohjalta tehtiin kustannusarvio, josta selviää materiaalikustannukset sekä ostettavien komponenttien alustavat hinnat. Valmistuksen kustannuksia tai koneistavien komponenttien hintaa tässä työssä ei lasketa.

Pielienkevennyskonetta käytetään ikkuna- ja oviaukkojen pieliin kevennykseen. Kevennyksen mitta sivupuissa on aina 180 mm, ja ylä- ja alapuissa kevennyksen pituus määräytyy aukon leveyden mukaan. Kevennyksen koko vaihtelee ikkunan ja oven paksuuden mukaan. Nämä ovat yleensä vakioituja kokoja, mutta poikkeuksiakin voi olla. Yleisimmät koot ovat 130, 150 ja 170 mm.

Koneen käyttö on tällä hetkellä erittäin raskasta ja mielestäni vaarallista. Lisäksi koneen säätäminen hirsikoon tai kevennysleveyden muuttuessa on erittäin työläs.

Tällä hetkellä puun syöttö tehdään käsin, mikä aiheuttaa välillä vaaratilanteita. Työjärjestys koneella on seuraavanlainen, kun tehdään puun päähän tuleva kevennys ja koneen asetus on valmiina. Käyttäjä asettaa puun stopparia vasten, jolloin kevennyksen pituus on yllä mainittu 180 mm. Tämän jälkeen terien moottorit käynnistetään ja odotetaan hetki, että terät saavuttavat maksiminopeuden. Seuraavaksi terät ajetaan vastetta vasten ja tämän jälkeen koneenkäyttäjä tekee työstön vetämällä puun pois terien välistä terien yhä pyöriessä.

2 Toimeksiantaja

Toimeksiantaja opinnäytetyössä oli Oy TimberFrame Ltd, jonka tehdas sijaitsee Kuhmossa ja myynti tapahtuu Forssasta. Yrityksellä on yli 20 vuoden kokemus hirsirakentamisesta. Yritys työllistää tällä hetkellä yksitoista henkilöä, mutta pääsääntöisesti työntekijöitä on kahdeksasta neljääntoista, joista neljä on toimihenkilöitä. Myynnistä noin 90 % menee vientiin. (Oy Timberframe.)

Yritys valmistaa pyörö-, CLT- ja lamellihirsiä. Pääsääntöisesti myynti on talojen kehikoita, mutta heidän yhteistyökumppaneiden kautta on talo mahdollista tilata avaimet käteen -periaatteella. Muoto- eli höylähirret valmistetaan Hundegger k2- automaattikoneella. Tämä kone tekee käytännössä valmiita hirsiiä, jolloin sen tuotanto on huomattavasti korkeampi kuin pyörölinjan. (Oy Timberframe.)

3 Ongelmakohdat

Ennen suunnittelun aloittamista selvitin koneessa olevat ongelmat koneen pääsääntöisten käyttäjien kanssa. Lisäksi selvitin heidän kanssaan ominaisuudet, joita he koneeseen toivoisivat. Kun olin keskustellut koneenkäyttäjien kanssa, tutkin koneen henkilökohtaisesti kaikin puolin ja perehdyin enemmän työntekijöiden sanomiin ongelmiin.

3.1 Teräyksikkö

Tällä hetkellä koneessa ongelmia on terien epätasainen liike sekä pomppiminen työstön aikana. Koneen rungon heikkouden vuoksi koneen teriin kohdistuu värinää työstön aikana. Näistä seurauksena työstettävään pintaan tulee aaltomainen jälki, jonka poisto viimeistelyssä vie todella paljon aikaa. Esimerkiksi terän leikkaussyvyyden säätö (kuva 1) on vaikeassa kohdassa ja lisäksi siitä puuttuu asteikko, josta näkisi paljonko leikkaussyvyys on. Näiden lisäksi terien pomppimiseen vaikuttavat iskunvaimentimet ovat hajonneet ja terien puristussylinteri vuotaa öljyä (kuva 2).



Kuva 1. Terien puristusvaste



Kuva 2. Terien ohjaussylinteri, vaimentimet sekä puristusvaste

Terien vaihto koneeseen on toteutettu yksinkertaisesti, mutta terien vaihdon jälkeen teräkselien suoraan saaminen tuottaa lähes poikkeuksetta vaikeuksia.

Lisäksi terien suojaus on puutteellinen ja hätäseispainike on sijoitettu virheellisesti. Hätäseispainike sijaitsee tällä hetkellä teräyksikön väärällä puolella käyttäjään nähden. Etäisyys koneenkäyttäjän ja hätäseispainikkeen välillä on noin kaksi metriä, ja lisäksi teräyksikkö sijaitsee siinä välissä. Hätätilanteessa koneenkäyttäjällä ei ole minkäänlaista mahdollisuutta ylettyä painikkeeseen. (Kuva 3.) Kuvassa 4 on yleiskuva koneenkäyttäjän paikasta. Kuvasta huomaa, että käyttäjä seisoo todella lähellä teriä. Kuvasta myös huomaa, kuinka käyttäjän eli vasemman puoleisen terän moottorinjohdot on tuotu lattiaa pitkin, mikä on epäsiisti ratkaisu sekä aiheuttaa kompastumisvaaran.



Kuva 3. Hätäseispainikkeen sijoitus



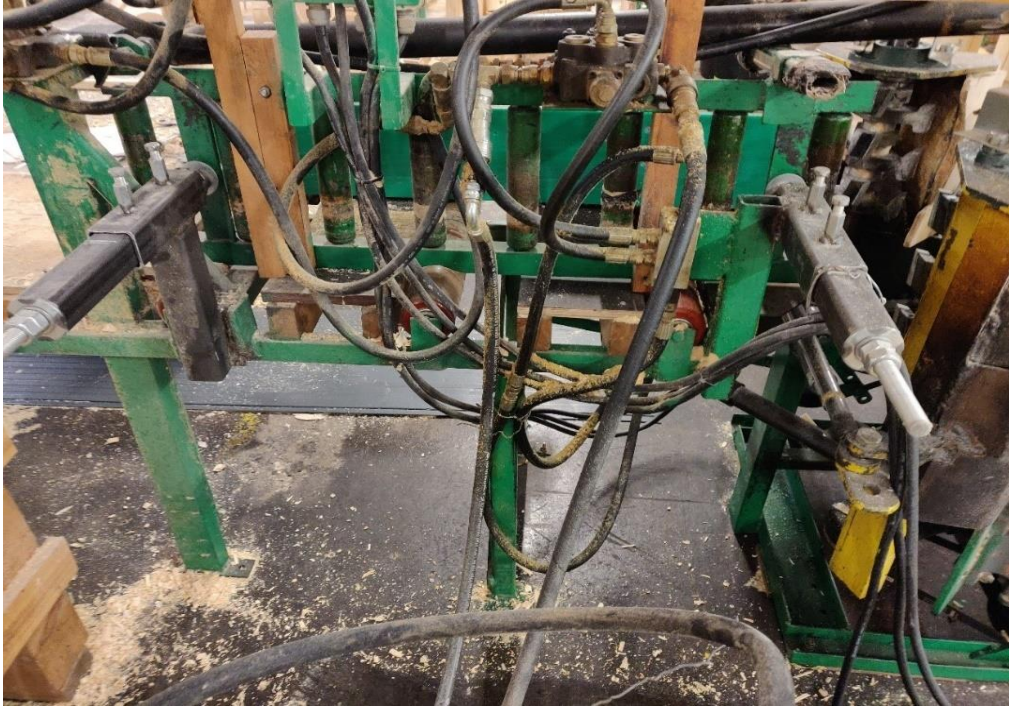
Kuva 4. Yleiskuva teräyksiköstä

3.2 Rullarata

Rullaradan runko on tällä hetkellä liian heikko, ja tämän vuoksi se on myös hieman vääntynyt. Lisäksi rullat eivät ole samassa tasossa keskenään ja niiden välinen etäisyys toisistaan on liian suuri. Tämä aiheuttaa ongelmia varsinkin lyhyiden hirsien työstössä. Teräyksikön etu- ja takapuolella olevat radat eivät myöskään ole keskenään täysin linjassa eivätkä täysin samalla korkeudella, mistä aiheutuu ongelmia hirren liikkeessä sekä laitojen keskittämisessä.

3.3 Laidat

Niin kutsuttu syöttökaukalo muodostuu neljästä laidasta, jotka sijaitsevat terän etu- ja takapuolella, joista puuttuu keskitys terään nähden. Tällä hetkellä laidat voivat mennä vinoon rullaradan keskilinjan sekä toistensa suhteen, joten koneen säätäminen eri hirsikoolle on todella vaikea ja monimutkaisesti toteutettu. Tästä johtuen säätäminen eri hirsikoolle on todella haasteellista, sillä kaikki neljä kaukalon laitaa joudutaan säätämään erikseen. Lisäongelmia tähän tuo vielä edellä mainittu keskityksen puuttuminen. Syöttö ja takapuolen etummaisiet laidat säätävät avaamalla kaukalon kaksi mutteria. Takapuolen kohdalla kiinnikkeen välissä on lisäksi kiiloja, joilla kaukalon laita saadaan suoraan. Takimmaisiet laidat säätävät avaamalla neljä pulttia. Nämä kohdat näkyvät kuvissa 5 ja 6. Kuten kuvistakin näkee, niin kaukalojen säätö sekä linjaaminen keskenään on todella haasteellista.



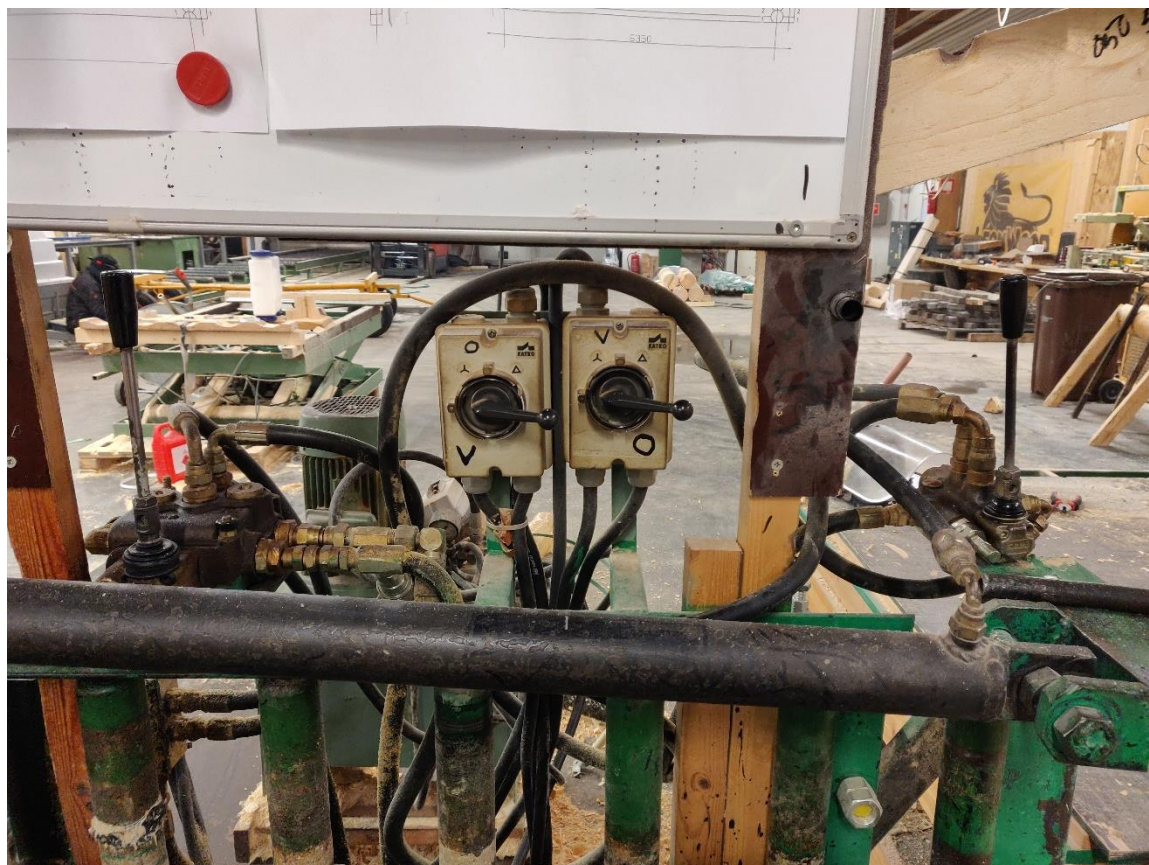
Kuva 5. Syöttöpuolen takalaita, hydraulikkaletkut ja sähköjohdot



Kuva 6. Syöttöpuolen etulaita

3.4 Muut ongelmat

Edellä mainittujen lisäksi koneessa on muitakin ongelmia. Nämä eivät sinällään vaikuta koneen käytettävyyteen, mutta ne on huomioitava modernisoinnissa. Näihin lukeutuu muun muassa liian pitkät letkut ja johdot, purunpoisto ja suurimpana terien moottoreiden ohjaus. Tällä hetkellä ohjaus on kääntövivulla, jolla moottorit ohjataan vaihe kerrallaan päälle. Kummallekin moottorille on oma käynnistyksensä. Lisäksi tämänhetkinen pitkien kevennysten syöttöön tarkoitettun sylinterin liikenopeuden säätö on puutteellinen. Jos sylinteriä liikutetaan syötön aikana liian nopeasti, niin kone polttaa moottoreiden sulakkeet. Kuvan 6 yläosassa näkyy ohjainlaitteiden sijainti koneessa. Kuva 7 on tarkempi kuva ohjainlaitteista. Vasemmalla laidalla on terien sylinterin ohjausventtiili, ja oikealla laidalla hirren syöttösyylinterin. Keskimmäiset kääntökattaisijat ovat terien moottoreille.



Kuva 7. Ohjainlaitteet.

4 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tehdä pielenkevennyskoneesta modernisointisuunnitelma, joka toteutessaan täyttää konedirektiivin vähimmäisvaatimukset. Suunnitelma sisältää teräyksikön, laitojen ja rullaradan rungon valmistamiseen tarvittavat 3D-mallit, valmistus- ja kokoonpanokuvat. Näiden pohjalta lasketaan materiaalimenekki sekä listataan kaikki ostettavat komponentit. Näistä saadaan laskettua kustannusarvio, joka ei sisällä töiden tai koneistusta vaativien osien osuutta. Koneen suunnittelussa huomioidaan mahdollinen koneen automatisointi, joka olisi tämän työn jälkeen mahdollista toteuttaa.

Suunnittelu tullaan tekemään konedirektiivin mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että kun koneen modernisointi on suoritettu, tulee koneen olla konedirektiivin mukainen. Tämä tuo suunnitteluun omia haasteita, koska suojauksien ja suojalaitteiden tulee olla melko kattavat. Siitä syystä suojien sijoittamiseen, kokoon ja kiinnityksiin joutuu kiinnittämään erityistä huomiota. Suojien tulisi olla helposti irrotettavissa, siirrettävissä ja vaihdettavissa, mutta kuitenkin siten, että kiinnitys on direktiivin mukainen. Helposti irrotettavat ja siirrettävät suojat mahdollistavat koneen helpomman kunnossapidon ja puhdistamisen. Tämä on suhteellisen tärkeää, koska kone tullaan tulevaisuudessa tarkastamaan ja puhdistamaan päivittäin, eikä sen suorittamiseen saa mennä liikaa aikaa. Kun kone on konedirektiivin mukaan suunniteltu ja valmistettu, on se silloin myös työturvallinen koneenkäyttäjän ja ympäristön suhteen.

Toinen tärkeä tavoite työssä on työn keventäminen, nopeuttaminen sekä laadun parantaminen. Tämä toteutetaan tekemällä koneen laidoista itse keskittävät. Tämä voidaan toteuttaa lineaarijohteella, joka liikkuu symmetrisesti keskilinjaan nähden. Toinen vaihtoehto liikkeen toteuttamiseen on hydraulikkasyylinterillä toteutettavalla mekanismilla. Terien puristusvasteen säätö tullaan myös muuttamaan sellaiseksi, että virheen mahdollisuus poistuu vakioituissa ko'issa. Hirsien työstön aikainen liike pyritään toteuttamaan kokonaan hydraulisyylinterillä, kuten se jo nyt on pitkien työstöjen kohdalla.

5 Konedirektiivi

Koneen suunnittelussa otetaan huomioon konedirektiivissä määrätyt kohdat. Konedirektiivin 5 artikla määrää kohdassa 1, että valmistajan on varmistettava koneen täyttävän direktiivin liitteessä 1 esitetyt turvallisuus- ja terveysvaatimukset. Lisäksi koneesta on oltava saatavilla direktiivin liite 7 kohdan mukainen rakennetiedosto. Rakennetiedoston teko ei koske tätä työtä, koska kyseessä on alustavan suunnitelman teko. Viralliset valmistuskuvat, sähkö- ja hydraulikkakaaviot teetetään ulkopuolisella yrityksellä siinä vaiheessa, jos modernisointi toteutetaan. Näiden lisäksi tarvittavat tiedot, kuten käyttöohjeet on oltava saatavilla. Työn kohteena oleva kone voidaan luokitella kuuluvan liitteessä 4 mainittuun kohtaan 7. (Direktiivi 2006/42/EY, Liite IV.)

Koneen rakenne tullaan suunnittelemaan siten, että se täyttää konedirektiivin Liitteessä I mainitut kohdat. Tämä velvoittaa, että koneelle tehdään riskinarviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Sen jälkeen kone on suunniteltava ja rakennettava riskinarvioinnin tulokset huomioon ottaen. Edellä mainittu tarkoittaa, että valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on määritettävä koneen raja-arvot, joihin sisältyvät tarkoitettu käyttö sekä mahdollinen kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö, tunnistettava koneesta aiheutuvat vaarat ja vaaratilanteet, arvioitava riskin todennäköisyys huomioimalla mahdollisesti aiheutuvat vammat tai terveyshaitat ja niiden vakavuus sekä määrittää riskin merkitys siten, että onko riskiä pienennettävä konedirektiivin mukaisesti. Lisäksi on poistettava vaarat tai pienentää niihin liittyviä riskejä soveltamalla Konedirektiivin liitteen 1 kohdassa 1.1.2 b määrätyssä ensisijaisuusjärjestyksessä. (Direktiivi 2006/42/EY, liite I.)

Edellä mainittujen lisäksi direktiivissä on määrätty pakolliset turvallisuus- ja terveysvaatimukset. Tässä on otettava kuitenkin huomioon tekniikan taso, jolloin voi olla mahdotonta saavuttaa määrättyjä tavoitteita. Tällaisessa tilanteessa on kone kuitenkin suunniteltava sekä valmistettava siten, että se vastaa direktiivissä mainittuja tavoitteita mahdollisimman pitkälle. (Direktiivi 2006/42/EY, liite I.)

Konedirektiivin liitteen 1 kohdassa 1.1.2 sanotaan, että kone tulee olla suunniteltu ja valmistettu siten, että sitä voidaan käyttää, säätää sekä huoltaa henkilöitä vaarantamatta, kun nämä toimet suoritetaan tarkoituksenmukaisella tavalla. Huomioon on otettava myös kohtuudella ennakoitava väärinkäyttö. Tämä koskee koko koneen elinkaarta. (Direktiivi 2006/42/EY, Liite I.)

6 Suunnittelu

Modernisointi on tarkoitus tehdä siten, että vanhasta teräyksiköstä säästetään ja käytetään hyväksi terien sekä niiden moottoreiden kannakkeet ja laakeroinnit. Tämä pienentää kustannuksia sekä vähentää suunnittelun työmäärää. Suunnittelu aloitettiin mittaamalla teräyksikön strategiset mitat, ja siitä luotiin 3D-malli. Myös rullaradat ja laidat mitattiin ja niistä haettiin mallia modernisoituun versioon. Koneen eri osien runkomateriaalina toimii S235 JR. Osien päämateriaalina ovat 40x40x2 neliöputki, 30x50x1,5 muotoputki sekä 50x50 kulmarauta.

Koneen suunnittelussa otetaan huomioon aikaisemmassa kohdassa mainittu konedirektiivi ja suunnittelu toteutetaan siten, että modernisoinnin jälkeen kone tulee vähintään täyttämään direktiivissä määrätyt kohdat. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että koneen suojausta on parannettava. Lisäksi koneen käyttäjiä on ohjeistettava riittävästi, jotta mahdollisilta koneen aiheuttamilta työtaturmilta vältytään. Koneenkäyttäjällä täytyy olla konetta käytettäessä aina suojalait, kuulosuojaimet sekä työkasineet.

Koneen laitojen käyttö suunnitellaan sellaiseksi, että ohjaus tapahtuu kahden painikkeen kautta. Tällöin saadaan kokonaan poistettua mahdollinen käden puristuminen laitojen ja työstettävän kappaleen väliin. Terien ja kappaleen syöttöön käytettävien laitteiden liike voidaan toteuttaa yhdellä kädellä käytettävillä vivuilla. Koneen hallintapaneelin etuosaan asennetaan läpinäkyvä suoja, jolloin koneenkäyttäjä voi seurata työstöä, mutta on kuitenkin suojassa työstön aikana mahdollisesti lentävistä puun sälöistä. Kaikki koneeseen tehtävät suojaukset tulevat olemaan pulttikiinnitteisiä, jolloin suojaukset täyttävät konedirektiivissä mainitun vaatimuksen suojien kiinnittämisestä.

6.1 Vaatimukset ja riskianalyysi

Aikaisemmin tehtyjen ongelmakohtien ja itse havaittujen puutteiden perusteella suoritin koneelle numeerisen riskianalyysin, jossa selviää koneen tämänhetkiset tunnistetut riskit, niiden todennäköisyys, toistuvuus, vaarallisuus ja vaarantuneiden henkilöiden määrä. Riskien kartoitus ja hallinta on iteratiivinen prosessi, joka elää käytännössä koko ajan suunnittelun edetessä. Riskien

kartoitusta ja hallintaa on suotavaa myös jatkaa koneen käyttöönoton jälkeenkin, jolloin mahdollisesti jälkepäin havaitut ongelmat, riskit ja puutteet huomataan ja niihin voidaan puuttua.

Taulukossa 1 on numeerinen riskianalyysi ennen ja muutosten jälkeen tehtynä. Riskinä analyysissä on lastun lentäminen koneen käyttäjän silmään. Sen LO eli todennäköisyys on todennäköistä, ja se antaa kertoimeksi 8. FE eli tapahtumatiheys konetta käytettäessä on tunneittain ja siitä saadaan kerroin 4. DPH tarkoittaa vamman vakavuutta. Esimerkkitapauksessa vaarana on silmän puhkeaminen, jota voidaan verran yhden raajan menettämiseen. Siitä kerroin on 4. NP tarkoittaa altistuvia henkilöitä. Esimerkissä altistuva henkilö on koneen käyttäjä. Saman riskianalyysin voi tehdä myös koneen vaaravyöhykkeellä liikkuville työntekijöille. Tällöin NP-kohtaan valitaan sillä vaaravyöhykkeellä mahdolliset henkilöt. Kertomalla saadut luvut keskenään saadaan tulokseksi 128, joka on niin kutsuttu vaaran arviointiluku. Tulos on erittäin korkea, joten suojauksen lisääminen teräyksikköön on ainut vaihtoehto tässä tapauksessa. Näiden jälkeen riskianalyysi tehdään uudestaan. Esimerkkitapauksessa suojien lisäyksen jälkeen vaaran arviointiluku on 24, joka on vieläkin merkittävä. Tämä on niin kutsuttu jäännösriski. Määrätään koneen käyttäjän pidettäväksi suojalasit, sekä lisätään koneeseen merkintä, joka velvoittaa suojalasiensa käyttöön. Tämän toimenpiteen jälkeen vaaran arviointiluku on enää 0,53, joten riski voidaan katsoa poistetuksi. Koneen suojausta on kuitenkin silti suotavaa kehittää, jotta tilanteessa, jossa käyttäjällä ei olekaan suojalaseja, saadaan riskiä matalammaksi.

| | | | | | | |
|---|-----|--|---|------|-----------------|--|
| Lastun lentäminen koneen käyttäjän silmään | LO | Todennäköistä | 8 | 128 | Erittäin korkea | Terien suojausta lisätään käyttäjän ja terien väliin |
| | FE | Tunneittain | 4 | | | |
| | DPH | Yhden raajan/näön osittainen menettäminen, vakava loukkaantuminen (pysyvä) | 4 | | | |
| | NP | 1-2 henkeä | 1 | | | |
| Lastun lentäminen koneen käyttäjän silmään suojausten jälkeen | LO | Tuskin mahdollinen | 2 | 24 | Merkittävä | Mahdollisesti suoja lisättävä, Ohjeistetaan suojalasiensa käyttöä koneen ympärillä |
| | FE | Tunneittain | 4 | | | |
| | DPH | Yhden raajan/näön osittainen menettäminen, vakava loukkaantuminen (pysyvä) | 4 | | | |
| | NP | 1-2 henkeä | 1 | | | |
| Lastun lentäminen koneen käyttäjän silmään suojausten ja suojalasiensa kanssa | LO | Mahdoton | 0 | 0,53 | Merkityksetön | Kappaleen syöttö koneelliseksi kahden katkaisijan kautta |
| | FE | Tunneittain | 4 | | | |
| | DPH | Yhden raajan/näön osittainen menettäminen, vakava loukkaantuminen (pysyvä) | 4 | | | |
| | NP | 1-2 henkeä | 1 | | | |

Taulukko 1. Numeerinen riskianalyysi

Ennen modernisoinnin suunnittelun aloittamista kävin tuotannon työntekijöiden kanssa läpi, mitä vaatimuksia ja toiveita heillä oli koneeseen liittyen. Näiden pohjalta tehtiin vaatimuslista (taulukko 2). Taulukon otsikoissa mainitaan vaatimuksen aihealue, vaatimuksen laatu, jossa KV on kiinteä vaatimus, T on toivomus, VV on vähimmäisvaatimus ja AV on asiakasvaatimus. Lisäksi taulukon on merkitty vaatimuksen luonne sekä sen tärkeys.

| AIHEALUE | KV, VV, T | AV | VAATIMUS | Tärkeys |
|--------------|-----------|----|---|---------|
| Turvallisuus | KV | AV | Vähentää ympäristöön lentävien puun lastujen määrää | 5 |
| Turvallisuus | KV | AV | Poistaa kappaleen työstö käsin | 4 |
| Käyttö | T | | Keventää työn suorittamista | 3 |
| Käyttö | VV | AV | Laitojen keskittämisen helpottaminen | 4 |
| Valmistus | T | AV | Mahdollisimman yksinkertainen valmistaa | 2 |
| Käyttö | VV | AV | Hirren tukeminen työstön aikana | 2 |
| Turvallisuus | VV | - | Konedirektiivin mukainen | 5 |

Taulukko 2. Vaatimuslista

6.2 Teräyksikkö

Teräyksikön runko tehdään kokonaan uudestaan tukevammasta materiaalista, ja rungon muoto mietittiin siten, että se tukevoittaisi konetta. Runkoon tehdään myös kiinnikkeet rullaratoja varten, jolloin ratojen sekä teräyksikön keskilinja täsmäyvät. Teräyksikkö huolletaan täysin modernisoinnin yhteydessä, ja terien akseleille lisätään yhdet laakerit, jotta terien vaihdon yhteydessä akselien pystylinjaus olisi helpompaa. Samalla lisälaakerointi tukevoittaa akseleita ja vähentää teriin kohdistuvia värinöitä. Huolto sisältää terien liikesylinterin tiivisteiden vaihdon sekä uusien vaimentimien vaihdon. Tällä hetkellä terien vaimentimet on kiinnitetty rullarataan, ja se tullaan muuttamaan siten, että kiinnitys tapahtuu teräyksikön runkoon. Tämä mahdollistaa koneen modulaarisen rakenteen.

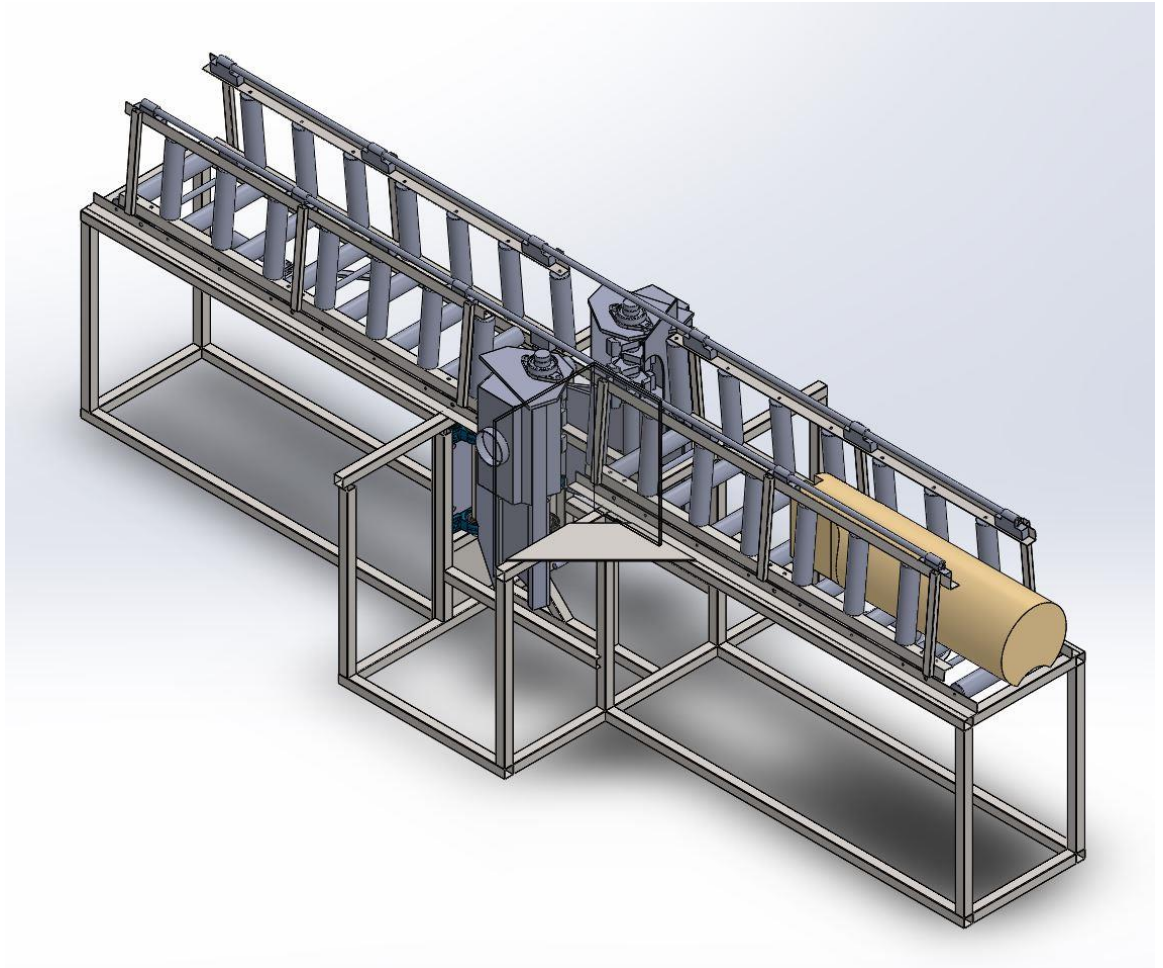
Terien puristusvaste suunnitellaan siten, että virheen mahdollisuus minimoidaan asetetta vaihdettaessa. Tämä toteutetaan vaihdettavilla kärjillä, joiden pituus menee kevennyksen leveyden mukaan.

Hirsien syöttö toteutetaan joko ruuvikäyttöisellä lineaarijohteella tai pitkällä hydraulisylinterillä. Tällöin päätykevennykset voidaan myös tehdä koneellisesti, eikä käyttäjän enää tarvitse vetää hirttä itse pois terien välistä. Tällä muutoksella työturvallisuus sekä myös laatu paranee, koska syöttönopeus on aina sama. Johteeksi tai sylinteriksi täytyy valita sellainen, josta on mahdollista saada sylinterin tai johteen paikoitustieto ulos. Tällöin toimilaitetta voidaan käyttää myös vas- teena, jolloin päätykevennyksiä tehdessä kevennyksen pituus on aina vakio.

Moottorien ohjaus muutetaan nykyisestä suorakytkennästä taajuusmuuttajalle. Tällä ehkäistään mahdollisia virtapiikkejä ja niistä aiheutuvia sulakkeiden palamisia. Samalla molemmat moottorit saadaan ohjattua yhtäaikaaisesti päälle ja pois.

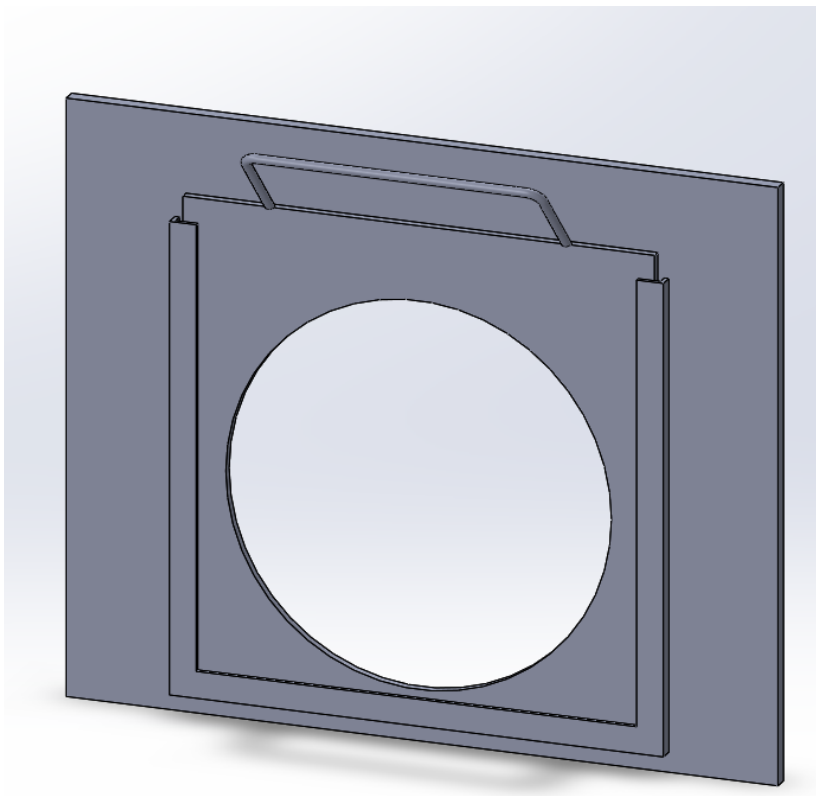
Terien suojausta tullaan myös lisäämään. Terien päälle lisätään suojat, jotka estävät ylöspäin suuntautuvien puulastujen lentämisen. Samoin suojausta lisätään terien etu- ja takapuolelle. Suojat tulevat olemaan pulttikiinnitteiset.

Kuvassa 8 on 3D-kuva modernisoidusta versioista. Kuvassa koneenkäyttäjän paikka näkyy etualalla. Käyttäjän ja teräyksikön välinen suoja valmistetaan 15 mm vahvuisesta polykarbonaattilevystä. Tämä poistaa lähes kokonaan koneenkäyttäjän suuntaan lentävät puulastut.

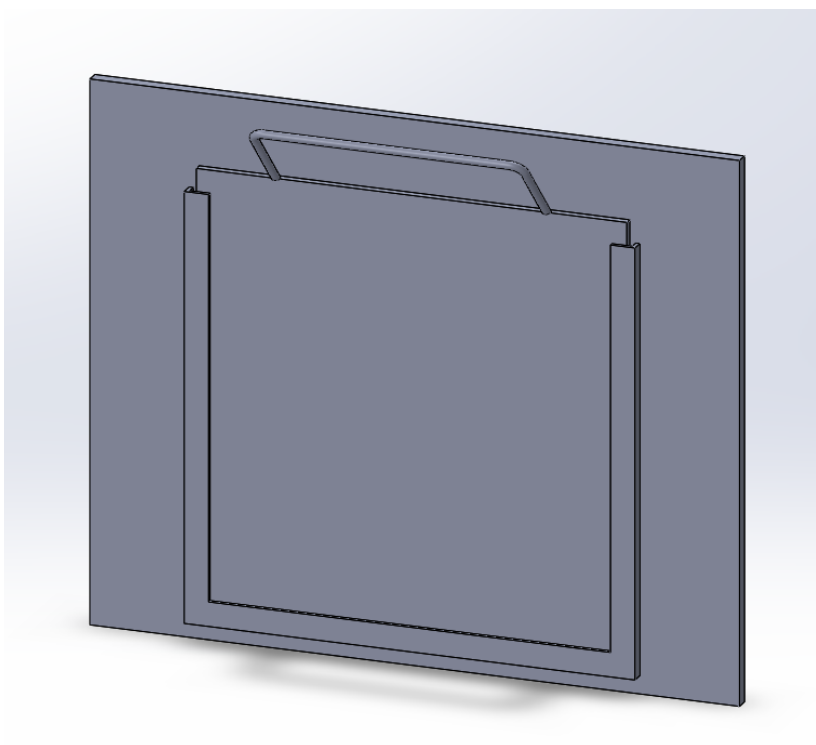


Kuva 8. Modernisoidun version 3D-malli.

Kuvissa 9 ja 10 tarkempi näkymä terien takasuojasta, joka puuttuu kuvan 8 kokoonpanosta. Suojan runko kiinnitetään hitsaamalla terien takapuoleiseen rullarataan. Runkoon pujotettavien levyjen reikä on aina 10 mm isompi kuin itse hirsi. Tällä poistetaan mahdollisuus hirren osumisesta levyyn. Umpinaista levyä käytetään hirrenpäättykevennyksien tekoon, jolloin se poistaa lähes kaikki koneesta taaksepäin suuntautuvat puulastut.

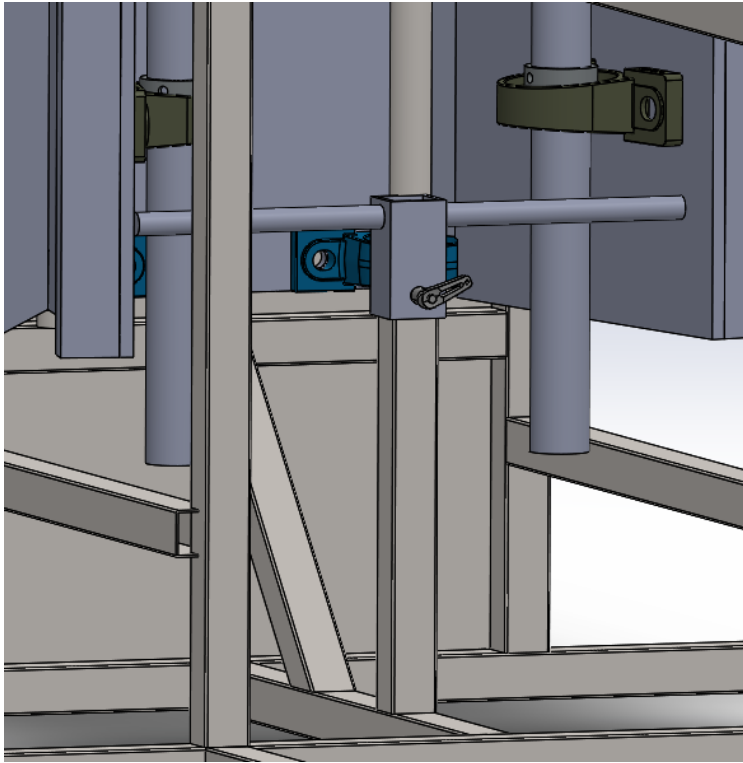


Kuva 9. Terän takasuoja 250 mm hirrelle



Kuva 10. Terän takasuoja hirrenpäättyöstöihin

Kuvassa 11 on esitetty terien puristusvaste. Näitä valmistetaan joka kevennyksen mitalle omansa. Vaihto tapahtuu ottamalla lukitustappi pois ja nostamalla vaste ylös. Tällä tavoin mahdolliset sää-
tövirheet eliminoidaan kokonaan, ja kevennys on aina samankokoinen. Puristusvaste on myös helppo ja yksinkertainen valmistaa, joten ne ovat kuluessaan edullisia uusia.



Kuva 11. Terien puristusvaste.

6.3 Rullarata

Rullaratojen rungot tehdään laitojen pituuden matkalta kiinteäksi osaksi teräyksikköä. Tällä tavoin saadaan nostettua koneen rungon massaa ja samalla vähennettyä teristä mahdollisesti aiheuttavia värinöitä, joilla on negatiivinen vaikutus työstöjälkeen. Ratojen päihin tehdään kiinnikkeet, joihin rullaratojen jatkot kiinnittyvät. Rullaradan jatkoihin tehdään vastaavat kiinnikkeet kuin teräyksikössä kiinni olevissa ratojen päissä, jolloin asennusvaiheessa kiinteän rullaradan sekä sen jatkosten keskilinjat täsmäävät keskenään. Radat on suunniteltu siten, että ne voidaan tarvittaessa varustaa vetävillä rullilla, jolloin hirsien liikuttelu helpottuu. Tätä vaihtoehtoa mietittiin myös mahdollisena ratkaisuna hirren liikutteluun työstön aikana, mutta todennäköisesti rullien ja puun välinen kitkakerroin on liian pieni, jolloin rulla saattaa pyöriä tyhjää ja aiheuttaa jälkiä hirren

pintaan, joka ei ole missään tapauksessa toivottua tai suotavaa. Rullaradan runko ja rullat on mitoitettu 1000 kilogramman kuormalle, vaikka painavimmat kappaleet ovat vain 300 kilogrammaa. Tämä johtuu siitä, että isoimmat puut nostetaan radalle nosturilla ja käyttäjien mukaan niitä on välillä päässyt putoamaan radan päälle. Tästä syystä vanha rullarata on todennäköisesti vääntynytkin. Rullina käytetään 400 mm leveitä halkaisijaltaan 63 mm Interrollin valmistamia teräsrollia, joita käytetään myös yrityksen toisessa tuotantokoneessa. Saman rullan käyttö monessa eri koneessa vähentää erilaisten varaosien määrää ja täten helpottaa varaosien tilaamista.

6.4 Laidat

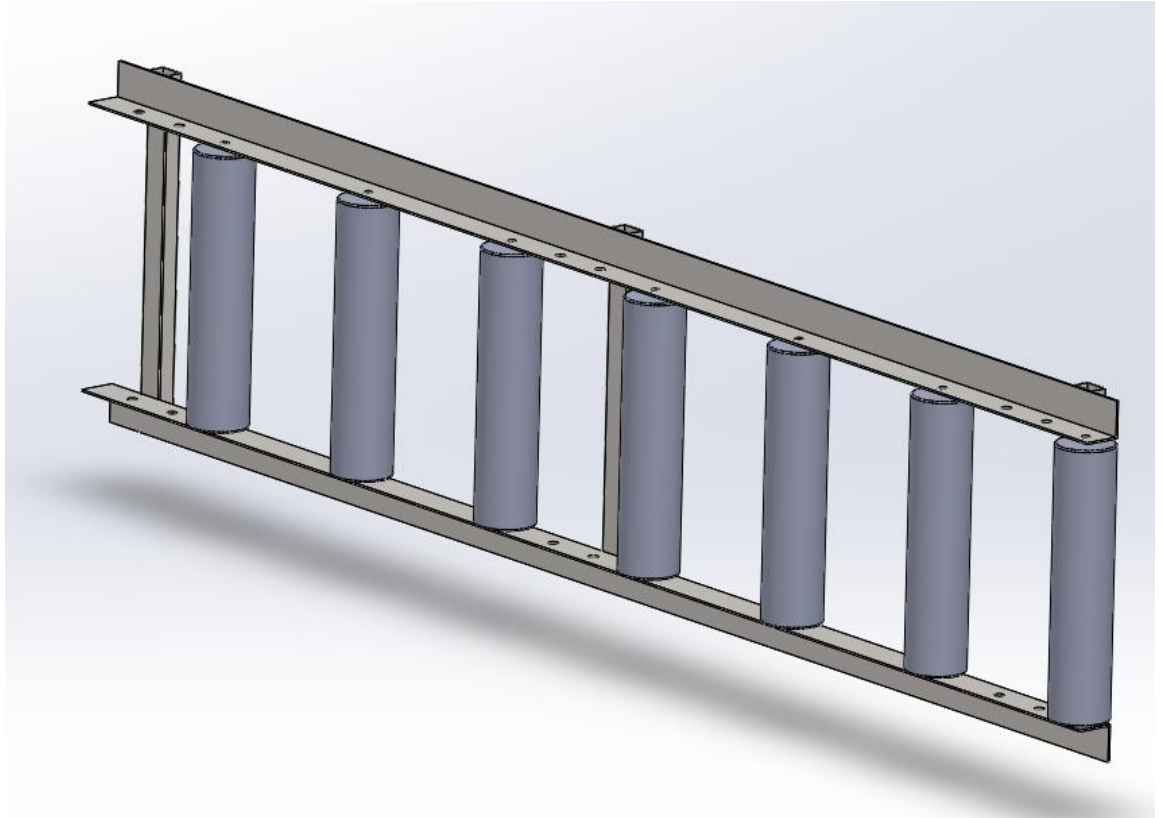
Kaikki laidat suunnitellaan samanlaisiksi. Laitojen liike voidaan toteuttaa ruuvikäyttöisellä lineaarijohteella, jota ohjataan sähköisesti tai vaihtoehtoisesti mekanismilla, jolloin liike toteutetaan hydraulisyliinterillä. Tämän ohjaus toteutetaan kahdella painonapilla. Tämä siitä syystä, että vältetään mahdollinen vaaratilanne, jossa koneen käyttäjän käsi jää puristuksiin laidan ja työstettävän hirren väliin. Kustannussyistä tässä työssä liike toteutetaan hydraulisyliinterillä. Etu ja taka puolen laidat yhdistetään yläpuolelta toisiinsa, jolloin laidat saadaan liikkumaan yhtä aikaa symmetrisesti rullaradan keskilinjaan nähden.

Laidat kiinnitetään alapuolelta pyörötangosta valmistetuille johteille, joita on yhteensä kuusi kappaletta, eli yksi laita kiinnittyy kolmeen johteeseen. Tällä tavoin laidat liikkuvat aina suorassa linjassa rullarataan nähden. Taaemmat ja etummaisat laidat kiinnitetään toisiinsa laitojen yläpuolelle tulevalla yhdystangolla, jolloin laitojen liike saadaan helpommin saman aikaiseksi ja yhtä suureksi. Samalla myös nykyinen laitojen linjaus ja asetus hirsikoon muuttuessa poistuu kokonaan.

Toimintaidea on siis, että laidat ovat ennen työstöä auki-asennossa. Kun koneen käyttäjä painaa kahta käyttönapia, puristuvat laidat hirttä vasten, jolloin hirsi paikoittuu automaattisesti radan ja teräyksikön keskilinjaan. Samalla se myös tukee hirttä työstön aikana. Laitojen kiinnitys johteisiin tehdään siten, että laidat ovat viiden asteen kulmassa keskilinjaa kohti. Tällöin puristuessaan hirttä vasten laidat painavat hirttä myös alaspäin. Tästä seuraa se, ettei hirrelle tarvita erillistä yläpuolista tukea ja laitojen yläpuoli voidaan jättää avonaiseksi. Turvallisuuden takia laitojen käyttö täytyy toteuttaa turvakytkenällä, ettei käyttäjän sormet voi jäädä laidan ja hirren väliin puristuksiin.

Tällä hetkellä laidat ovat kulmarautaa, jonka pintaan on kiinnitetty liukumuovit. Uudet laidat tulevat olemaan rullilla, jotta hirren edestakainen liikkuminen työstön aikana varmistetaan.

Kun laitojen liike toteutetaan yllä mainitulla tavalla, voi koneen myös tulevaisuudessa automatisoida. Kuvassa 12 on 3D-malli laidasta. Etu ja takapuoleiset laidat ovat toistensa peilikuvia. Tällöin laitojen valmistaminen on yksinkertainen ja täten kustannukset pysyvät matalampina.



Kuva 12. Rullalaita.

6.5 Laitojen mekanismi

Laitojen liike voitaisiin toteuttaa kahdella eri tavalla. Työssä päädyttiin käyttämään hydraulikkasyylinterillä toteutettua mekanismia sen edullisuuden vuoksi. Ohjaus tälle voidaan toteuttaa painonapeilla, joilla ohjataan sähkökäyttöisiä suuntaventtiilejä. Toinen ohjausvaihtoehto on mekaanisesti vivuilla käytettävät suuntaventtiilit. Tässä työssä ohjausmenetelmään ei paneuduta tämän enempää, vaan sen suunnittelu tehdään erillisenä dokumenttina.

Laitojen mekanismin tuli olla mahdollisimman yksinkertainen, jolloin sen vikaantuminen on vähäinen ja huoltokohteita on vähemmän. Mekanismissa on kaksi yhdystankoa, joiden toiset päät kiinnittyvät keskimmaisella liukujohteella olevaan laidankiinnittimeen ja toiset päät pääsylinterin päähän tulevaan kiinnityshaarukkaan.

Tarvittava hirteen kohdistuva puristusvoima ei ole vielä tarkkaan tiedossa, ja se todennäköisesti selviää vasta konetta testatessa. Olettavasti tarvittava puristusvoima on noin 40 kilogrammaa. Muutetaan kilot Newtoniksi kaavalla 1, jossa $F = \text{Newton}$, $m = \text{kappaleen massa}$ /tässä tapauksessa haluttu puristusvoima ja $a = \text{kiihtyvyys}$.

$$F = ma \rightarrow 40 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 392,4 \text{ N} \quad (1)$$

Pyöristetään saatu tulos 400 N:iin helpottaaksemme tarvittavan sylinterin paineen laskemista. Tämä ei haittaa, koska tulos on pyöristetty ylöspäin, jolloin todellinen puristusvoima on hieman haluttua suurempi. Newtonin kolmannen lain mukaan, jos toinen laita aiheuttaa 400 N, on myöskin sen vastavoiman oltava 400 N tai kappale lähtee liikkumaan suuremman voiman määräämään suuntaan. Lisäksi tutkitaan mekanismin vaikutus tarvittavaan sylinterin iskunpituuteen. Laitojen väli pienimmillään on 190 mm ja isoimmillaan 400 mm. Varsien pituus on 300 mm. Koska mekanismi on symmetrinen, vaikuttaa sylinterin liike molempiin varsiin samalla tavalla. Tällöin laidan etäisyys keskilinjasta on vähimmillään 95 mm, jolloin varren ja sylinterin välinen kulma on pienimmillään. Varresta ja mitasta rullaradan keskilinjaan muodostetaan kolmio, jonka hypotenuusa on 300 mm ja kanta 95 mm. Varren ja sylinterin välinen kulma lasketaan seuraavalla kaavalla 2.

$$\sin\alpha = \frac{a}{c} \rightarrow \sin\alpha = \frac{95 \text{ mm}}{300 \text{ mm}}, \sin\alpha = 18,46^\circ \quad (2)$$

Kun laidat ovat kokonaan auki, eli kolmion kanta on 200 mm, tulee kulmaksi $41,81^\circ$ (kaava 3).

$$\sin\alpha = \frac{a}{c} \rightarrow \sin\alpha = \frac{200 \text{ mm}}{300 \text{ mm}}, \sin\alpha = 41,81^\circ \quad (3)$$

Mekanismin kolmion huippukorkeus, eli liikkeen maksimipituus saadaan laskettua kaavasta 4

$$\cos\alpha = \frac{b}{c} \rightarrow b = c * \cos\alpha, b = 300 \text{ mm} * \cos(18,46^\circ) = 284,56 \text{ mm}. \quad (4)$$

Laitojen ollessa auki mekanismin kolmion korkeus on matalimmillaan, jolloin sylinteri on ulostyöntyneenä (kaava 5).

$$b = 300 \text{ mm} * \cos(41,81^\circ) = 223,61 \text{ mm}. \quad (5)$$

Edellä lasketuilla mitoilla saadaan laskettua tarvittava iskunpituus vähentämällä matalin korkeus maksimikorkeudesta (kaava 6).

$$284,56 \text{ mm} - 223,61 \text{ mm} = 60,95 \text{ mm}. \quad (6)$$

Valitaan siis sylinteriksi sellainen, jossa iskunpituus on 100 mm. Tarkistetaan varren kulma sylinteriin nähden tällä iskunpituudella. Ensin lasketaan muutos, kun sylinteri on tehnyt 100 mm siirtymän siitä tilanteesta, kun laidat ovat kokonaan auki (kaava 7).

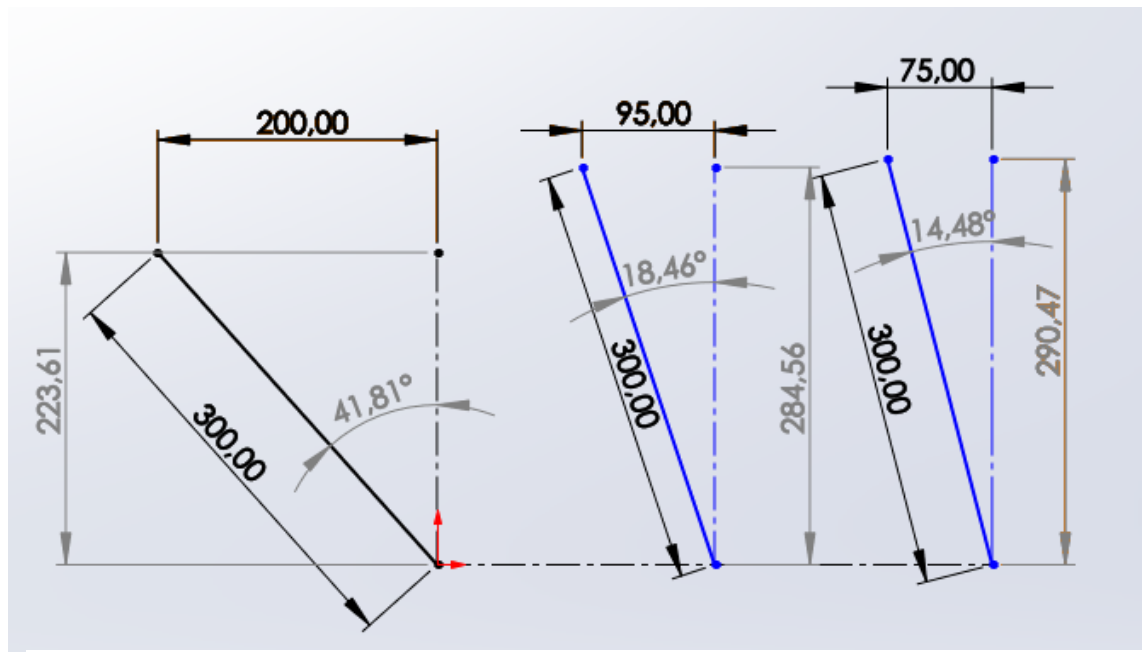
$$223,60 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 323,60 \text{ mm}. \quad (7)$$

Ilman laskemista huomataan, että iskunpituus (kolmion korkeus) on suurempi kuin varren (hypotenuusan) pituus. Tästä seuraa se, että laidat törmäävät toisiinsa, mikäli niiden välissä ei ole hirttä. Tämä voidaan estää rakentamalla laitojen kiinnikkeiden väliin liukujohteelle holkit, jolloin laitojen minimiväli voidaan määrittää ja 100 mm iskulla olevan sylinterin käyttö mahdollistetaan. Koska pienin hirren koko on 190 mm, voi holkin pituudeksi laittaa 150 mm. Holkki saa liikkua johteella

vapaasti, koska mekanismi keskittää laidat joka tapauksessa ja holkki jää tällöin laitojen väliin ennen kuin laidat törmäävät toisiinsa. Lasketaan vielä kaava 8:n mukaisesti toteutunut kulma, kun laidat ovat holkkia vasten (Valtanen 2016, 39).

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} \rightarrow \sin \alpha = \frac{\left(\frac{150\text{mm}}{2}\right)}{300} = 14.48^\circ \quad (8)$$

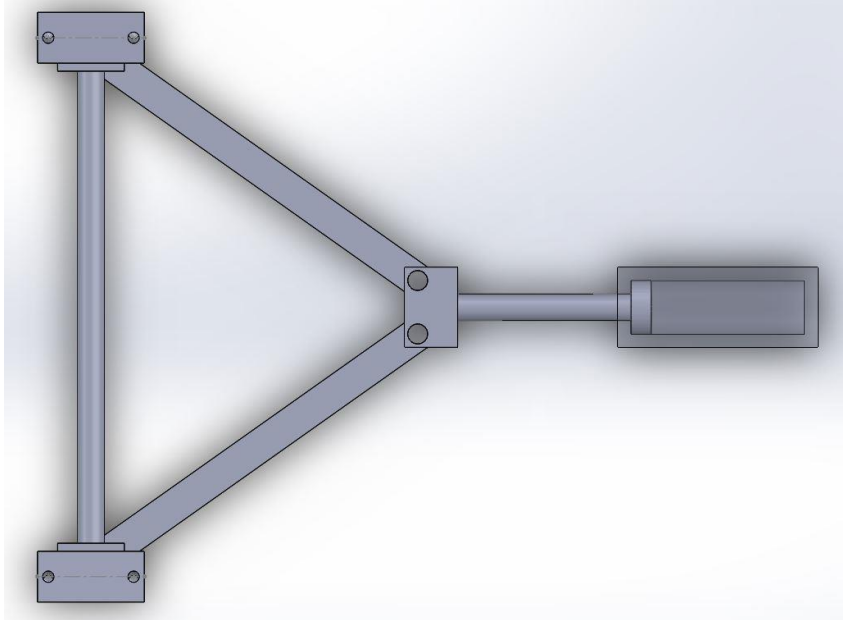
Kuva 13 havainnollistaa edellä lasketut tilanteet. Kuvasta 13 voi myös päätellä, että jos laskuissa esiintyvä sivu b (pituus keskimmaisessa kuvaajassa 284,56 mm) menee pidemmäksi kuin hypotenuusa, joka siis on 300 mm, käy niin, että suorakulmainen kolmio hajoaa. Käytännössä mekanismin suorakulma ei voi hajota, joten jos laitojen välistä holkkia ei käytetä, käy niin, että varret törmäävät toisiinsa, mikä voi aiheuttaa mekanismin jumiumisen tai hajoamisen.



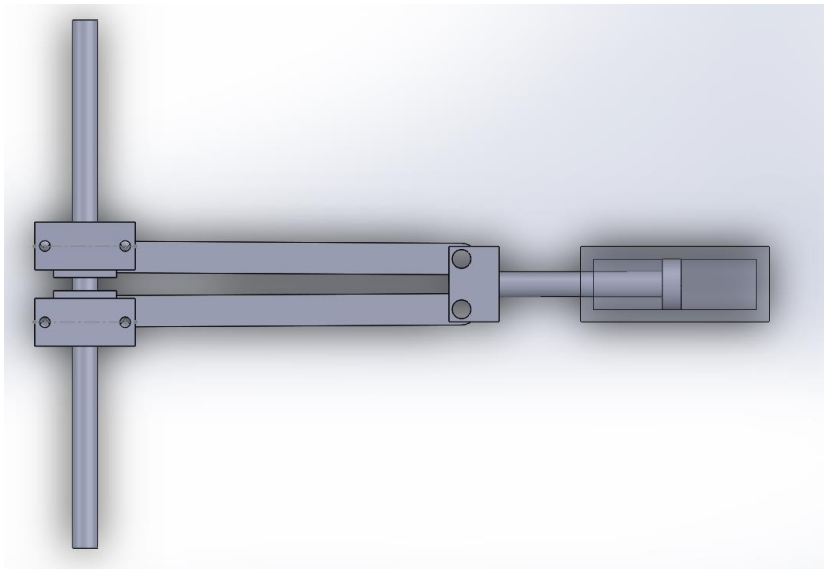
Kuva 13. Havainnollistava kuva laskuista vasemmalla auki oleva mekanismi, keskellä 190 mm hirsi välissä ja oikeassa laidassa 150 mm holkki laitojen välissä.

Kuvissa 14–18 on esitelty mekanismin 3D-malli ja sen eri asentoja. Kuvista voi päätellä, että kokoonpano- ja valmistusvaiheessa on erittäin tärkeää saada sylinteri täysin samaan linjaan rullara-

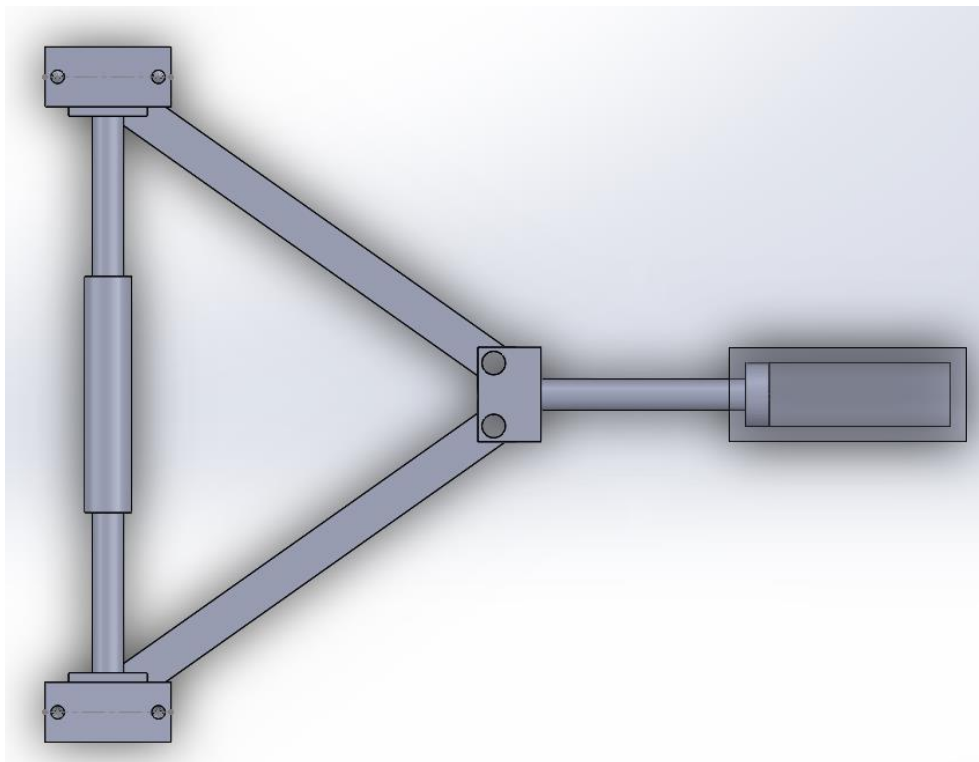
dan keskilinjan kanssa. Jos sylinteri on hiemankaan vinossa, mekanismin toiminta muuttuu, eivätkä laidat tällöin keskity rullaradan keskilinjaan (kuva 18). Kuvassa sylinteri on 5° kulmassa keskilinjaansa nähden.



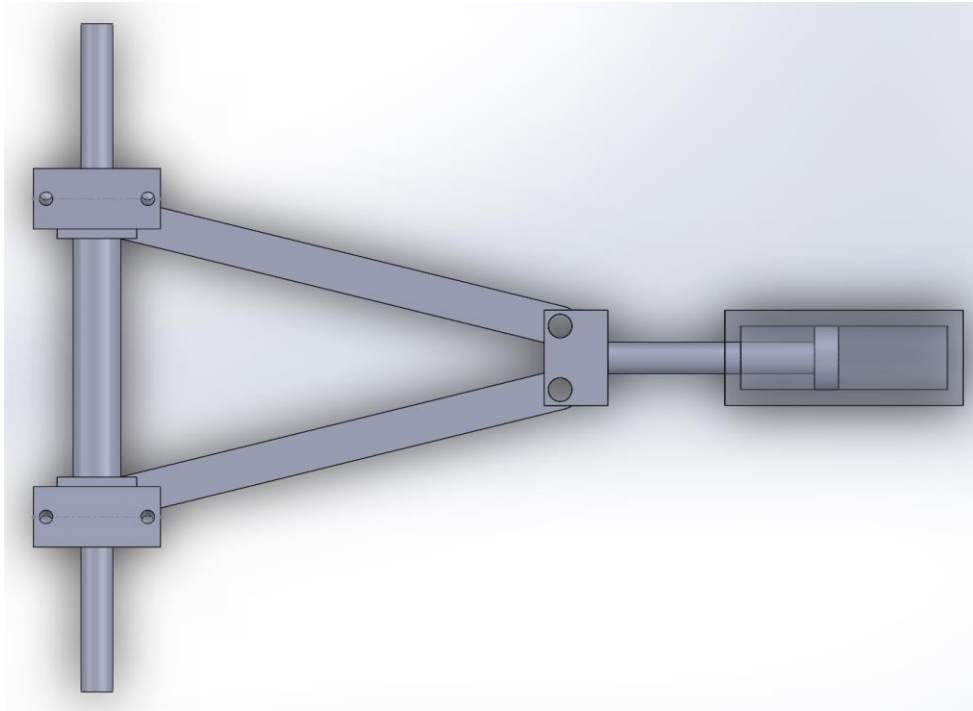
Kuva 14. Laitojen mekanismi auki asennossa ilman väliholkkia.



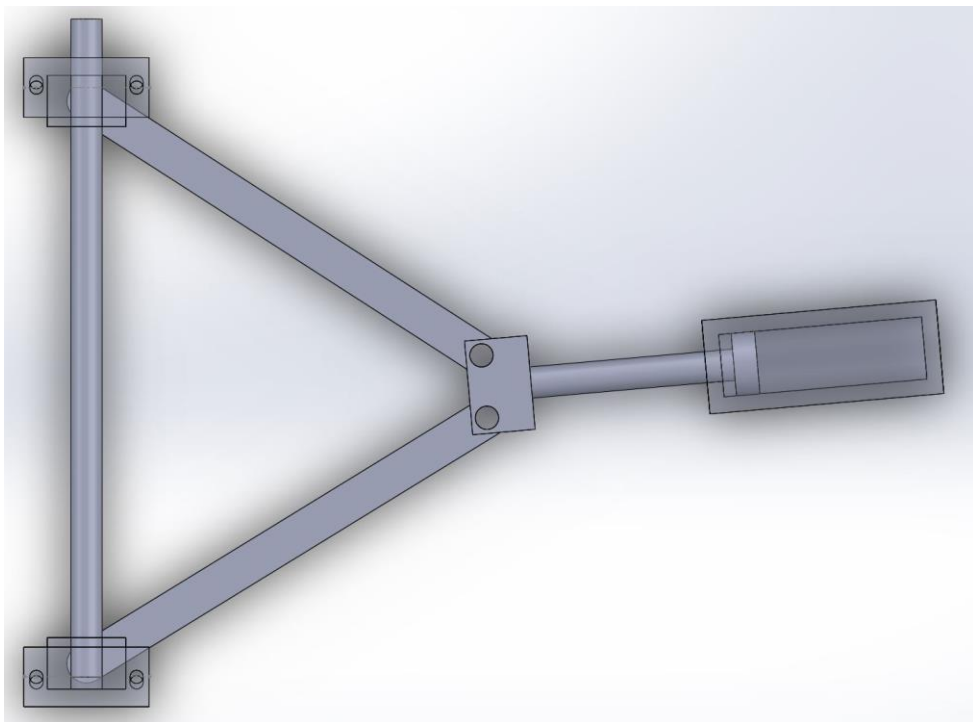
Kuva 15. Mekanismi kiinni asennossa ilman väliholkkia. Huomaa osien törmäys mahdollisuus.



Kuva 16. Mekanismi auki asennossa väliholkin kanssa.



Kuva 17. Mekanismi kiinni asennossa väliholkin kanssa.



Kuva 18. Sylinteri asennettu vinoon

Mekanismin käyttöön valitun hydraulisylinterin koko on 40x20x100. Mitoituksen mukaan männän halkaisija on 40 mm, varren halkaisija 20 mm ja iskunpituus 100 mm. Tarvittavan sylinteripaineen laskemiseen käytetään männän pinta-alaa, ja koska mekanismin liike tapahtuu sylinterin miinusliikkeellä, täytyy männän halkaisijasta vähentää varren halkaisija. Voimaa laskettaessa on

suotavaa käyttää metrimittoja, jolloin tulokseksi saadaan Pascaleita. Männän tehollinen pinta-ala lasketaan kaavalla 9 (Valtanen 2016, s. 18).

$$A = \frac{[\Pi*(D^2-d^2)]}{4} \rightarrow \frac{\Pi*(0,04^2-0,02^2)}{4} = 9,42 * 10^{-4} \text{ m}^2. \quad (9)$$

Mäntään kohdistuva voima lasketaan kaavalla 10, josta kääntäen saadaan selvitettyä paine p (Valtanen 2016, s. 185).

$$F = p * A \rightarrow p = \frac{F}{A} \rightarrow \frac{400\text{N}}{9,42*10^{-4} \text{ m}^2} = \frac{424628,45\text{N}}{\text{m}^2}. \quad (10)$$

Laskettu arvo on Pascaleita ja sen muutos baariksi tapahtuu jakamalla saatu arvo 100 000, koska yksi Bar on 100 000 Pa(N/m²) (kaava 11).

$$\frac{\frac{424628,45\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{100\ 000\text{N}}{\text{m}^2}} = 4,25 \text{ Bar}. \quad (11)$$

Mekanismin vaikutusta puristusvoimaan tässä tapauksessa ei tutkita sen enempää, koska mekanismin vaikutus puristavaan voimaan on vähäinen. Tämä johtuu siitä, että varret ovat suoraan liitettynä laidan liukuun sekä sylinterin päähän, eikä välissä ole niveliä, jotka vaikuttaisivat oleellisesti puristusvoiman lisäämiseen tai vähentämiseen.

6.6 Muut muutokset

Edellä mainittujen lisäksi koneen käyttöön liittyvät ohjaimet sijoitetaan syöttöpuolen rullaradan ja teräyksikön sivuun rakennettuun ohjauspaneeliin. Tällöin käyttäjän ei tarvitse kurkottaa rullaradan yli, jolloin myös työturvallisuus paranee. Häätäseispainike sijoitetaan myös ohjauspaneeliin,

jolloin koneenkäyttäjää varmasti ylittää painamaan sitä hätätilanteen sattuessa. Kaikki koneen johdot ja letkut valmistetaan uudestaan ja ne reititetään siten, etteivät ne roiku maassa. Tällöin päästään eroon turhista johto- ja letkunipuista, eivätkä ne tällöin enää aiheuta kompastumisvaaraa ja yleinen siisteys paranee. Tämä myös helpottaa koneen kunnossapitoa ja tarkastamista mahdollisten vaurioiden varalta. Koneeseen kuuluva hydraulikkayksikkö sijoitetaan koneen takapuolelle, ja tälle valmistetaan oma runko, joka kiinnitetään pulttaamalla pielenkevennyskoneeseen. Tämä vaihe tehdään täysin omana työnään, eikä sitä täten käsitellä tässä työssä.

6.7 Materiaalimenekki

Materiaalin valinta tehtiin ennen suunnittelua ja suunnittelu pyrittiin toteuttamaan siten, että eri materiaalikokoja olisi mahdollisimman vähän. Kaikki materiaali on S235Jr- tai S355Jr-terästä. Katkaisulistan saa ulos suoraan SolidWorksista, jonka perusteella materiaalimenekki laskettiin. Materiaalit ovat saatavana joko kuuden tai 12 metrin pituisina tankoina. Hintaeroa niillä ei juurikaan metriä kohden ole, joten päädyin valitsemaan tangot kuuden metrin mitassa. Tätä tietoa käytettiin myös suunnitteluun hukan minimoimiseksi. Näiden avulla sai laskettua tankojen määrän ja niistä syntyvän hukan määrän. Taulukossa 3 on esitetty modernisoidun koneen runkoon tarvittavan materiaalmäärä sekä siitä aiheutuvat kustannukset. Materiaalien hinnat on otettu Vs-market-liikkeen nettisivuilta, joka myy terästuotteita (VS-Partners Oy).

| | Tangon pituus | 6 m | | | | |
|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------|-------------|--|
| | Hinnat | 1 metrin hinta | Koko | | | |
| Neliöputki S235 Jr | 21,61 € | 3,60 € | 40x40x2 | | | |
| Kulmarauta S235Jr | 14,06 € | 2,34 € | 40x40x2 | | | |
| Muotoputki S235Jr | 13,12 € | 2,19 € | 20x30x1,5 | | | |
| U profiili s235 Jr | 30,08 € | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | Lasketut metrit | Tarvittavat tangot | Todelliset metrit | Hinta | Hukka | |
| Neliöputki S235 Jr | 34,35 m | 6 Kpl | 36 m | 129,66 € | 1,65 m | |
| Kulmarauta S235Jr | 10,42 m | 2 Kpl | 12 m | 28,12 € | 1,58 m | |
| Muotoputki S235Jr | 4,56 m | 1 Kpl | 6 m | 13,12 € | 1,44 m | |
| | | | | 157,78 € | Loppu summa | |

Taulukko 3. Materiaalimenekki ja kustannukset

Hukan sekä menekin määrä pysyi kohtuullisina rungon yksinkertaisuuden vuoksi. Kustannuksiin joutuu lisäksi lisäämään rullista, koneistuksista, johteista sekä työstä aiheutuvat kustannukset. Näiden hinnat lisätään laskelmiin siinä vaiheessa, kun koneen modernisointi päätetään toteuttaa.

7 Yhteenveto

Lopputuotteena työstä syntyi valmis modernisoidun rungon ja laitojen 3D-malli sekä materiaalin kustannusarvio. Lisäksi laitojen liikkeen toteutuksessa käytettävä mekanismi on hahmotelmien perusteella todettu käyttökelpoiseksi ja toimivaksi ratkaisuksi. Koneen toiminnot toteutetaan aluksi mekaanisesti käytettävillä suuntaventtiileillä. Komponentit kuitenkin rakennusvaiheessa valitaan siten, että kone on mahdollista saattaa toimimaan puoliautomaattisena. Tällöin koneen käyttäjän ei tarvitse kuin määrittää haluttava kevennyksen pituus ja painaa käynnistysnappia.

Tässä työssä esiteltyä tapaa koneen modernisointiin voidaan tulevaisuudessa käyttää soveltaen työn tilaajan tärkeimpiin tuotantokoneisiin. Tämä lisäisi yrityksen valmistuskapasiteettia, parantaisi työturvallisuutta sekä keventäisi työntekijöiden työtä. Lisäksi hirsien työstöjälki parantuisi.

Työ oli sopivan haastava ja siinä oli paljon asioita, joita en ollut osannut kuvitellakaan ottavani huomioon ennen tämän työn aloittamista. Työn tekeminen opetti minulle todella paljon koneen-suunnitteluun liittyvistä asioista yleisellä tasolla ja osittain myös syvemmältä. Työsuunnitelma muuttui alkuperäisestä työn edetessä suppeammaksi sen alkuperäisen laajuuden vuoksi. Päädyin syventämään työni rungon suunnitteluun ja hirsien paikoituksen käytettävän ratkaisun selvittämiseen. Lisäksi minulla on olemassa jo hahmotelmia hirsien syöttöön ja koneen puoliautomaatisointiin.

Koneen modernisointi tullaan toteuttamaan tulevaisuudessa. Työssä kuvatulla tavalla modernisointi voidaan toteuttaa asteittain, jolloin se ei vaikuta tehtaan tuotantoon. Valmistusjärjestys voisi esimerkiksi olla seuraavanlainen: valmistetaan teräyksikön, rullaratojen sekä laitojen rungot, valmistetaan laitojen mekanismit ja ohjaimet, terien leikkuusyvyiden säätöosat, hankitaan kaikki rullat ja hydraulikka komponentit, irrotetaan teräyksikkö vanhasta rungosta ja sovitetaan uuteen huollettuna, kytketään sähköt sekä hydraulikka.

Lähteet

Direktiivi 2006/42/EY: EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti 9.6.2006.<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006L0042&from=FI> Viitattu 20.4.2021

Esko Valtanen 2016, Tekniikan taulukkokirja, painos 21.

Oy TimberFrame Ltd Viitattu 20.5.2021

<https://timberframe.fi/>

VS-Partners Oy Viitattu 20.5.2021

<https://www.vs-market.fi/fi/>