

Tommi Määttä

Ilmansäätölaitteen mekanismin kehittäminen

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotanto-
tekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Määttä Tommi

Työn nimi: Ilmansäätölaitteen mekanismin kehittäminen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikka

Avainsanat: Soodakattila, 3D-Mallinnus, Suunnittelu, Pneumatiikka, Sähkömoottori

Opinnäytetyö tehtiin Katera Steel Oy:lle, joka on Kajaanilainen konepajayritys. Katera toimii erilaisten koneiden ja laitteiden järjestelmätoimittajana ja tekee myös monille yrityksille alihankintana erilaisia laitteita.

Opinnäytetyöni liittyy siihen, että Katera on valmistanut eräälle yritykselle ilmansäätölaitteita, joiden tehtävänä on ohjata sellutehtaiden soodakattilaan menevää palamisilmaa. Ilmansäätölaitteen nykyisessä ratkaisussa on ongelmia joista oli tarkoitus päästä eroon kehittämällä uusi ratkaisuehdotus. Tavoitteena oli suunnitella ilmansäätölaitteen mekanismi sekä tehdä siitä tarvittavat piirustukset ja dokumentointi. Uuden mekanismin vaatimuksina oli, että se poistaisi nykyisessä ratkaisussa ilmenevät ongelmat sekä olisi edullinen ja helppo valmistaa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kehitettyä ratkaisuehdotus ja tehtyä siitä 3D-mallinnus, lujuusanalyysit sekä piirustukset. Tämän opinnäytetyön aikana otettiin selvää olosuhteista saatavilla olevan teorian avulla ja perehdyttiin kyseiseen tuotantoprosessiin mihin laite on menossa. Lisäksi automatiikan suunnittelussa selvitettiin tarkemmin kahden erilaisen vaihtoehdon hyviä ja huonoja puolia ja tehtiin molemmista ratkaisuehdotus.

ABSTRACT

Author: Määttä Tommi

Title of the Publication: Air regulator mechanism developing

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical and Production Engineering

Keywords: Soda boiler, 3D-modelling, Design, Pneumatics, Electrical motor

This thesis work is done for Katera Steel Oy workshop company situated in Kajaani. Katera Steel Oy is system supplier for different machines and configurations. Katera Steel Oy also subcontracts different machine configurations to many companies.

Katera has made air regulators to one company. Purpose of this thesis was to design new air regulator mechanism. This air regulator lead combustion air to soda boiler. Current air regulator mechanism has problems which had to get rid of by developing new option. Target to plan new air regulator mechanism was done with drawings and documents. Most important properties for the new mechanism are easy and cheap manufacturing and bypassing old faults.

Outcome for this thesis were development of new mechanism by 3D-modeling, strength calculations, analysis and drawings. Theory was used to determine circumstances of the planned placement for the air regulator. Comparative research was done between two different automation mechanism to determine most suitable one.

ALKUSANAT

Opinnäytetyöni aiheen sain Katera Steel Oy:ltä ja Markku Jauhiaiselta. Heille iso kiitos, että sain hyvän ja mielenkiintoisen aiheen tiukkaan paikkaan. Lisäksi haluan kiittää Kajaanin Ammattikorkeakoulun puolelta opinnäytetyöni ohjaavaa opettajaa Sami Räsästä ja konetekniikan opettajaa Mikko Heikkistä hyvistä neuvoista ja avusta opinnäytetyön aikana.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 KATERA STEEL OY.....	2
3 TAUSTATIETOA	3
4 SOODAKATTILAN TEHTÄVÄ SELLUTEHTAASSA	4
4.1 Kemikaalikierto sulfaattimenetelmässä	4
4.2 Soodakattilan toiminta	5
5 MEKANISMIN SUUNNITTELU.....	7
5.1 Nykyisen mekanismin ongelmat.....	7
5.2 Suunnittelutyöhön liittyvät vaatimukset.....	8
5.3 Suunnittelutyön alkuvaiheet	8
6 3D-MALLINNUS	9
6.1 3D-Mallinnus yleisesti.....	9
6.2 3D-Mallinnus ja piirustusten teko.....	10
7 LUJUUSLASKENTA.....	13
7.1 Käsin tehty lujuuslaskenta.....	13
7.2 SolidWorks-ohjelman lujuusanalyysit	14
8 MEKANISMIN AUTOMATISOINTI	16
8.1 Pneumatiikka.....	16
8.2 Sähkömoottori	19
9 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	22
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni toimeksiantajana toimi Katera Steel Oy. Opinnäytetyöni liittyi siihen, että Katera on valmistanut ilmansäätölaitteita, joiden tehtävänä on ohjata sel-lutehtaiden soodakattilaan menevää palamisilmaa. Ilmansäätölaitteessa käytetyssä nykyisessä ratkaisussa oli muutamia ongelmia, joiden korjaamiseen haluttiin toimeksiantajan puolelta ratkaisuehdotus.

Työni tavoitteena on suunnitella ilmansäätölaitteen mekanismi sekä tehdä siitä tarvittavat piirustukset ja dokumentointi. Nykyisessä mekaniismissa on monia ongelmia ja opinnäytetyöni päätavoitteena olisi kehittää mekanismi, joka poistaisi nämä ongelmat sekä olisi edullinen ja helppo valmistaa.

Työssä käsitellään alussa yleisesti teoriaa ja selvitetään paperitehtaiden toimintaa. Mekaniismin suunnitteluun liittyivät nykyisen mekaniismin toimintaan ja sen ongelmakohtiin perehtyminen. Perehtymisen jälkeen tehtiin itse mekaniismiin liittyvä suunnittelutyö. Suunnittelutyössä apuvälineenä käytettiin 3D-mallinnusta. Työn loppuvaiheessa käsitellään mekaniismin automatisointia. Opinnäytetyössä painopiste oli, että saisin kehitettyä toimivan ja valmistusystävällisen ratkaisun.

2 KATERA STEEL OY

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Katera Steel Oy. Katera on kajaanilainen konepajayritys, joka toimii erilaisten koneiden ja laitteiden järjestelmätoimittajana. Kateran toimitilat sijaitsevat Kajaanissa Renforsin Rannassa. Toimitiloista suurimman osan käsittää alla olevassa kuvassa näkyvä konepajahalli (Kuva 1), joka on pinta-alaltaan n.7000 m². Se käsittää osavalmistuksen, koneistuksen, hitsauskoonpanon ja loppukokoonpanon. Lisäksi toimitiloissa on hallintotilat sekä konepajatilojen puolella raepuhaltamo (100 m²) ja pintakäsittelykammio (100 m²). Katera työllistää kaikkiaan n.40 henkilöä. [1.]



Kuva 1. Katera Steel Oy:n konepajahalli.

Kateran omia tuotteita ovat mm. pelletti- ja hakelämpölaitokset, teräsponttonilaiturit, teräsmastot ja tekniset laitetilat. Lisäksi Kateralla on asiakkaina monia yrityksiä, esim. Andritz, Transtech, Sandvik, CrossWrap ja Blastman, joille Katera valmistaa erilaisia laitteita ja järjestelmiä. [1.]

3 TAUSTATIETOA

Sellutehtaiden soodakattilassa palamisilma johdetaan puhaltimilta ilmakehien ja kattilan seinissä olevien reikien kautta kattilaan. Ilmansäätöä varten ilmakehien ja reikien välissä on ilmansäätölaitteita, joiden avulla varsinaista palamista säädel-
lään. Näitä kyseisiä ilmansäätölaitteita on kolmessa eri korkeustasossa (Kuva 3, sivu 4).

1.	Primääri-ilmansäätölaitteita	98 kpl
2.	Sekundääri-ilmansäätölaitteita	21 kpl
3.	Tertiääri-ilmansäätölaitteita	9 kpl

Edellä mainitut eri ilmansäätölaitteiden määrät ovat arvioita ja niiden määrät vaihtelevat riippuen kattilasta. Sekundääri- ja tertiääri-ilmansäätölaitteissa käytetään nykyään alla olevan kuvan mukaista ratkaisua. Se koostuu kahdesta osasta. Palamisilmaa ohjaa ja säännöstelee säätölappä, ja sen liikettä ohjaa itse ilmansäätömekanismi.

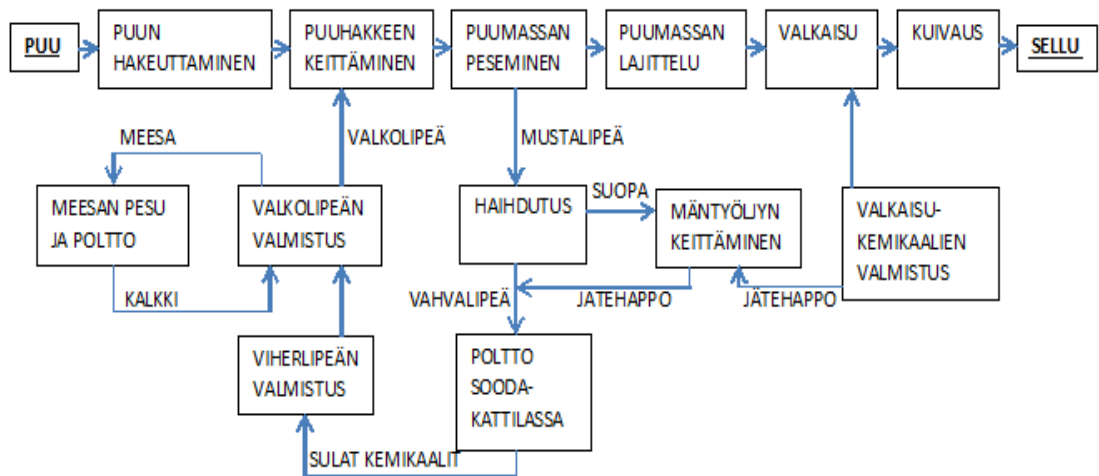
**Tämä kuva on jätetty pois
julkaistavasta versiosta.**

Kuva 2. Nykyinen säätömekanismi.

4 SOODAKATTILAN TEHTÄVÄ SELLUTEHTAASSA

4.1 Kemikaalikierto sulfaattimenetelmässä

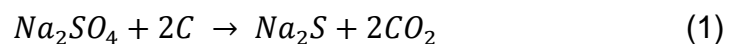
Paperinvalmistuksen raaka-aineena käytetään sellua, joka valmistetaan sellutehtaissa. Suomessa sellutehtaat käyttävät lähes yksinomaan alla olevan kuvan lohkokaaavion mukaista sulfaattimenetelmää. [2.]



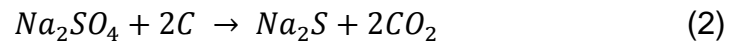
Kuva 3. Sulfaattisellutehtaan lohkokaaavio.

Sellutehtaalle tuodusta puusta tehdään haketta ja hake viedään keittämöön. Keittämössä puunkuidut irrotetaan puun sidosaineesta eli ligniinistä korkeassa lämpötilassa keittokemikaalien avulla. Liuennut ligniini muodostaa mustalipeää sekoittessaan keittonesteeseen. Mustalipeää pestään vedellä pois puumassasta. [2.]

Mustalipeästä haihdutetaan ylimääräinen vesi pois, jonka jälkeen tätä kuiva-ainepitoisuudeltaan 60–80 % mustalipeää kutsutaan vahvalipeäksi. Vahvalipeä syötetään soodakattilaan. Soodakattilassa vahvalipeästä palaa pois orgaaninen puuaines. Soodakattilan pohjalle muodostuu kemikaaleista keko, jossa natriumsulfaatti pelkistyy natriumsulfidiksi reaktioyhtälön 1 mukaisesti. [2.]



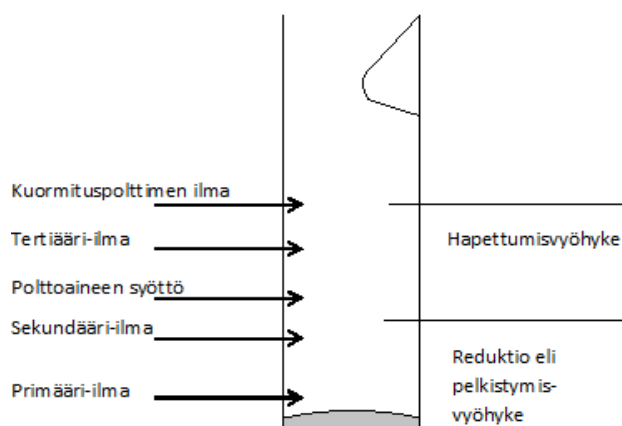
Soodakattilan pohjalta kerätään talteen sulat kemikaalit ja ne liuotetaan veteen, jolloin muodostuu viherlipeää. Viherlipeään lisätään kalkkia, joka muuttuu vedessä sammutetuksi kalkiksi. Natriumkarbonaatti reagoi sammutetun kalkin kanssa muodostaen natriumhydroksidia ja kalsiumkarbonaattia reaktioyhtälön 2 mukaisesti. [2.]



Tätä reaktiota kutsutaan kaustisoinniksi. Kaustisoinnissa syntyvää kalsiumkarbonaattia kutsutaan meesaksi, joka pelkistetään meesauunissa. Tästä saadaan valkolipeän valmistukseen tarvittavaa kalkkia. Valkolipeä voidaan palauttaa keittoon ja sitä kautta uudelleen kiertoon prosessia varten. Kemikaalien talteenoton ja kierätyksen avulla kemikaalikierto saadaan pidettyä suljettuna. Tämä vähentää ympäristön saastekuormitusta ja kalliiden kemikaalien hävikki saadaan pidettyä mahdollisimman pienenä. [2.]

4.2 Soodakattilan toiminta

Soodakattilan tärkein tehtävä sulfaattimenetelmässä on kemikaalien talteenotto ja mustalipeän poltosta vapautuvan energian talteenotto. Soodakattilan tulipesä on jaettu alla olevan kuvan mukaisesti kahteen vyöhykkeeseen. [2.]



Kuva 4. Soodakattilan tulipesän palamisvyöhykkeet.

Polttoaineena käytettävän mustalipeän kuiva-ainepitoisuus nostetaan ennen soodakattilaan syöttämistä 60–80 %, jolloin sitä kutsutaan vahvalipeäksi. Vahvalipeä syötetään soodakattilan tulipesän pelkistymisvyöhykkeeseen ns. lusikkasuuttimien avulla n.100–120 °C:n lämpötilaan esilämmitettynä. Suuttimet hajottavat lipeän pisaroiksi. Pisarat kasaantuvat kattilan pohjalle. Kattilan pohjalle menevää primääri-ilman määrää säätelämällä pidetään lämpötila 1000–1100 °C:ssa, jotta kattilan pohjalla olevassa kasassa tapahtuisi kemikaalien pelkistymistä mahdollisimman täydellisesti. Sulat kemikaalit liuotetaan ja otetaan talteen viherlipeän valmistamista varten. [2.]

Orgaaninen puuaines ei pala pelkistymisvyöhykkeen olosuhteissa, vaan hiili kaasuuntuu hiilimonoksidiksi. Sekundääri-ilman tehtävä on polttaa keossa kaasuuntunut hiilimonoksidi. Palaminen saatetaan loppuun hapetusvyöhykkeellä tertiääri-ilman avulla. Tertiääri-ilman paine ja nopeus ovat suuria, jotta palavat kaasut ja palamisilma sekoittuisivat keskenään. Näin varmistetaan, että palaminen on täydellistä. Orgaanisen puuaineksen palamisesta vapautuvaa energiaa käytetään höyryn tuottamiseen. Höyryä käytetään prosessien lämmitykseen ja turbiineissa sähköntuotantoon. [2.]

5 MEKANISMIN SUUNNITTELU

5.1 Nykyisen mekanismin ongelmat

Nykyisessä mekanismissa on muutama isompi ongelma, joiden poistaminen on tämän opinnäytetyön tavoitteena. Nykyisessä mekanismissa on käytetty kulmavaihdetta, joka ei ole kovin valmistusystävällinen ja sen rakenteen hinta muodostuu suureksi.

Kulmavaihteen akseleiden laakeroinnissa ei voi käyttää kuin ainoastaan lämmönkestäviä laakereita korkeiden lämpötilojen takia. Nämä lämmönkestävät laakerit ovat vikaherkkiä, niiden saatavuus on heikko ja ne ovat muihin laakerityyppeihin verrattuna erittäin kalliita.

**Tämä kuva on jätetty pois
julkaistavasta versiosta.**

Kuva 5. Kulmavaihte nykyisessä ratkaisussa.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ilmansäätölaitteen säätömekanismi, joka poistaisi nämä edellä mainitut ongelmat ja olisi lisäksi rakenteeltaan sekä edullinen että valmistusystävällinen.

5.2 Suunnittelutyöhön liittyvät vaatimukset

Toimeksiantajan puolelta tuli ehdotus, millainen laitteen voisi olla. Näiden tietojen avulla aloitin suunnittelutyön. Mekanismin tulisi olla rakenteeltaan melko yksinkertainen, jotta siitä saataisiin eliminoitua vikaherkät kohdat. Sain toimeksiantajalta käsintehty piirustukset ratkaisuehdotuksesta sekä piirustukset nykyisestä mekaniismista. Niiden avulla aloin suunnitella uutta ratkaisua.

Suunnittelutyössä tuli ottaa huomioon muutama tärkeä asia liittyen olosuhteisiin ja itse mekanismiin vaikuttaviin voimiin. Ilmaa säätävän säätöläpän akseliin kohdistuu 1000–3200 Nm momentti riippuen kattilan tehosta. Soodakattilassa ja sen osissa palaminen aiheuttaa lämpötilojen nousun korkeaksi. Normaalisti johtumisesta ja säteilystä aiheutuu, että lämpötila säätöläpän kohdalla on 200 °C. Suunnittelutyössä lämpötilan arvona käytettiin 280 °C.

5.3 Suunnittelutyön alkuvaiheet

Aloitin suunnittelutyön testaamalla ja tutkimalla toimeksiantajan ratkaisua. Tähän käytin apuvälineenä SolidWorks-ohjelmaa. Tein osista 3D-mallit, ja niistä tehtiin kokoonpano, jonka avulla testattiin mekanismin toimintaa ja tarkasteltiin osien sopivuutta keskenään. Mallinnuksen tarkoituksena oli saada simuloitua mekanismin toimintaa ja sitä, toimiiko mekanismi. Lisäksi mekanismin osien mitoitus pystyttiin tarkistamaan ja nähtiin, sopivatko osat paikalleen mitoituksen osalta.

Suunnittelutyön ja mallinnuksen valmistuttua pitää selvittää materiaalivalinta ja se, pitääkö materiaalille tehdä joitakin mahdollisia käsittelyjä, että se kestävä vaaditulla tasolla olosuhteet. Osien kestävyys varmistamiseksi tehtiin lujuuslaskelmat. Mekanismissa pitää olla myös tarvittaessa automatisointi ja siitä tuli laatia ratkaisuehdotus. Siihen vaatimuksena oli, että sen pitää olla helposti asennettava ja poistettava.

6 3D-MALLINNUS

6.1 3D-Mallinnus yleisesti

3D-Mallintaminen on yksinkertaisesti jonkin asian tai esineen mallintamista tietokoneelle kolmiulotteisena. Kolmiulotteisen mallin avulla voidaan havainnollistaa jokin asia tai esine paremmin kuin kaksiulotteisten piirustusten avulla ja sen erilaisten ominaisuuksien tutkiminen on helpompaa. Lisäksi jonkin asian tai esineen esittäminen on helpompaa 3D-mallin kuin 2D-piirustusten avulla ja asiasta saa monesti paremman kuvan kolmiulotteisen mallin avulla. [3.]

Tyypillisiä 3D-mallinnuksen käyttökohteita ovat esimerkiksi:

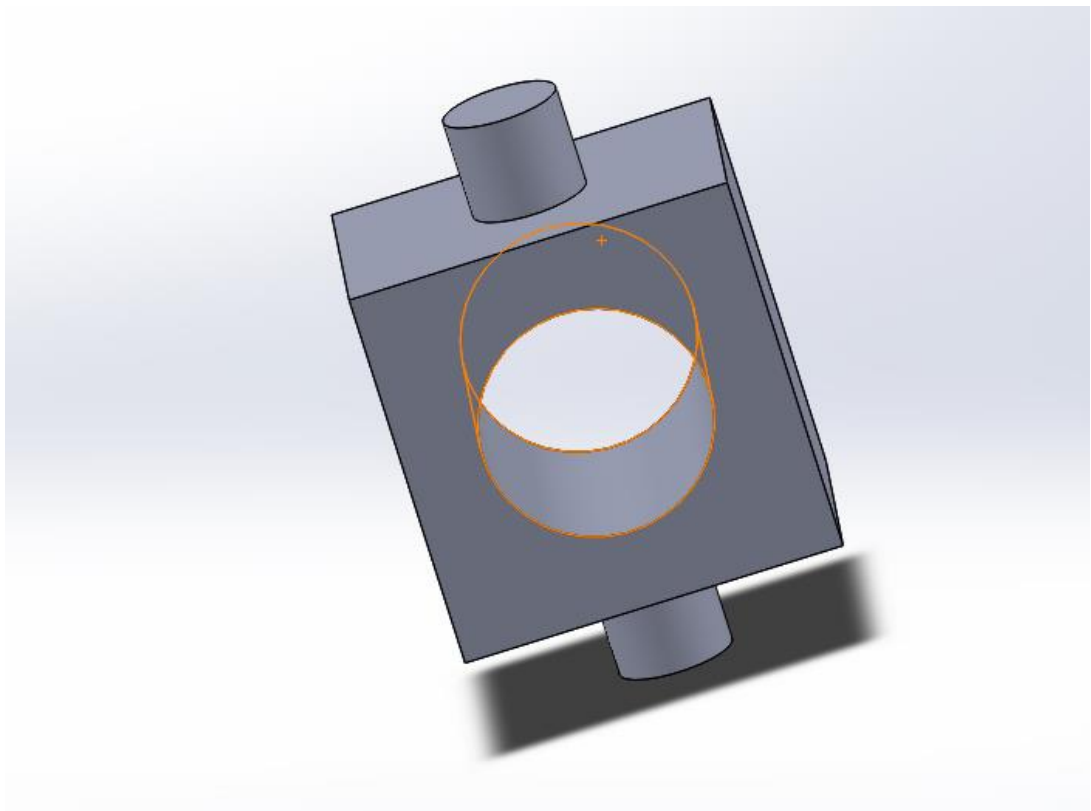
- tietokoneavusteinen suunnittelu
- tuotekehitys
- television animaatiot ja kuvitus
- aikakauslehtien sisältö
- tietokone- ja videopelit
- elokuvat ja TV-sarjat [3.]

Tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmia alkoi tulla jokaisen suunnittelijan ulottuville 1980-luvulla. Ensimmäiset suunnitteluohjelmat pyrkivät matkimaan piirustuslaudon käyttöä, ja tätä voitiinkin kutsua paremminkin tietokoneavusteiseksi piirtämiseksi kuin suunnitteluksi. Kolmiulotteista suunnittelua suunniteltiin ja kokeiltiinkin jo 1980-luvulla, mutta silloin siitä vielä luovuttiin, kun ei saatu valmiiksi ensimmäistäkään kolmiulotteista tuotemallia. Autodesk Inc:n ensimmäinen AutoCAD-ohjelmisto julkaistiin vuonna 1982, ja 1990-luvulla se nousi maailman johtavaksi CAD-ohjelmistoksi. Vuonna 1995 julkaistiin ensimmäinen SolidWorks-ohjelmisto, joka nousi suosituksi Windows-tyyppisen ja helppokäyttöisen käyttöliittymän vuoksi. [4.]

6.2 3D-Mallinnus ja piirustusten teko

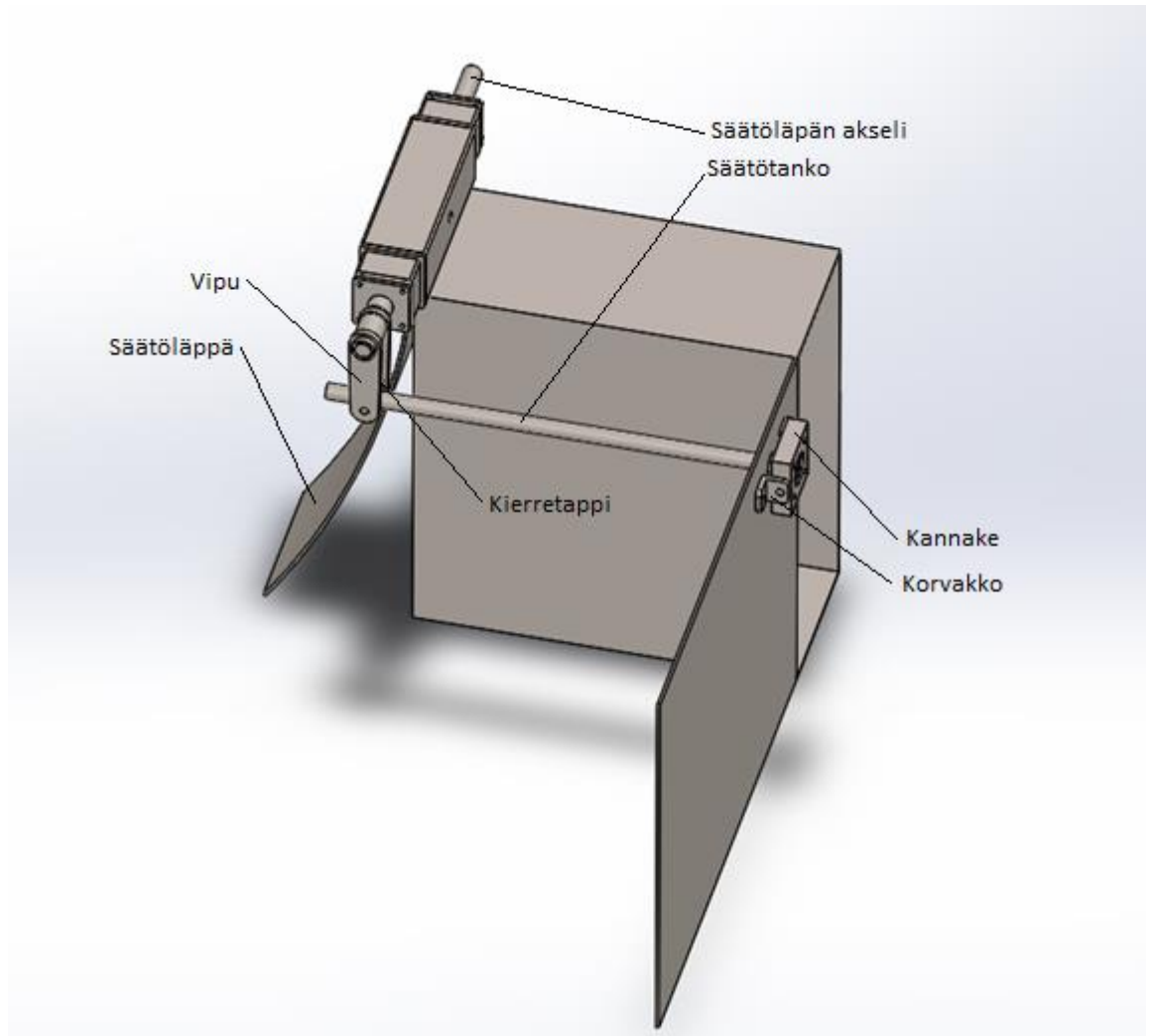
Toimeksiantajan puolelta tuli ehdotus, josta oli käsinpiirretty luonnos. Tätä aloin tutkimaan tarkemmin ja selvittämään sen toimivuutta. Aluksi piti tutkia, toimiiko tämä ratkaisuehdotus ja tarvitseeko siihen tehdä mahdollisia korjauksia. Mekanismin toiminnan tutkimiseksi suoritin 3D-mallinnuksen SolidWorks-ohjelmalla.

Tärkeimmät asiat, miksi tein 3D-mallinnuksen olivat, että sillä näkee osista sopivatko ne miten hyvin keskenään ja tarvitseeko itse osien rakenteisiin tehdä jotakin korjauksia. Mitoituksen pystyy myös tarkistamaan ja tekemään tarvittaessa vaadittavat korjaukset. Lisäksi 3D-mallinnuksen teko helpotti piirustusten tekoa huomattavasti. Valmiista 3D-malleista oli helppoa tehdä ensin 2D-piirustukset SolidWorks-ohjelmalla ja tallentaa ne AutoCAD-ohjelmalle sopivaan dwg-formaattiin ja tehdä loput tarvittavat muokkaukset sillä.



Kuva 6. Kuvaa osien 3D mallinnuksesta.

Aloitin suunnittelutyön mallintamalla jokaisen osan SolidWorks-ohjelmalla, jotta pääsisin näkemään mekanismin toimivuuden. Jokaisesta osasta piti tehdä 3D-malli, jotta niistä pystyi tekemään kokoonpanon. Vasta kokoonpanoa testatessa pystyi näkemään, miten osat sopivat keskenään ja miten mekanismi toimii. Kokoonpanoa tehdessä pystyi myös testaamaan osien mitoituksen ja sen, tarvitseeko yksittäisten osien mitoitusta korjata.



Kuva 7. Kuvaa valmiista ilmansäätömekanismin 3D-mallista.

Mekanismin pääkoonpano koostuu kahdesta alikokoonpanosta, jotka ovat säätöläpän mekanismi ja säätötanko osineen. Edellisellä sivulla olevassa kuvassa on 3D-malli, ja siihen on nimetty muutamia osia havainnollistamaan mekanismin toiminnan kannalta oleellisia osia. Säätötankoa pyöritetään kannakkeeseen tulevan kahvan avulla. Kun kahvaa pyöritetään, alkaa säätötanko pyöriä. Säätötangon pyöriessä kierretapin sisällä alkaa säätötangon ja säätöläpän akselin yhdistävä vipu liikkua, joka saa lopulta säätöläpän liikkumaan.

Säätötanko olisi vääntynyt, jos se olisi kiinnitetty kiinteästi toiseen päähän. Tämän ongelman ratkaisi korvakko, joka joustaa sen verran, että säätötanko ei pääse vääntymään. Tämän ongelman ratkettua kokoonpano toimi suunnitellusti. Muita isompia ongelmia ei tullut vastaan ja 3D-mallinnuksen jälkeen lujuuslaskujen aloittaminen onnistui hyvin. Ne on esitelty lujuuslaskenta luvussa.

Lujuuslaskennan jälkeen aloitettiin piirustusten teko. Tämän tekeminen aloitettiin SolidWorks-ohjelmalla, jolla pystyi jo valmiista 3D-malleista tekemään helposti 2D-piirustukset ja määrittämään oikean mittakaavan. Jokaisesta kokoonpanosta ja kaikista tarvittavista osista tehtiin SolidWorks-ohjelmalla 2D-piirustukset, jotka tallennettiin dwg-formaattiin, jotta niitä pystyisi muokkaamaan AutoCAD-ohjelmalla. Sitten tehtiin kyseisellä ohjelmalla loput tarvittavat muokkaukset. Tämä tehtiin siksi, että kyseisessä formaatissa tiedostoja pystyy jälkikäteen tarvittaessa muokkaamaan muillakin ohjelmilla kuin ainoastaan SolidWorks-ohjelmalla.

7 LUJUUSLASKENTA

7.1 Käsini tehty lujuuslaskenta

Lujuuslaskennassa tärkein tavoite oli selvittää, mitä kaikkia erilaisia rasituksia mekanismin eri osiin kohdistuu ja minkälaisia voimia eri rakenteiden tulisi kestää. Tämän tiedon pohjalta pystyisi sanomaan, kestävätkö mekanismin eri osat ja mitä vaatimuksia voimat aiheuttaisivat materiaalivalinnan osalta.

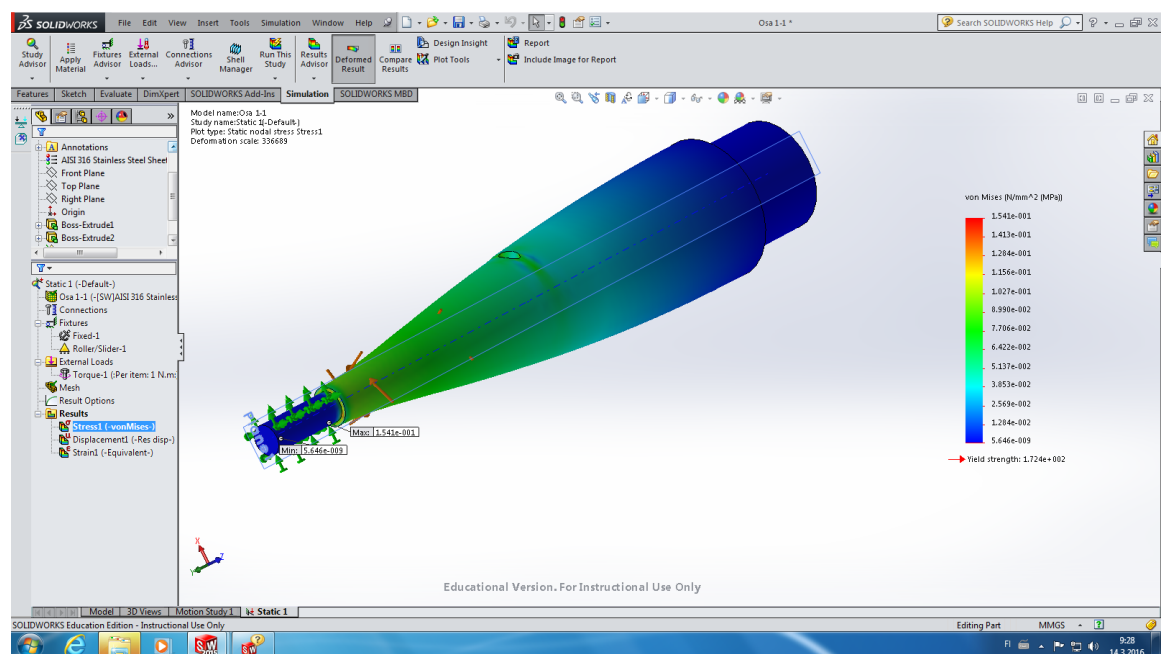
Lähtöarvona oli, että säätöläpän kohdalla lämpötila on 200 °C. Suunnittelutyössä lämpötilan arvona käytettiin 280 °C. Tämä johtuu siitä, että palamisilma tuodaan mekanismille esilämmitettynä sekä itse kattilassa tapahtuvasta palamisesta, josta johtuu ja säteilee lämpöä. Lujuuslaskennan avulla selvitettiin myös, pystyisikö mekanismia optimoimaan useammalle eri rakennekoolle. Itse säätöläpän akseliin kohdistuva voima vaihtelee 1000–3200 Nm välillä. Lujuuslaskenta suoritettiin kahdella eri tavalla. Ensiksi laskettiin käsin, jotta selviäisi millaisia voimia mekanismin eri osiin kohdistuisi. Käsin tehdystä laskennasta saatuja tuloksia pystyi sitten vertailemaan SolidWorks-ohjelmalla tehtyjen lujuusanalyysien tuloksiin. Kahdella erilaisella tavalla laskeminen oli sen takia järkevää, että saatiin varmuus itse mekanismin ja sen eri osien kestävydestä.

Materiaalina mekanismin eri osissa käytetään S355 rakenneterästä, jonka myötölujuus on 355 N/mm². Lähtöarvon mukainen lämpötila ei aiheuta tälle materiaalille ongelmia. Käsin tehdyssä laskennassa keskityttiin tämän tiedon jälkeen mekanismin tarkasteluun mekaniikan osalta. Säätötangon varteen kohdistui suurimmillaan 21 kN voima ja nurjahdusta varsi kestää 108 kN, eli tämän puolesta ei tule ongelmia. Lisäksi varteen kohdistuvia jännityksiä säätötangon varsi kestää moninkertaisesti 30 mm materiaalivahvuudella. Laskennassa selvisi, että säätötanko kestäisi 1500 Nm asti 24 mm ainevahvuudella ja siitä ylöspäin 30 mm ainevahvuudella säätötanko kestäisi voimia 3200 Nm:n asti. Tämän perusteella mekanismin voisi optimoida kahdelle eri rakennekoolle.

7.2 SolidWorks-ohjelman lujuusanalysit

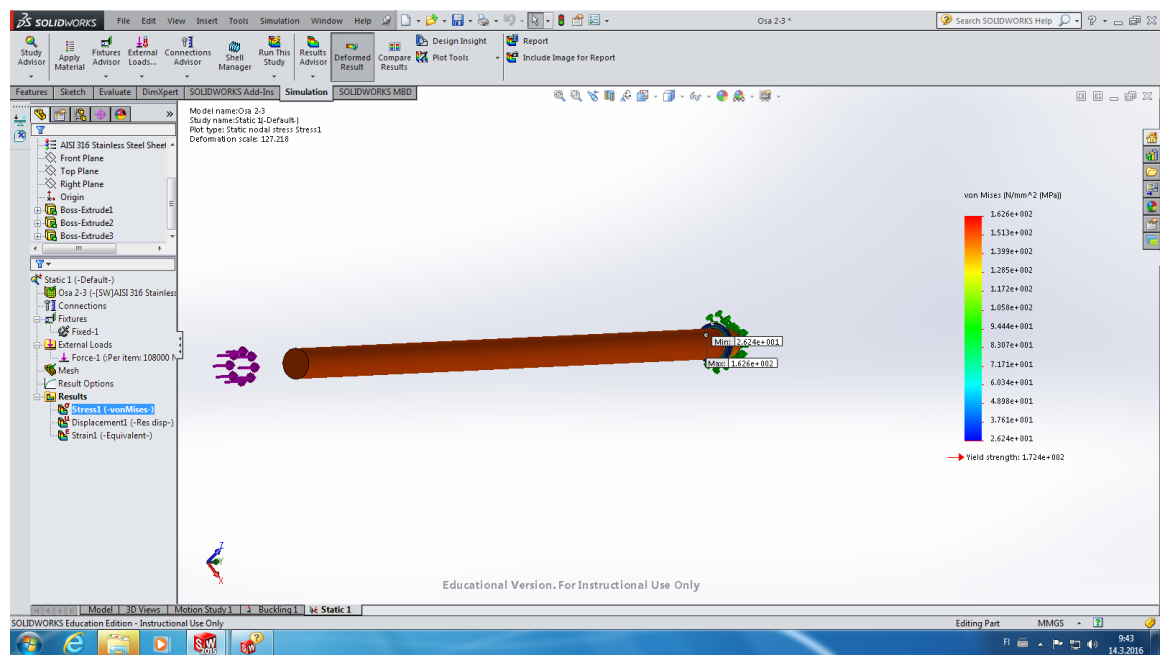
Käsintehdyillä laskelmilla selvisi, että mekanismi kestää hyvin vaadittuja voimia, mutta SolidWorks-ohjelmalla tehtyjen analyysien avulla pystyi selvittämään tarkemmin, mihin kohti eri osia kohdistuu voimia. Lisäksi SolidWorks-ohjelmalla tehdystä lujuusanalysista ja siitä saaduista tuloksista pystyi päättämään, onko käsintehdyissä lujuuslaskuissa tullut virheitä. Lujuusanalysien työkaluna käytettiin SolidWorks-ohjelmasta löytyvää SimulationXpress-lujuuslaskentamoduulia, joka oli todella helppokäyttöinen tietokoneavusteisen suunnittelun välineenä. Sen avulla saatiin kaikki tiedot, joita haluttiinkin saada tietää mekanismista ja sen osista.

Säätöläpän akselista kiinnostavin tieto oli miten se kestää siihen vaikuttavia voimia. Säätöläpän akseli kestää SolidWorks-ohjelmalla tehdyn analyysin mukaan reilusti siihen vaikuttavat voimat, joten sen kestävydestä saatiin varmistus tämän alla olevan kuvan mukaisen analyysin avulla.



Kuva 8. Kuvaa säätöläpän akselin lujuusanalysista.

Säätötangosta testattiin, miten se kestää nurjahdusta ja muita siihen vaikuttavia voimia. Tämän SolidWorks-ohjelmalla tehdyn analyysin perusteella mekanismi kestää helposti siihen vaikuttavat voimat. Tämä alla olevan kuvan mukainen analyysi antoi samat tulokset kuin käsintehty laskelma, jolloin molempien antamaan tulokseen pystyi luottamaan paremmin.



Kuva 9. Kuvaa säätötangon nurjahdusvoimien testauksesta.

Sekä SolidWorks-ohjelmalla tehdyt analyysit että käsintehty luku- ja lujuuslaskelmat antoivat samat tulokset. Näin ollen niistä saatuja tuloksia voi pitää luotettavina ja niistä voi päätellä, että mekanismi kestää siihen kohdistuvat voimat ja rasitukset. Edellisessä kappaleessa oli mainittu jo mekanismin rakennukseen optimoinnista ja tämän mukaan sen voisi optimoida kahdelle eri rakennekoolle lujuuslaskelmien perusteella.

8 MEKANISMIN AUTOMATISOINTI

Mekanismin automatisoinnin toteuttamiseksi löytyi kaksi hyvää vaihtoehtoa, joista molemmista esitetään tässä luvussa ratkaisuehdotukset sekä kerrotaan niiden hyvistä ja huonoista puolista tätä käyttötarkoitusta ajatellen. Automatisoinnin vaatimuksia oli, että se piti olla helposti lisättävissä ja poistettavissa.

8.1 Pneumatiikka

Pneumatiikka toimii siten, että jokin toimilaite, esimerkiksi kompressori puristaa ilmaa kasaan eli pienentää sen tilavuutta, jolloin paine kasvaa ja tähän paineenalaiseen ilmaan varastoituu energiaa. Tätä energiaa voidaan käyttää jonkin työn tekemiseen. Pneumatiikkaa käytetään nykyään melkein kaikilla teollisuuden aloilla, esimerkiksi metalli-, auto-, lentokone-, kaivos-, puhelin-, sähkö-, puunjalostus-, muovi-, kumi-, elintarvike-, tekstiili- ja lääketieteellisyydessä sekä avaruustekniikassa. Suomessa pneumatiikkaa on käytetty nykyisessä muodossa 1950-luvulta lähtien. [5.]

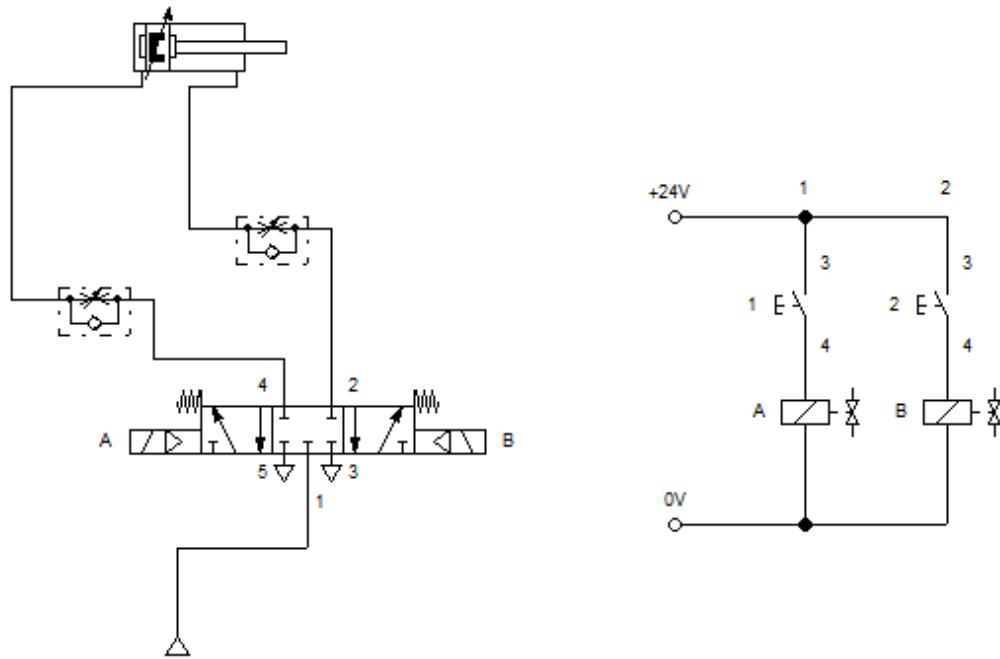
Pneumatiikan etuja on, että sen komponentit ovat halpoja, niiden huoltotarve on vähäinen, sekä niiden toimintavarmuus melko laajalla lämpötila-alueella, joka on tässä tapauksessa tärkeä kriteeri. Pneumaattisissa laitteissa kiertää pelkkää ilmaa, joka itsessään on vaaratonta ja ei aiheuta mahdollisessa vika- tai vuototilanteessa vahinkoa itse soodakattilalle ja mekanismille. Huonona puolena pneumatiikalla on tämän projektin kannalta, että sen liikkeet ovat melko äkkinäisiä ja epätasaisia. Ilmansäätömekanismi vaatii useampia välisentoja ja pneumatiikan avulla tämän toteuttaminen on hankalaa. Lisäksi pneumatiikan hyötysuhde on huono verrattuna muihin vaihtoehtoihin. [5.]



Kuva 10. Laippamallinen pneumaattinen moottori.

Pneumaattisen ratkaisun kytkennän tekemiseen ja testaamiseen käytettiin FluidSim-ohjelmaa. FluidSim-ohjelman avulla pystyi toteamaan, miten kytkentä toimii ja sen avulla saa kytkennän esitettyä selkeässä ja helposti ymmärrettävässä muodossa.

Ratkaisussa mekanismia olisi tarkoitus liikuttaa yllä olevassa kuvassa olevan pneumaattisen moottorin avulla. Moottoria ja sen liikkeitä ohjattaisiin yhdellä 5/3-suuntaventtiilillä seuraavalla sivulla olevan kytkentäkaavion mukaisesti. Kytkimillä 1 ja 2 voi valita, kumpaan suuntaan moottoria haluaa pyörittää. Molemmille moottorin tulopuolille laitetaan vastusvastaventtiilit, joiden avulla sen liikkeistä saadaan hieman hallitumpia ja tasaisempia. Tällä kytkennällä moottoria voi pyörittää molempiin suuntiin, ja se pysyy tarvittaessa paikallaan. Liikkeet ovat niin tasaisia ja hallittuja kuin mahdollista, jolloin säätöläpän asennon tarkempi säätäminen on mahdollista.



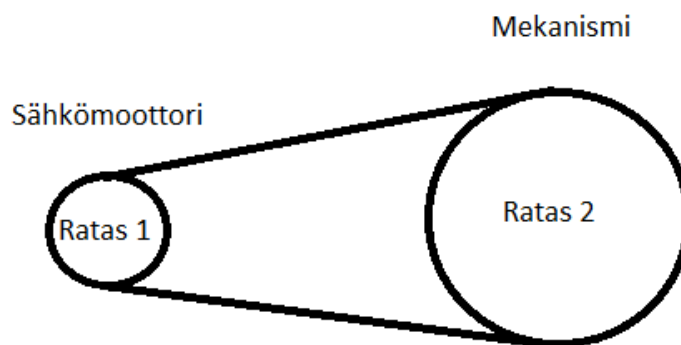
Kuva 11. Pneumaattisen ratkaisun kytkentäkaavio.

OSALUETTELO

- Kompressori 1 kpl
- 5/3 Suuntaventtiili 1 kpl
- Vastusvastaventtiili 2 kpl
- Kytkimiä 2 kpl
- Venttiilin solenoideja 2 kpl

8.2 Sähkömoottori

Sähkömoottori on sähköllä toimiva moottori, jonka avulla sähköenergiaa muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottorissa luodaan kelalle käärittyjen johtimien eli käämien väliseen magnetoituvaan metalliin sähköä avulla magneettikenttä, jonka napaisuutta sopivalla taajuudella vaihtelemalla moottori saadaan pyörimään. [6.]



Kuva 12. Periaatekuva sähkömoottorin sijoituksesta.

Tämän opinnäytetyön vaatimassa tarkoituksessa mekanismia olisi tarkoitus pyörittää sähkömoottorilla. Sähkömoottoria ei kuitenkaan suoraan kytkettäisi mekaniimin päähän, vaan siihen lisättäisiin ketjuveto. Ketjuvedon tarkoituksena on, että liikettä voitaisiin säädellä välitysten avulla. Tällä tavalla saataisiin liike todella tarkaksi ja hallituksi pneumaattiseen ratkaisuun verrattuna. Lisäksi hyötysuhde on sähkömoottorissa paljon parempi. Tämä ratkaisu olisi helposti poistettavissa ja lisättävissä, jos haluaa esimerkiksi lisätä automatiikan jälkikäteen.

Moottoria voisi ketjuvedon avulla siirtää hieman viileämpään paikkaan, jolloin se ei olisi alttiina korkeille lämpötiloille. Kuitenkaan moottoria ei pysty siirtämään kauas, joten lämpötila on tässä ratkaisussa suurin ongelma. Kuivaamomoottori on oikeastaan ainoa, joka ominaisuuksiltaan voisi kestää näissä vaadituissa olosuhteissa.

9 YHTEENVETO

Ilmansäätölaitteen suunnittelu oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen ja opettavainen työ. Sen aikana tuli perehdyttyä moneen osa-alueeseen, kuten esimerkiksi sellutehtaan tuotantoprosessiin, soodakattilan rakenteeseen, 3D-mallinnukseen, lujuslaskentaan ja piirustusten tekemiseen. Aiempaa kokemusta suunnittelu-työstä sekä AutoCAD- ja SolidWorks-ohjelmien käytöstä minulla oli jonkin verran opiskeluun liittyvistä projektitöistä ja kolmen kuukauden ajalta, minkä kerkesin olla töissä Katera Steel Oy:ssä työharjoittelujakseni aikana ennen opinnäytetyön aloittamista.

Opin opinnäytetyön aikana paljon erilaisia asioita ja uskoisin, että jos tekisin nyt vastaavanlaisen projektin uudestaan, osaisin tehdä sen ehkä hieman paremmin ja tietäisin paremmin mitä milloinkin tekisin. Sain toimeksiantajalta ehdotuksen ja siitä tehdyt käsintehty luonnokset jo ensimmäisessä palaverissa tammikuussa. Ajattelin tämän luonnoksen olevan sen verran hyvä, että päätin tutkia sitä tarkemmin ja tehdä siitä 3D-mallin, jonka avulla totesin sen olevan pienillä korjauksilla käyttökelpoinen idea.

Opinnäytetyössä tavoitteena oli kehittää ilmasäätölaitteeseen ratkaisu, joka poistaisi nykyisen ratkaisun ongelmakohdat eli kulmavaihteen ja lämmönkestävät laakerit. Kulmavaihteen suurin ongelma oli, että se ei ollut valmistusystävällinen ja sen hinta muodostui suureksi. Lämmönkestävien laakereiden suurimmat ongelmat olivat niiden hinta, saatavuus ja vikaherkkyys. Nämä kaksi asiaa olivat tärkeimmät ongelmakohdat, jotka tulisi poistaa uudessa ratkaisussa. Uusi mekanismi toimii kierteellä olevan säätötangon ja siihen kiinnitetyn vivun avulla. Se on rakenteeltaan yksinkertaisempi ja huoltovapaampi kuin nykyinen ratkaisu, koska siinä on paljon vähemmän osia, jotka voisivat rikkoontua.

Teoriatietoa oli koko ajan saatavilla niin paljon kuin tarvitsinkin. Sellutehtaan tuotantoprosessiin ja soodakattilan toimintaan ja rakenteeseen perehtyminen oli tärkeää sen takia, että ymmärtäisin, millaisiin olosuhteisiin minun pitää suunnitella ilmansäätömekanismi ja mitä asioita minun tulee ottaa huomioon. Lähteinä käytin aiheesta löytyvää kirjallisuutta ja internetiä jonkin verran. Lisäksi sain työn tekemisen aikana apua tarvittaessa toimeksiantajan puolelta Markku Jauhiaiselta sekä koulun puolelta Sami Räsäseltä ja Mikko Heikkiseltä. Mallintamisen aikana tuli pieniä ongelmia, mutta neuvojen avulla niistä selvittiin. Lujuuslaskennan ja lujuusanalyysien tekemiseen jouduin kysymään vähän enemmän neuvoja, mutta niistäkin selvittiin ja saatiin tulokset. Kokonaisuutena opinnäytetyö projektina oli onnistunut josta saatiin vaadittu lopputulos ja pienistä vastoinkäymisistä huolimatta aikataulu piti hyvin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin luotua selkeä 3D-malli, jonka avulla pystyttiin tekemään 2D-piirustukset. Näistä 2D-piirustusten käyttö valmistusta ajatellen vaatii vielä tarkastamista, mutta niissä pitäisi olla kaikki tarvittava valmistusta ajatellen. Lisäksi mekanismin automatiikan toteuttamiseen saatiin opinnäytetyön tuloksena kaksi hyvää ehdotusta, joista molemmat ovat helppoja asentaa ja poistaa tarvittaessa. SolidWorks-ohjelmalla tehdyn 3D-mallin pohjalta pystyy tarvittaessa kehittämään ja jatkojalostamaan mekanisme. Tämän opinnäytetyön aikana en kerennyt nähdä, onko tämä uusi ilmansäätölaite otettu käyttöön. Lisäksi se jäi näkemättä, onko se valmistusystävällinen, joka oli yksi tämän uuden mekanismin vaatimuksista. Teorian tasolla laitteen pitäisi toimia.

LÄHTEET

1. Katera Steel Oy:n kotisivut
<http://www.katerasteel.fi/>
2. Huhtinen M, Kettunen A, Nurminen P, Pakkanen H. Höyrykattilatekniikka. 6., muuttumaton painos. ed. Helsinki: Edita; 2004.
3. Wikipedia (WWW-dokumentti)
<https://fi.wikipedia.org/wiki/3D-grafiikka>
4. Hietikko, Esa. *SolidWorks 2014*. 6. uudistettu painos. ed. Helsinki: Books on Demand; 2013.
5. Hulkkonen, Veli. Pneumatiikan perusteet Fluid Finland. Fluid klinikka No.13. 2005.
6. Wikipedia (WWW-dokumentti)
<https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori>

LIITTEET

Opinnäytetyön liitteinä olevat piirustukset on jätetty pois opinnäytetyön julkaistavasta versiosta.