

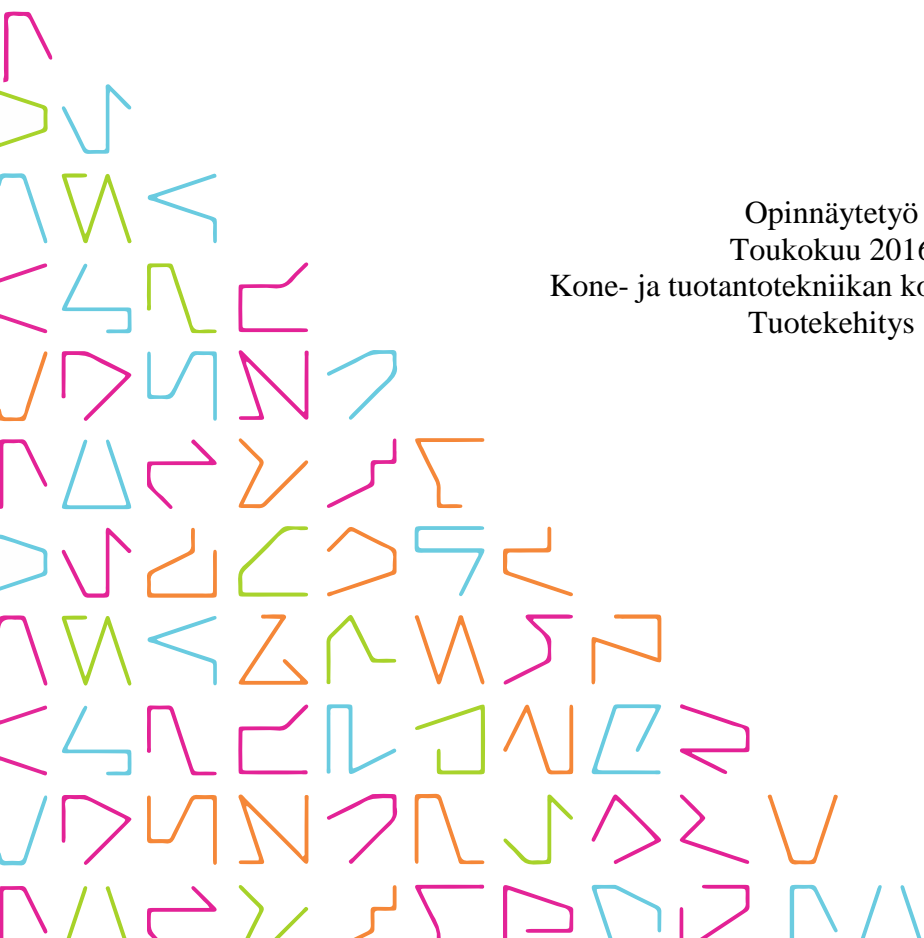


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# MOTORISOIDUN TYÖNTÖKÄRRYN SUUNNITTELU

Roope Pernu

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tuotekehitys



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Tuotekehitys

PERNU ROOPE:  
Motorisoidun työntökärryn suunnittelu

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Toukokuu 2016

---

Opinnäytetyössä esitellään motorisoidun työntökärryn suunnittelu. Työn tärkeimpiä osaluokkia ovat motorisoinnin lisäksi rakenteiden keventäminen sekä työergonomian varmistaminen.

Opinnäytetyössä vertaillaan eri voimanlähteiden sekä voimansiirtomenetelmien etuja ja haittoja. Uudessa työntökärryssä tullaan käyttämään sähkömoottoria ja vetotapana ketjuvetoa. Sähkömoottorit valitaan siksi, että nämä tuottavat erittäin suuren vääntömomentin vaihtelevissa ympäristöissä. Ketjuvedon valintaan vaikuttavat kyseisen voimansiirtomallin halpa hinta ja helppo huolettavuus.

Työ tehdään yksityiselle turkistarhalle, mutta suunnitellussa on mukana myös lähellä sijaitseva toinen turkistarha. Tarhat sijaitsevat Kalajoella. Työn tilaajan turkistarhalla käsitellään minkkejä sekä sinikettuja, joten työntökärryn on toimittava kummissakin olosuhteissa ja varjotaloissa.

Uuden kärryn ja vanhan kärryn rungot mallinnetaan Autodesk Inventor -ohjelmistolla, jotta voidaan vertailla rakenteita sekä näiden arvioitua painoa. Tämän lisäksi sähkömoottorit ja näiden asennus, voimansiirto sekä uudet rakenteet mallinnetaan uuteen runkoon. Mallien lisäksi tilaajalle toimitetaan tarkemmat osa- ja kokoonpanopiirustukset rungon perusrakenteita, taka-akselia sekä eturenkaita. Opinnäytetyö sisältää myös kustannusarvion käytettävistä osista ja materiaaleista. Suunnitelmat ja laskelmat toimivat suuntaa antavina ohjeina mahdollista kärryä valmistettaessa.

Työssä onnistuttiin suunniteltua vaatimuslistan mukainen motorisoitua työntökärry, jonka piirustukset toimitettiin tilaajalle ja hänen valtuuttamana myös mukana olleelle toiselle turkistarhalle.

---

Asiasanat: turkistarha, kuljetus, sähkömoottori, tuotekehitys

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Product Development

PERNU ROOPE:  
Designing of a motorised pushcart

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 6 pages  
May 2016

---

This thesis goes through a designing of a motorized pushcart. The most important divisions in the thesis, besides the designing of a motorized pushcart, are the lightening of the structure and making sure the new pushcart meets requirements for work ergonomics.

In the thesis the advantages and disadvantages of the different types of motors and drive types are compared. Electric motors will be used in the new pushcart and the drive type will be a chain drive. Electric motors are chosen for their great torque in changing environments. Reasons for choosing a chain drive are the drive types cheap prize and ease of maintenance.

The work is done for a private fur farm, with the help of a neighboring farm located in Kalajoki. Pushcart has to work within mink and fox shaded houses and environments.

The chassis of the new and old cart are modeled in Autodesk Inventor –program, so that they can be compared and their weights estimated. Also the installation of the electric motors, drive and the new structures will be modeled into the news chassis. Along with the models, the part- and construction plans consisting of the frame, rear axle and front wheels, will be provided to the employer. Cost estimates of the parts and materials used in the planning are included in the thesis. Plans and cost estimates serve as a guide for the possible construction of the pushcart.

The designing was successful and it fulfilled all the wanted requirements, and the designs have been delivered to the employer and the other fur farm involved.

---

Key words: fur farming, transportation, electric motor, product development

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYS.....	7
	2.1 Toimialan esittely .....	7
	2.2 Yrityksen esittely .....	8
3	TAUSTAUTUTKIMUS.....	9
	3.1 Nykyisen työntökärryn esittely ja ongelmien toteaminen .....	9
	3.2 Tasapainolaskelmat.....	12
	3.3 Asiakaskysely .....	17
	3.3.1 1. Mihin tarkoitukseen käytätte nykyistä turkistarhaltanne löytyvää kärnyratkaisua?.....	17
	3.3.2 2. Luettele kärryn kokoa rajoittavia/määrittäviä tekijöitä.....	17
	3.3.3 Näettekö tarpeellisena motorisoitua työntökärryä? Miksi?.....	18
	3.3.4 Millaisia ominaisuuksia toivoisitte uudelta työntökärryltä? .....	18
	3.3.5 Paljonko olisitte valmis maksamaan motorisoidusta työntökärrystä? .....	18
	3.3.6 Muuta huomioitavaa/ajatuksia .....	19
	3.4 Vaatimuslista .....	19
4	UUDEN KÄRRYN SUUNNITTELU .....	20
	4.1 Vaatimukset .....	20
	4.2 Moottorityypin valinta .....	23
	4.2.1 Polttomoottori .....	23
	4.2.2 Sähkömoottori.....	24
	4.3 Voimansiirtotyyppin valinta .....	27
	4.3.1 Hihnavetoinen .....	27
	4.3.2 Suoravetoinen.....	28
	4.3.3 Ketjuveto.....	28
	4.4 Uuden rungon suunnittelu.....	29
5	UUSI KÄRRY.....	31
6	KUSTANNUSLASKELMAT.....	38
7	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET .....	41
	Liite 1. Kyselylomake .....	41
	Liite 2. Akselin mitoitus .....	43
	Liite 3. Jazzy sähkökäyttöisen pyörätuolin mainoslehtinen .....	44
	Liite 4. Yleiskuva uudesta kärystä .....	46

**ERITYISSANASTO**

varjotalo	turkiseläinten häkkejä ja pesiä suojaava rakennus
ruokintarehu	viljasta, vedestä sekä lihatuotannon sivutuotteista valmistettu ruokaseos turkiseläimille
juomakuppi	turkiseläinten häkkien seinämässä kiinnitetty kuppi, jossa toimii kesäisin automaattijuotto ja talvella sama juotto tapahtuu käsin
runsutus	kuivikkeiden lisääminen minkkien pesäkoppeihin
PWM	Pulssinleveysmodulaatiolla tarkoitetaan kuormittavan jännitteen pulssisuhteen muuntamista, jolloin sähkölaitteen kierrosnopeutta voidaan muuttaa

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käydään läpi motorisoidun työntökärryn suunnittelu. Työn tärkeimpiä osa-alueita ovat motorisoinnin lisäksi rakenteiden keventäminen sekä työergonomian varmistuminen uuden kärryn kohdalla. Suunnitelmat tehtiin alun perin tilaajalle, mutta toiminnan alas ajamisen ja myyntiaikeiden vuoksi opinnäytetyön tulokset jaetaan myös suunnitellussa mukana olleelle turkistarhalle. Kyseiset turkistarhat sijaitsevat Kalajoella. Työntilaajan turkistarhalla käsitellään minkkejä sekä sinikettuja, joten työntökärryn on toimittava kummissakin olosuhteissa ja varjotaloissa.

Suunnittelun tärkeimmät osa-alueet selvitetään asiakaskyselyn kautta. Tärkeitä asioita ovat mm. toiminta useissa työympäristöissä, korkeutta ja leveyttä rajaavat tekijät sekä kokonaisratkaisun hinta. Tämän lisäksi on tärkeää selvittää parhaiten soveltuva voimanhänke sekä voimansiirtotyyppi. Vaatimuksien pohjalta valmistellaan ratkaisumalli, joka on edullinen, toimiva, yksinkertainen ja huollettavissa omatoimisesti.

## 2 YRITYS

### 2.1 Toimialan esittely

Varsinaisesti kettutarhauksen katsotaan alkaneen v. 1895, jolloin Charles Dalton, Robert Oulton ja Rayner aloittivat hopeakettujen tarhauskokeilun St. Lawrence lahdella sijaitsevan Prince Edward Island'in pohjoiskärjessä, Kanadassa. Minkin tarhausta voidaan jäljittää aina vuoteen 1866 asti. Aikavälillä 1866–1887 mainitaan Pettersonin veljesten tarhanneen minkkiä Richmond Hill:ssä Kanadassa. Skandinaviaan ensimmäiset minkit tulivat 1920-luvulla USA:sta ja Kanadasta (Norrod Nes 2013). Suomessa hopeakettuja on kasvatettu jo 1910-luvulla, sinikettujen tarhaus aloitettiin 1920-luvulla ja minkkien 1930-luvulla. Suomensupi kasvatusta kokeiltiin 1940-luvulla, mutta varsinaisesti kasvatusta aloitettiin vasta 1970-luvulla (ProFur 2016).

Vuonna 2013 turkistarhauksen viennin arvo oli yli 800 miljoonaa euroa, kun se vuonna 2014 oli hieman alle 500 miljoonaa euroa. Välittömiä ja välillisiä veroja muodostui turkistarhauksesta vuonna 2013 90,7 miljoonaa euroa ja vuonna 2014 51,8 miljoonaa euroa. Kaudella 2013/2014 Suomessa toimi yli 900 turkistarhaa. Minkin ja hillerin nahkoja tuotettiin yli 1 217 850 kappaletta sekä kettujen ja supien nahkoja yli 1 815 660 kappaletta (Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto Ry ProFur 2016).

Ketunnahkojen tarjontamäärä maailmanmarkkinoilla oli 2 177 050 kappaletta vuonna 2014. Tästä suomen osuus oli 1 800 000 nahkaa, eli n. 83 %. Minkinnahkoja oli tarjolla 41 364 000. Näistä suomen osuus oli 1 900 000, eli 4,6 %. Suurin minkinnahkojen tuottaja on Tanska, jolla oli tarjolla 17 880 000 nahkaa, mikä vastaa noin 43 %:a koko tarjonnasta. Luvut ovat pyöristettyjä. Suomen tuotantomäärät ovat pysyneet lähes muuttumattomina jo yli viisi vuotta (Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto Ry ProFur 2016).

## 2.2 Yrityksen esittely

Yrityksen toimialana on turkistarhaus. Tarhalla on sini- ja shadow-kettuja sekä fin black ja – white minkkejä. Siitoskauden alussa 2016 eläimiä on noin 300 kettua ja 1000 minkkiä.

Tällä hetkellä nahat myydään Saga Furs Oyj:n kautta neljässä huutokaupassa Vantaalla vuoden aikana sekä Tanskassa mahdollisuuksien salliessa. Penikointikauden aikana on tehtävä luvatut myyntikiintiöt esim. Saga Furs Oyj:lle, joka takaa sitten ennakkorahoitusta, joka useimmiten käytetään eläinten ruokakustannuksiin ja uudisrakentamiseen sekä korjaamiseen. Tällä varmistetaan osittain se, että kaikki turkisten myynti tarhaajilla ei siirry muiden maiden huutokauppoihin.

Liikevaihto yrityksellä on 100 000-200 000e välillä, riippuen nahkojen markkinahinnasta. Myyntikausi 2015 oli laskusuhdanteinen Suomessa tapahtuvien huutokauppojen osalta, sillä nahkoista maksettavat hinnat ovat laskeneet. Huutokaupoissa myytävät nahkamäärät ovat pienentyneet, jolloin Saga Furs on kasvattanut varastoaan odottamaan parempaa hetkeä myydä nahkoja. Pörssissä oleva yhtiö haluaa täten varmistaa sijoittajien maksimaalisen voiton tuotteesta.



### 3 TAUSTAUTUTKIMUS

#### 3.1 Nykyisen työntökärryn esittely ja ongelmien toteaminen



KUVA 1. Kärri edestä.

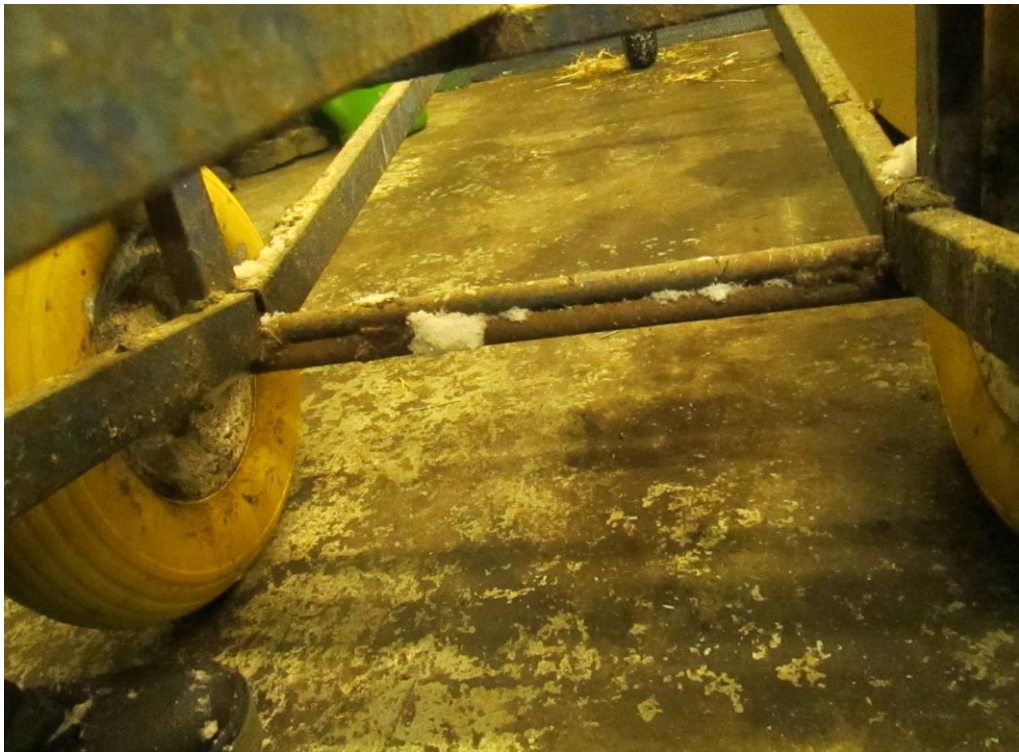
Nykyinen työntökärri on yksinkertainen ja asiansa ajava. Runko on huonekaluputkea ja liitokset on tehty hitsaamalla. Kuvassa kärryn vieressä näkyvä kaukalo on runsutuskaukalo, joka täytetään kuivikkeilla kuten oljella tai kuttereilla ja siitä kuivikkeet jaetaan minkkien pesäkoppeihin.



KUVA 2. Kärry valmiina runsutukseen

Runsutuksen lisäksi kärryllä kuljetetaan mm. pesäkoppeja sekä kettuja lopetuksen ja siirron aikana. Kettujen lopetuksessa kärryn päällä on käytössä verkkopohjainen puukehikko. Siirtojen aikana kärryssä on häkkirakennelma, jossa liikuteltavat eläimet ovat tilapäishäkeissä erillään toisistaan. Esimerkiksi silloin kun pentuja vieroitetaan emistä tai parituksen aikana.





KUVA 3. Taka-akseli

Kärryssä oleva kiinteä taka-akseli on kasattu päällekkäin hitsatuista akseleista, joissa alemmassa akselissa on korvakkeet. Akselit eivät ole ihan linjassa ja ylempi akseli toimii lähinnä tukiakselina. Tukiputket on hitsattu kiinni pystytukeen sekä akseleihin.

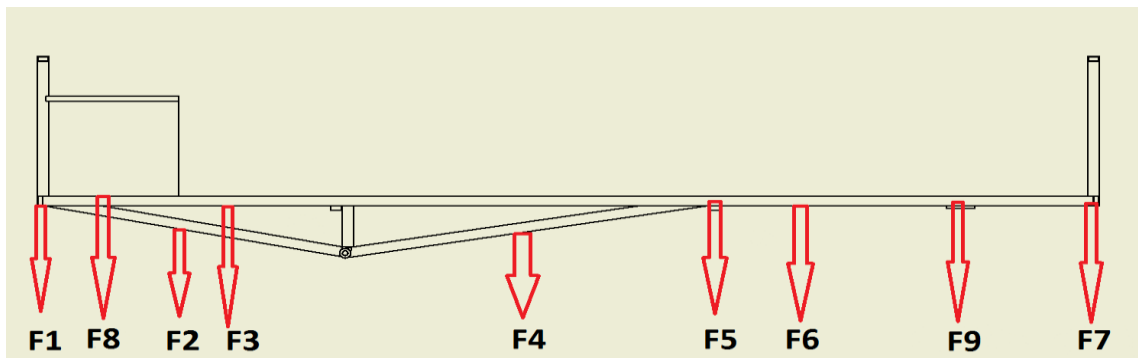


KUVA 4. Renkaan kiinnitys

Kärkyssä renkaat ovat laakeroidut ja kiinnitetty akselille rajoitustapilla, jonka virkaa tässä tapauksessa ajaa rautanaula. Renkaiden sivuttaisliikettä rajoittavat tappi ja sisäreunalla akselin olake.

### 3.2 Tasapainolaskelmat

Nykyisen kärryn tasapaino-ongelmat yhden pesäkopin kanssa ratkeavat yksinkertaisesti siirtämällä taka-akselia kauemmaksi, jolloin suurin osa rungon voimista siirtyy tasapainopisteen etupuolelle. Ensimmäisenä lasketaan arviolta nykyisen tilanteen momentti, joka aiheuttaa kärryn nousemista.



KUVA 5. Nykyisessä kärkyssä vaikuttavat voimat

Voimat F1-F7 ovat rungon aiheuttamia voimia. F9 on voima joka muodostuu kyseisessä kohdassa olevasta renkaasta. Rengasta ei voitu irrottaa punnitusta varten, joten renkaan paino on arvioitu vastaavan punnitsemalla. Voima F8 on yhden pesäkopin aiheuttama voima. Momentti lasketaan kuvassa näkyvän akselin suhteen. Ellei toisin mainita, käytettävät kaavat ovat otettu tai johdettu kaavoista tekniikan kaavastosta (Mäkelä 2012).

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

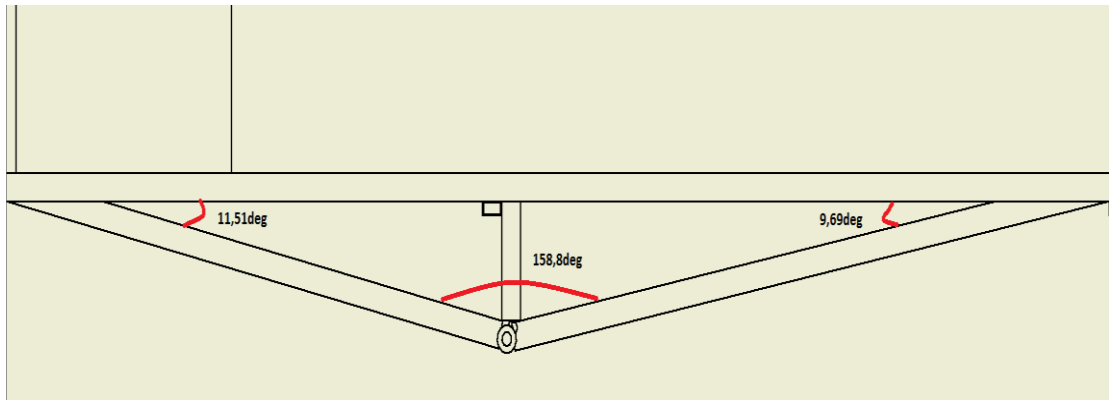
$$\sum M = \sum (F_n \cdot l_n) \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

$$(V_1 - V_2) \cdot \rho = \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (3)$$

$$c = b \cdot \sin \alpha \quad (4)$$

Ensin on laskettava käytetyn putkirakenteen metripaino. Tämä tapahtuu helpoiten laske-  
malla umpitangon tilavuus, vähennetään tästä putken sisätilavuus ja kerrotaan saatu tulos  
teräksen tiheydellä. Putken seinämäpaksuus on 2 mm kauttaaltaan. Metripainoa tarvitaan  
jotta voidaan laskea rungon painosta aiheutuvat voimat:

$$[(0,04 \text{ m} \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) - (0,036 \text{ m} \cdot 0,016 \text{ m} \cdot 1 \text{ m})] \cdot 7870 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,76288 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \approx 1,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$



KUVA 6. Vanhan kärryn kulmat

Kärryn rakenteiden väliset kulmat näkyvät kuvassa NUMERO. Kulmia tarvitaan, jotta  
voidaan laskea rakenteiden ja muiden tekijöiden aiheuttamien voimien kohtisuora  
voima suhteessa taka-akseliin. Etäisyydet ja mitat saattavat olla hieman epätarkkoja,  
sillä alkuperäistä kärryä ei ole rakennettu piirustusten pohjalta taikka kunnollisessa ra-  
kennusympäristössä.

TAULUKKO 1. Rungon aiheuttamat voimat ja momentit

	voiman etäisyys taka-akselista	putken pituus (m)	kiikhtyvvyys(m/s2)	massa(kg)	kulma	voima(N)	momentti(Nm)
F1	0,623658	0,623658	9,81	3,613904	0,199538961	7,074134692	4,411840694
F2	0,535553	1,071106	9,81	1,8882313	0,199538961	3,696169812	1,979494831
F3	0,51292	1,02584	9,81	1,8084328	0,199538961	3,539966016	1,815719369
F4	0,639219	1,278438	9,81	2,2537328	0,168317339	3,721348014	2,378756356
F5	1,27	0,47	9,81	0,8285536	0,168317339	1,368101986	1,737489522
F6	1,28458	2,56916	9,81	4,5291208	0,168317339	7,478452975	9,606671123
F7	2,56916	2,56916	9,81	3,613904	0,168317339	5,967253343	15,3308286

Huomioitava asia rungon aiheuttamista voimista on se, että voimat 4-6 ja 7 ovat negatii-  
visa taka-akselin suhteen laskettaessa kokonaismomenttia.

$$\begin{aligned} M_{\text{akseli\_runko}} &= 7,1 \text{ Nm} + 2 \text{ Nm} + 1,8 \text{ Nm} - 2,4 \text{ Nm} - 1,7 \text{ Nm} - 9,6 \text{ Nm} - 15,3 \text{ Nm} \\ &= -20,74669071 \text{ Nm} \approx -20,7 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Tyhjänä ilman rengasta taikka koppia kärry on hyvin etupainoinen, kuten asian tulisikin olla. Kumminkin laskelmien perusteella saatu voima on liian suuri todelliseksi voimaksi.



KUVA 7. Yleiskuva pesäkopista.

Kyseisellä tarhalla on käytössä useamman kokoisia pesäkoppeja. Pesäkopit kuluvat käytössä, joten uusia tulee vanhojen tilalle. Kuvassa NUMERO oleva koppi edustaa tarhalla suurinta koppimallia.





KUVA 8. Tyhjä koppi.

Koppi koostuu rungon lisäksi irrotettavasta kannesta ja väliseinästä. Kesähelteillä kopista voidaan ottaa irti väliseinä ja kansi kopin tuulettumisen varmistamiseksi. Laskelmassa käytetään koko koppipakettia ja painoarvioon on otettava huomioon pesäkopin liikkaisuus, sillä penikoinnin jälkeen kopit ovat täynnä karvoja sekä eläinten eritteitä. Kopin punnittu paino oli 18,7 kg. Erinäiset eritteet sekä mahdollinen kastuminen voivat tilaajan arvion mukaan nostaa kopin painon jopa 20 kg:n.



KUVA 10. Eturengas.

Eturengasta ei ollut mahdollista irrottaa mittaushetkellä. Kumminkin tarhalla oli hyllyssä vastaava rengaspaketti. Tämän painoksi punnittiin 2 kg. Tämän lisäksi kiinnityslevy johon rengas on kiinnitetty painaa n. 3,7 kg.

TAULUKKO 2. Pesäkopin ja eturenkaan aiheuttamat voimat ja momentit

Pesäkopin ja eturenkaan aiheuttamat voimat ja momentit						
	voiman etäisyys taka-akselista	kiihtyvyy(s/m/s <sup>2</sup> )	massa(kg)	kulma	voima(N)	momentti(Nm)
F8	0,80084	9,81	20	0,199539	39,14954405	31,35252086
F9	2,19	9,81	5,674	0,1683173	9,368869641	20,51782451

Momenttilaskussa on huomioitava, että eturenkaan ja tämän asennuslevyn aiheuttamat momentit ovat negatiivisia taka-akselin suhteen.

$$M_{\text{akseli\_koppi}} = 4,4 \text{ Nm} + 2 \text{ Nm} + 1,8 \text{ Nm} + 31,4 \text{ Nm} - 2,4 \text{ Nm} - 1,7 \text{ Nm} - 9,6 \text{ Nm} - 15,3 \text{ Nm} - 20,5 \text{ Nm} = -10,01199436 \text{ Nm} \approx -10 \text{ Nm}$$

Näiden arviopainojen perusteella kärryn pitäisi vielä pysyä tasapainossa yhden kopin kuormasta. Käytännössä tarhalla on todettu ja demonstroitu, että yksikin koppi pystyy saamaan kärryn etupään nousemaan. Laskun epätarkkuuteen voi vaikuttaa kärryn vaikeahko mittaaminen sekä kopin ja rengaspaketin painoarvio. Arvioimalla kopion painoa



muutamalla kilolla suuremmaksi ja renkaan pienemmäksi, saadaan karryn etupään nousua aikaiseksi laskennallisesti. Myös pienet heitot voimien varren pituudessa vaikuttavat suuresti tasapainoon. Uuden karryn valmistuksessa on huolehdittava tarkasta dokumentoinnista, jolloin virhelaskuja ei voi muodostua.

### **3.3 Asiakaskysely**

Seuraavassa käydään läpi asiakaskysely ja sen sisältö. Kyselyn vastausten pohjalta muodostetaan vaatimuslista, joka tulee määrittelemään rajat ja ominaisuudet uudelle karrylle. Kyselylomakkeen pohja on liitteenä numero 1.

Kyselyn kysymykset muodostuivat työntilaaajan kanssa käydyistä keskusteluista karryn tiimoilta. Kysymyksistä tehtiin mahdollisimman avonaisia, jotta kysymystenasettelu ei vaikuttaisi vastauksiin. Koska kyseisellä tarha-alueella on paljon yhteistoimintaa, annettiin kysely myös tilaaajan tarhan lähellä sijaitsevalle tarhalle. Tällä saatiin varmistettua hieman monipuolisuutta sekä uusia näkökulmia asiaa koskien. Tämä avasi myös mahdollisuuden sille, että lopputuloksena tuleva karru suunniteltaisiin sellaiseksi että se olisi helppo mukauttaa, jos kyseistä karryä alettaisiin valmistamaan suurempia määriä.

#### **3.3.1 1. Mihin tarkoitukseen käytätte nykyistä turkistarhaltanne löytyvää karryratkaisua?**

Vastauksissa mainittiin pesäkoppien, kettujen, minkkien ja kutterin karräys. Erinäisiä mainittuja ajankohtia ovat kuljetus parituksen ja hajotuksen aikaan, koppien kuljetus keväällä ja kesällä sekä nahoituksen aikaan ruhojen kuljetus.

Eli karru on käytössä ympärivuoden. Eläimiä kuljetetaan useasti ja minkkien pesien kuivikkeet vaihdetaan usein, jolloin samaa karryä käytetään kuivikkeiden kuljetuksessa.

#### **3.3.2 2. Luettele karryn kokoa rajoittavia/määrittäviä tekijöitä**

Karru ei saa olla liian leveä, sillä sen ympärillä on voitava pystyä työskentelemään ja sen ohi on pystyttävä kävelemään varjotaloissa. Karru ei saisi olla liian matala eikä korkea,

sillä liian matala kärry ottaa pohjasta kiinni nousuissa ja liian korkea taas on epäkäytännöllinen. Kärry voisi olla jatkettava.

Leveys on helppo asia ottaa huomioon suunnittelussa. Tätä asiaa määräävät lähinnä käytävän leveys ja juomakuppien ja ruokapeltien välinen etäisyys. Jatkettavuus on yksinkertainen asia suunnitella, mutta tässä tapauksessa tilaaja itse ei lopulta halunnut tällaista ratkaisua lähteä viemään eteenpäin.

### **3.3.3 Näettekö tarpeellisena motorisoitua työntökärryä? Miksi?**

Vastausten mukaan motorisoitu kärry olisi tervetullut ratkaisu. Se säästäisi voimia muihin työtehtäviin ja helpottaisi työntekoa. Epätasainen maasto ja varjotalojen jyrkät nousut nähdään myös esteenä.

Raskaiden työvaiheiden kevennys tuo varmasti helposti helpotusta. Useat turkistarhaajat ovat lähellä keski-ikää (Lätti ym. 2008), joten yhden raskaimman ja yleisen työvaiheen motorisointi auttaa varmasti jaksamaan paremmin ja pidempään töissä.

### **3.3.4 Millaisia ominaisuuksia toivoisitte uudelta työntökärryltä?**

Riittävän ketterä ja leveä, mielellään nelirattainen; jolloin tukevampi käyttää, vetävät pyörät, kevytrakenteinen sekä veto tulisi saada pois, jolloin kärry toimisi normaalina työntökärrynä.

Nämä vastaukset auttavat erinomaisesti muodostamaan vaatimuslistaa. Nykyinen kärryratkaisu tilaajan tarhalla on kiikkerä ja raskas, joten suunnittelussa on keskityttävä näiden osa-alueiden parantamiseen.

### **3.3.5 Paljonko olisitte valmis maksamaan motorisoidusta työntökärrystä?**

Vastaukset antoivat hintahaarukaksi 1500 – 4000 €. Tämä on erittäin laaja haarukka, mutta tämä näyttää silti sen, että toimivasta ratkaisusta ollaan valmiita maksamaan hyvinkin. Suoraan verrattavia ratkaisuja ei ole löytynyt, joten hinta-arvion tarkkuutta on vaikea arvioida. Kumminkin materiaali- ja rakenneratkaisuilla, moottorivalinnalla sekä työn hinnalla voidaan saada kustannuksia alas.

### 3.3.6 Muuta huomioitavaa/ajatuksia

Kärryssä tulisi olla moduuliratkaisuja erilaisiin kuljetustarpeisiin, kärrymateriaalin tulisi olla kevyttä ja lujarakenteista, käsintyöntömahdollisuus motorisoinnista huolimatta, vetävissä pyörissä kunnolliset ruusut sekä edessä oltava kahdet ympäri pyörivät pyörät.

Lähtökohtaisesti tulee siis varmistaa uuden kärryn keveys. Luja rakenne saadaan aikaan lisäämällä erilaisia välitukia. Nämä tuet ovat tarpeellisia joka tapauksessa, sillä osa kärryssä käytettävissä lisälaitteista keskittävät itsensä jo nykyisessä kärryssä tällaisten tukien avulla. Ympäri pyörivillä pyörillä tarkoitetaan samanlaisia rattaita kun kärryssä jo on. Vastauksessa haluttiin painottaa rengasparin pyörimistä ympäri toisistaan huolimatta.

Jos kärry tullaan valmistamaan, on kärryn valmistajan otettava huomioon EU:n koneturvallisuuksia määrittävä konedirektiivi (Euroopan parlamentti 2006). Vaikka kyseinen kärry tulee yksityiskäyttöön, tulisi se silti tämän direktiivin mukaan rekisteröidä uudeksi koneeksi. Tällöin saadaan varmistettua kokonaisuuden turvallisuus sekä korvausvastuu tapaturmatilanteissa. Uusin konedirektiivi on konedirektiivi 2006/42/EY.

### 3.4 Vaatimuslista

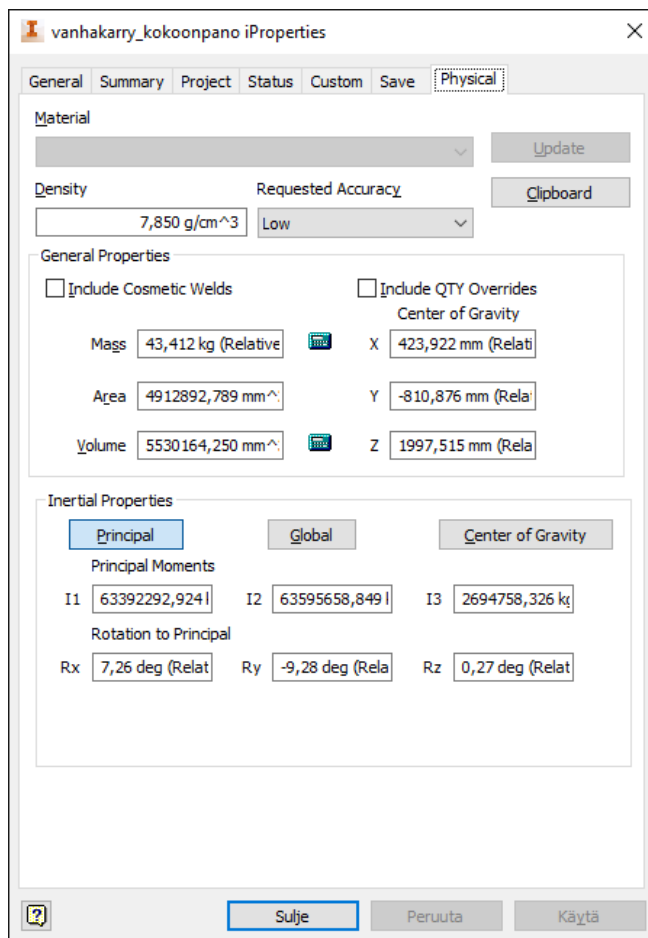
Kyselyn tulokset käytiin läpi tilaajan kanssa. Tämän jälkeen muodostettiin lyhyt vaatimuslista. Listan tarkoituksena on ohjata, rajoittaa ja samalla vahvistaa halutut ominaisuudet uuteen kärryyn.

1. Oltava kevyempi kuin nykyinen
2. Moottorikäyttöinen
3. Toimii myös ilman moottoria
4. Tasapainossa yhdelläkin kopilla
5. Kahdet vapaasti liikkuvat renkaat edessä
6. Maasta kärryn tasoon vähintään 34 cm
7. Maksimi kokonaisleveys 60 cm
8. Pituus 3,6 m

## 4 UUDEN KÄRRYN SUUNNITTELU

### 4.1 Vaatimukset

Tärkeimpiä huomioita kärryn suunnittelussa on suunnitella kärrystä sellainen, että sitä voidaan käyttää myös ilman moottoria. Tämä tarkoittaa sitä, että osat ovat helposti irrotettavissa ja kärry toimii tasapainoisesti tästä huolimatta.



KUVA 11. Nykyisen kärryn kokonaismassa

Ohessa olevassa kuvassa näkyy Autodesk Inventor – ohjelmalla mallinnetun nykyisen kärryn kokonaismassa. Tässä ei ole otettu huomioon renkaita. Tämä massa toimii ohjeistavana uudelle rungolle, sillä siitä haluttiin entistä kevyempi.



KUVA 12. Alumiiniputki (www.aluminiumextruded.com)

Runko valmistetaan pääosin 40 cm x 25 mm x 2,5 mm olevasta alumiiniputkesta. Tämän kyseisen putken metripaino on 0,80 kg joka on lähes puolet kevyempää nykyisessä kääryssä käytettyyn teräsputkeen.

Nahoituksen aikana lopetetut ketut kuljetetaan kääryllä. Tällöin kokonaiskuorma voi olla jopa 150kg. Tätä suurempia kuormia ei kääryllä kuljeteta. Kun käytetään kaavoja 1,2 ja 4 ja sovelletaan näitä nykyisen kääryn mittoihin, saadaan suurimman kuorman aiheuttamaksi momentiksi taka-akselille 190 Nm. Kun otetaan huomioon akun ja tulevien moottoreiden aiheuttamat painot, voidaan mitoittavaksi momentiksi arvioida 200 Nm.

$$\frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} = n \quad (5)$$

Kääryn tulisi kulkea noin kävelyvauhtia eli n. 5 km/h. Rengaskokoa on vaikea valita etukäteen, sillä valinta voi vaihdella yms. Tämänhetkiset renkaat ovat halkaisijaltaan 375 mm, joten tätä käytetään laskuissa ohjausarvona. Renkaan kierrosnopeus saadaan tällöin laskettua käyttämällä kaavaa 5:

$$n = \frac{5 \text{ km/h}}{2 \cdot \pi \cdot 375 \text{ mm}} = \frac{1,39 \text{ m/s}}{2 \cdot \pi \cdot 0,375 \text{ m}} = \frac{0,589934}{s} \sim 35,4 \text{ rpm}$$

$$T_m = (9,955 \cdot 10^3) \cdot \frac{P \text{ (kW)}}{n \left( \frac{r}{\text{min}} \right)} \quad (6)$$

Koska nopeudet ovat pieniä, ei moottoreiden tarvitse olla ylitehoisia. Kaavalla 6 voidaan laskea edellä arvioidun pyörimisnopeuden ja tarvittavan väännön avulla tarvittavan moottorin teho per moottori seuraavasti:

$$P = \frac{n \cdot T_m}{(9,55 \cdot 10^3)} = \frac{35,4 \frac{r}{\text{min}} \cdot 100 \text{ Nm}}{(9,55 \cdot 10^3)} = 0,370681 \text{ kW} \sim 0,37 \text{ kW}$$



KUVA 13. Ilmakumipyörä ([www.tuontitukku.fi](http://www.tuontitukku.fi))

Kuvassa näkyvässä ilmapyörässä on oma laakeri, on tämä poistettava ja tilalle suunniteltava uusi kiinnitys akselille. Koska tarkempia mittoja ei saatu, voidaan tässä tapauksessa luoda kaksi erilaista kiinnitysvaihtoehtoa. Jos renkaan lieriön sisähalkaisija on sama tai hieman pienempi kuin akselilla, kiinnitys akselille tapahtuu pultilla, joka kulkee lieriön ja holkin läpi. Jos lieriö on kumminkin kapeampi kuin akseli, työstetään akseliin olake ja akselin pääty vastaamaan lieriön halkaisijaa. Tämän jälkeen renkaan ulkokehällä olevalle lieriöosuudelle porataan reikä akselin läpi ja kiinnitetään lieriö akseliin vain yhdellä pultilla. Vaihtoehtoisesti vanne voidaan hitsata akseliin kiinni. Moottorin halutaan pyörittävän akselilla kiinni olevia pyöriä, joten pyörät on lukittava akselille ja akseli laakeroitava runkoon.



KUVA 14. Pystylaakeriyksikkö ([www.tooloutlet.fi](http://www.tooloutlet.fi))

Akselin laakerointi suoritetaan kuvassa näkyvällä pystylaakeriyksiköllä. Laakeri on valmiiksi upotettu yksikköön. Laakerin sisähalkaisija on 38. Liitteessä 2 on laskettu vaadittava akselinhalkaisija ja tämä määrittää tarvittavan laakerikoon.



KUVA 15. Etupyörä (www.tuontitukku.fi)

Kärryn eteen laitetaan pystyakselinsa ympäri vapaasti pyörivät renkaat. Nämä renkaat on todettu erittäin toimiviksi ja vaativat vähän huoltoa. Kuvassa oleva rengas on ilmatäytteenen, mutta kyseisiä renkaita on olemassa täysikumisena versiona. Tällöin saadaan vältettyä puhkeaminen, mutta kärryn paino nousee huomattavasti, jolloin käsikäyttöisyys on erittäin vaivalloista. Pienestä koostaan huolimatta kyseisellä rengasmallilla on kantavuus 100 kg.

## 4.2 Moottorityypin valinta

Moottorityypivaihtoehtoina ovat polttomoottori ja sähkömoottori. Kummallakin moottorityypillä on paljon hyviä puolia, mutta käytäntö ja toiveet kumminkin rajoittavat moottorivalintaa.

### 4.2.1 Polttomoottori

Polttomootorin hyviä puolia on sen yksinkertaisuus, varmatoimisuus sekä helppo huollettavuus. Jos moottori valittaisiin polttoöljykäyttöiseksi, toimisi se samalla polttoaineella kuin tarhalla päivittäin käytössä olevat ruokintatrukit.

Huonoja puolia ovat moottorin suuri paino, pakokaasujen aiheuttama häikä toimintatiloissa, kauko-ohjauksen toteuttaminen ja kytkimen käyttö liikkeessa.

#### **4.2.2 Sähkömoottori**

Sähkömoottorin hyviä puolia ovat sen suuri teho suhteessa moottorin kokoon, kevyt, helppo ohjata etänä, mahdollisuus erilaisiin voimansiirtoihin, toimii useissa työympäristöissä ja sähkömoottori ei tuota pakokaasupäästöjä.

Huonoja puolia ovat esimerkiksi moottorin korkeahko hinta, ei itse huollettavissa, hajomisherkkyys, koteloinnin tarve ja moottoriin yhteydessä olevan akun lataamistarve.

Tilajaan toiveesta ja keskustelujen jälkeen valittiin moottorityypiksi sähkömoottori edellä käytyjen pohdintojen edesauttamana. Tarkemmin sähkömoottoriksi valittiin sähkökäyttöisissä pyörätuoleissa käytettävä moottori. Nämä ovat yksinkertaisia ja erittäin tehokkaita moottoreita, jotka on suunniteltu toimimaan matalilla nopeuksilla. Vaihtoehtoisesti autojen ja mönkijöiden hinaamisen tarkoitettut vinssit sopisivat tähän tarkoitukseen erinomaisesti (Korpela 2016).





KUVA 16. Jazzy 1450 (www.pridemobility.com)

Kuvassa olevan pyörätuolin moottorit ovat tehokkaimmat, mitä Pride mobility products corp:lla on tarjolla. Kyseisten moottorien jatkuvateho on 350 w ja huipputeho 1,25 kW. Jazzy 1450 tuotetiedoissa rungon yms. painoksi ilmoitetaan 88,45 kg ja akkujen yhteispainoksi 47,2 kg. Tämän lisäksi henkilöpainon yläraja on 272,2 kg (liite 3).



KUVA 17. Pyörätuolin moottorit (www.ebay.com)

Moottoreiden hinta on tällä hetkellä n. 900e/pari pyörätuolivalmistajan itse myymänä ebay-sivustolla. Moottoreiden ohjaus voidaan toteuttaa erillisellä PWM-ohjaimella, mutta tällöin moottoreista on poistettava tai ohitettava niiden sisäinen jarrujärjestelmä. Moottorin akseleissa on valmiiksi asennettuna kiilat.



KUVA 18. Moottoreiden ohjausmoduuli (www.ebay.com)

Jazzy-pyörätuolien osia on hyvin tarjolla ebayssa. Kuvassa näkyvä ohjausmoduuli johdettuna moottoreille ja akuille on tällä hetkellä n. 64 euroa. Kyseisiä paketteja on listattu myyntiin useita. Tämän lisäksi moduuleita ja johtoja on myynnissä myös erillisinä paketeina.



KUVA 19. Yksinkertainen joystick (www.ebay.com)

Joysttickeja eli ohjaustikkuja on tarjolla useita. Kuvassa oleva on yksinkertainen malli nopeudensäädöllä sekä suuntaohjauksella. Kyseisen ohjaustikun hinta on n. 100 euroa.

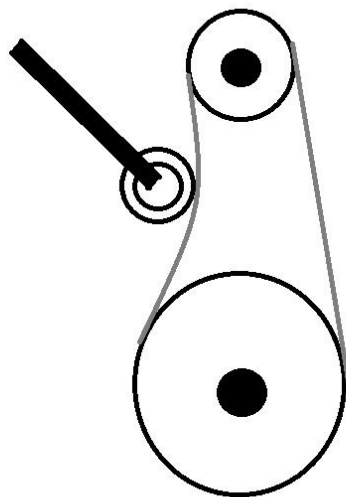
Alkuperäisen ohjaustikun hyviä ominaisuuksia on kaikkien tarvittavien säätöjen tarjoaminen yhdessä moduulissa, verrattuna itse rakennettuun PWM-säätäjään.

### 4.3 Voimansiirtotyypin valinta

Moottorityypistä riippumatta vaihtoehtoina oli kolme voimansiirtotyyppiä: hihna-, suora- ja ketjuvetoinen. Nämä ovat yleisiä ja hyviksi todettuja voimansiirtomenetelmiä, jotka ovat myös yksinkertaisia sekä valmistettavissa tilaajan tiloissa.

#### 4.3.1 Hihnavetoinen

Hihnan käyttö voimansiirrossa on halpa ratkaisu. Tämän ratkaisun ongelma on kummin-kin hihnan kiristämisessä. Kärrystä halutaan yksinkertainen ja kevyt sekä kärryn tulisi olla helposti käytettävissä ilman moottoria. Hihnavetoinen järjestelmä vaatisi hihnankiristimen, joka lisäisi ylimääräisiä rakenteita ja olisi vaikeasti toteutettavissa kyseisessä kärryssä.



KUVA 20. Esimerkki hihnavetoisesta ratkaisusta

Oheisessa kuvassa on yksi esimerkki selventämään millaista ratkaisua tarkoitetaan. Alempi isompi pyörä on akselille/renkaaseen tuleva pyörä, ylempi suoraan moottorilta tuleva urallinen pyörä ja vasemmalla näkyvä rulla hihnakiristin.

### 4.3.2 Suoravetoinen

Suoravedolla voidaan tarkoittaa monenlaisia ratkaisuja. Yksi ratkaisutyyppi olisi ottaa voima renkaille suoraan moottorilta. Tämä ei kumminkaan ole mahdollista, sillä tilaajan toiveena ja vaatimuslistan osana on kärryn toimiminen myös ilman moottoria.

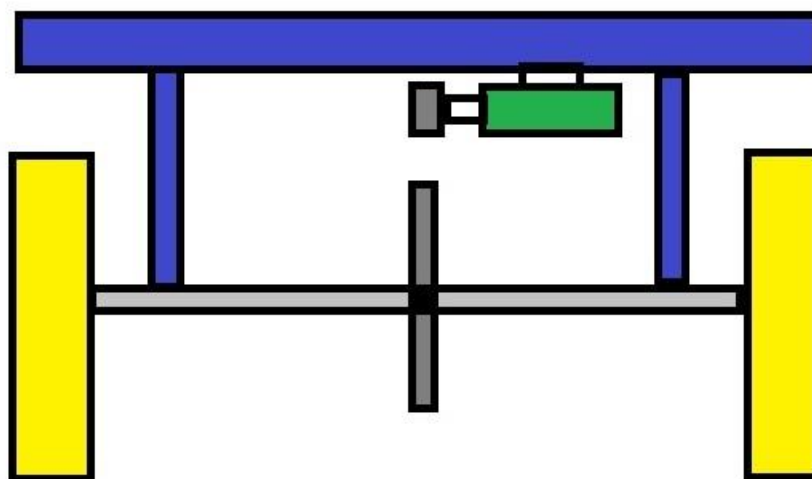


KUVA 21. Kehähammasratas (www.raskaankalustonvaraosat.fi)

Kuvassa näkyvä hammasratas on esimerkki siitä, mitä tässä tarkoitetaan kehähammasrataalla. Tämän ratkaisun huonoja puolia on sen vaikea suojattavuus ja kotelointi. Myöskin suora hammasratas-hammasratas – liitos on herkkä iskumaiselle rasiukselle, jota tapahtuu vaihtelevien työympäristöjen yhteydessä. Tämä ratkaisu vaatisi myös moottorin siirtoa jommallekummalle sivulle, jolloin paino siirtyisi ja saattaisi aiheuttaa kaatumisvaaraa sivuttaissuunnassa. Yksi ratkaisumahdollisuus olisi akselin jatkaminen, mutta tämä ratkaisu tarvitsisi mm. tukilaakeria, jolloin haluttu yksinkertainen ja helposti huollettava eivät toteutuisi.

### 4.3.3 Ketjuveto

Ketjuvetoinen voimansiirto on yksinkertainen ja rasiudesta kestävä ratkaisu. Osat ovat yksinkertaisia ja helposti vaihdettavissa. Ketjun huonoja puolia on kumminkin sen riittävästä voitelusta huolehtiminen sekä tarvittava kotelointi ympäristöltä.



KUVA 22. Esimerkki ketjuvedosta

Ketjувälitys olisi yksinkertaista valmistaa ja integroida kärryyn. Kotelointi lisää hieman suunnittelua, mutta kyseisellä tavalla valmistettuna saataisiin mm. tarttumisvaara suoraan voimansiirtoon minimoitua. Hammasrattaita on lähes jokaista kokoa, kuten myös ketjuja. Tässä voimansiirtomallissa moottorin vaihtuminenkaan ei juurikaan vaikuttaisi käyttövoiman muutokseen, sillä osat ovat helposti korjattavissa ja vaihdettavissa vastaavilla tai sopivimmilla.

Koska moottorinvalmistajalta ei saatu tarkempia tietoja moottoreista, eikä moottoreita ole mahdollista päästä näkemään, ei todellista mitoitusdataa voida tehdä hammasrattaille ja ketjulle. Voimansiirtoa valmistettaessa on otettava huomioon useita asioita. Yksi tärkeimmistä on suunnitella hammasrattaiden välityssuhteeksi luku 1 ja 5 väliltä. Ketjupyörien suositeltavat hammasluvut ovat alueelta 17...144. Hitailta nopeuksilla välityssuhteen arvo voi nousta yli 10 (Airila ym. 2010)

#### 4.4 Uuden rungon suunnittelu

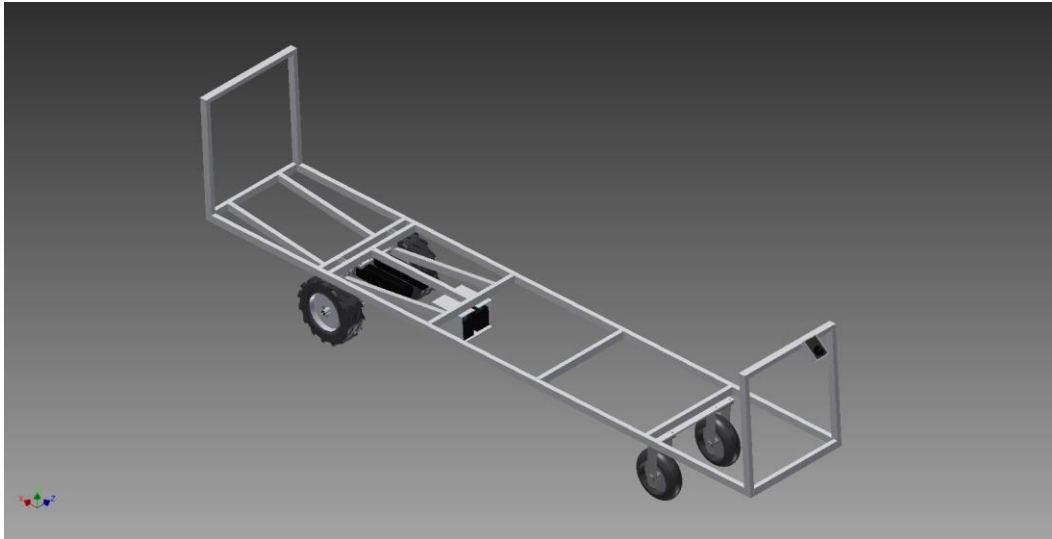
Voimaa vaativan työtason korkeudeksi suositellaan 98 cm miehillä jonka pituus 175 cm (Lätti ym. s 106 2008). Koska haluttu korkeus maasta työtasoon on 34 cm, tulee työntötangon korkeudeksi tällöin 64 cm. Voiman tarve turkistuotannon töissä vaihtelee suuresti. Käytännössä turkistryöntekijä tarvitsee voimaa työasentoihin, työliikkeisiin ja otevoimiin. Yksilön lihasvoimaan vaikuttavat mm. ikä ja sukupuoli. Lihasvoima alkaa vähetä 25 ikä-

vuoden jälkeen ja on 65-vuotiailla noin viidennes nuoruusiän maksimivoimasta. Lihasvoima vähenee yleensä nopeimmin jalkalihaksista ja hitaammin vartalon ja käsivarsien lihaksista. Turkistuottajien keski-ikä on 50,3 vuotta (Lätti ym. 2008). Nykyisellään kärry vaatii niin jalkavoimien kuin käsivoimien runsasta käyttöä kuljetettaessa suuria määriä koppeja tai runsuja varjotaloihin.

Koska pyörätuolin valmistajaan eikä vähittäismyyjiin saatu yhteyttä, joudutaan kiinnikkeet suunnitteleman arvioiksi lopullisista. Kiinnikkeiden suunnittelussa otetaan huomioon tämä asia.

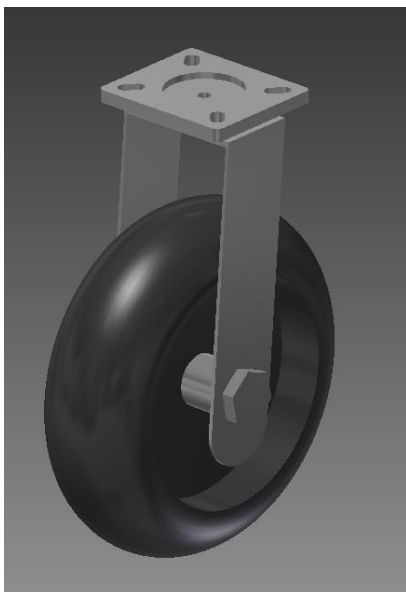
## 5 UUSI KÄRRY

Tässä kappaleessa käydään läpi uuden kärryn osat ja ratkaisut. Osittaiskoonpanoa tarkempia kuvia ei näytetä tässä työssä tilaajaan toiveesta. Osakuvat yms. toimitetaan tilaajan saatavaksi.



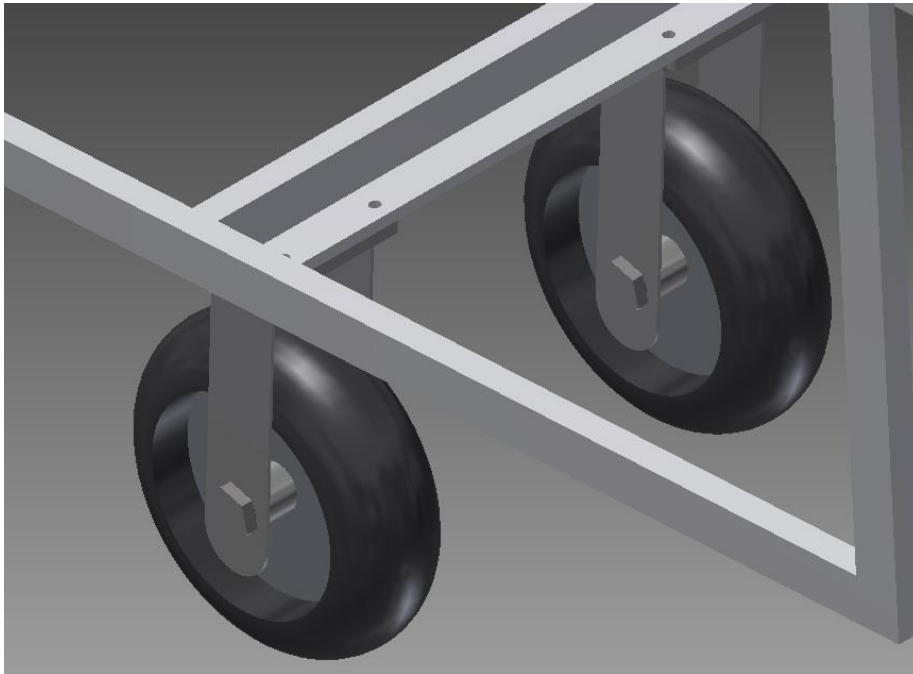
KUVA 23. Yleiskuva uudesta kärrystä

Isompi versio uudesta kärrystä on liitteessä 4. Koska nykyinen kärryratkaisu on ollut toimiva, ei rakennetta muutettu suuresti. Tärkeimpiä rakenteellisia muutoksia oli taka-akselin siirtäminen taaemmaksi tasapainoa parantamaan. Eturenkaita on nyt kaksi ja näitä on siirretty eteenpäin, jotta kärry pysyisi paremmin etupainoisena.



KUVA 24. Eturatas

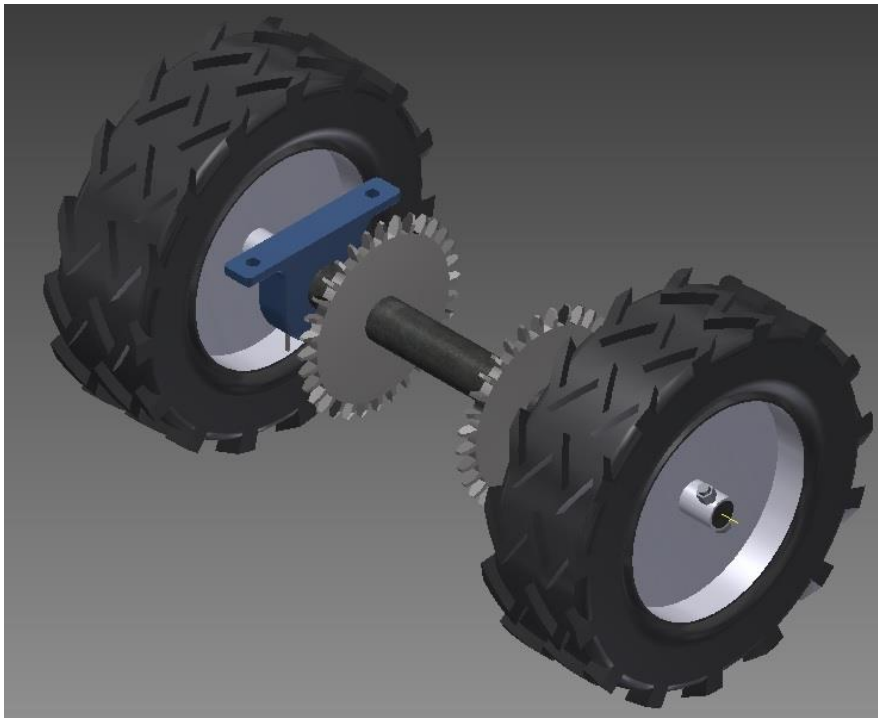
Eturataspaketti on samanlainen kuin aiemmin kuvailtiin osien pohdinnassa. Valmis rengaspaketti, joita on monenlaisia ja kokoisia useisiin eri tarpeisiin. Tämän vuoksi suunnitelma on yksinkertainen, jotta rengasvalintaa voidaan tarvittaessa muuttaa.



KUVA 25. Eturenkaat

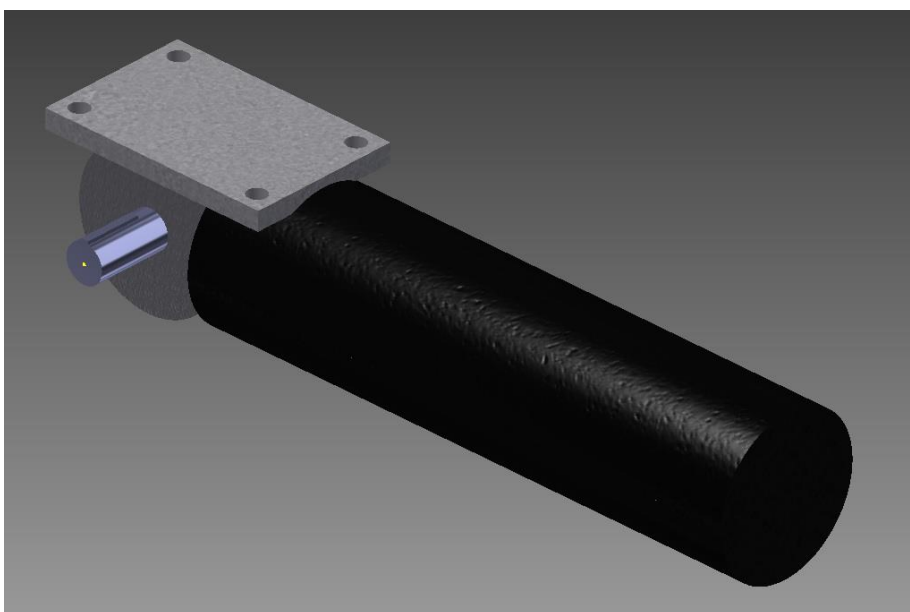
Eturenkailla on koko sivuttaissuunnanpituisen asennuslevy, joka on valmistettu alumiinista muiden osien tapaan. Alusta mahdollistaa helposti erikokoisten renkaiden käytön, sillä väliin materiaalia lisäämällä voidaan säätää renkaiden korkeutta samalle tasolle takapään kanssa.





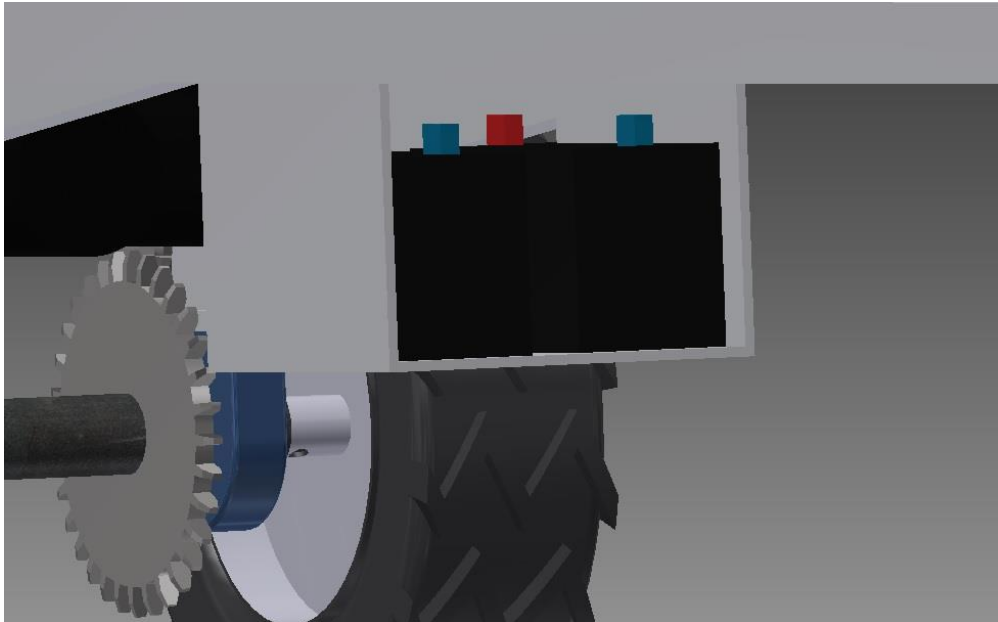
KUVA 26. Taka-akselin kokoonpano

Kuvassa on taka-akselin kokoonpano. Kokoonpano sisältää akselin, renkaat ja näiden kiinnikkeet, hammaspyörät sekä kiinnitys- /tukilaakerit. Tämä on kumminkin arvio, sillä lopullinen kokoonpano tulee riippumaan saatavista ja käytettävistä osista ja sähkömoottorien asennusasennosta. Käytettävät hammaspyörät ovat vakio-osia. Renkaiden kiinnitys on suunniteltu alkuperäisten suunnitelmien mukaan niin, että pultti menee läpi akselistä ja renkaan keskiöstä, josta on poistettu laakeri.



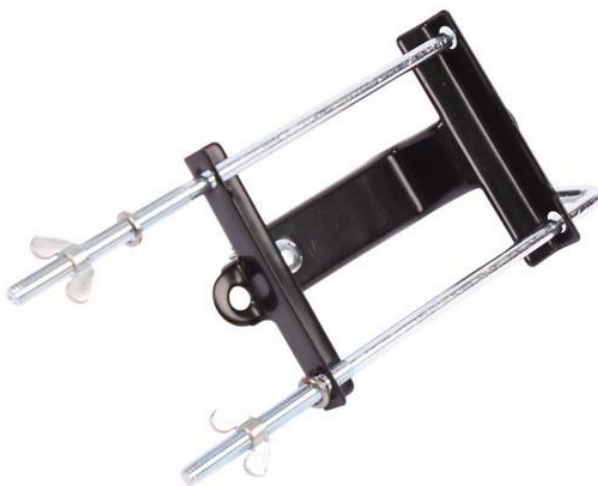
KUVA 27. Sähkömoottorin mallinnus

Koska projektin aikana useista yrityksistä huolimatta ei saatu yhteyttä pyörätuolien taikka moottorien valmistajaan, jouduttiin moottori ja tämän kiinnikkeet suunnittelemaan likimääräisesti. Tämän vuoksi rakenteet on suunniteltu niin, että niitä on helppo muuttaa saatavilla olevien osien mukaan.



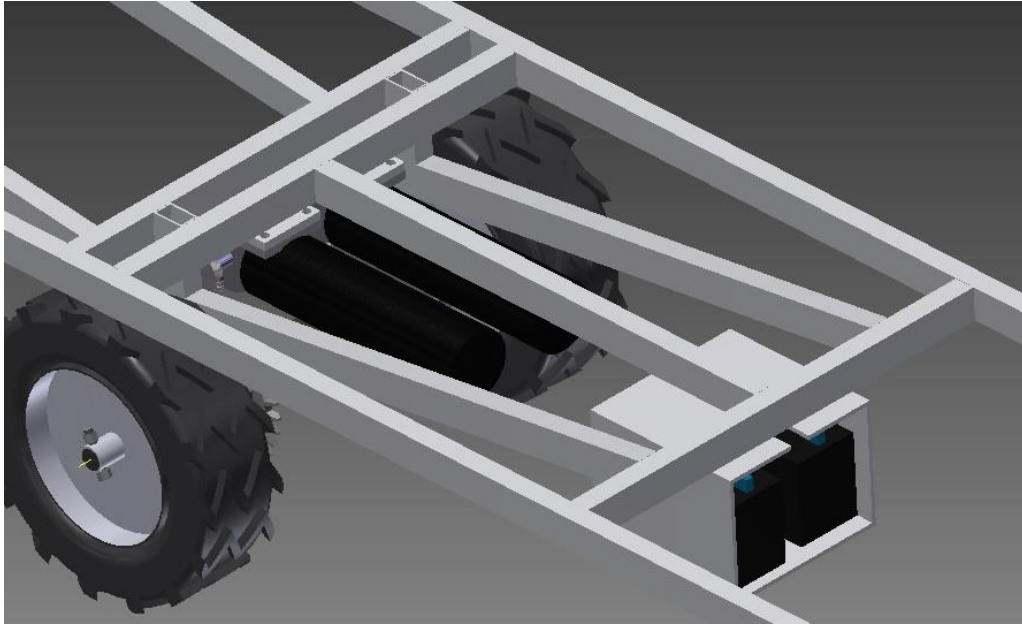
KUVA 28. Akkujen kiinnitys

Akkujen kotelointiin vaikuttaa suuresti akkuvalinta. Tässä ratkaisussa akuiksi on valittu pienemmät, moottorikelkoissa käytettävät akut jotka voidaan kytkeä rinnan tarvittaessa. Rakenne on suunniteltu avonaiseksi siksi, että akkujen vaihto on helppoa tarvittaessa.



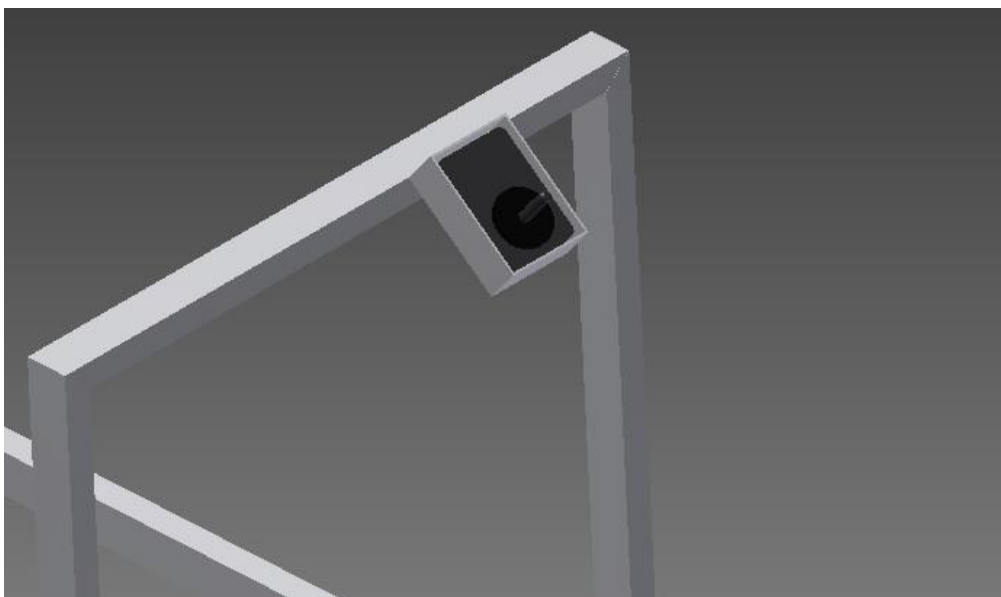
KUVA 29, Akkukiinnike (www.motonet.fi)

Akkuvalinnasta huolimatta olisi hyvä käyttää kuvassa olevaa, tai vastaavaa, akkukiinnikettä. Kiinnike on helppo asentaa ja se on helposti avattavissa siipimuttereiden ansiosta. Kiinnikkeellä saadaan rajoitettua niin sivuttaista kuin pitkittäistä liikettä.



KUVA 30. Lisätuki

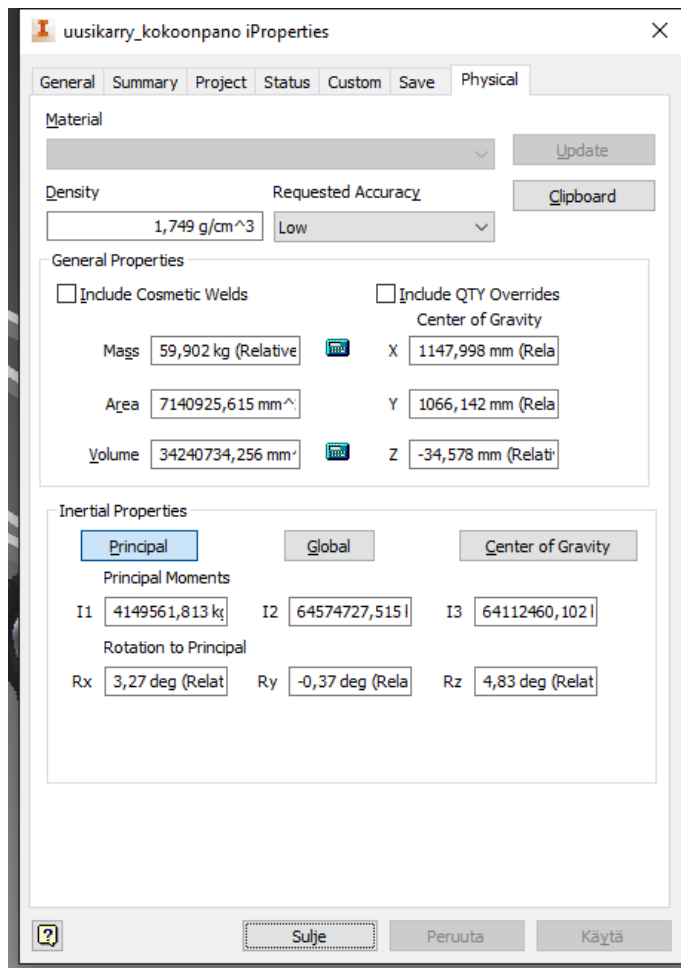
Lisätuen on tarkoitus toimia tukemisen lisäksi myös kiinnityskohtana mahdollisille moottoreiden lisäkiinnikkeille. Tämän lisäksi lisätuki toimii lisäpintana akkujen suojakotelolle.



KUVA 31. Joystickin asennuskotelo

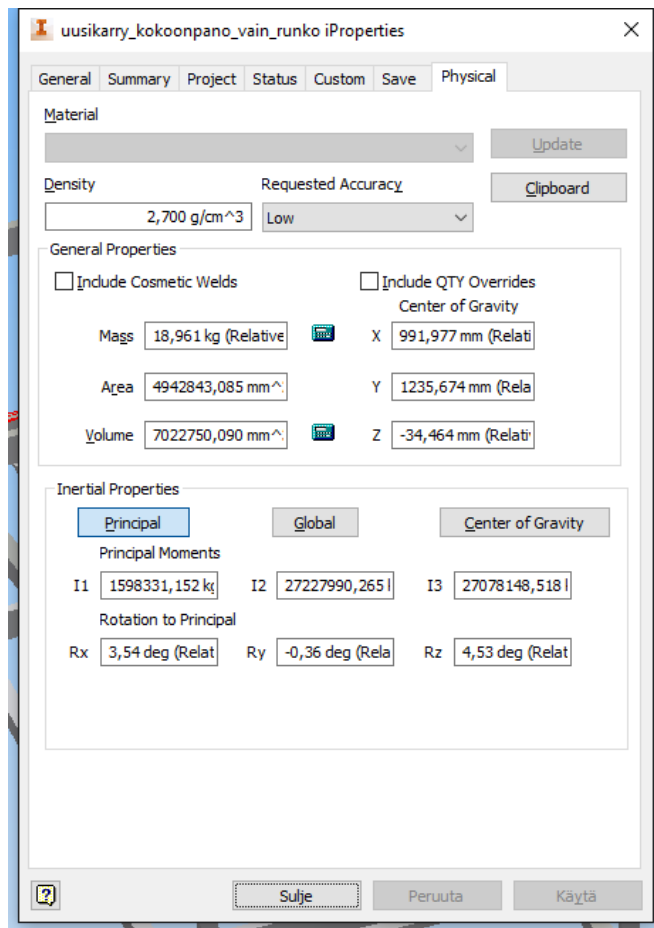
Joystickin asennuksessa on otettava huomioon se, että kärryä on pystyttävä käyttämään myös ilman moottoria. Tällöin on varmistettava, että ylätankoon jää tarpeeksi tilaa käsille kummallekin sivulle, jotta kärryä voidaan työntää esteettä.

Moottoreita koskevat johdotukset tehdään joko kuljettamalla johtoja runkorakenteiden sisällä, tai vaihtoehtoisesti kiinnittämällä nämä runkoon siihen tarkoitetuilla, eristetyillä kiinnikkeillä. Koska moduulin johtojen pituuksia ei ole saatavilla, on moduulin asennus jätetty kuvaamatta suunnitelmissa. Suurin osa johdoista on yksinkertaisia virtaa johtavia johtoja, joten tarvittaessa näitä voidaan helposti jatkaa.



KUVA 32. Uuden kärryn kokonaismassa

Autodesk Inventor –ohjelmisto arvioi koko rakennelman painoksi noin 60 kg. Tämä on erittäin suuntaa antava arvio, sillä mallinnuksen helpottamiseksi renkaat ovat umpikumia ja akkujen paino muodostuu materiaalien arvioista.



KUVA 33. Rungon kokonaismassa

Poistamalla kaikki runkoon kuulumattomat osat voidaan arvioida rungon kokonaismassa. Rungossa ei ole kiinni akselia. Rungon kokonaismassa on noin 19 kg, mikä on alkuperäisen rungon painosta n. 43 %. Vaihtamalla materiaalia ja muuttamalla rakenteita on uusi runko huomattavasti alkuperäistä kevyempi massaltaan.

## 6 KUSTANNUSLASKELMAT

Koska suunnitelmassa olevat moottorit ja tämän osat ovat saatavilla vain ulkomailta, on näiden kohdalla tarkastettava tullin määräykset koskien näiden maahantuontia (Tulli 2016). Laskuissa käytettiin suurempaa, moottoripyörien mukaan olevaa prosenttia, sillä tämä saattaisi olla lähempänä todellista tullimaksua. Jos kyseisiä osia olisi saatavilla Suomesta tai Euroopasta, voivat hinnat vaihdella suurestikin. Valuuttamuunnos on tehty Osuuspankin valutta muuntimella, joka laskee ajankohtaisen kurssin mukaan vaihtokurssin (Osuuspankki 2016). Moottorit ovat myynnissä valmiina pakettina, jossa on moottori oikealle ja vasemmalle puolen.

Laskelmissa ei ole otettu huomioon yrityksen mahdollisia veroalennuksia Suomesta ostettavista osista, sillä nämä ovat vain osa konetta, joten vähennyksen toteutumista on vaikea arvioida. Moottoreiden ja näihin liittyvien osien kohdalla on kumminkin laskettu verollinen ja veroton hinta. Tuotteiden hinnat on otettu kuvissa olevien yritysten sivuilta. Ulkomailta tilattavat osat sisältävät myös arvion lähetyskuluista.

TAULUKKO 3. Kustannuslaskelmat

Tuote	á-hinta	Määrä	Yhteensä	Tullimak- sut	ALV-li- säys	Yht.
Alumiiniputki		6	20	120		
Etupyörä	24,9		2	49,8		
Takapyörä	22,9		2	45,8		
Akku	40		2	80		
Laakeriyksikkö	57,9		2	115,8		
Joystick	110		1	110	4,07	27,3768
Moottorit	1010		1	1010	37,37	251,3688
Ohjausmoduuli	80		1	80	2,96	19,9104
Alumiiniosat				30		
Hammasyörät	12		4	48		
Tarvikkeet				80		
<b>Yhteensä:</b>				<b>1769,4</b>	<b>44,4</b>	<b>278,7456</b>
						<b>2092,546</b>

Tarvikkeiden määrää ja kustannuksia on vaikea arvioida. Tämä sisältää niin pultit kuin hitsausmateriaalit yms. Alumiiniosat käsittävät erinäiset kiinnikkeet ja välikappaleet, joita tarvitaan osien yhdistämiseen toisiinsa. Kustannuksiin ei ole laskettu työtä, sillä rakenne on suunniteltu niin että tilaaja voi itse valmistaa työntökärryn. Kustannusarvio osuu asiakaskyselyssä saadun 1500 – 4000 € maksuvalmiushaarukan alapäähän.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön alussa luotiin kysely ja tämän pohjalta vaatimuslista. Lopullinen suunnitelma täyttää kaikki vaatimuslistan vaatimukset. Vaikka suunnitelma täyttääkin vaatimuslistan, ei voida olla täysin varmoja siitä että lopullisessa valmistusvaiheessa nämä kaikki toiveet toteutuisivat halutusti. Suunnitelma on kumminkin pyritty tekemään niin, että pienet muutokset olisi helppo tehdä ja ottaa huomioon sitä seuraavissa vaiheissa.

Uusi kärry suunniteltiin jo olemassa olevan kärryn pohjalta, mikä helpotti suuresti mittojen selvittämistä sekä toimivien ratkaisujen löytämistä. Useat ratkaisukohdat jätettiin tarkoituksella mahdollisimman avoimiksi, jotta halvempien ja mahdollisesti sopivimpien ratkaisujen käyttö olisi mahdollista. On valitettavaa, että moottoreiden valmistajaan taikka myyjään ei saatu luotua yhteyttä tarkempien mittojen ja arvojen varmistamiseksi.

Opinnäytetyön aikana tilaajan turkistarhaa kumminkin ajettiin toiminnallisesti alas ja se myytiin. Onneksi tilaaja oli valmis jakamaan opinnäytetyössä kerätyt ratkaisut ja piirustukset jo asiakaskyselyssä mukana olleen turkistarhan kanssa, jolloin työ ei mennyt hukkaan. Kyseinen tarha vastaa tiloiltaan tilaajan turkistarhaa.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyö eteni hyvin, kunhan oikea moottorityyppi löydettiin. Tämä ongelma hidasti suuresti työn etenemistä. Työstä tuli laajahko, mutta tilaajan tarpeisiin riittävä, lähes kokonaan itse valmistetavissa oleva motorisoitu työntökärry.

## LÄHTEET

Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius, M. & Välimaa, V. 2010. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: WSOYpro Oy

Euroopan parlamentti ja neuvosto. Direktiivi 2006/42/EY. 2006. Luettu 29.2.2016  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX:32006L0042>

Korpela, M, tuntiopettaja. 2016. Asiantuntija kysely. Sähköpostiviesti. mikko.korpela@tamk.fi. Luettu 29.2.2016

Lätti, M., Warén-Backstöm, L., Tuure, V-M. & Maasola, M. 2008. Työnkäyttö, työmenetelmät, -kuormitus ja -olosuhteet minkin varjotalo- ja hallikasvatuksessa. Nurmijärvi: Fram Oy

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2012. Tekniikan kaavasto. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy

Norrod Nes, N., Einarsson, E.J., Lohi, O. & Jørgensen, G. 2013. Kauniit Turkiseläimemme – ja niiden värityyppigenetiikka. Keuruu: PSTK/Otavan Kirjapaino Oy

ProFur. Turkiseläimet. Luettu 3.2.2016  
<http://www.turkistieto.fi/Turkiselaimet>

Suomen Turkiseläinten Kasvattajain Liitto Ry ProFur.2016. 2015 Tilastot/Statistik. Vaasa: ProFur

Tulli. Esimerkkejä joidenkin nettiostosten tuontiverosta 2016. Luettu 23.3.2016.  
[http://www.tulli.fi/fi/yksityisille/netista\\_ostaminen/tullit\\_ja\\_verot/esimerkkeja/index.jsp](http://www.tulli.fi/fi/yksityisille/netista_ostaminen/tullit_ja_verot/esimerkkeja/index.jsp)

Valuuttalaskuri. Osuuspankki. Luettu 23.3.2016. <https://www.op.fi/op/henkiloasiakkaat/tilit-ja-maksut/valuuttalaskuri?id=13102>



## LIITTEET

### Liite 1. Kyselylomake

#### KYSELYLOMAKE

Tämä kysely on osa opinnäytetyötä. Kyselyn vastauksia käsitellään anonyymisti. Vastauksia tai osia vastauksista voidaan käyttää osana opinnäytetyötä. Vastauksien pohjalta muodostuneiden ideoiden ja innovaatioiden oikeudet siirtyvät opinnäytetyön tekijälle. Opinnäytetyö on julkinen. Vastaamalla tähän kyselyyn hyväksyt edellä mainitut asiat koskien tiedonkeruuta.

Opinnäytetyön otsikkona on motorisoidun työntökärryn suunnittelu. Työntökärryllä tarkoitetaan tässä yleisesti turkistarhoilla käytössä olevia kärryjä joita käytetään jokapäiväisissä töissä, esimerkiksi runsutuksessa, koppien kuljetuksessa sekä eläinten lopettamisessa. Kyselyn tarkoituksena on kerätä ehdotuksia, ideoita ja vaatimuksia uuden kärryn suunnitteluun.

**1. Mihin tarkoituksiin käytätte nykyistä turkistarhaltanne löytyvää kärryratkaisua?:**

---

---

---

---

**2. Luettele kärryn kokoa rajoittavia/määrittäviä tekijöitä:**

---

---

---

---

**3. Näettekö tarpeellisenä motorisoitua työntökärryä? Miksi?**

---

---

---

---

**KYSELYLOMAKE**

4. Millaisia ominaisuuksia toivoisitte uudelta työntökärryllä?

---

---

---

---

5. Paljonko olisitte valmis maksamaan motorisoidusta työntökärrystä?

---

6. Muuta huomioitavaa/ajatuksia:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Kiitos ajastanne ja vastauksista!**

## Liite 2. Akselin mitoitus

### Akselin mitoitus:

Varmuusluku:	1,5
Nimellisvääntömomentti:	$M_v=200 \text{ Nm}$
Maksimivääntömomentti:	$M_{vmax}=1,5 * M_v=300 \text{ Nm}$
Sähkömoottorin nimellinen pyörimisnopeus:	3200 rpm

### Akselissa pelkkää vääntöä, joten halkaisija voidaan selvittää Söderbergin lausekkeella:

Akselimateriaali:	s355
Myötöraja:	$R_e=355 \text{ MPa}$
Tavitusvaihtolujuus (Smithin piirros):	$\sigma_{tw}=260 \text{ MPa}$

### Vääntömomentti jaetaan puoliksi vakio-osaan ja tykyttävään osaan:

$M_{vm}=0,5 * M_{vmax}$	$M_{vm}=150 \text{ Nm}$
$M_{va}=0,5 * M_{vmax}$	$M_{va}=150 \text{ Nm}$

\*Koska renkaat tullaan kiinnittämään akselille pultilla, valitaan lovenvaikutusluvaksi  $K_{fv}:2$

### Tarvittava akselin halkaisija:

$$d_{\min} = \sqrt[3]{32 * \frac{n}{\pi} * \left( \frac{M_{vm}}{R_e} + K_{fv} * \frac{M_{va}}{\sigma_{tw}} \right)} = 37,1767 \text{ mm}$$

Valitaan standardihalkaisija standardista SFS 2361: 38 mm

Liite 3. Jazzy sähkökäyttöisen pyörätuolin mainoslehtinen. <http://www.pridemobility.com/jazzy/600es.asp>



The Jazzy® Power Chair is engineered and factory-tested to provide you with consistent high-performance operation you can count on. The Jazzy's high-quality construction and proven durability mean you can depend on it for a long time.

With several high-performing Jazzy Power Chair models available and many accessories and options to choose from, there's a Jazzy to meet your unique needs and preferences.

Options

- Cup holder
- Oxygen tank holder
- Weather cover
- Rear basket
- Cane/crutch holder
- Walker holder

**Jazzy 614 HD**  
 Maximum Speed: Up to 4.3 mph  
 Weight Capacity: 450 lbs.  
 Range per Charge: Up to 11 miles



Candy Apple Red  
 Viper Blue

**Jazzy Elite HD**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 450 lbs. (400 lbs. on 18" deep seat configurations)  
 Range per Charge: Up to 20 miles



Jazzy Red  
 Jazzy Blue

**Jazzy 1450**  
 Maximum Speed: Up to 4.5 mph  
 Weight Capacity: 600 lbs.  
 Range per Charge: Up to 12 miles



Candy Apple Red  
 Viper Blue

**Jazzy Select 6**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 15 miles



Jazzy Red  
 Jazzy Blue

**Jazzy Elite 14**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 18 miles



Jazzy Red  
 Jazzy Blue

**Jazzy 600 ES**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 16.5 miles



Jazzy Red

**Jazzy Sport 2**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 12.89 miles



Jazzy Red  
 Jazzy Blue

**Jazzy Elite ES Series**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 12 miles (ES-1) / Up to 11 miles (ES Portable)



Jazzy Red  
 Jazzy Blue

**Jazzy Select Elite**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 15 miles



Jazzy Red  
 Jazzy Blue

**Jazzy Sport Portable**  
 Maximum Speed: Up to 4 mph  
 Weight Capacity: 300 lbs.  
 Range per Charge: Up to 11 miles



Jazzy Red  
 Jazzy Blue





Liite 4. Yleiskuva uudesta kÄrrystÄ

