



# jamk

## Rengasvaraston suunnittelu

Juho Niiles

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2022

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), Konetekniikka

**Niiles Juho**

## **Rengasvaraston suunnittelu**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2022, 45 sivua.

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

## **Tiivistelmä**

Idea rengasvaraston suunnittelusta oli toimeksiantajalla ollut jo kauan olemassa. Ideaa ei kuitenkaan ollut ruvettu jalostamaan konseptiksi, saati valmiiksi tuotteeksi. Tavoitteena olikin saada suunniteltua varastolle toimiva konsepti, josta yritys voi jatkaa konseptin kehitystä valmiiksi tuotteeksi. Työn aikana konsepti muuttui alkuperäisestä merikontti ajatuksesta karusellivarastoon. Karusellivarastoa varten jouduttiin tekemään paljon taustatutkimusta, jotta varastokonseptista saatiin mahdollisimman toimiva. Taustatutkimuksen aikana todettiin karusellivaraston olevan paras vaihtoehto renkaiden säilytystä varten.

Työ tehtiin kehittämistutkimuksena. Kehittämistutkimus yhdistelee sekä kvantitatiivista että kvalitatiivista tutkimusta. Tutkimuksen tavoitteena on saada muutosta aikaan kehityskohteessa. Työn aikana kehitys näkyi idean muuttuessa konseptiksi. Suunnittelussa hyödynnettiin Solidworks 3D-mallinnus ohjelmaa ja lujuuslaskennassa käytettiin apuna Ansys laskentaohjelmaa. 3D-mallinnus mahdollisti tuotteen muokkaamisen niin että tuloksia oli helppoa liikutella 3D-muodossa, jolloin virheiden huomaaminen oli helpompaa. 3D-ohjelmat ovat nykyään suunnittelun tärkeimpiä työkaluja.

Lopputuloksena syntynyt karusellivarasto vastaa alkuperäiseen ideaan todella hyvin. Alussa asetettu tavoite oli konseptin luominen ja siinä työn aikana onnistuttiin. Valmiiseen tuotteeseen markkinoille yrityksen täytyy kuitenkin tehdä vielä kehitystyötä sekä asiakasräätälöintiä, jotta tuote olisi varmasti haluttu asiakkaiden puolesta. Varasto tarjoaa monia etuja tavalliseen putkipalkkivarastoon nähden, joista suurin on lattiatilan säästäminen.

## **Avainsanat (asiasanat)**

Karuselli varasto, suunnittelu, renkaat, tuotekehitys.

## **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Niiles Juho**

### **Designing of tire storage**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2022, 40 pages.

Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

An idea for tire storage has been with the company for many years but no one has ever done anything to it, so it has just been an idea. Objective in this thesis was to create concept for tire storage. While working with this the concept changed from marine container to carousel storage. A lot of background research was needed because carousel storage was new topic and the storage wanted to be as good as possible. While doing the background research it was found that the carousel storage is the best solution for storing tires.

Thesis was made as developing research. Developing research combines both quantitative research and qualitative research. Goal for developing research is to develop and make changes to target of development. Solidworks 3D-modelling software was used as tool of designing and Ansys software was used for strength calculations. 3D-modelling software made changing the product much easier when the results were easily visible. Mistakes and faults were also easier to notice from modelling software. 3D-designing is one of the most important tools of today's designer.

The result of this thesis was a carousel storage that meets the concept idea well. Objective which was set in the beginning was to create concept and that goal was achieved. Company's has to make some more developing work and customer customizing for the concept that it is more usable for customers. Storage offers many advantages when compared to regular pipe beam storages. Biggest advantage is the save of floor space.

### **Keywords/tags (subjects)**

Carousel storage, design, tires, product development.

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
1.1	Toimeksiantaja .....	4
1.2	Taustatietoa aiheesta .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
<b>2</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b> .....	<b>4</b>
2.1	Aineiston keruu .....	5
2.2	Aineiston analyysi.....	6
<b>3</b>	<b>Varastot</b> .....	<b>7</b>
3.1	Varastojen pääteknologiat .....	7
3.1.1	Pystysuora karuselli varasto .....	8
<b>4</b>	<b>Työssä käytetyt menetelmät ja sovellukset</b> .....	<b>10</b>
4.1	Suunnitteluprosessi.....	10
4.2	Kynä ja paperi.....	10
4.3	3D-mallinnus .....	11
4.3.1	Solidworks.....	11
4.4	Ansys workbench .....	12
<b>5</b>	<b>Varaston osat</b> .....	<b>12</b>
5.1	Koneturvallisuuden standardit.....	12
5.2	Runko.....	13
5.3	Levytyörät ja ketju .....	13
5.4	Laakerointi.....	14
5.5	Sähkömoottori.....	14
5.6	Rengashyllyt .....	15
<b>6</b>	<b>Laskut</b> .....	<b>16</b>
6.1	Renkaiden massa ja siitä aiheutuva voima .....	16
6.2	Laakeri laskut.....	20
6.3	Runkoon kohdistuvat voimat .....	20
<b>7</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Riskit</b> .....	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>Jatkokehitys mahdollisuudet</b> .....	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>27</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>29</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>31</b>
	Liite 1. Liitteen otsikko .....	31

## Kuviot

Kuvio 1 Laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmät (Kananen 2015, 76).....	2
Kuvio 2 Laadullisen aineiston saattaminen yhteismitalliseksi (Kananen 2015, 89) .....	7
Kuvio 3 Pystysuoran karusellin toimintaperiaate (Pouri 1983, 90) .....	9
Kuvio 4 Esimerkki kuva ketjun kiinnikelevyistä.....	13
Kuvio 5 Rengashyllyn kehitys .....	16
Kuvio 6 Renkaiden punnitus tulokset .....	17
Kuvio 7 Rengashyllyn väliputken kuormitus .....	18
Kuvio 8 Rengashyllyn päädyn kuormitus .....	19
Kuvio 9 Rungon kuormitukset ansys-ohjelmassa .....	22
Kuvio 10 Ensimmäinen luonnos.....	23
Kuvio 11 Lopullisen konseptin 3D-malli.....	25

## Taulukot

Taulukko 1. Taulukon otsikko, ei lähdetietoja .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
Taulukko 2. Taulukon otsikko, ei lähdetietoja .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>

# 1 Johdanto

Nykyiset renkaidenvaihtoa koskevat säännöt tulivat voimaan 1. kesäkuuta 2020. Uusimman säännön mukaan autoon tulee vaihtaa talvirenkaat marraskuun alun ja maaliskuun lopun välillä, mikäli keli sitä edellyttää. Talvirengaspakko on olemassa joulukuun alun ja helmikuun lopun välillä. (Valtonen, J.) Talvirenkaita on olemassa kahdenlaisia. Nastallisia talvirenkaita ja nastattomia talvirenkaita eli niin sanottuja kitkarenkaita. Samaa rengassääntöä käytetään myös muissa pohjoismaissa. Jokaisella suomalaisella autoilijalla täytyy siis olla autoonsa vähintään kahdet eri renkaat. Vuonna 2020 suomessa oli liikennekäytössä 5 172 173 ajoneuvoa. Jo pelkästään Suomessa olevien autonrenkaiden määrä on todella suuri. (Suomen virallinen tilasto SVT)

Koska renkaan vaihto on varsinkin pohjoismaissa pakollinen asia, on se monelle yrittäjälle tulonlähde. Pelkästään Suomessa on kymmeniä isoja sekä pieniä rengasalan yrityksiä. Renkaiden varastointi on yleisimmin hoidettu pitkillä putkipalkki varastoilla. Varsinkin suurissa kaupungeissa rengasalan yrityksillä ei ole kaikkia renkaitansa yrityksen omalla tontilla juuri siitä syystä, että ne vievät niin suuren lattia pinta-alan. Renkaita joudutaan ajamaan yrityksen toimitiloihin aina tarpeen vaatiessa kauempaa suuremmalta keskusvarastolta, joka kuluttaa kalliita resursseja. Renkaiden noutaminen lisää turhaa ajoa kaupungissa, jolloin myös polttoaineen kulutus on suurempaa. Turhaa ajoa tulisi välttää, jolloin myös päästöt vähenevät ja yritys kykenee toimimaan enemmän vihreiden arvojen ehdoilla. Samalla yritys joutuu maksamaan työntekijälle palkkaa, joka renkaita hakee. Molemmista näistäkin kuluista päästäisiin rengasvarastolla eroon. Lattia pinta-alan säästämisen on rengasvarastossa yksi keskeisimpiä kohtia. Tarkoituksena on luoda pyöritettävä karuselli-varasto, jota käyttäjän on helppo täyttää sekä tyhjentää ergonomisesti.

Jos rengasvarasto mahdollisesti sijoitettaisiin ulos, tulisi sen ulkokuori olemaan ympäristöystävällisistä hamppubetoni harkoista valmistettu. Hamppubetoni harkot ovat hiilineutraali rakennusmateriaali, joka toimii myös loistavana paloeristeenä suurelle palokuormalle, mikä auton renkaista syntyy. Toimiessaan varasto voisi säästää sekä kallista polttoainetta että lattiatilaa kuin myös luontoa hyödyntäessään hamppubetonin ansiosta ympäristöystävällisiä rakennusmateriaaleja.

Opinnäytetyössä ei keskitytä varaston loogiseen ohjaukseen eikä muihinkaan mahdollisesti tarvittaviin lisävarusteisiin vaan varastosta tehdään vain perusversio. Jotta varasto olisi kaikkein helppo käyttöisin esimerkiksi rengasalan yritykselle, olisi sen oltava yhdistetty yrityksen omaan PDM-

järjestelmään. Tämä on kuitenkin jatkokehityskohde ja siihen ei tämän opinnäytetyön aikana keskitytä. Suunniteltava varasto on tarkoitettu vain sisäkäyttöön ja jos varastoa halutaan käyttää ulkona, tulee se tarkastella läpi ulkoilmaan sopivuuden kannalta. Ulkoilmassa ollessaan varasto tarvitsee pintakäsittellä, jotta kosteus ei vaikuta varastoon hapettumisen muodossa. Pintakäsittelyä ei vaadita, jos varastoa käytetään vain kuivissa sisätiloissa kuten tässä opinnäytetyössä on suunniteltu. (Sipilä, R. 2014)

## 1.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii ProSolve Oy, joka on insinööri- / suunnittelutoimisto, jonka päämaja sijaitsee Jyväskylän Savelassa. ProSolve on perustettu helmikuussa 2004 ja sen toimitusjohtajana toimii Janne Salmela. Hän omistaa 80 % yrityksen osakkeista. Loput 20 % ja kaantuvat pienosakkaiden välillä. Janne toimii toimitusjohtajana ja hoitaa hallitusta yksin. Koska ProSolvella on koko ajan enempi työtä ja asiakkaita, olisi hyvä, jos tätä vastuuta voisi jakaa ja toimitusjohtajan ei tarvitsisi yksin hoitaa kaikkea. Tämän takia esimerkiksi yrityksen suunnittelupäällikön rooli kasvaa koko ajan. ProSolve työllistää tällä hetkellä 13 työntekijää, joista 90 % on insinööri taustaisia. ProSolven liikevaihto oli viime vuonna 0,8 miljoonaa euroa ja muutaman seuraavan vuoden aikana tavoitteena on laajentaa toimintaansa sekä kasvattaa liikevaihtoa. (Salmela, J. 2022)

## 2 Tutkimusmenetelmät

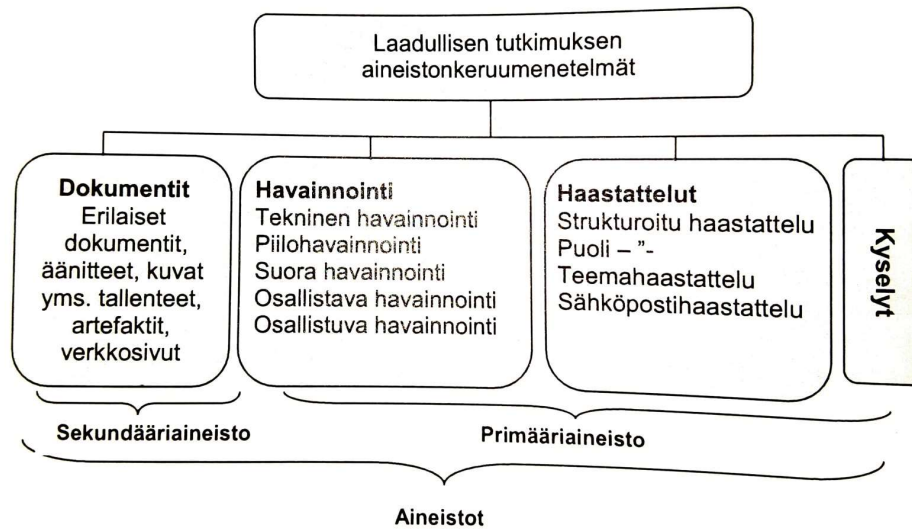
Opinnäytetöitä tehdessä on yleisesti kaksi eri tutkimusmenetelmää käytettävissä. Kvalitatiivinen sekä kvantitatiivinen tutkimus. Tämä kyseinen opinnäytetyö tehtiin kehittämistutkimuksena, joka yhdistelee asioita sekä kvalitatiivisesta- että kvantitatiivisesta tutkimuksesta. Tavallisesti kummasakaan tutkimuksessa ei poisteta ongelmia, joka on ominaista kehittämistutkimukselle. Jorma Kananen toteaaakin, että kehittämistutkimus alkaa vasta kun perinteinen tutkimus päättyy (Kananen, J. 2015.). Opinnäytetyössä haetaan ratkaisua kysymyksiin, miten tilaa säästetään. Miten renkaita saadaan varastosta helpoiten? Miten renkaita on paras varastoida? Miten rengasvarastosta saadaan toimiva palvelu?

## 2.1 Aineiston keruu

Opinnäytetyön aikana tarvittua tietoa on kerätty useista eri lähteistä ja monella eri aineiston keruutavalla. Laadullisessa tutkimuksessa suurin osa aineistosta on tekstimuodossa. Aineistoa on jonkin verran saatavilla myös kuvina sekä videoina. Jorma Kanasen mukaan laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmät voidaan jakaa sekundäärisiin ja primäärisiin menetelmiin. Kuviosta 1 nähdään, että laadulliselle tutkimukselle tyypillisiä tiedonkeruutapoja ovat dokumentit, havainnointi, haastattelut sekä kyselyt. Näistä dokumentit kuuluvat sekundäärisiin ja havainnointi, haastattelut sekä kyselyt primäärisiin. Myös tiedelukutaito.mooc.fi sivusto on Kanasen kanssa samaa mieltä aineistonkeruumenetelmien jaosta. Aineistonkeruumenetelmien pääkohdat voidaan jakotella vielä pienempiinkin ryhmiin, esimerkiksi verkkosivut voidaan lukea dokumentiksi. Haastatteluja voi myös olla monenlaisia, kuten sähköpostihaastattelu tai suoraan kasvokkain suoritettu ”face to face” haastattelu. (Kananen, J. 2015)

Omassa opinnäytetyössäni suurimmassa roolissa ovat erilaiset dokumentit. Kananen jakaa dokumentit alaryhmiin. Erilaisia alaryhmiä ovat verkkodokumentit kuten muistiinpanot, sähköpostit, verkkosivut, videot sekä valokuvat. Myös erilaiset fyysisen maailman dokumentit kuten kirjat, tutkimukset, raportit, tilastot ja muistiot ovat dokumenttien alaryhmiä (Kananen, J. 2015). Opinnäytetyössä tukeudutaan myös vahvasti alan standardeihin, koska ne ovat suunnittelulle perusta niiden käyttöä vaaditaan, jos tuote halutaan jonain päivänä markkinoille, joten ne vaikuttavat suureen osaan suunnitteluprosessia.



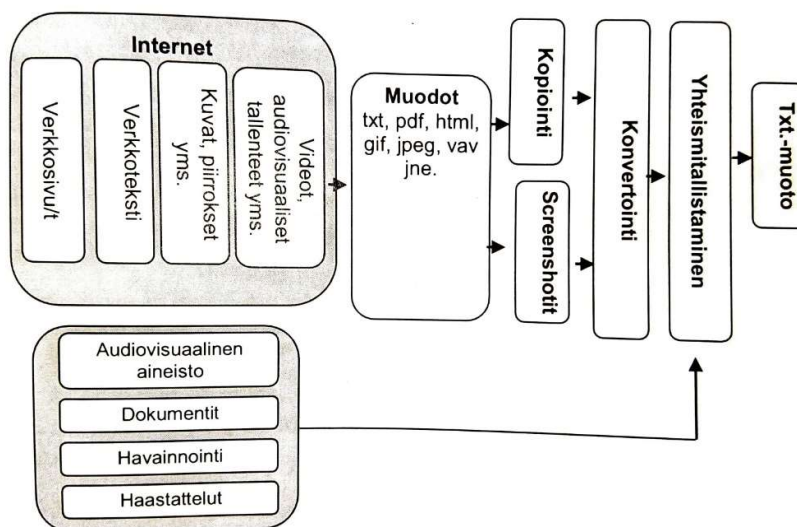


Kuvio 1 Laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmät (Kananen 2015, 76)

Tutkimusmenetelmät ja -aineisto. N.d. <https://tiedelukutaito.mooc.fi/part-3/3-tutkimusaineiston-kerääminen>

## 2.2 Aineiston analyysi

Aineistojen analyysin lopullinen tavoite on se, että monessa eri muodossa olevat aineistot saadaan lopullisessa muodossaan tekstiksi eli txt. -muotoon. Aineistoja voidaan konvertoida monella eri tavalla. Näitä mahdollisia tapoja ovat mm. litterointi, aineistojen yhteismitallistaminen, aineistoon perehtyminen lukematta, aineiston luokittelu ja tiivistäminen sekä aineiston tulkinta. Kananen kuva aineistojen muokkaamista kuvion 2 mukaisella kaaviolla (Kananen, J 2015). Koska aineiston analyysin lopputavoite on tietojen saattaminen tekstimuotoon, esimerkiksi litterointi, on tärkeä tapa saada äänitetyn haastattelun mp3-muodossa oleva äänimateriaali muutettua kirjoitettuun muotoon.



Kuvio 2 Laadullisen aineiston saattaminen yhteismitalliseksi (Kananen 2015, 89)

### 3 Varastot

Varasto sanalla tarkoitetaan paikkaa, jossa säilytetään jotakin tavaraa. Ne ovat tärkeä osa kaikkien yritysten toiminnalle. Varastoja käytetään joko yrityksen toiminnan nopeuttamiseksi tai suoraan asiakaspalvelun nopeuttamiseksi. Ne voidaan jakaa kahdella tavalla päätyyppeihin. Toimintaa turvaavat varastot ja asiakaspalvelua turvaavat varastot. Tai vaihtoehtoisesti prosessin kulun mukaan alku-, väli-, ja loppuvarastoihin.

#### 3.1 Varastojen pääteknologiat

Kuten jo aiemmin todettiin, on varastoja monia erityyppisiä. Varastoilla voi olla myös eri niin kutsuttuja pääteknologioita. Näitä teknologioita ovat mm. erityyppiset korkeavarastot, syväkuorma-varastot, läpivirtausvarastot, kuormalavavarastot sekä pystysuorat karusellit. Näistä viimeimpänä mainittu pystysuora karuselli on tässä opinnäytetyössä käytetty varastointityyppi.

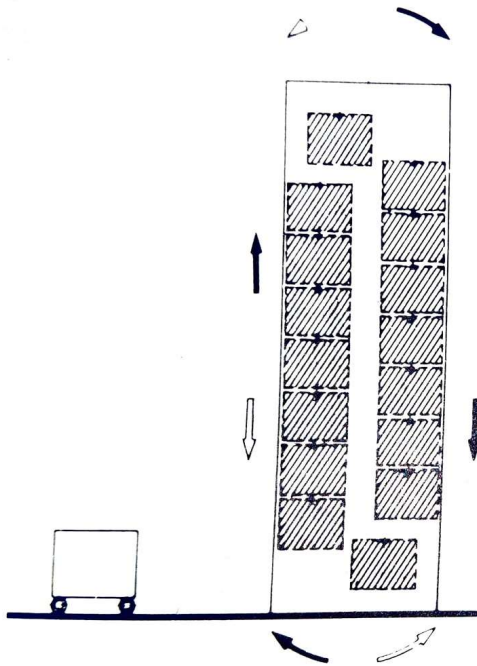
Varaston pääteknologian valintaan vaikuttavat monet seikat. Näitä ovat mm. tavaran määrä, koko tai paino, kuinka nopeasti tavara lähtee varastosta ja kuinka tavaraa tulee säilyttää eli esimerkiksi onko varasto lämmin tai viileä.

### 3.1.1 Pystysuora karusellivarasto

Kun varaston pääteknologiaksi valitaan pystysuora karuselli, saavutetaan sillä monia etuja, jotka nykypäivän maailmassa ovat tärkeitä tekijöitä. Kenties tärkein etu nykypäivän maailmassa, mikä karusellilla saavutetaan, on lattiatilan säästö. Vuokratilat ja tonttien kustannukset ovat nousseet todella paljon viimeisen vuosikymmenen aikana, jolloin yrityksen on järkevää valita varastoratkaisuksi karusellivarasto. Esimerkiksi perinteiseltä hyllyvarastolta vaadittava lattiatila on suurempi kuin karusellivarastolta. Hyllyvarastossa varastoitavat tuotteet vievät tilaa pituussuunnassa, kun taas karusellissa tilaa saadaan hyödynnettyä pystysuunnassa. Pystysuora karuselli voidaan myös helposti optimoida yritykselle oikean kokoiseksi, kun ainoa rajoittava tekijä on hallin korkeus, johon varasto asetetaan. Jos yritys ei tarvitse koko hallin korkuista varastoa, myös pienempiä versioita on saatavilla.

Pystysuoralla karusellilla voidaan myös säästää tavaran käsittelyaikaa, kun varasto pyörittää halutun tuotteen aina alas helposti saataville. Tällä saadaan säästettyä kävely- ja kuljetusaikaa varaston sisällä. Pyörittämisen ansiosta varaston täyttö ja tyhjennys ovat myös helposti suoritettavissa, kun molemmat voidaan suorittaa aina samalta korkeudelta. Näin ollen myös työergonomia pysyy hyvänä, kun työntekijän ei tarvitse nostaa tavaroita aivan lattiantasosta eikä nostaa tavaroita päänsä yläpuolelle. Varaston ollessa ergonominen pystyy varaston käyttäjä tekemään pidempään töitä ilman, että joutuisi sairaslomalle kipeytyneen selän vuoksi. Varasto on myös tämän ansiosta turvallinen käyttäjälleen.

Kuviossa 3 näkyy karusellivaraston toimintaperiaate. Nimi karusellivarasto on hyvin kuvaava tälle varastoratkaisulle. Varasto pyörii karusellin tapaan ympäri ja tavarat liikkuvat puolesta riippuen joko ylös- tai alaspäin. Vaikka varasto olisi 15 m korkea voidaan tällä pyörittää halutut tavarat alas tarjolle. Karuselli varastoa on myös helppoa moduloida eli saman tyylisellä varasto ratkaisulla voidaan tehdä moneen eri kokoluokkaan sopiva varastointi ratkaisu.


**TOIMINTA:**

- Varastohenkilö kutsuu oikean hyllytason käsittelykorkeudelle ohjainnäppäimistön avulla
- Elektroninen ohjauskeskus välittää käskyn käyttömoottorille
- Jarrulla varustettu vaihdemoottori käyttää hyllyn päissä kulkevia päätymättömiä ketjuja ja tuo ketjuihin kytketyn hyllyn halutulle paikalle. Hylly pysyy jarrun ansiosta tarkasti paikallaan
- Tavara voidaan nyt lastata tai purkaa parhaimmalla käsittelykorkeudella, vaikka hylly olisikin esim. 10 m korkea.

*Kuva 45. Pystysuora karuselli ja sen toimintaperiaate. Hyllyt liikkuvat paternosterhissin periaatteella molempiin suuntiin.*

Kuvio 3 Pystysuoran karusellin toimintaperiaate (Pouri 1983, 90)

Pystysuorat karusellivarastot on myös mahdollista helposti yhdistää yrityksen omaan tietojärjestelmään. Logiikan avulla karuselli saadaan pyörimään oikeaan asentoon ja näin karusellin ohjaaminen onnistuu helposti tietokoneen avulla. Logiikka on mahdollista ohjelmoida valitsemaan hyllylle aina lyhin pyörimissuunta, jotta haluttu hylly saadaan työntekijälle tarjolle. Karuselli voi pyöriä kahteen suuntaan, joten logiikka voi auttaa säästämään varaston toiminta-aikaa pyörimissuunnan valinnalla. Logiikalla voidaan nopeuttaa esimerkiksi rengasliikkeessä asiakaspalvelua, kun rengasvarasto pyörii automaattisesti oikeiden renkaiden kohdalle myyjän palvellessa asiakasta. Kun hylly odottaa valmiina, saa asiakas renkaansa nopeasti. (Pouri, R. 1983.)

## 4 Työssä käytetyt menetelmät ja sovellukset

### 4.1 Suunnitteluprosessi

Opinnäytetyötä suoritettiin koulun suunnittelukursseilta opitulla kaavalla. Suunnitteluprojekti aloitetaan aina aikataulutuksella. Hyvin aikataulutettu ja valmisteltu projekti on helpompi saattaa valmiiksi asti ilman suuria viivästyksiä tai ongelmia. Aikataulutukseen on hyvä käyttää aikaa, sillä hyvä aikataulua on helpompi seurata.

Kun aikataulu on saatu hyväksi, ruvetaan ideoimaan ongelmaan ratkaisua. Ideointia voidaan suorittaa monella tavalla, mutta itselle kätevin tapa on koittaa keksiä mahdollisimman paljon eri ideoita ongelman ratkaisuksi. Tässä vaiheessa mitä enemmän ideoita on sen parempi. Niin kutsutussa aivoriihi mallissa kaikki ideat kirjataan ylös eikä yhtäkään ideaa saa jättää kirjoittamatta ylös. Vaikka idea voi tuntua huonolta tai täysin mahdottomalta, voi se avata lisää ideoita, kun ideat yhdistyvät. Kun kaikki ideat on käyty läpi ja mahdollisesti yhdistelty, karsitaan niistä parhaat jäljelle. Ideoita voi karsia monella tavalla, mutta opinnäytetyössä niiden karsimiseen ei käytetty mitään varsinaista menetelmää. Menetelmiä voivat olla erilaiset pisteetykset joko painotettuna tai ilman. Ideoita pohdittiin opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa pidetyissä palavereissa. Yhteistyössä pohdittuna ja kokemuksen konsultoinnin ansiosta ideoista saatiin karsittua parhaat jäljelle. Kun ideoista oli lopulta saatu parhaat karsittua, ruvettiin näistä työstämään varsinaista ratkaisua tutkimuksen ongelmakohtiin. Suunnitteluprosessi valmiille tuotteelle sisältää paljon kokeilua ja pohtimista. 3D-mallintamalla mallinnettiin monia ratkaisuja, joista valittiin toimeksiantajan kanssa parhaat ratkaisut. Prosessin aikana hyödynnettiin toimeksiantajan sekä opinnäytetyön ohjaajan apua valintojen arvioinnissa. Tällä tavoin lopputulokseen valitut ratkaisut olivat mahdollisimman hyviä.

### 4.2 Kynä ja paperi

Työtä tehdessä käytettiin monia suunnittelijan työhön kuuluvia työvälineitä. Kynää ja paperia tuli käytettyä varsinkin työn alkuvaiheessa todella paljon. Paperille on helppo välittää ajatuksiaan ja ne on mahdollista purkaa nopeasti omasta päästä pois. Tämä voi olla tärkeää, sillä hyvät ideat tulisi aina kirjoittaa tai piirtää heti talteen. On aina olemassa riski ideoiden unohtumiselle tai ajatuksen katoamiselle. Paperille piirtäminen on myös erinomainen tapa livenä pidettyihin palaverihin,

joissa on tarkoituksena pohtia isommalla porukalla asioita. Selittämisen tueksi on hyvä saada paperille piirrettyjä kuvia, jolloin oma selitys aukeaa yleisölle varmasti paremmin. Paperille piirretty kuva on myös helpompi muistaa kuin toisen puhumat sanat. Kynän ja paperin merkitys nykypäivänä on vähentynyt, koska hyvin moni suosii ideoiden ja tietojen tallentamista digitaaliseen muotoon. Esimerkiksi puhelimeen kirjoitetaan asioita paljon ylös ja puhelimilla jopa piirretään luonnoksia erilaisista ideoista.

### 4.3 3D-mallinnus

3D-mallinnus on nimensä mukaisesti suunnittelua kolmiulotteisesti. 3D-mallinnus suoritetaan yleensä tietokone ohjelmien avulla. 3D-mallinnuksena voidaan pitää myös esimerkiksi savesta tai muovailuvahasta muotoilua. Myös savea muotoillessa hyödynnetään kolmiulotteisuutta, joka todella usein helpottaa suunniteltavan tuotteen/asian hahmottamista. Esimerkiksi autojen muotoilussa savesta valmistettu luonnollisen kokoinen malli auttaa suunnittelijaa tekemään autosta juuri sellaisen kuin suunnittelija haluaa. Joidenkin ihmisten on vaikea hahmottaa asioita vain tietokoneen ruudulta, jolloin savimalli on todella hyödyllinen. 3D-tulostus kuuluu tähän samaan kategoriaan. Tietokoneella mallinnettu osa/tuote voidaan esimerkiksi 3D-tulostaa pienoismallina ja näin sitä voidaan paremmin tutkia oikeassa elämässä. 3D-tulostamalla on myös nopeaa valmistaa prototyyppisiä. Opinnäytetyössä mallinnus oli isoin yksittäinen työkalu, joka mahdollisti opinnäytetyön lopputuloksen saavuttamisen. Ilman mallintamista olisi liki mahdotonta todeta kaikkien komponenttien osuvuus oikeaan isoissa kokoonpanoissa. Paperilla mahdollisten yhteensopimattomuuksien tai mittojen virheiden löytäminen on haastavampaa. Tietokone ohjelmat nopeuttavat mallien työstöä ja suunnittelua todella paljon. (What is 3D modelling? 2022)

#### 4.3.1 Solidworks

Solidworks on dassault systemesin kehittämä 3D-mallinnusta hyödyntävä suunnitteluohjelma. Ensimmäinen solidworks versio on julkaistu vuonna 1995. Solidworksistä julkaistaan vuosittain uusi kehitysversio. Solidworks sisältää suunnittelun työkalujen lisäksi erilaisia animointi ja kuormitus-analyysityökaluja. Solidworks toimi tämän opinnäytetyön 3D-mallinnus ohjelmana. Ohjelma oli tullut tutuksi koulun kautta kurssilta, jossa kyseistä suunnitteluohjelmaa käytettiin. Näin ollen se olikin luontainen valinta 3D-suunnittelun työkaluksi. Solidworks ohjelmalla suoritettiin kaikki mallintaminen ja 3D-suunnittelu, jota opinnäytetyön aikana tehtiin. (Beck, A)

## 4.4 Ansys workbench

Ansys on vuonna 1970 perustettu laskenta- ja analyysiohjelmien valmistaja. Yritys on perustettu Yhdysvalloissa. Ansys tarjoaa monipuolisia vaihtoehtoja eri simulointeihin. Ansys workbenchiä voidaan esimerkiksi käyttää rakenteiden kuormitusanalyysiin. Workbench käyttää FEM analyysiä, jolla voidaan simuloida muun muassa kuormitukset, värinät sekä monet muut rakenteisiin kuormituksista aiheutuvat reaktiot. Analysoinnissa ohjelma hyödyntää nelitahokas muotoa eli tetraedriä. Ohjelma jakaa laskennan tarkkuuden mukaan analysoinnin kohteen nelitahokkasiin. Nelitahokkaiden avulla ohjelma osaa laskea analyysissä syntyvät reaktiot. (Ansys company history & finite element method)

Kaikkien alumiini ja teräsosien kuormitusten analysoinnissa käytettiin ansystä apuna. Opinnäytetyöstä löytyy rengashyllyjen ja rungon kuormitusanalyyseistä kuvia. Varsinkin isojen kokonaisuuksien kuormitusten ja kestävyyksien analysoinnissa ansys on erittäin hyödyllinen työväline. Koneen laskenta tehosta riippuen, nopeuttaa ansys suunnittelijan työtä, kun esimerkiksi mietitään rungon putkipalkeille sopivaa kokoa. 3D-suunnittelu ohjelman puolella voi valmistaa 3D-mallia muokata miten tarvitsee, jonka jälkeen 3D-malli voidaan tuoda laskentaohjelman puolelle. Tämän ansiosta opinnäytetyötä tehdessä voitiin valmistuvaa mallia analysoida ja muokata kuormitusten kestämissä kannalta.

## 5 Varaston osat

### 5.1 Koneturvallisuuden standardit

Opinnäytetyössä on käytetty muutamia eri standardeja, jotka liittyvät mm. teräsrakenteiden suunnitteluun tai koneiden/laitteiden turvalliseen käyttämiseen. Standardia eurokoodi 3 sovelletaan nimenomaan teräsrakenteita suunniteltaessa. Koska opinnäytetyössä suunnitellun rengasvaraston materiaalina on teräs, hyödynnettiin tätä standardia käyttäen apuna suunnittelussa. Konetta suunniteltaessa tarvitsee myös miettiä koneen turvallisuutta käyttäjälle. Ja tässä tapauksessa käytettiin apuna koneturvallisuuden standardeja. Jos koneelle haluttaisiin joskus CE-merkintä, tulee koneen suunnittelun täyttää vaadittavat standardit.

## 5.2 Runko

Rengasvaraston runko oli aluksi suunniteltu valmistettavan 100x60 putkipalkista. Putkipalkkeja on hyvin saatavilla ja monessa eri koossa. Putkipalkki on hyvä valinta rungon materiaaliksi, koska palkin asettelulla voidaan vaikuttaa sen voimien sietokykyyn. Esimerkiksi palkki kestää ”pysty” asennossa enemmän voimaa kuin vaaka-asennossa ja tätä voidaan käyttää apuna suunniteltaessa rungon rakennetta suunniteltaessa. Seinämän vahvuus palkille valitaan runkoon kohdistuvien voimien perusteella. Kuormitusanalyysien tuloksena rungon kokoa pienennettiin 80x60x3 putkipalkkiin. Markkinoilla on saatavilla 6 metrin mittaisia putkipalkkeja. Niillä voitaisiin valmistaa opinnäytetyössä suunnitellun varaston runko kokonaisuudessa, koska konseptin putkia ei tarvitse yhdistää.

## 5.3 Levypyörät ja ketju

Levypyörä on valmistettu 18 mm paksusta levystä laserleikkaamalla. Se on ainoa osa, joka rengasvarastosta joudutaan valmistamaan itse, koska oikeanlaista ketjupyörää ei ole valmiina tarjolla. Levypyörä oli aluksi umpinainen levy, mutta kehitystyön aikana sitä kevennettiin ja lopputulos vastaa hiukan isoa moottoripyörän takaratasta. Keventämällä painoa saatiin pudotettua 75 kilosta aina 35 kiloon asti. Se kestää kuitenkin siihen kohdistuvat voimat kahden turvakertoimella. Levypyörän suuri koko johtuu siitä, että rengashyllyt mahtuvat pyörähtämään varaston yläpäädyssä. Liian pienellä halkaisijalla rengashyllyt osuvat toisiinsa eikä rengasvarasto voi toimia. 3D-mallinnuksen ansiosta mallista voitiin tutkia, kuinka suureen halkaisijaan levypyörää tarvitsi kasvattaa. Mallista tutkittiin, kuinka paljon rengashyllyt tarvitsevat tilaa liikkuaan ja lopulta levypyörän halkaisijaksi päätettiin 835 mm.

Ketju on teollisuus koneisiin tarkoitettua voimansiirtoketjua. Ketjun lenkkien kyljessä on kiinnitys levyjä rengashyllyjen väliakselia varten. Ketjun tulee kestää rengashyllyistä syntyvä kuormitus. Väliakselit kiinnitetään levyihin joko ruuviliitoksella tai hitsausliitoksella. Kuviossa 4 on esitetty esimerkki ketjujen kyljessä olevista kiinnikelevyistä.



Kuvio 4 Esimerkki kuva ketjun kiinnikelevyistä



## 5.4 Laakerointi

Rengasvarastossa käytetään kahdenlaisia laakereita. Varaston yläpäässä on kartiorullalaakerit. Ne valittiin yläpäähän siitä syystä, että ne kestävät enemmän säteiskuormitusta kuin kuulalaakerit. Kartiorullalaakerit sopivat myös hitaille nopeuksille suurilla kuormituksilla. Yläpään laakeroinnille kohdistuu rakennelman suurimmat voimat. Kuormitus kohdistuu molempien yläpäiden laakerien väliin, joten kuormitus taivuttaa laakereita ja laakeripesiä. Kartiorullalaakeri soveltuu juuri aksiaali- ja säteiskuormitukselle.

Rengasvaraston ollessa paikallaan tarvitaan laakereilta riittävä staattinen kantokyky. Staattinen kantokyky on tarkistettava aina, jos laakeri pysähtyy tai pyörii erittäin pienellä nopeudella. Jatkuvasti toimivissa koneissa staattista kantokykyä ei tarvitse huomioida.

## 5.5 Sähkömoottori

Rengasvaraston sähkömoottorin tulee täyttää vähintään yksi ehto. Sähkömoottorin on kyettävä tuottamaan riittävään suuri voima, jotta sähkömoottori jaksaa pyörittää varastoa. Varaston pyörimisnopeus on 30 sekuntia tai 60 sekuntia. Valinta tehdään sen mukaan, kuinka nopeasti varaston halutaan pyöriä. Jos varaston halutaan pyöriä 60 sekunnissa ympäri tarkoittaa se 145 mm/s nopeutta ketjulle. Suunnan valinnan mahdollistamisella voidaan pyörimisen nopeus pudottaa puoleen. Tällöin sähkömoottorin tulee pystyä pyörittämään varastoa 72,5 mm/s nopeudella. Rengasvaraston ensimmäisessä versiossa riittää, että varastoa voidaan pyörittää vain yhteen suuntaan. Sähkömoottorin tulee lähteä liikkeelle ja pysähtyä niin, että varaston hyllyissä oleva liike-energia ei pääse heilauttamaan hyllyjä. Jos varasto esimerkiksi täydestä vauhdistaan pysähtyy paikalleen, jatkaa rengashyllyt liikettään eteenpäin. Varaston ylä- ja alapäässä on mahdollista tässä tilanteessa, että rengashyllyt osuvat toisiinsa. Sähkömoottorin on tämän takia lähdettävä liikkeelle ja pysähdyttävä lineaarisesti. Näin varmistetaan, että rengashyllyt eivät osu toisiinsa varaston pyöriessä.

Suurin mahdollinen kuormitus sähkömoottorille kohdistuu, jos kaikki varastoon laitettut renkaat ovat yhdellä puolella. Kyseisessä tilanteessa moottorin tulee tuottaa suurempi momentti kuin varastossa olevista renkaista syntyä alaspäin kohdistuvaa voimaa. Rengasvaraston ollessa täynnä,

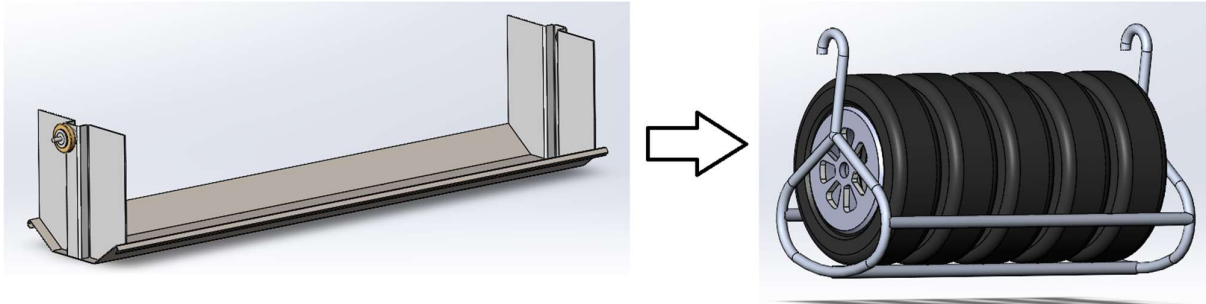
rengasvaraston molemmat puolet tasapainottavat toisiaan ja näin ollen varaston pyörittämiseen tarvittava voima on pienempi.

Rengasvarastoon valittavan sähkömoottorin on kyettävä tuottamaan suurempi momentti mikä pahimmassa mahdollisessa kuormitus tilanteessa syntyy toisen puolen renkaista. Tällöin renkaat ja hyllyt tuottavat alaspäin suuntautuvaa määrää  $G:n$  verran, jolloin voiman joka varastoa pyörittää on oltava isompi kuin  $G$ . Jos voima on sama kuin  $G$ , riittää se pitämään varaston paikallaan.

## 5.6 Rengashyllyt

Rengashyllyt on valmistettu alumiiniputkesta taivutettuja hyllyjä. Hyllyt on mitoitettu kahdeksalle auton renkaalle ja niiden on tarkoitus kestää kahdeksasta renkaasta aiheutuva massa. Hyllyt on suunniteltu toimimaan niin kutsutulla henkarityylillä eli yläosassa hyllyä on koukku, josta hylly voidaan ripustaa roikkumaan sille tarkoitettuun akseliin. Henkari ratkaisulla saadaan hyödynnettyä painovoimaa hyllyn pitämiseksi aina oikeassa asennosta hyllystön pyöriessä. Henkarin painopiste on roikkumiseen suunnitellun akselin alapuolella, jolloin hylly on aina alaspäin. Hyllyn päädyt on taivutettu yhdestä putkesta ja päätyjen väliin on hitsattu kolme putkea, joiden väliin renkaat saadaan pysymään. Hyllyn sivulla olevat putket toimivat korin tapaan reunoina, joiden avulla renkaat pysyvät hyllyssä paikallaan. Renkaat voidaan siitä huolimatta kiinnittää toisiinsa ja hyllyjen päätyyn renkaiden läpi vietävällä liinalla, joka toimii varmistimena sille, että renkaat eivät pääse putoamaan pois hyllystä. Tätä voidaan käyttää apuna myös ratkaisemaan erikokoisten renkaiden aiheuttamaa ongelmaa hyllyissä, sillä isot 20 tuumaiset renkaat tarvitsisivat paljon suuremman hyllyn kuin esimerkiksi pienet 13 tuumaiset renkaat. Liinalla pienetkin 13 tuumaiset renkaat saadaan py-

symään hyllyssä paikallaan. Ilman liinaa rengashyllyille täytyisi suunnitella kehittyneempi kiinnitystapa, mutta liina oli konsepti vaiheessa yksinkertaisin ja halvin ratkaisu lisätä rengasvaraston turvallisuutta.



Kuvio 5 Rengashyllyn kehitys

Rengashylly kehittyi opinnäytetyön alusta viimeiseen versioon erittäin paljon. Kuviossa 5 on havainnoinut kehitystyötä kuvien avulla. Perusidea molemmissa hyllyissä on sama. Hyllyt roikkuvat yläreunastaan, jolloin painovoiman ansiosta ne pysyvät aina oikeassa asennossa hyllyn pyöriessä. Suurin kehitys rengashyllyssä on tapahtunut valmistuksen helppoudessa ja hyllyn monimutkaisuudessa. Moniosainen hylly on saatu kehitettyä vain yhtä putkikokoa sisältävään ratkaisuun. ”Henkarihyllyn” valmistamiseen tarvitaan kaksi työvaihetta, jotka ovat putkien taivutus ja hitsaaminen yhteen.

Rengashyllyt roikkuvat henkarikoukun tapaisen osansa avulla väliakselissa. Väliakseli on kiinnitetty ketjussa oleviin kiinnityslevyihin ja tämän ansiosta pyörivät varaston ympäri. Väliakseliksi valikoitui 50 mm x 5 mm alumiiniputki. Putkeen aiheutuu 75 MPa jännitys, joten putki pitää valita valmistettavan alumiinista, jonka myötöraja on oltava vähintään 150 MPa. Tällä tavoin saadaan väliakseli kestävämmän rengashyllyistä syntyvät kuormitukset kahden turvakertoimella.

## 6 Laskut

### 6.1 Renkaiden massa ja siitä aiheutuva voima

Suomessa eniten myyty rengaskoko on 205/55 R16. Esimerkiksi Euromasterilla kyseinen koko on reilusti myydyin rengaskoko Suomessa. Myös moottori.fi mainitsee kyseisen koon olevan Suomen

myydyin rengaskoko. (<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/kesarengastesti-halparenkaat-haastavat-testimenestyjan/> Boschin kirjoittamassa automotive handbookissa mainitaan 205/55 R16 kokoisen renkaan painavan keskimäärin 8,5 kg (bosch 2014.). Motorandwheels.comin tekemässä tutkimuksessa henkilöauton rengas painaa keskimäärin 27 paunaa eli noin 12,25 kg (motorandwheels.com).

Vanteiden painon määrittää niiden valmistusmateriaali. Vanteet voidaan valmistaa ohutlevyistä sekä eri metalliseoksista. Motor and wheels kertoo henkilöauton vanteen painavan keskimäärin 30 paunaa eli noin 13,6 kg (motorandwheels.com). Suomessa esimerkiksi laatuvaanne myy 16 tuuman alumiinivannetta, jonka paino on 8,9 kg. Samaiselta sivulta löytyy myös teräksinen ”peltivanne” jonka painoksi on ilmoitettu 10 kg. (laatuvaanne.fi)

Motor and wheelsin punnitustulokset ovat huomattavasti painavammat kuin mitä bosch kertoo oppaassansa. Renkaat ovat vuosien saatossa muuttuneet hiukan painavimmiksi mitä ne ovat olleet vuonna 2014. Audin ja Volkswagenin alla olleita renkaita punnittiin ja tuloksiksi saatiin molemmissa alle 20 kg. Kuviossa 6 on esitetty punnitusten tulokset. Kyseinen punnitustulos sisälsi sekä renkaan että vanteen painon. Rengaskoko on viime vuosina ollut kasvamaan päin ja trendinä onkin, että autoihin hankitaan nykyään entistä isompia vanteita. Myös maastureissa, lava-autoissa ja pakettiautoissa on isommat renkaat kuin tavallisen henkilöauton renkaissa. Suuremmat vanteet tarjoavat autolle vakautta ja paremman ohjattavuuden. Suurin syy vanneeseen kasvulle on kuitenkin täysin kosmeettinen eli autot mielletään paremman näköiseksi isoilla vanteilla. Vanteiden koon kasvu ei kuitenkaan vaikuta vanteen ja renkaan yhteispainoon kovinkaan paljoa. Siinä suhteessa missä vannetta kasvatetaan, pienenee vanteen ympärillä olevan renkaan profiili eli renkaan sivu on sivusta katsottuna kapeampi kuin ennen. (tirereviews.com)

Mitattu ja punnittu						
	Merkintä	Ulko ø	Leveys	Paino		
Audi	205/55 R16	630	215	19,5	Aluvaanne	Kulunut rengas
VW	195/65 R15	635	205	17	Aluvaanne	Melko uusi

Kuvio 6 Renkaiden punnitus tulokset

Rengasvarastossa on 16 hyllyä, joihin mahtuu kuhunkin hyllyyn 4 rengasta. Yhden rengashyllyn renkaiden massa:

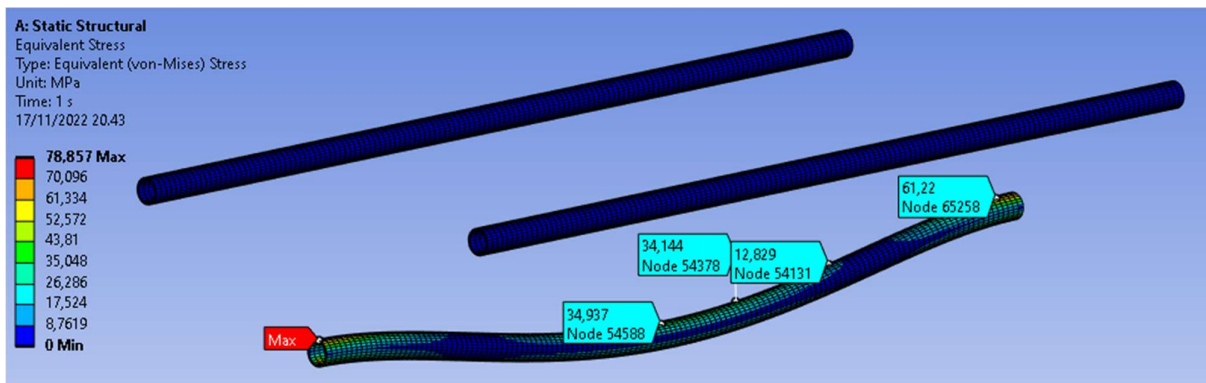
$$4 * 20 \text{ kg} = 80 \text{ kg}$$

Kaikista renkaista syntyvä massa:

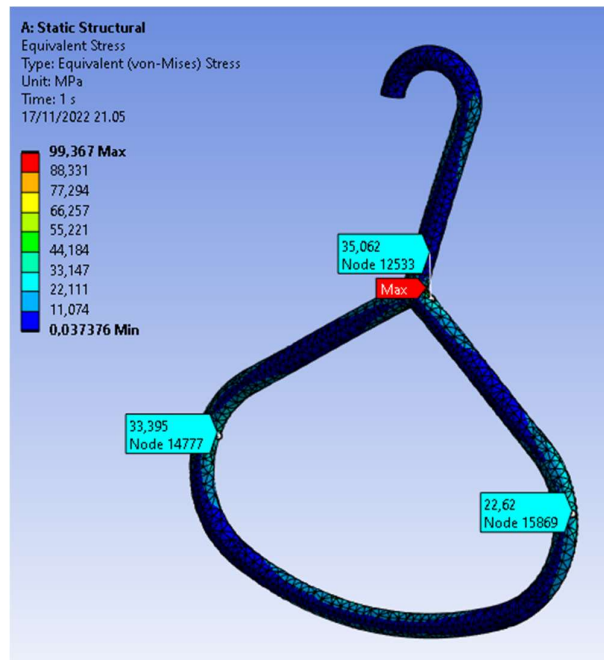
$$16 * 80 \text{ kg} = 1280 \text{ kg}$$

Renkaista johtuva alaspäin kohdistuva voima:

$$1280 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 12556,8 \text{ N} \approx 12560 \text{ N}$$



Kuvio 7 Rengashyllyn väliputken kuormitus



Kuvio 8 Rengashyllyn päädyn kuormitus

Rengashyllyjä testattiin Ansys workbench ohjelmassa niin, että kuormitus kohdistuu vain alimpaan putkeen kolmesta. Kuviossa 7 ja 8 on kuvankaappauksia kuormitustuloksista. Tässä tapauksessa alin putki ottaa renkaista syntyvät kuormitukset vastaan ja kaksi ylemmää putkea toimii vain niin sanottuina seininä, jotta renkaat pysyvät hyllyssä. Tämä on mahdollisista kuormitus tilanteista pahin mahdollinen.

Alumiiniputket tulee valita riittävällä myötörajalla oleviksi. Myötöraja kyseisillä kuormituksilla olisi oltava 150 MPa, jotta rengashyllyjen kestämiselle saataisiin kahden varmuuskerroin. 40 mm x 3 mm alumiiniputkia on saatavilla esimerkiksi 6000 sarjan alumiini seoksista. 6061 alumiini seoksen myötöraja on jo 276 MPa, joka on todella kestävä putkea kyseiseen käyttötarkoitukseen. Jo 3000 sarjan alumiineilla voidaan saavuttaa 285 MPa myötöraja. Siispä rengashyllyjen materiaaliksi kannattaa valita halvemmän 3000 sarjan alumiini, joista 40 mm x 3 mm putkia on myös saatavilla. (Aluminium 3000 series.)

## 6.2 Laakeri laskut

Rengasvaraston ollessa paikallaan, kohdistuu laakereille alaspäin suuntautuvaa voimaa 40 kN. Voimat syntyvät renkaiden, rengashyllyjen, rengashyllyjenakseleiden sekä ketjujen levyppyörien painosta. Kyseistä voimaa kannattelee kuitenkin kaksi laakeria, joten yhtä laakeria kohden kohdistuva voima on 20 kN. Koska väliakseli, jossa ketjupyörä on kiinni, joudutaan kuormituksesta ja akselin pituudesta johtuen kasvattamaan halkaisijaltaan hyvin suureksi, kasvaa myös laakerin ja laakeripesän koko. 70 mm akselille on valittava laakeri, jonka tulee kestää 20 kN. Markkinoilla on saatavilla sopivankaltaisia kartiorullalaakereita hyvinkin monta. SKF:n tarjoamista laakereista pieninkin laakeri tarjoaa kuormituksen keston aina 112 kN asti staattisessa kuormituksessa ja 85,8 kN asti dynaamisen kuormituksen alaisena. Kyseinen 32914 laakeri soveltuu rengasvaraston laakeroinniksi yli neljän turvakertoimella.

Laakerin kestoikä lasketaan kaavalla  $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$ . Kaavassa  $L_{10}$  on laakerin nimellinen kestoikä miljoonina kierroksina, C on dynaaminen kantavuusluku, P on laakerin ekvivalenttikuormitus ja p eksponentti, joka tässä tapauksessa rullalaakerille on 10/3. C katsotaan laakeri valmistajan katalogista ja valitulla SKF:n 32914 laakerilla se on 85,8 kN. P on laakerin kuormitus, joka tässä tapauksessa on 19,45 kN. Kun  $L_{10}$  lasketaan näillä arvoilla, saadaan laakerin kestoikäksi 140 miljoonaa kierrosta. Käytännössä laakerin koon takia sitä ei tarvitse ikinä kulumisen takia vaihtaa, koska laakeri pyörittää vuodessa alle 10000 kertaa.

## 6.3 Runkoon kohdistuvat voimat

Runkoon kohdistuu rengashyllyjen ja renkaiden aiheuttamat kuormitukset. Kuormitukset johtuvat runkoon laakeripesien sekä laakerien kautta. Rungon mitoitus aloitettiin 100 mm x 60 mm x 5 mm kokoisella suorakaideputkipalkilla. Ansys workbenchillä testaten selvisi kuitenkin, että kyseessä on aivan turhan iso palkki valinta rengasvaraston kuormituksille. Putkipalkin kokoa pienennettiin koon 80 mm x 60 mm x 3 mm. Kun renkaista ja rengasvaraston osista syntyy yhteensä 40000 N voima alaspäin 125 mm päässä laakeripesän alla olevasta palkista, tarkoittaa se 5000 Nm momenttia. Workbenchin mukaan momentti aiheuttaa suurimmillaan 108 MPa kuormitusta. Pienemmälläkin putkipalkilla päästään kyseisellä kuormituksella 3,3 turvakertoimeen.

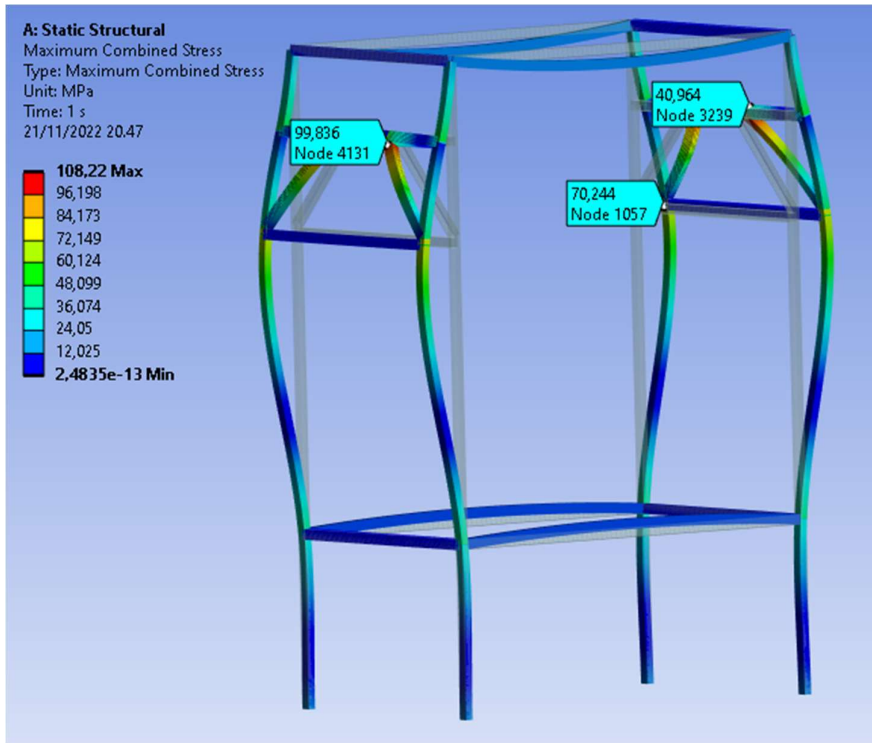
$$40000 \text{ N} * 125 \text{ mm} = 5000000 \text{ Nmm} \approx 5000 \text{ Nm}$$

$$355\text{MPa}/108\text{MPa} = 3,3$$

Myötörajaksi valikoitunut 355 MPa valittiin laskuihin siksi, että esimerkiksi begroupin katalogeissa se oli putkipalkkien yleisin tarjolla oleva myötöraja. Katalogi löytyy sekä netistä begroupin omilta sivuilta, että tekniikan taulukkokirjasta. Tarvittaessa myös 235 MPa myötörajalla olevaa teräspalkkia on mahdollista käyttää.

Rungon neljä pitkää pystypalkkia altistuvat pituutensa takia nurjahdusvoimille. Runko on esitetty kuviossa 9. Runkoa tarkastellessa todettiin, että kyseiset pystypalkit tarvitsevat tarkastelun nurjahdusta varten. Nurjahdus palkille lasketaan kaavalla  $F_n = \frac{\pi^2 EI}{ln^2}$ . E on kimmomoduuli, joka on teräksellä yleisesti 210 000 N/mm<sup>2</sup>. I on jäyhyysmomentti, joka lasketaan rungon putkipalkin profiilille seuraavalla kaavalla:  $I = (BH^3 - bh^3) / 12$ .  $I = 942592 \text{ mm}^4$ . Ln on nurjahduspituus, joka on 5000 mm. Nurjahdustapauksia on neljä erilaista perustapausta. Rungon pystypalkin kuormitusta laskettiin Eulerin nurjahdustapauksista tapauksella 2. Tässä tapauksessa Ln kertoimena toimii 1. Kun kaikki tiedot asetetaan nurjahdusvoiman kaavaan, saadaan  $F_n$  arvoksi 78145,3 N. Runkopalkin pituudesta huolimatta ei ole pelkoa sen nurjahtamisesta. Laskun tuloksena yhdelle runkopalkille saadaan 2 turvakerroin. Rungossa on 4 pystypalkkia, joten rungon lopulliseksi turvakertoimeksi nurjahtamisen suhteen saadaan 8.



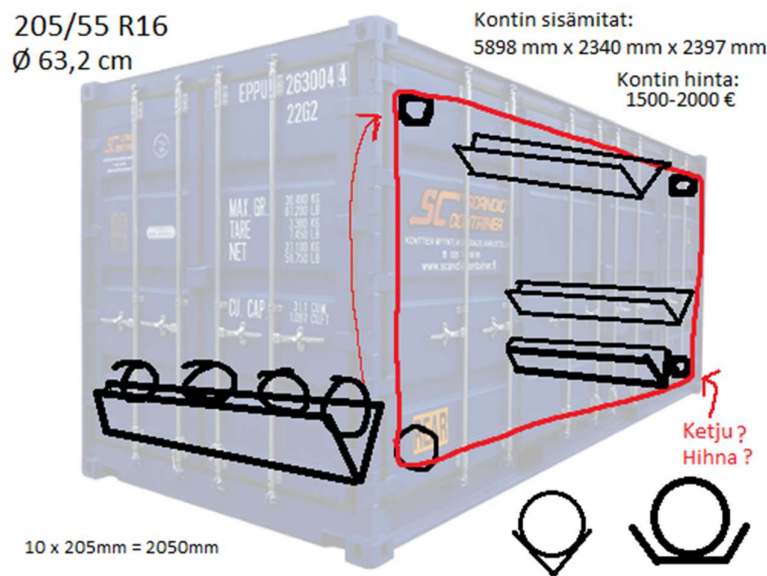


Kuvio 9 Rungon kuormitukset ansys-ohjelmassa

## 7 Tulokset

Opinnäytetyön lopulliseen tulokseen päästiin monen eri kehitysversion kautta. Kuviossa 10 on esitetty ihan ensimmäinen ajatus. Lopullinen varastoratkaisu on esitetty kuviossa 11. Opinnäytetyön alussa ajatuksena oli tehdä ja suunnitella rengasvarasto merikontin sisään niin kuin alla olevassa kuvassa esitetään. Merikontti olisi tarjonnut suoraa helpon siirrettävyyden sekä valmiit seinät rengasvarastolle. Ensimmäisessä ajatuksessa renkaat olisi kiertäneet merikontin sisälle rakennetussa

varastoratkaisussa. Ratkaisu olisi ollut niin kuin vaaka-asentoon käännetty karusellivarasto. Varaston rengashyllyt kehittyivät myös opinnäytetyön aikana taitetuista metallikouruista ylempänä esiteltyihin henkarihyllyihin. Ensimmäisessä ideassa renkaat olisi säilytetty kourussa, joka olisi taitettu metallilevystä. Kouru olisi kuitenkin vaatinut päihin lisää suunnittelua, jotta niistä olisi saatu hyvät ja toimivat. Tuotekehityksen aikana rengaskourut vaihtuivat nopeammin valmistettaviin henkarihyllyihin.



Kuvio 10 Ensimmäinen luonnos

Opinnäytetyön tuloksena syntyi toivotunlainen rengasvarasto, joka helpottaa sekä lattiatilan hallintaa että rengasliikkeiden työntekijöiden työpäivää. Rengasvaraston toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen, joka helpottaa rengasvaraston valmistamista ja ylläpitämistä. Rengasvaraston rungon alapäässä on sähkömoottori, joka läpi menevällä akselilla välittää voimaan molemmille puolille rengasvarastoa. Koska moottori on rakennelman alareunassa, helpottaa se mahdollisia huolto-toimia, joita moottorille joudutaan tekemään. Molemmilla reunoilla alapään läpikulkevaa akselia on levypyörät ja ketjut, joiden varassa rengashyllyt roikkuvat. Rengasvaraston yläpäässä on toiset levypyörät, joiden kautta ketjut kiertävät. Yläpäässä ei voi olla läpi menevää akselia, koska rengashyllyt törmäisivät alareunallaan akseliin varaston pyöriessä. Jos yläpäähän oltaisiin läpimentävä akseli haluttu, olisi levypyörän halkaisijaa jouduttu kasvattamaan tarpeettoman suureksi. Yläpään

ratkaisuksi valittiin kartiorullalaakerit, joilla saatiin yläpästä akseli pois. Yläpään laakerit ja lyhyen akselin tulee olla halkaisijaltaan iso, koska suurin osa rakennelman painosta kohdistuu kyseisille laakereille.

Hyllyvarastoa voidaan pyörittää nappia painamalla sähkömoottorin avulla. Tällä tavoin jokainen hylly saadaan ajettua alas työntekijälle helposti saataville. Koska rengasvarastossa on vain 8 eri hyllytasoa voisi varaston toimimiseksi riittää myös pyörittäminen vain yhteen suuntaan, mutta työnteon nopeuttamiseksi on parempi, että hyllyä voi pyörittää kahteen suuntaan. Jokainen hylly on numeroitu ja näin ollen rengasvaraston käyttäjän on helppoa seurata mikä on rengas milläkin hetkellä saatavilla ja minkä hyllyn hän haluaa saataville. Työntekijällä tulee vain olla jossain tieto

siitä, että mitkä renkaat missäkin hyllyssä ovat ja näin ollen oikeiden renkaiden löytyminen on helppompaa.



Kuvio 11 Lopullisen konseptin 3D-malli

## 8 Riskit

Suurin yksittäinen riski rengasvaraston toiminnalle on sähkömoottorin hajoaminen tai sähkökatko. Sähkökatkon aikana varastoa voidaan käyttää generaattorin avulla, joka tuottaa sähkömoottorin

tarvitseman sähkövirran. Jos joku muu varaston toiminnalle tärkeä komponentti hajoaa, tulee varastossa olevat renkaat saada purettua varastosta tässäkin tapauksessa. Sähkökatkon varalta olisi hyvä, että varastoa voitaisiin pyörittää myös käsin ilman sähkömoottoria. Tällä tavoin halutut renkaat saadaan tarjolle, vaikka sähkömoottorissa olisi ongelmia eikä varaston käyttäminen ole täysin sähköstä riippuvaa. Jos varastosta rikkoutuu joku muu tärkeä komponentti eikä varastoa voida pyörittää, voisi renkaat purkaa varastosta esimerkiksi trukin avulla. Tähän tietysti vaikuttaa, että minkälaiseen paikkaan varasto on asetettu ja onko sen ympärille rakennettu seinä. Rengashyllyt voidaan nostaa akselin päältä helposti pois, jolloin trukki tyhjennys on toimiva vaihtoehto hätätyhjennys muodoksi.

Turvallisin mahdollinen toimintatapa varastolle on, että siihen rakennettaisiin ulkokuoraus/seinä. Vain renkaiden asetusta ja pois ottamista varten seinään tehtäisiin aukko tai ovi. Näin ollen työntekijät eivät pääsisi varaston alle ja sisälle, joka on vaarallisin paikka varastossa. Jos ja kun varastoa tarvitsee huoltaa, olisi siinä hyvä olla jonkinlainen lukitus, joka estää sen pyörimisen ja tekee varastosta huoltoystävällisemmän. Varaston turvallinen toiminta edellyttää myös turvamerkintöjen käyttöä ja varaston käytön koulutusta. Näissä voi kuitenkin esiintyä tulkinnan varaisia virheitä, jolloin varaston väärinkäyttö ja siitä syntyvät vaaratilanteet ovat riski.

## 9 Jatkokehitys mahdollisuudet

Rengasvaraston toimintaa voitaisiin varmasti optimoida monellakin eri tavalla. Opinnäytetyön tekemiseen varattu aika on kuitenkin verrattain lyhyt, jotta yhden henkilön työpanoksella päästäisiin absoluuttisesti parhaaseen mahdolliseen loppuratkaisuun. Esimerkiksi jos konseptista tehtäisiin oikea myytävä tuote, tulisi tuotteelle hakea EU-merkintä, jolla todennetaan, että tuote on suunniteltu ja valmistettu kaikkien tarvittavien standardien mukaan.

Rengasvaraston toimintaa voisi automatisoida ja yhdistää esimerkiksi rengasmyyjän/varastoijan omaan tietokantaan. Esimerkiksi kun asiakas tulee hakemaan renkaitaan, voisi työntekijä jo tiskilään asiakasta palvelussa tietokoneelta painaa asiakkaan tiedoilla ja renkailla olevan hyllyn pyörähtämään saataville automaattisesti ilman erillistä napista pyörittämistä. Kun työntekijä lähtee kassalta hakemaan renkaita asiakkaalle, ovat ne valmiiksi pyörähtäneet alas työntekijän saataville.

Tällä tavoin asiakkaiden palveluun kuluva aikaa saataisiin lyhennettyä ja myös työntekijöiden työ helpottuu, kun renkaat tarvitsee vain ottaa pois hyllystä ja viedä asiakkaalle eikä varastoa tarvitse pyörittää nappia painamalla. Toiminnan automatisointi vaatisi sähkömoottorille logiikkaohjauksen asennuksen. Jokaiseen hyllyyn tulisi asettaa jonkinlainen anturi/tunnistin systeemi, jotta laitteistolla olisi tieto varaston tilasta ja sen hetkisestä hyllyjen asennosta. Kun logiikka huomaa antureilla, että haluttu hylly on alhaalla saatavilla, pysäyttää logiikka moottorin pyörimisen ja pyydetty hylly jää tarjolle. Logiikalle tulisi myös ohjelmoida hyllyjen paikkatietoa hyväksi käyttäen suunnan valinta lyhyemmän pyörimismatkan mukaan, jotta varasto osaa pyöriä mahdollisimman nopeasti halutun hyllyn kohdalle. Toimivan logiikan tuottaminen vaatii mahdollisesti koodaamisen osamista, mutta olisi varmasti toimiessaan palkitseva ratkaisu.

Jokaiseen hyllyyn voitaisiin myös luoda asiakkaan mukaan esimerkiksi viivakoodi, johon saataisiin talteen tarvittavia tietoja asiakkaasta. Viivakoodin skannaamalla tietokantaan saataisiin hyllyn tiedot oikean asiakkaan kohdalle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneitä varastointiratkaisua voidaan soveltaa monella muullakin tavalla. Sama pyöritettävä varasto voi säästää tilaa myös suuremmassa tai pienemmässä mittakavassa. Esimerkiksi kerrostalon kylkeen rakennettava pyöritettävä häkkivarasto voisi olla yksi mahdollinen ja erittäin mielenkiintoinenkin sovelluskohde ratkaisulle. Koko rakennelman kokoa suurennettaisiin ja rengaskorit korvattaisiin jokaiselle asunnolle tarkoitetulla varastolla. Tällä tavoin kerrostalojen häkkivarastoille varattu tila voitaisiin käyttää asuinpinta-alan kasvattamiseen tai koko kerrostalon asukkaille tarkoitettujen yhteisten tilojen lisäämiseksi.

## 10 Pohdinta

Opinnäytetyön tuloksena syntyi alkutavoitteesta hiukan muuttunut rengasvarasto. Opinnäytetyön aikana rengasvarasto vaihtui merikontin sisäisestä vaakamallin karusellivarastosta pystymalliseen itsenäiseen karusellivarastoon. Konseptin muuttuessa täytyi tarkastella asioita useaan otteeseen ja jos heti alussa olisi osattu päätyä lopullisen kaltaiseen ratkaisuun olisi opinnäytetyön tekemiseen kulunut aikaa saatu lyhennettyä. Aiheeseen tutustuminen vaati erittäin paljon taustatutkimusta. Suuren taustatutkimuksen takia opinnäytetyön teoria osuudesta tuli kattava. Kattavuuden takia opinnäytetyön teoriaosuus on erittäin luotettavaa. Teoriaosuuteen on kerätty tietoa monesta lähteestä ja kun moni eri lähde toteaa saman tiedon, lisää se kaikkien lähteiden luotettavuutta.

Opinnäytetyön laskentapuoli suoritettiin suurelta osin Ansys laskentaohjelmalla. Osalle Ansysksesta saaduista vastauksista haettiin vastauksia myös käsin laskien. Vastaukset eivät missään vaiheessa ole täysin samoja, mutta riittävän lähellä toisiaan, jotta voidaan varmistua laskentaohjelman luotettavuudesta.

Opinnäytetyön aikataulussa pysymisen kanssa oli suuria ongelmia. Opinnäytetyötä tehtiin samaan aikaan viimeisten kurssien kanssa, joten opinnäytetyöhön keskittyminen oli hyvin pitkään vain puolittaista. Puolittainen tekeminen vaikutti myös tekemisen laatuun. Vasta kun viimeiset kurssit oli saatu suoritettua ja opinnäytetyöhön pystyttiin keskittymään sata prosenttisesti, alkoi tulosta syntymään. Opinnäytetyön loppupuolella jouduttiin vielä hiomaan alkupuolella tehtyjä asioita. Niistä löytyi virheitä, jotka olivat kiireen mukana syntyneet. Loppujen lopuksi opinnäytetyön tuloksiin voidaan olla todella tyytyväisiä. Koko opinnäytetyö tehtiin Jamkin eettisiä ohjeita noudattaen. Vaikeuksista huolimatta opinnäytetyön tulokseksi saatiin sitä, mitä alussa lähdettiin tavoittelemaan. Opinnäytetyötä tehdessä huomasin myös, että olen hyvä tekemään työtä projektien eteen, mutta projekteista raportointi on huomattavasti haastavampaa.

## Lähteet

Aluminium 3000 series. N.d. <https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?mat-guid=82c8a6ba80e641d9b872e7a62af33093>

Ansys company history timeline. 2022. <https://www.zippia.com/ansys-careers-792/history/>

Automotive handbook. 2014. Robert Bosch GmbH. Karlsruhe.

Beck, A. N.d. 60 years of CAD infographic: The history of CAD since 1957. <https://partsolutions.com/60-years-of-cad-infographic-the-history-of-cad-since-1957/>

Best practice guidelines for tyre storage and fire and emergency preparedness. 2019. <https://www.tyrestewardship.org.au/wp-content/uploads/2020/04/guidelines-for-tyre-storage-report-mar19.pdf>

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J. & Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Coote, B. 7.7.2022. The trend of growing rim diameters. <https://www.tirereview.com/trend-growing-rim-sizes/>

Finite element method, FEM analysis. N.d. <https://www.debem.com/en/fem-analysis/>

Jones, P. 22.4.2022. Are tires or rims heavier? <https://motorandwheels.com/tires-vs-rims-weight/>

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Suomen yliopistopaino Oy.

Pouru, R. 1983. Varastojen suunnittelu. K. J. Gummerus osakeyhtiön kirjapaino.

Salmela, J. 2022. ProSolve toimitusjohtaja. ProSolve Oy. Haastattelu 2.7.2022.

Sipilä, R. 2014. Teräsrakenteiden pinnoitteet ja käyttöikä suunnittelu. [https://www.terasrakenteyhdistys.fi/document/1/213/4aad87d/Terasrakenteiden\\_pinnoitteet\\_ja\\_kayttoikasunnittelu\\_2014\\_03.pdf](https://www.terasrakenteyhdistys.fi/document/1/213/4aad87d/Terasrakenteiden_pinnoitteet_ja_kayttoikas suunnittelu_2014_03.pdf)



Suomen virallinen tilasto (SVT): Moottoriajoneuvokanta [verkkajulkaisu].

ISSN=1798-856X. 2020. Helsinki: Tilastokeskus.

Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/mkan/2020/mkan\\_2020\\_2021-02-26\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/mkan/2020/mkan_2020_2021-02-26_tie_001_fi.html)

Tutkimusmenetelmät ja -aineisto. N.d. [https://tiedelukutaito.mooc.fi/part-3/3-tutkimusaineiston-  
keraaminen](https://tiedelukutaito.mooc.fi/part-3/3-tutkimusaineiston-<br/>keraaminen)

Valtanen, E. 2016. Tekniikan taulukkirja. Mikkeli. St Michel Print Oy.

Valtonen, J. N.d. Auton renkaat. [https://www.liikenneturva.fi/liikenteessa/auton-  
renkaat/#44535088](https://www.liikenneturva.fi/liikenteessa/auton-<br/>renkaat/#44535088)

What is 3D modelling and what is it used for? 18.3.2022. FutureLearnin julkaisema artikkeli 3D-mallinnuksesta ja sen käyttökohteista. <https://www.futurelearn.com/info/blog/general/what-is-3d-modelling>

## **Liitteet**

### **Liite 1. Liitteen otsikko**