



**TURUN
YLIOPISTO**

Puusta polkupyöräksi

Kaupunkikäyttöön soveltuvan puisen polkupyörän valmistus ja testaus

Käsityökasvatuksen
pro gradu -tutkielma

Laatijat:
Aleksi Palola
Joonas Launonen

26.4.2023
Rauma

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Käsityökasvatus

Tekijät: Aleksi Palola & Joonas Launonen

Otsikko: Puusta polkupyöräksi - Kaupunkikäyttöön soveltuvan puisen polkupyörän valmistus ja testaus

Ohjaaja: Professori Marja-Leena Rönkkö

Sivumäärä: 61 sivua

Päivämäärä: 26.4.2023

Tämän tutkielman tavoitteena oli luoda laatutavoiteteoreema puisen polkupyörän valmistusta varten. Ajatus puisen polkupyörän valmistuksesta lähti toisen tutkielman tekijän ideasta. Maininta puisen polkupyörän valmistuksesta tuli jo ensimmäisenä opiskeluvuotena, josta idea alkoi vähitellen muuttua mahdolliseksi valmistukseksi asti. Kiinnostus pyöräilyä kohtaan ja kandidaatin tutkinnon aikana tehty tutkielma puisen etuhaarukan valmistuksesta vahvistivat päätöstä toteuttaa puinen polkupyörä. Myös halu kehittää omia käsityön aineenhallintataitoja, sekä aiheen ainutlaatuisuus houkuttelivat tutkielman tekijöitä. Tutkielmassa tuotteelle luotiin ainutlaatuinen laatutavoitekriteeristö, johon tuotteen valmistaminen ja sen testaus nojautuivat.

Tutkimus oli laadullinen ja se toteutettiin tutkivan tuottamisen metodilla. Tutkimuskysymykset ovat johdettu luoduista laatutavoitteista, sekä polkupyörän käyttöön liittyvistä ennakkotiedoista. Loimme yhden teoreettisen tutkimuskysymyksen, sekä kaksi empiiristä tutkimuskysymystä. Teoreettinen tutkimuskysymys on: Miten laatutavoiteteoreeman mukainen puinen polkupyörän runko on mahdollista valmistaa? Ensimmäinen empiirisistä tutkimuskysymyksistä on: Miten puinen polkupyörän runko toimii käyttöympäristössään siihen yhdistettyjen standardiosien kanssa? Toinen empiirinen tutkimuskysymys on: ”Millaisia numeerisia arvioita testihenkilöt antavat tuotteen laatutavoiteteoreeman toteutumisesta”. Tutkimuksen aineisto kerättiin dokumentoimalla tuotteen valmistusprosessi, sekä suorittamalla erilaisia mittauksia, jotka pyrkivät todistamaan laatutavoiteteoreeman. Lisäksi polkupyörää testanneilta henkilöiltä kerättiin subjektiivisia arvioita.

Tutkimustuloksena toteutimme puisen polkupyörän, jonka testasimme laatutavoiteteoreeman mukaisesti. Loimme testausta varten tutkimusmittarit, jotka antavat jokaiselle ominaisuudelle pisteen yhdestä viiteen. Ominaisuudet johdettiin laatutavoitekriteereistä. Tutkimusmittareita on kymmenen, joten yhteispistemäärä on 50. Tutkimusmittareiden antama pistemäärä oli 38 pistettä.

Tutkimustulokset siis osoittavat, että laatutavoitteet toteutuvat osittain, mutta siitä huolimatta tuote toimii käyttöympäristössään kiitettävästi. Tuotteen valmistusprosessi todisti puisen polkupyörän rungon tuottamisen mahdolliseksi. Valmistuksessa täytyi soveltaa paljon opittuja tietoja, sillä valmiita ohjeita tällaisen polkupyörän rungon valmistamiselle ei ollut olemassa.

Avainsanat: käyttöympäristö, puinen polkupyörä, tutkiva tuottaminen, laadullinen tutkimus, käsityökasvatus

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Tutkimusmenetelmä	6
2.1	Tutkimusmenetelmän määrittely	6
2.2	Tutkiva tuottaminen käsityöprosessin kuvaajana	7
2.3	Aikaisemmat tutkimukset	10
2.4	Tutkimuskysymykset	12
3	Määrittelyteoreettinen osa	13
3.1	Käsityöhankkeen hahmottelu	13
3.2	Tuotteen taustateoria ja perustat	13
3.2.1	Polkupyörän määrittely	13
3.2.2	Materiaali-, muoto-, design- ja rakenneperusta	15
3.2.3	Käyttökohteen- ja käyttäjäperusta	17
3.2.4	Käsityö- ja työperusta	18
3.2.5	Ekologinen-, turvallisuus- ja kehityspäerusta	19
3.3	Laatutavoiteteoreeman määrittely	20
3.4	Laatutavoiteteoreeman testauksen määrittely	22
4	Todistamisteoreettinen osa	26
4.1	Tuotteen valmistuksen ja suunnittelun teoretisointi	26
4.2	Suunnittelun teoria	27
4.3	Suunnitteluteoreeman testaus valmistamalla	27
4.3.1	Tiedonhaku	27
4.3.2	Rungon hahmotelma	29
4.3.3	Runko-osien valmistus	31
4.3.4	Käytettyjen standardiosien hankinta	35
4.3.5	Metallivahvikkeiden valmistus ja niiden sijoittaminen runkoon	36
4.3.6	Uusien osien hankinta	40
4.3.7	Rungon kasaaminen ja ensimmäinen kestävyystesti	41
4.3.8	Oheisosien valmistus	44
4.3.9	Etuhaarukan korjaus	47
4.3.10	Pintakäsittely	50
4.3.11	Kokoonpano	51
4.4	Laatutavoiteteoreeman testaaminen	54
4.4.1	Kohdejoukko	54
4.4.2	Suostumus- ja arviointilomake	54
4.4.3	Testaustapahtuma	55
4.4.4	Testaustapahtuman tulokset	55
4.4.5	Laatutavoitteiden toteutumisen tulokset	56
5	Luotettavuusteoreettinen osa	61
5.1	Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	61
5.2	Tutkimuksen johtopäätökset ja pohdinta	63
5.2.1	Laatutavoitteiden ja tulosten pohdinta	63
5.2.2	Tutkimuskysymysten arviointi	64
5.2.3	Tuotteen elinkaaren ennakointi ja pohdinta	65
	Lähteet	66
	Liitteet	70

Liite 1. Arviointilomake	70
Liite 2. Suostumuslomake	71

1 Johdanto

Puisen polkupyörän tekemisessä houkuttelee materiaali, sillä puu on helposti muokattava ja ennen kaikkea kaunis materiaali. Muokattavuuden ja kauneuden ansiosta polkupyörän rungon muotoilu ja pienet yksityiskohdat on houkuttelevaa saada esille. Erilainen ja luonnollisen tuntuinen pyörä asettaa myös omat haasteensa. Kestävyys, Suomen sää ja erilaisten osien yhdistäminen pyörään vaatii aikaa, tietämystä ja käsillä tekemisen taitoa, jotta pyörä saadaan käyttöön, eikä vain kirjoihin ja kansiin.

Nykyajan polkupyörän rungot tehdään valtaosin teräksestä, alumiinista tai hiilikuidusta, riippuen niiden käyttötarkoituksesta. Jokaisella materiaalilla on hyvät ja huonot puolensa. Teräs on ominaisuuksiltaan kestävä ja joustavaa, jolloin se ottaa hieman vastaan pinnan epätasaisuuksia. Se on kuitenkin melko painavaa, mikä vähentää sen käyttöä etenkin kilpapyörissä. Alumiini sen sijaan on kevyttä, mutta vetolujuudeltaan heikkoa. Hiilikuitu ja sitä yhdistävänä aineena käytettävä hartsit muodostavat lujan ja jäykän materiaalin, jonka heikkoutena on kuitenkin iskunkestävyys. Esimerkiksi kivenisku tai pyörällä kaatuminen voi aiheuttaa suuriakin vaurioita materiaaliin. Hiilikuitua käytetäänkin laajasti maantiepyörissä, sillä siellä kiveniskemät ja kaatumiset eivät ole niin yleisiä, kuin maastopyöräilyssä.

Aiheemme liittyy ajankohtaiseen aiheeseen koskien uuden kehittämistä ja vanhan päivittämistä eli tuunausta. Polkupyörien tuunaus on ollut kasvavassa suosiossa jo muutamia vuosia, mistä kertoo myös Ylen (2013) kirjoittama artikkeli. Maastopyöräilyssä, kuten muussakin pyöräilyn ”alalajeissa”, harrastajat vaihtavat ahkerasti pyöriään ja etsivät ratkaisuja erinäisiin ongelmiin. Näin pyrkivät tekemään myös pyörävalmistajat, jotta heillä olisi tarjota jotain uutta ostajakunnalleen. Myös me haluamme tuoda oman ratkaisumme kehittämällä ja tutkimalla puista polkupyöränrunkoa.

Tarkoituksena on ottaa huomioon tutkimuksessa erilaisia materiaaleja puun lisäksi, sillä tulevana käsityönopettajina työstä voi olla hyötyä myös koulumaailmassa. Työmme on hyvä esimerkki monimaterialistisesta käsityöprosessista, sillä siinä tullaan käyttämään useita erilaisia materiaaleja. Käytämme työssämme osin kierrätysmateriaaleja, joka tuo esiin kestävän kehityksen näkökulman.

Aiheen yhteiskunnallinen ulottuvuus liittyy kestäväan kehitykseen, sillä nykyään sitä pidetään suuressa arvossa. Pyrimme tuotteessamme käyttämään metalliosina vanhojen pyörien osia. Mikäli saamme tehtyä rungon ajoissa valmiiksi, myös muiden osien restaurointi ja

tuunaaminen voi tulla kyseeseen parhaan ja eheän lopputuloksen saamiseksi, vaikka runko onkin tutkimuksen kohteena. Toinen yhteiskunnallinen ulottuvuuteen liittyvä tekijä on suomalaisuus. Suomessa on tehty ja tehdään edelleen paljon vaihtoehtoisia tuotteita puusta. Puu on ollut meille suomalaisille tärkeä rakennusmateriaali kautta aikojen, minkä vuoksi haluamme vaalia sen käyttöä myös tässä työssämme.

Tavoitteenamme on suunnitella ja valmistaa polkupyörän runko puusta laatimiamme tavoitteita mukaillen. Rungon tulisi olla silmää miellyttävä, kestävä ja osin kierrätyksessä olevista pyörän osista valmistettu kokonaisuus, jolla pystyisi liikkumaan koulun ja kodin väliä.

2 Tutkimusmenetelmä

2.1 Tutkimusmenetelmän määrittely

Puisen polkupyöränrungon valmistamisen tutkimus toteutetaan kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Tutkimusmetodina käytetään tutkivan tuottamisen mallia, mutta sen tiedonhankintaa ja analyysia varten tarvitaan myös jokin muu tutkimusmenetelmä (Metsärinne & Kallio 2011, 55). Tässä tutkimuksessa se on fenomenologinen kenttätutkimus. Fenomenologia pyrkii ymmärtämään kokemuksia ja ilmeisyyksiä. Fenomenologinen tutkimus ei perustu pelkästään kokemusten luettelemiseen, vaan se pyrkii ymmärtämään ja kuvailemaan niiden laatua. Sitä, miten me asiat koemme, eikä vain sitä, mitä koemme (Miettinen, Pulkkinen & Taipale 2010, 11). Fenomenologisessa tutkimuksessa kohteena on ihmisen suhde omaan todellisuuteensa. Ihminen ymmärtää maailmaa kokemuksellisuuden ja elämyksellisyyden kautta, jolloin häntä voidaan ymmärtää noita maailmasuhteita tutkimalla. Ihmisen suhde maailmaan on intentionaalinen, eli se on suuntautunut tarkoituksella johonkin, joten kaikilla ilmiöillä on ihmiselle jokin merkitys ja nuo merkitykset muokkaavat kokemuksia. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 34.) Tämä tarkoittaa tutkimuksessamme sitä, että testihenkilöiden kokemukset testattavasta tuotteesta voivat heijastua heidän merkityksistään erilaisia ilmiöitä kohtaan, joita voivat olla esimerkiksi pyöräily, liikunta tai ekologiset kulkuvälineet. Jollekin liikunta voi olla merkityksetöntä, jolloin hänen kokemuksensa testitapahtumasta voi olla erilainen kuin henkilön, joka pitää liikkumisesta. Toiselle taas ekologinen tapa liikkua, kuten pyöräily, voi olla merkityksellinen.

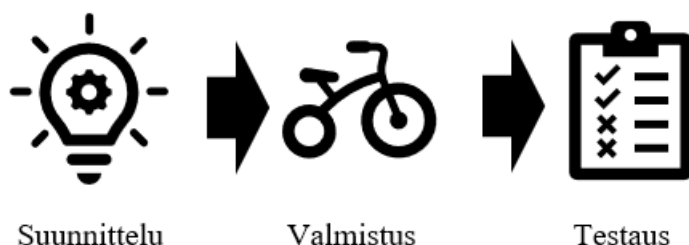
Laadullisessa tutkimuksessa pyritään kuvaamaan asiat todellisina ja mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Todellisuus on monen asian summa, jossa erilaiset tapahtumat ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa nähden ja muokkaavat toisiaan. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 161.) Emme siis voi irrottaa asioita kontekstistaan mielivaltaisesti ja tutkia niitä sellaisenaan. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään löytämään ja paljastamaan tosiasioita jo olemassa olevien väittämien todentamisen sijaan (Hirsjärvi ym. 2009, 161).

Laadullisen tutkimuksen piirteissä mainitaan tutkimuksen muotoutuvan sitä mukaa, kun tutkimus etenee. Tutkimus on siis joustavaa ja sen suunnitelmia voidaan muuttaa olosuhteiden mukaan. (Hirsjärvi ym. 2009, 164.) Tämä sopii hyvin tutkimuksemme luonteeseen, sillä tutkivan tuottamisen metodologia käytettäessä ja uutta luodessa tulee väistämättä tilanteita, joita on vaikea ennakoida. Esimerkiksi tuotteen suunnitteluvaiheessa luotujen kriteerien ei tarvitse täysin toteutua valmiissa työssä, sillä ilman ongelmia valmistettava käsityötuote voi olla

turhauttavaa. Eteen tulevat ongelmat ja niiden ratkaiseminen kuuluvat käsityötajun tutkimiseen ja kehittämiseen. Kaikki muutokset ja toimet on kuitenkin dokumentoitava tutkimuksen luotettavuuden kannalta. (Metsärinne & Kallio 2011, 62-63.)

2.2 Tutkiva tuottaminen käsityöprosessin kuvaajana

Tutkiva tuottaminen voidaan kuvata yksinkertaistettuna mallina edeten seuraavasti: suunnittelu-valmistus-testaus. (Kuvio 1.) Tutkimusprosessin alussa työ suunnitellaan, minkä jälkeen tuote valmistetaan suunnitelman pohjalta. Lopuksi tuote testataan suunnittelun aikana tuotetun arviointikriteeristön pohjalta.



Kuvio 1. Tutkivan tuottamisen malli yksinkertaistettuna.

Tutkiva tuottaminen on tutkimusmetodi, jossa tuotetaan uutta, rakennetaan ohjaavaa tietoa, todistetaan asiat tuottamalla ja arvioidaan tuottamistulokset niiden käyttökohteissaan. Tutkiva tuottaminen perustuu toiseen kahdesta lähestymistavasta, joita ovat strateginen ja deduktiivinen lähestymistapa (Metsärinne & Kallio 2011, 21). Käytämme tutkimuksessamme deduktiivista lähestymistapaa eli pyrimme todistamaan tuottamamme määrittelyteorian sellaisenaan.

Tutkiva tuottaminen on jaettu kolmeen pää tutkimussuuntaan, joita ovat: käsityötaju, didaktiikka ja käsityötekniikka. Jälkimmäinen eli käsityötekniikkasuuntaus edellyttää riittävästi aiemmin tutkittua ja tutkimuskohteeseen liittyvää tietoa, jolloin tuotua tietoa voidaan hyödyntää tutkimuksen teoretisoimiseksi. Teknologioiden soveltaminen käsitöiden rakentamiseen katsotaan ensisijaisemmin muiden tieteenalojen tehtäväksi, joten se suljetaan meidän tutkimuksessamme pois. (Metsärinne & Kallio 2011, 8.)

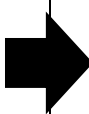
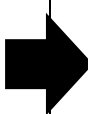
Didaktiikan ollessa tutkimussuuntana, tutkitaan teorian ja sen testaamisen tuloksia ja niiden soveltumista didaktiikan mallin käyttötarkoituksessa. Se voidaan sulkea pois

tutkimuksestamme, sillä didaktiikka ei ole päätutkimussuuntamme. Käsityötajua tutkittaessa teoria testataan valmistetun tuotteen avulla sen käyttökohteessaan (Metsärinne & Pelttonen 2007, 74).

Tutkiva tuottaminen rakentuu kolmesta osasta, joita ovat: määrittely-, todistamis-, ja luotettavuusteoreettinen osa. Ensimmäisessä eli määrittelyteoreettisessa osassa luodaan teoria, joka ohjaa tuottamisprosessia. Toisessa, todistamisteoreettisessa vaiheessa, määrittelyteoria testataan tuotteen valmistamisen ja sen tulosten arvioinnin avulla. Kolmannessa, luotettavuusteoreettisessa osassa, tarkastellaan kaikkea aiemmin tuotetun ja kirjoitetun luotettavuutta. Näistä kolmesta rakentuu teoria, jotka muodostavat samalla tutkimuksen teoriaketjun (Metsärinne & Kallio 2011, 21).

Määrittelyteoreettinen osa koostuu kolmesta vaiheesta, joista 2. ja 3. vaihe on edelleen jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä vaiheessa määritellään, kuvaillaan ja rajataan tutkimuksen tuottamisen kohde. Lisäksi määritellään teoria, jolla tutkimuskohteen on tarkoitus saada ratkaisunsa. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Määrittelyteoreettinen osa.

1. Käsityöhankkeen hahmottelu	2. Laatutavoiteteoreeman määrittely		3. Laatutavoiteteoreeman testauksen määrittely	
Tutkimuskohteen määrittely ja rajaaminen	2a) Eksistenssiehtojen määrittely	2b) Laatutavoitekriteerien ja -dimensioiden määrittely	3a) Arviointikohteiden määrittely ja operationalisointi	3b) Arviointimenetelmien määrittely
				

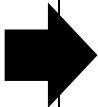
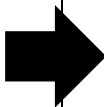
Toisessa vaiheessa tuottamisen kohteelle määritellään eksistenssiehdot eli ne ehdot, joita ilman tuotetta ei olisi olemassa. Tämän jälkeen eksistenssiehdoista johdetaan laatutavoitekriteerit. Laatutavoitekriteereille määritellään tavoitearvot eli dimensioiden.

Laatutavoitekriteerit ja -dimensioiden taas muodostavat laatutavoiteprofiilin. Tätä kokonaisuutta kutsutaan laatutavoiteteoreemaksi, joka ohjaa tuottamistoimintaa. (Metsärinne & Kallio 2011, 36.)

Kolmannessa vaiheessa määritellään arviointikohteet. Lisäksi arviointikohteet operationaalistetaan eli muutetaan ne mitattavaan muotoon. Tarkoituksena on saada teoreettinen käsite mittauksen kohteeksi, minkä myötä tulee selvittää mikä tapa olisi paras tapa mitata kyseisiä käsitteitä. Operationaalistaminen on aina hieman ongelmallista ja sisältää validiusongelman, sillä yleisiä kriteerejä parhaalle operationaaliselle määritelmälle ei ole olemassa. Validiusongelmaan liittyy muun muassa kysymys siitä, mitaavatko muuttujat täysin sitä, mitä niiden olisi tarkoituskin mitata (Hirsjärvi ym. 2009, 155). Tämän jälkeen kuvataan arviointimenetelmien määrittely eli se miten laatutavoiteteoreema tullaan testaamaan tuottamisen jälkeen (Metsärinne & Kallio 2011, 52).

Todistamisteoreettisessa osassa pyritään todistamaan laatutavoiteteoreema valmistamalla testivälineeksi sen mukainen tuote ja täten ratkaisemaan tutkimusongelma. Sen jälkeen kuvataan arviointimenetelmien määrittely eli se miten laatutavoiteteoreema tullaan testaamaan tuottamisen jälkeen. (Metsärinne & Kallio 2011, 52.)

Taulukko 2. Todistamisteoreettinen osa.

4. Tuotteen valmistuksen suunnittelun teoretisointi		5. Suunnittelun testaus valmistamalla		6. Laatutavoiteteoreeman testaus	
A) Suunnittelun teoretisointi	B) Valmistuksen teoretisointi	A) Valmistusteoreeman testaus	B) Suunnitteluteoreeman testaus	A) Sijoitus käyttökohteeseen	B) Laatutavoiteteoreeman testaus
					
suunnitteluteoreema					

Ensimmäisissä vaiheissa suunnitellaan tuote ja sen valmistamisvaiheet, joista koostuu suunnitteluteoreema. Seuraavassa vaiheessa valmistetaan suunnitelman mukainen tuote, jota sitten arvioidaan perustuen suunnitteluteoreemaan. Tarkoituksena on saada vastaus kysymykseen: vastaako valmistettu käsityötuote suunnitteluteoreemaa. Kolmannessa vaiheessa tuote sijoitetaan käyttökohteeseensa ja samalla arvioidaan laatutavoitteiden toteutumista empiirisesti hankitun arviointitiedon perusteella. Empiirinen arviointi tieto hankitaan fenomenologisella kenttätutkimuksella. Arviointitietoa verrataan määrittelyteoreettisessa osassa luotuun laatutavoiteteoreemaan.

Tutkiva tuottaminen on tutkimusprosessi, jossa edetään suunnittelusta valmistuksen kautta testausvaiheeseen. Tällaisessa prosessissa luotettavuudella ja siihen liittyvillä ratkaisuilla on suuri rooli tutkimuksessa.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkija tai tutkijat ovat oman työnsä tärkeimpiä tutkimusvälineitä. Tästä syystä he ovat myös luotettavuuden kriteeri numero yksi, joten siitä syystä luotettavuuden arviointia tulee tehdä koko tutkimusprosessin ajan. (Eskola & Suoranta 1998, 210.)

Luotettavuusteoreettisessa osassa (taulukko 3) arvioidaan nimensä mukaisesti tutkimuksen luotettavuutta. Siinä tuotetaan teoria luotettavuuden arviointia varten. Tuolla teorialla testataan koko tutkimushanke. Tutkivan tuottamisen metodilla ja deduktiivisella mallintamisella tehdyn tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa kiinnitetään huomio teoriaketjun eri osien välisiin suhteisiin. Luotettavuutta voidaan arvioida myös yksittäisen teorian vaiheiden ratkaisuihin, johdonmukaisuuteen ja metodisiin ratkaisuihin pohjaten.

Taulukko 3. Luotettavuusteoreettinen osa.

7. Tutkimuksen luotettavuuden arviointi	
A) Luotettavuuden arvioinnin pohtiminen	B) Tuotteen elinkaaren ennakointi

Tärkeitä luotettavuuden arvioinnin kohteita ovat esimerkiksi laatutavoiteteoreeman ja suunnitteluteoreeman väliset ratkaisut. Voidaan esimerkiksi arvioida, miten hyvin suunnitteluteoreema perustuu laatutavoiteteoreemaan. Edelleen luotettavuuden arviointia voidaan jatkaa suunnitteluteoreeman ja valmiin tuotteen vertaamiseen. Tärkeää on myös tutkia tuotteen testausvaiheessa empiirisesti hankitun tiedon luotettavuutta. (Metsärinne & Kallio 2011, 67.)

2.3 Aikaisemmat tutkimukset

Puisen polkupyörän teosta suoraan on haastavaa löytää samanlaista tutkimusta. Esimerkkinä kuitenkin löytyy opinnäytetyö Valencian yliopistosta. Tutkimus on laaja ja käsittelee erilaisia polkupyöriä, valmistukseen käytettyjä materiaaleja, polkupyörän osia ja ennen kaikkea puisen polkupyörän valmistamista. (Brent 2016.)

Tutkimuksia on tehty muun muassa bambuista polkupyörissä. Yksi tutkimus on tehty kahden bambulajin vetolujuuksista ja niiden soveltumisesta polkupyörän rungon rakennusmateriaaliksi. Tuloksia verrattiin perinteisiin polkupyörän runkojen valmistuksessa käytettyihin materiaaleihin. Tavoitteena oli todistaa bambun soveltuminen käytettäväksi ekologisesti sopimattomien materiaalien korvaajana. Kyseisessä tutkimuksessa todettiin bambulajien omaavan kestävämmät vetolujuusarvot kuin esimerkiksi jotkin alumiiniseokset (Penava, Jakovljevic & Alar 2016). Toinen tutkimus on yleisesti ottaen bambun soveltumisesta polkupyörän rungon materiaaliksi etenkin kehittyvissä maissa (Ukoba 2011).

Aikaisemmin on myös tutkittu polkupyörien historiaa Suomessa ja muualla maailmassa 1800-luvun lopussa. (Männistö-Funk 2011). Kyseisessä tutkimuksessa kerättiin tietoa lähes sadasta itsetehdystä polkupyörästä Suomessa. Tiedot kerättiin sanomalehtiartikkeleista, kansanperinteen kokoelma-aineistosta ja museokokoelmista. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että itsetehdyt polkupyörät olivat Suomessa 1880-luvun ilmiö. Museopyöristä puolet olivat pääosin tai kokonaan puuta, ja puu on ollut myös kansanperinteessä tunnistetuin materiaali. Suurin osa puisista polkupyöristä eivät olleet kestäneet, vaikka niissä oli käytetty rautavahvikkeita

Polkupyörän rakentamista taloudellisesta näkökulmasta on myös tutkittu. Tuossa tutkimuksessa selvitettiin, onko polkupyörän tekeminen käsityönä kannattavaa maailmanlaajuisen polkupyöräkaupan seassa ja se keskittyi Yhdysvaltoihin. Kyseisen tutkimuksen mukaan hyvin pieni osa polkupyörän runkorakentajista saa elantonsa työstään. Esimerkiksi 2005–2015 välillä toiminnassa olleista runkorakentajista vain 22 % oli enää 2016 toiminnassa. (Brewer 2017.)

Puisia polkupyörän runkoja on siis toteutettu aiemmin, mutta tieteellisempiä julkaisuja niistä ei ole Suomessa julkaistu. Videopalvelu YouTubeen on ladattu joitain videoita puisen polkupyörän rungon rakentamisesta, joista uskomme olevan meille hyötyä. Lisäksi ainakin suomalaiset Aamulehti ja Iltalehti ovat julkaisseet artikkelit, joissa kerrotaan, kuinka Miia Ruis on valmistanut itselleen puisen polkupyörän (Aamulehti 2017) ja Tommi Rajala aluksi itselleen, mutta myös myyntiin tulevia puisia polkupyöriä (Iltalehti 2022).

2.4 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset on johdettu luoduista laatutavoitteista, sekä polkupyörän käyttöön liittyvistä ennakkotiedoista. Loimme yhden teoreettisen tutkimuskysymyksen, sekä kaksi empiiristä tutkimuskysymystä.

Teoreettinen tutkimuskysymys: Miten laatutavoiteteoreeman mukainen puinen polkupyörän runko on mahdollista valmistaa?

Empiirinen tutkimuskysymys: Miten polkupyörän runko toimii käyttöympäristössään siihen yhdistettyjen standardiosien kanssa?

Empiirinen tutkimuskysymys: Millaisia numeerisia arvioita testihenkilöt antavat tuotteen laatutavoiteteoreeman toteutumisesta?

Teoreettisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena on saada selville, miten puisen polkupyörän rungon valmistaminen toteutetaan ja tehdä näkyväksi sen valmistusprosessi.

Tutkimuskysymykseen pyrimme saamaan vastauksen teoretisoimalla tuotteen valmistamisen ja valmistamalla tuotteen. Tuottamistapa, jolla runko tullaan valmistamaan, ei ole ainoa, vaan yksi tapa muiden joukossa. Ensimmäiseen empiiriseen tutkimuskysymykseen haemme vastaukset fenomenologisen kenttätutkimuksen avulla, jossa testihenkilöt antavat arvionsa polkupyörän toimivuudesta sen käyttöympäristössään. Samalla he arvioivat tuotteen tunnistettavuutta ja esteettisyyttä. Tarkoituksena on selvittää polkupyörän toimivuus sille ominaisessa käyttöympäristössään, joka on tässä tapauksessa kaupunkiympäristö. Toiseen empiiriseen tutkimuskysymykseen saamme vastauksen testihenkilöiden antamien vastausten, sekä meidän itse tekemiemme mittausten perusteella. Testihenkilöiden antamat numeeriset arviot suoritetaan asteikolla 0–4 ja arvioinnin kohteet pohjautuvat laatutavoitekriteeristöön. (Liite 1.)

3 Määrittelyteoreettinen osa

3.1 Käsityöhankkeen hahmottelu

Käsityöhankkeen eli polkupyörän valmistaminen alkaa suunnitteluvaiheesta. Suunnittelua voi toteuttaa suunnittelija tai käsityöläinen. Erona näillä on se, että suunnittelijan työ jää usein teoreettiselle tasolle, kun taas käsityöläinen vie prosessinsa loppuun, jonka tuloksena on viimeistelty ja toimiva tuote. (Risatti 2007.) Suunnittelu on siis tärkeä osa lopputuotetta. Kuten sanonta kuuluu ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty”. Spiraalimallin mukaan suunnittelussa mennään eteenpäin ja palataan taas taakse päin ja suunnitellaan samaa asiaa uudelleen ja uudelleen. Suunnitteluprosessissa taakse päin meneminen ja uudelleen suunnittelu edesauttavat lopullisen ratkaisun löytymistä. (Zeisel 2006.)

Suunnittelua seuraa tuotteen valmistaminen suunnitelmaan perustuen. Aikaisemmin todetun mukaan suunnitelmat voivat kuitenkin muuttua työskentelyn edetessä, sillä ongelmat ja niihin löydettävät ratkaisut ovat osa käsityötajun tutkimista ja kehittämistä. (Metsärinne & Kallio 2011.) Tuotteen valmistamisen jälkeen tuotteen toimivuutta arvioidaan kaupungissa testiradalla, joka mukailee tuotteen käyttöympäristöä. Testaus suoritetaan testihenkilöiden avulla. Tavoitteenamme on siis todistaa tutkimuksessamme puun soveltuvuus polkupyörän rungon materiaaliksi.

Tutkivassa tuottamisessa aietuotteen olemassaoloa voidaan kuvata eri näkökulmista erittelemällä se sisäisenä konstruktiona ja vaikutuksena ympäristöönsä. Kuvailut ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, joten yksi ulottuvuus voidaan määritellä lopullisesti vain toistensa avulla. Jokaisella tuotteella on vähintään kymmenen ulottuvuutta eli perustaa, joita ovat: materiaaliperusta, muotoperusta, rakenneperusta, käyttökohteen perusta, käyttäjäperusta, käsityöperusta, työperusta, ekologinen perusta, turvallisuusperusta ja kehityspersusta. (Metsärinne & Kallio 2011, 83-84.) Nämä ulottuvuudet ja niihin liittyvät eksistenssiehdot määritellään ja kuvaillaan seuraavissa kappaleissa. Lisäksi johdamme eksistenssiehdoista tuotteelle laatutavoitekriteerit ja dimensioid, joista edelleen muodostetaan laatutavoiteprofiili.

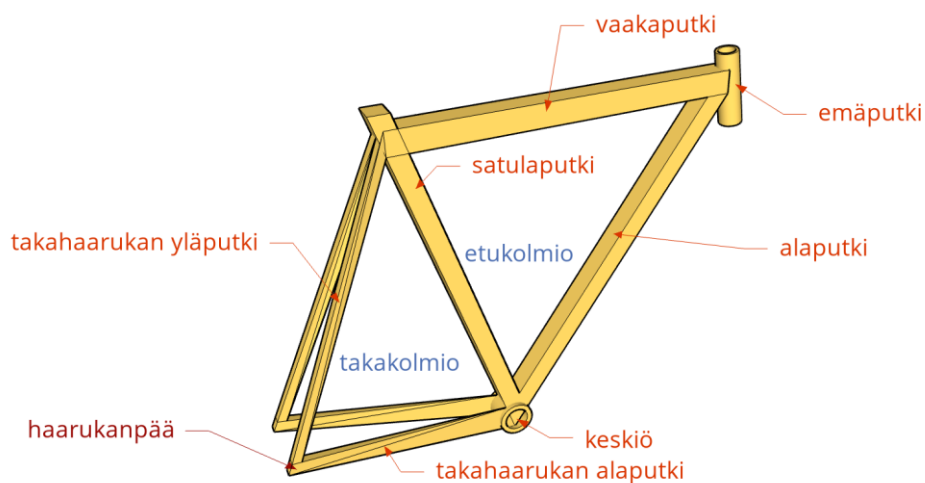
3.2 Tuotteen taustateoria ja perustat

3.2.1 Polkupyörän määrittely

Polkupyörä on kahdella tai useammalla pyörällä kulkeva kulkuneuvo, jonka liikuttaminen tapahtuu lihasvoimalla (Tilastokeskus 2021). Polkupyörälle on Suomen laissa määritelty erilaisia jarruihin, ohjauslaitteisiin, heijastimiin, valaisimiin ja äänimerkinantoon liittyviä

säädöksiä. Meidän kannaltamme tärkeimmät määritelmät, jotka jo suunnitteluvaiheessa tulisi ottaa huomioon ovat jarruihin liittyen se, että pyörässä tulee olla vähintään yksi tehokas jarrulaite. Lisäksi heijastimia tulee olla edessä, takana, sivuilla ja polkimissa. Loput määräykset ovat toteutettavissa jälkiasennuksina. Esimerkiksi valaisimien asentaminen jälkikäteen on järkevää ja helppoa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2002.)

Polkupyörä koostuu useasta eri osasta. Polkupyörän runko on kaiken keskiössä, johon muut polkupyörän komponentit suoraan tai välillisesti kiinnittyvät. Polkupyörän rungon voidaan ajatella jakautuvan viiteen osaan: runko, ohjauslaitteisto, jarrujärjestelmä, pyörät eli renkaat ja voimansiirto (Chien-Cheng, Sing-Jeng & Chi-Chia 2017). Polkupyörissä käytetään kolmio rakennetta, koska se on vahvin ja jäykin kaksiulotteinen muoto (Glaskin 2013). Lisäksi rungosta löytyy emäputki, johon etukolmion yksi kärki kiinnittyy. Emäputkeen kiinnittyy etuhaarukka. Lisäksi etu- ja takakolmion eri sivuilla oleville rungon osille on olemassa nimiä. Vaakaputken, alaputken ja satulaputken sijainnit löytyvät kuvasta 1 (Chien-Cheng ym. 2017). Tässä tutkimuksessa käytetään näitä termejä, vaikka polkupyörän runko tulee puusta ja siksi sen osat eivät ole putkia tai välttämättä edes putkimaisia.



Kuva 1. Polkupyörän rungon osat (Chien-Cheng ym. 2017).

Muita kuvassa olevia osia ovat keskiö, takahaarukan alaputket ja -yläputket, sekä haarukanpää. Tässä tutkimuksessa käytetään edellä mainittuja ja kuvattuja termejä.

3.2.2 Materiaali-, muoto-, design- ja rakenneperusta

Materiaalia voidaan tarkastella monin eri tavoin, kuten sen alkuaineiden yhdistelminä tai niistä muodostuvina kokonaisuuksina (Metsärinne & Kallio 2011, 84). Tutkimuksessamme ei kuitenkaan ole oleellista mennä materiaalituntemuksessa solutasolle asti, vaan riittää, että tunnemme materiaalimme ominaisuuksia. Materiaalin ja sen ominaisuuksien tunteminen onkin yksi tärkeimmistä asioista käsitöitä tehdessä, sillä ne vaikuttavat huomattavasti niin materiaalin työstämiseen kuin lopputulokseenkin. Polkupyörät tehdään lähes poikkeuksetta jostain seuraavasta kolmesta materiaalista, joita ovat: alumiini, teräs ja hiilikuitu. Jokaisella näistä on omat hyvät ja huonot puolensa. Alumiini on ominaisuuksiltaan kevyt, helposti työstettävä, korroosionkestävä ja sillä on korkea murtumakestävyys, joten se on suosittu materiaali pyöränrungoissa. Heikkoutena etenkin puhtaalla alumiinilla on sen huono vetolujuus, mutta pyöränrunkoon ei juuri kohdistu vetäviä voimia, joiden myötä huonosta vetolujuudesta olisi suurta haittaa. (Total Materia 2022.) Teräs taas on ominaisuuksiltaan hyvin muovautuva ja kestävä (Total Materia 2022). Polkupyörän rungon valmistuksessa materiaalin muovautuvuudella on suuri merkitys, sillä rungon muotoilussa on usein kaarevuuksia. Teräksen huonona puolena on sen paino, sillä se on verrattain raskasta alumiiniin nähden teräksen tiheyden ollessa $7\,850\text{ kg/m}^3$ ja alumiinin 2700 kg/m^3 (Lehtonen & Lehtonen 2008, 177). Hiilikuitu on luja, jäykkä ja kevyt materiaali (Vuorinen, Mustakangas & Annala 2022). Näin ollen se onkin hyvin käytetty etenkin kilpapyörissä, joissa jokainen ylimääräinen gramma halutaan viilata pois vauhtia hidastamasta. Hiilikuidun ongelmana on sen huono iskunkestävyys. Pyöräilyssä iskuja voi tulla monestakin syystä, joista yleisimpiä ovat kiveniskemät ja kaatumisia seuraavat iskut. Vaikka kaikilla edellä mainituilla materiaaleilla on aikanaan korvattu puu rakennusmateriaalina, niin me aiomme tutkimuksessamme tuoda puun ja ennen muuta vanerin jälleen vaihtoehtoisena materiaalina metallien ja komposiittien rinnalle. Materiaaliperustasta johdettu laatutavoitekriteeri on, että tuotteen eli polkupyörän rungon näkyvät osat ovat suurimmaksi osaksi puuta.

Muotoilu liittyy lähes kaikkeen ympärillämme oleviin tuotteisiin, sillä suurin osa niistä on suunniteltu, piirretty, rakennettu, koottu ja tehty. Muotoilun tarkoituksena on siis saada tuotteelle mahdollisimman hyvä muoto. (Anttila 1993, 17.)

Muotoilu voidaan määritellä monella tavalla. Usein se on määritelty teollisen tuotesuunnittelun näkökulmasta, sillä taideteollisuus oli ensimmäinen, joka kiinnostui esineiden muodosta ja ulkonäöstä. Muotoilun käsitteen määrittelyssä ongelmana on usein

käsityön tekijän näkökulmasta niiden pinnallisuus ja teknisyyt. Muotoilussa ja tuotesuunnittelussa tärkeintä on huomioda niin eettinen merkitys kuin ergonomia. Tuotos on eettisesti heikko silloin, kun se on tarpeeton tai jopa vahingoittava tuote. Muotoilua on kaikki se toiminta, jossa ihminen muokkaa ympäristöään jonkin materiaalin avulla. Muotoilu on ihmisen ja ympäristön kosketuspinta. (Anttila 1993, 13–14.)

Tuotteen esteettisyyttä arvioitaessa jokainen esteettinen väite jostain tietystä kohteesta, on esteettisen arvioinnin perustapaus. Esteettinen arviointi edellyttää aina henkilökohtaisen aistikokemuksen kohteesta. Esteettisen arvioinnin toteuttaminen pelkän representaation kuten valokuvan avulla ei vastaa omakohtaista ja moniaistista kohtaamista arvioitavan kohteen kanssa. Esteettisyyttä arvioitaessa kiinnitetään usein huomiota siihen, miltä arvioitava kohde näyttää, kuulostaa tai tuntuu. Huomio kiinnittyy kaikkein pienimpiinkin yksityiskohtiin. (Naukarinen 2011, 61–62.)

Liikkumista pidetään usein itseisarvona eli sitä tehdään sen itsensä vuoksi, tekijän saadessa siitä mielihyvää. Liikkumista voidaan pitää arvokkaana ja tavoittelemisen arvoisena myös esteettisestä näkökulmasta. Esteettistä arvoa onkin usein pidetty yhtenä itseisarvon keskeisenä muotona. Myös esteettisiä kokemuksia tavoitellaan niiden itsensä vuoksi. (Naukarinen 2011, 180–181). Voimme pitää esimerkiksi näyttävällä polkupyörällä ajamista hyvänä esteettisenä kokemuksena. Tällainen ihmisten hakema kokemuksellisuus puoltaakin tekemään tuotteestamme esteettisesti vaikuttavan.

Tuotteen muotoiluun vaikuttavat esimerkiksi materiaali, käytössä olevat työstövälineet ja käsityöntekijän taidot. Puu materiaalina asettaa tuotteemme muotoilulle omat haasteensa, jotka täytyy ottaa huomioon edelleen kestävän rakenteen suunnittelussa. Muotoilulla voidaan siis vaikuttaa myös tuotteen kestävyYTEEN. Myös ergonomia on tärkeä osa tuotteen muotoilua, sillä polkupyörällä pidempään ajettaessa ergonomian osuus korostuu. Hyvä ajoasento ei esimerkiksi rasita selkää.

Tuotteella on aina jokin paino. Polkupyörissä yleinen lähtökohta on tehdä mahdollisimman kevyt pyörä. Kevyempää pyörää on helpompi liikutella kuin painavaa. Puu materiaalina ei mahdollista rajoja rikkovaa keveyttä, eikä käyttötarkoituksaan sitä vaadi, mutta pyrkimys kevyeen polkupyörään on silti hyvä olla. Selvitimme eri materiaaleista tehtyjen polkupyörien painoja, joita olivat teräsrunkoinen, hiilikuiturunkoinen ja alumiinirunkoinen polkupyörä. Näiden perusteella saimme osviittaa siitä, minkä painoisia polkupyörät yleisesti ottaen ovat eri materiaaleista valmistettuna. Hiili- ja alumiinirunkoiset pyörät olivat Canyon-merkkisen

valmistajan gravel-pyöriä. Hiilikuituinen polkupyörä painaa 8.62 kg ja alumiinirunkoinen 9.44 kg (Canyon 2023). Teräsrunkoinen pyörä, jonka valmistaja on kotimainen Pelago, painaa 12.12 kg (Pelagobicycles 2023). Muoto-, design- ja rakenneperustasta johdettu laatutavoitekriteeri on, että tuote kestää käyttäjän painon, on esteettisesti hyvännäköinen ja käytettävyydeltään tarpeidenmukainen. Lisäksi puisen polkupyörän painon tulee olla alle 15 kg.

3.2.3 Käyttökohteen- ja käyttäjäperusta

Käyttökohteen perustaa määriteltäessä otetaan huomioon tuotteen käyttöympäristö, joka aiemmin jo mainittiin olevan kaupunkiympäristö. Käyttöympäristö määräytyy tuotteen ominaisuuksien mukaan tai ominaisuudet määräytyvät tuotteen käyttöympäristön mukaan. Valitsimme käyttökohteeksi kaupunkiympäristön, koska Suomessa kaupunkipyöräily isoissa kaupungeissa on kasvattanut suosiotaan ja muun muassa kaupunkipyöräjärjestelmillä katsotaan olevan suuri kasvupotentiaali (Willberg, Salonen & Toivonen 2021).

Tutkimuksessamme käyttöympäristö määrittää tuotteemme ominaisuuksia, minkä johdosta tuotteessamme ei tule olemaan iskunvaimentimia tuomaan joustoa, josta on hyötyä esimerkiksi maastoajossa (Brent 2016). Kaupunkiympäristössä polkupyöräily on yleisesti varsin rauhallista ja ennakoitavissa olevaa toimintaa, minkä vuoksi voimme melko tarkasti olettaa siihen liittyvät haasteet. Kyseisiä haasteita voivat olla muun muassa korotetut katukiveykset, epätasaiset alustat, vesilammikot ja ne huomioon ottaen meidän tulee suunnitella polkupyörämme toteutus ja viimeistely. Polkupyörän käsiteltävyyteen edellä mainituissa tilanteissa, kuten epätasaisella alustalla, vaikuttaa olennaisesti sen paino.

Suomen neljä eri vuodenaikaa aiheuttaa omat haasteensa ulkokäytössä olevan tuotteen rakentamiseen. Siksi käyttökohde määritellään kesäiseksi kaupunkiympäristöksi. Kesäinen tarkoittaa aikaa, jolloin kaupungissa pyörällä ajettavat tiet ovat kesäkuuta vastaavassa kunnossa. Se tarkoittaa, ettei tiellä ole lunta tai jäätä. Käyttökohteen perustasta johdettu laatutavoitekriteeri on, että tuote soveltuu käyttöön kesällä.

Käyttäjäperustaa määriteltäessä, tuotteen käyttäjä on keskeisessä roolissa. Käyttäjäperusta tuleekin huomioida erityisen hyvin jo suunnitteluvaiheessa, jolloin tuote vastaa käyttäjän tarpeita. Käyttäjälle tärkeintä tuotteessa on sen toimivuus ja kestävyys. Ajokokemus on mielekäs vain, jos tuote toimii oletetulla tavalla ja kestää normaalissa käytössä. Tässä tapauksessa normaaliksi käytöksi määritellään kaupunkiympäristössä tapahtuva ajaminen, mihin kuuluu katukiveyksien ylittäminen, vauhdin hidastaminen jarruttamalla, sekä

kiihdyttäminen. Yksi ajettavuuteen ja ajokokemukseen vaikuttava tekijä on käyttäjän pituus suhteessa polkupyörän kokoon. On selvää, ettei kaikki ihmiset ole keskenään samanpituisia, joten päädyimme tekemään pyörän suomalaisen miehen keskipituuden mukaan, joka oli vuonna 2017 toteutetun FinTerveys-tutkimuksen mukaan 176,7 cm. (Koponen, Borodulin, Lundqvist, Sääksjärvi & Koskinen 2017). Rungon rakennetta suunniteltaessa on käyttäjälle määriteltävä paino, jonka pyörän runko kestää sillä ajettaessa. Terveyskirjasto määrittelee normaalin painoindeksin olevaksi 18,5 ja 25 kg/m² välillä. (Mustajoki 2020) Lasketaankin 176,7 cm pitkälle paino, 25 kg/m² painoindeksin avulla, jotta saadaan paino, jonka rungon tulee kestää normaalioloissa. Tämä paino on 78 kg, jonka pyöristämme 80 kg:aan. Paino on yhtä kuin voima, joten on suotavaa, että kantavuus olisi enemmän kuin 80 kg, sillä pyörällä ajettaessa siihen kohdistuvat voimat ovat suurempia esimerkiksi epätasaisella alustalla ajettaessa. Käyttäjäperustasta on johdettu laatutavoitekriteeri, joka on, että polkupyörän runko toimii noin 175 cm pitkälle henkilölle ja sen kantavuus on 80 kg.

3.2.4 Käsityö- ja työperusta

Uuden luominen on käsityötä, joten tuotteella on käsityöperusta. Siihen kuuluu kaikki ne tiedot ja tietotaidot, joita tuotteeseen on sitä tehtäessä sijoitettu. Lisäksi tuotteen tuottamiseen sijoitetaan aina työtä, josta muodostuu työperusta. Työperustaan kuuluu lisäksi työhön käytetty aika ja työvälineiden, sekä tilojen arvo. Tutkimuksen tekijöiden tietotaito on peräisin peruskoulun käsityötunneilta, käsityön aineenopettajaopintojen perus- ja aineopinnoista, sekä omasta harrastuneisuudesta. Tekijät sijoittavat tutkimuksen tekemiseen aikaa noin vuoden verran, jonka aikana valmistetaan toimiva käsityötuote ja luodaan kirjallinen raportti. Työvälineet ja tilat, joita tutkimuksen teossa käytetään ovat Turun yliopiston Rauman kampuksen omistamia ja ne ovat tutkimuksen tekijöiden vapaassa käytössä koko tutkimuksen ajan.

Tuotteen tuottamista on rajoittamassa muutamia tekijöitä. Näitä ovat aikataululliset resurssit, muut maisterivaiheen opinnot sekä taloudelliset resurssit. Aikataulullisesti emme voi tuottaa useampaa kuin yhtä polkupyörän runkoa, joten lopullisen toimivan tuotteen valmistaminen saattaa edellyttää jatkotutkimuksia. Molemmilla tutkimuksen tekijöillä on myös sivuaineet opiskeltavina, jotka vaativat oman panostuksensa samaan aikaan tutkimuksen tekemisen kanssa. Lisäksi opiskelijoina emme voi käyttää suurta taloudellista panostusta tutkimuksemme toteuttamiseen, mikä voi vaikuttaa tutkimuksen lopputulokseen. Käsityö- ja

työperustasta johdettu laatutavoitekriteeri on, että tuotteen kustannukset tulisi olla alle 150 euroa.

3.2.5 Ekologinen-, turvallisuus- ja kehityspersusta

Ekologinen kestävyys on ekosysteemin toimivuuden turvaamista, ylläpitoa ja suojelua.

Keskeisenä ajatuksena on käyttää luonnonvaroja niin, etteivät ne lopu kesken.

Luonnonvarojen kestävä käyttö tarkoittaa siis niiden käyttöä siten, että ne kestävät hyväkuntoisina sukupolvelta toiselle. Se onkin ihmiskunnalle suuri haaste. (Happonen ym. 2013) Aiempaan tutkimukseen bambusta tehtyyn polkupyörän runkoon (Penava ym. 2016) viitaten ajatellaan puisen rungon valmistamisen olevan ekologisempaa. Siksi, että puu on uusiutuva luonnonvara, jonka kestävällä käytöllä on mahdollisuudet rakentaa polkupyöriä puusta tulevaisuudessa. Lisäksi vanhasta toimimattomista polkupyöristä otetut standardiosat, jotka kiinnitetään runkoon, lisäävät pyörän ekologisuutta. Pyöräileminen itsessään on jo ekologinen liikkumismuoto, jota suosimalla käyttäjän ei tuota päästöjä (Institute for Sensible Transport 2018). Ekologisesta perustasta johdettu laatutavoitekriteeri on, että suurin osa standardiosista on peräisin käytetystä ja toimimattomasta polkupyörästä.

Turvallisuusperustan määrittelemisessä tekijöiden kädentaidot ja suunnittelun taidot korostuvat, jotta tuote saadaan tehtyä turvalliseksi. Turvallisuus polkupyörän rungon osalta tarkoittaa pitkälti kestävyyttä, mutta myös tuotteen ominaisuuksien toimivuutta. Kun runko kestää käyttäjän painon ja runkoon saadaan kiinnitettyä ne komponentit, jotka ovat liikenteessä välttämättömiä turvallisuuden kannalta, kuten jarrut, saadaan tuote turvalliseksi. Lisäksi on huomioitava rungon kulumisen, ja se ettei kulumisesta aiheudu käyttäjälle vaarallisia tilanteita. Turvallisuusperustasta johdettu laatutavoitekriteeri on, että tuotteessa on toimiva jarrutusjärjestelmä.

Kehityspersustassa otetaan huomioon tuotteen esikuvat, eli jo aiemmin tuotetut samankaltaiset tuotteet. Yksikään tuote ei siis ole irrallinen muihin tuotteisiin nähden, vaan ne ovat kytkettävissä toistensa kehityskaariin (Metsärinne & Kallio 2011, 85).

Myös meidän tuotteemme tulee pitkälti perustumaan aiempiin polkupyörän runkoihin niin ulkonäön, kuin teknistenkin ratkaisujen puitteissa. Vaikka polkupyörille on keksitty uusia käyttötarkoituksia, polkupyörätyyppejä tai malleja, joilla on erilaisia ominaisuuksia erilaisiin käyttötarkoituksiin, silti globaalisti polkupyörä tunnistetaan aina polkupyöräksi mallista tai

muodosta riippumatta. (Brent 2016.) Kehityspäätelmästä johdettu laatutavoitekriteeri on, että tuote on tunnistettavissa polkupyöräksi.

3.3 Laatutavoitealueen määrittely

Laatutavoitekriteeri on tuotteen ominaisuus ja dimensioitu kriteeri tarkoittaa, että tuotteen ominaisuudella on myös vähimmäisarvo. Laatutavoitekriteereistä ja dimensioista muodostetaan laatutavoiteprofiili, joka kuvastaa kokonaisuutta, jossa ovat kaikki laatutavoitekriteerit dimensioituna. (Metsärinne & Kallio 2011, 51.)

Laatutavoiteprofiili:

- Tuote on suurimmaksi osaksi puuta
- Tuote on esteettisesti hyvännäköinen
- Tuote on tarpeidenmukainen
- Tuote painaa enintään 15 kilogrammaa.
- Runko toimii noin 175 cm pitkälle henkilölle ja sen kantavuus on 80 kg
- Tuotteen kustannukset ovat enintään 150 euroa.
- Tuotteen standardiosat ovat peräisin käytetyistä ja toimimattomista polkupyöristä.
- Tuotteessa on toimiva jarrutusjärjestelmä
- Tuote on tunnistettavissa polkupyöräksi
- Tuote toimii kesäisin käyttöympäristössään

Laatutavoiteprofiilista luotiin tutkimusmittarit, joiden avulla toteutetaan tutkimusongelman arviointi. Tutkimusmittaritaulukko on johdettu Kanervan ja Hyrskyn (2018) pro gradu -tutkielmasta. Jokaiselle ominaisuudelle, joita voidaan numeerisesti mitata, on luotu vähimmäis- ja tavoitearvot. Tavoitearvo on taulukossa lihavoituna. Arvot on pisteytetty yhdestä viiteen, jolloin viisi pistettä antaa täyden onnistumisen kyseisestä ominaisuudesta ja yksi piste vähäisen onnistumisen. Mikäli jotain tavoitearvoa ei saavuteta lainkaan, on tuotteen ominaisuus kyseisessä tapauksessa epäonnistunut.

Jokaiselle ominaisuudelle on myös luotu painokerroin, joka kertoo, miten tärkeänä kyseistä ominaisuutta pidetään tutkimuksen onnistumisen kannalta. Painokerroin 1 ilmentää vähemmän merkittävää ominaisuutta ja painokerroin 5 erittäin merkittävää ominaisuutta.

Mikäli painokerroin on pieni, tarkoittaa se sitä, että kyseisen ominaisuuden saavuttamisessa voidaan hieman tinkiä.

Jokaista ominaisuutta ei siis voida mitata absoluuttisesti ja ehdottomasti. Tällaisille ominaisuuksille pyydämme testihenkilöiltä subjektiivista arviointia. Ominaisuudet ovat riippuvaisia muun muassa testaajan mieltymyksistä ja kokemuksista, mikä tulee ottaa huomioon tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa. Esimerkiksi tuotteen toimivuutta mitatessamme teetämme testihenkilöille kyselylomakkeen, johon he vastaavat erilaisiin toimivuutta kuvaaviin kriteereihin niiden paikkaansa pitävyydestä asteikolla 0–4.

Mitä enemmän tutkimusmittarit tuottavat pisteitä, sitä onnistuneemmaksi voimme tutkimustuloksemme todeta. Maksimipistemäärä tutkimusmittareista on 50. Tavoittemme on saada 37 pistettä. Tavoitepistemäärä saatiin asettamalla tavoitearvot tutkimusmittaritaulukkoon, minkä jälkeen laskimme tavoitearvojen antamat pisteet välillä 1–5.

Taulukko 4. Tutkimusmittarit

Ominaisuudet	Painokerroin (1–5)	Vähimmäis- ja tavoitearvot (tavoitearvo lihavoituna)					
		1	2	3	4	5	
Tuote suurimmaksi osaksi puuta	5	60	70	80	90	100	%
Esteettisyys	3	0	1	2	3	4	Subjekttiivinen arviointi (ka. testihenkilöiden antamista arvioista)
Tarpeidenmukainen	4	1	2	3	4	5	km
Paino	3	20	17.5	15	12.5	10	kg
Kantavuus	4	75	80	85	90	95	kg
Kustannukset	2	250	200	150	100	50	euroa
Standardiosat käytetyistä polkupyöristä	4	20	40	60	80	100	%
Toimiva jarrujärjestelmä	5	18	16	14	12	10	jarrutusmatka (m)
Tunnistettavuus polkupyöräksi	4	0	1	2	3	4	subjekttiivinen arviointi (ka. testihenkilöiden antamista arvioista)
Toimivuus	4	0	1	2	3	4	Subjekttiivinen arviointi (ka. testihenkilöiden antamista arvioista)

3.4 Laatuavoiteoreeman testauksen määrittely

Laatutavoiteoreeman testaus määritellään ennen suunnittelu- ja valmistuskokonaisuutta, jotta testausvaihe olisi mahdollisimman luotettava. Näin ei voida arvioida sellaisia laatuominaisuuksia, joita ei ole edes tavoiteltu. Lisäksi arviointi paljastaa saavuttamattomat tavoitteet, sekä epäoleelliset ja liian matalat tavoitteet. (Metsärinne & Kallio 2011, 65.) Jokainen laatutavoiteprofiilissa mainittu laatutavoitekriteeri tullaan testaamaan

arviointivaiheessa. Laatutavoiteteoreema tullaan testaamaan tuotteelle ominaista käyttöympäristöä vastaavalla testiradalla. Testirata koostuu kaupunkiympäristölle ominaisista piirteistä, kuten katukiveyksistä, epätasaisista alustoista ja irtokivistä. Kaikki laatutavoitekriteerit eivät vaadi testiradan käyttöä, sillä ne voidaan todeta ja testata myös ilman sitä. Tällaisia tavoitteita ovat esimerkiksi kustannuksiin ja painoon liittyvät kriteerit.

Jotta laatutavoiteteoreema voidaan testata, niin sen arviointikohteet tulee olla mitattavassa muodossa. Tätä varten joitain käsitteitä joudutaan operationaalistamaan eli muuttamaan mitattavaan muotoon. Hieman ongelmallisen tilanteesta tekee se, että käsitteille voidaan löytää useampia operationaalisia vastineita, eli sama käsite voi saada useita erilaisia sisältöjä. Parhaalle operationaaliselle määritelmälle ei myöskään ole olemassa yleisiä kriteerejä, mitä kutsutaankin mittauksen validiusongelmaksi. (Hirsjärvi ym. 2009, 155.) Tämän vuoksi käsitteitä operationaalistettaessa tulee olla tarkkana, että muuttajat mittaavat juuri tarkoituksenmukaisia asioita.

Laatutavoiteprofiilista huomaamme, ettei jokainen laatutavoitekriteeri ole mitattavassa muodossa. Tästä syystä jaammekin laatutavoiteprofiilin kahteen osaan, jossa toinen osa sisältää operationalisoitavat laatutavoitekriteerit ja toinen osa sisältää ne laatutavoitekriteerit, jotka eivät vaadi operationalisointia.

Taulukko 5. Laatutavoitteiden operationalisointi

Osa 1 (vaatii operationalisoinnin)	Osa 2 (ei vaadi operationalisointia)
Tuote on suurimmaksi osaksi puuta	Tuote painaa enintään 15 kilogrammaa.
Tuote on esteettisesti miellyttävä	Runko toimii noin 175 cm pitkälle henkilölle ja sen kantavuus on 80 kg.
Tuote on tarpeidenmukainen	Tuotteen kustannukset ovat enintään 150 euroa.
Tuotteessa on toimiva jarrutusjärjestelmä	Tuotteen standardiosat ovat peräisin käytetyistä ja toimimattomista polkupyörästä.
Tuote on tunnistettavissa polkupyöräksi	Tuote toimii kesäisin käyttöympäristössään

Avaamalla laatutavoitekriteerit saamme tarkennusta asettamillemme laatutavoitekriteereille operationalisoinnin jälkeen. Käytettävyyteen ja turvallisuuteen määritimme seuraavat laatutavoitteet.

”*Tuote on tarpeidenmukainen*”, määräytyy tuotteen käyttäjien tarpeiden mukaan. Tässä tapauksessa käyttäjien tarpeena on saada valmistettua puinen polkupyörä, jolla pääsee liikkumaan paikasta A paikkaan B, jossa paikka A olkoon koti ja paikka B olkoon koulu. Toinen laatutavoitekriteeri, ”*Tuotteessa on toimiva jarrutusjärjestelmä*” tarkoittaa, että polkupyörän vauhtia saadaan hiljennettyä ja tarvittaessa kokonaan pysähtymään. Polkupyörä tulisi saada pysähtymään 20 km/h vauhdista kymmenen metrin matkalla jarrujärjestelmää käyttäen. Materiaalin laatutavoitekriteeri on, että ”*tuote on suurimmaksi osaksi puuta*”. Tässä tavoitteena on, että rungon näkyvien osien tulee olla vähintään 90 prosenttisesti puuta. Tähän ei kuitenkaan lasketa standardiosia mukaan. Esteettisyyden laatutavoitteita muodostimme kaksi. ”*Tuote on esteettisesti hyvännäköinen*” -laatutavoitekriteeriä tullaan arvioimaan testihenkilöiden avulla. Testihenkilöt arvioivat tuotteen esteettisyyden arviointiasteikolla 1–5, joista laskemme keskiarvon. Tavoitteena on saada keskiarvoksi yli 3. Toisena laatutavoitteena on, että ”*tuote on tunnistettavissa polkupyöräksi*”. Tämän laatutavoitekriteerin tavoitteena on todistaa kehityspäätöksen mukaisesti se, että tuotteemme on esikuviansa mukainen. Arviointi tapahtuu myös asteikolla 1–5. Painon laatutavoitekriteeristöä määrittäessä määritimme polkupyörälle tavoitepainon, eli *tuote painaa enintään 15 kilogrammaa*. Polkupyörä tullaan

punnitsemaan siten, että siihen on kiinnitetty kaikki standardiosat. Pyörässä tulee punnituksessa olla kiinni renkaat, ohjainlaitteisto, penkki, voimansiirto ja jarrujärjestelmä. Kestävyyden kannalta pohditun laatutavoitekriteerin *tuote toimii kesäisin käyttöympäristössään* mukaan tuotetta tulisi voida käyttää lähtökohtaisesti kesäaikana, mikä tarkoittaa sitä, että tuote testataan lumettomissa olosuhteissa. *Runko toimii noin 175 cm pitkälle henkilölle* -laatutavoitekriteeri määrittää rungon koon. Rungon tulisi toimia 170–180 cm pitkälle kuljettajalle. Tämä on ergonomiasta johdettu laatutavoitekriteeri. Kantavuutta määrittää *kantavuus on 80 kg* -laatutavoitekriteeri. Sen mukaisesti tuotteen tulee kantaa vähintään 80 kg:n tasainen paino. Kantavuuden mittaus suoritetaan testihenkilöiden avulla. *Tuotteen standardiosat ovat peräisin käytetyistä ja toimimattomista polkupyöristä* -laatutavoitekriteeri tarkoittaa, että standardiosat, jotka pyörään tulevat, ovat peräisin useista pyöristä. Näin voimme valita pyöriimme toimivat osat, jotka kuitenkin ovat sen hetkisissä pyörissä käyttökelvottomia. Tämä määrittää standardiosien yhteensopivuuden rungon kanssa. Kustannuksista on johdettu laatutavoitekriteeri: *Tuotteen kustannukset ovat enintään 150 euroa*. Laatutavoitekriteerin mukaan tuotteelle lasketaan budjetti suunnitelmien ja kustannusarvion pohjalta. Tämä budjetti määrittää millä määrällä rahaa tuote pyritään rakentamaan. Budjettiin on laskettu vain rungon tekemiseen vaadittavat kustannukset.

4 Todistamisteoreettinen osa

4.1 Tuotteen valmistuksen ja suunnittelun teoretisointi

Ennen kuin uutta tuotetta lähdetään valmistamaan, on tärkeää, että sen suunnittelu tehdään huolellisesti. Tuotteen huolellinen suunnittelu auttaa hahmottamaan mahdollisia ongelmakohtia ja valmistautumaan niihin. Suunnittelu auttaa jäsentämään valmistusprosessin eri vaiheita, sillä joitain vaiheita ei voi tehdä ennen kuin jokin muu vaihe on tehty. Myös liian aikaisin tehty työvaihe voi vaikeuttaa muita työvaiheita, jotka olisi pitänyt tehdä ensin. Materiaalivalinnat ja muut tekniset ratkaisut vaativat myös huolellista suunnittelua, sillä kaikki materiaalit eivät toimi keskenään. Tekniset ratkaisut vaativat kestääkseen huolellisen suunnittelun.

Suunnittelu ei ole pelkästään ennen tuotteen valmistamista tapahtuva prosessi, vaan sitä tapahtuu myös valmistusprosessin aikana (Metsärinne & Kallio 2011, 57). Suunnittelu ei myöskään ole pelkkää onnistumista, vaan välillä joudutaan palaamaan taaksepäin, jonka jälkeen taas päästään eteenpäin. Tätä kuvastaa Zeiselin spiraalimalli. (Zeisel, 2006, 29.)

Puisen polkupyörän rungon valmistaminen on kokeilevaa ja keksivää käsityötä, joten sen valmistusprosessissa ei voida noudattaa tiukkoja ennalta määriteltyjä metodeja. Erilaisten lisätietojen saanti prosessin aikana ja niiden edellyttämät työvaiheiden toistot, sekä yksityiskohtien suunnittelu vaikeuttavat suunnitellun yksityiskohtaisen työskentelykaavan noudattamista (Pahl & Beitz 1990, 177).

Käsityötuotteen ja sen valmistuksen suunnittelulla ja toteutuksella on tarkoitus todistaa empiirisesti laatutavoiteteoreeman pätevyys ja vahvistaa sen sopivuus uudeksi laatutavoiteteoriaksi. Teoreema tarkoittaa tuotteen suunnittelun ja valmistuksen teoretisointia. Suunnitteluteoreema on tarkoitus toteuttaa mahdollisimman tarkasti ja siihen kuuluvat tuoteteoreema ja valmistusteoreema. On tärkeää, että tuote on tuoteteoreeman ja valmistusteoreeman mukainen, sillä ilman sitä laatutavoiteteoreeman testaaminen olisi tutkimuksen luotettavuuden kannalta kyseenalaista. Näin ollen voidaan todeta, että mikäli tuote täyttää sille asetetut laatutavoitteet, mutta se ei ole tuoteteoreeman mukainen, on tuotteen onnistuminen sattumaa. (Metsärinne & Kallio 2011, 58–60.)

Valmis tuote arvioidaan vertaamalla sitä suunnitteluteoreemaan. On huomioitava, että tässä vaiheessa ei vielä arvioida laatutavoitteita vaan sitä, vastaako valmis tuote suunnitteluteoreemaa. (Metsärinne & Kallio 2011, 36.) Tämän takia onkin tärkeää, että

suunnitteluteoreema on laadittu tarkasti, jotta valmista tuotetta voidaan verrata siihen luotettavasti.

4.2 Suunnittelun teoria

Suunnittelu koostuu osista, jotka muodostavat päätöksentekoprosessin. Suunnitteluvaiheessa kaikki nuo osat tulee huomioida, mikä tarkoittaa myös yhteistyötä tuotteen käyttäjäkunnan kanssa. Teollisessa suunnittelussa tuotteen suunnitteluun osallistuu usein monia eri ammattialoja edustavia henkilöitä (Anttila 1993, 141). Tutkimuksessamme emme kokoa erillistä ja suurempaa suunnittelutiimiä, vaan toteutamme suunnittelun kahdestaan, mutta samoja periaatteita noudattaen. Suunnittelutiimin tarkoituksena on tuottaa prototyyppi tai malli, josta sovelletaan käytännön tuote. Suunnitteluun vaikuttavat tekijöiden omat sisäiset arvo-, mielikuva- ja kokemusmaailmat, jotka yhdistyvät ulkopuolelta tulevaan informaatioon. Näitä tietoja yhdistelemällä ja analysoimalla saadaan tietoa niiden merkityksistä valmistettavalle tuotteelle. (Anttila 1993, 142.)

Puisen polkupyörän rungon valmistuksessa käytämme Anttilan (1993, 132) esittämää suunnittelun vaihetta ”tuumailu”. Sillä tarkoitetaan tuotesuunnittelun vaihetta, jossa punnitaan eri vaihtoehtoja ja pyritään optimoimaan niitä. Usein ratkaistavia ongelmia on paljon ja osa niistä ovat merkityksellisempiä kuin toiset, joten tuumailun avulla pyritään löytämään olennaisimmat asiat ongelmien ratkaisuksi.



Kuvio 2. Anttilan esittämästä tuumailusta johdettu kaavio.

4.3 Suunnitteluteoreeman testaus valmistamalla

4.3.1 Tiedonhaku

Kuten kaikki tekeminen, niin myös puisen polkupyörän valmistaminen lähti liikkeelle suunnittelusta. Meillä oli jo aikaisempaa kokemusta puisesta polkupyörän osasta, sillä olimme valmistaneet pyörän etuhaarukan puusta osana kandidaatin tutkielmaamme. Tutkielman

tuloksena oli rikkoutunut etuhaarukka. Siitä huolimatta, että etuhaarukka ei kestänyt, emme lannistuneet, vaan tiedostimme myös sen olevan tutkimuksemme tulos. Tutkielman tekeminen auttoi myös ymmärtämään hyvin, mitä kaikkea puusta työstäminen vaatii, kun halutaan kestävä lopputulos. Kandidaatin tutkielma toimi siis lähtökohtana pro gradu -tutkielmallemme ja siinä toteutettavalle puiselle polkupyörän rungolle.

Laatutavoitekriteerin mukaan tuotteen kustannukset tulisivat olla alle 150 euroa, joten päätimme laatia ennen työskentelyn aloittamista budjetin koko prosessille. Laskimme budjetin suuntaa antavana ja puolitimme osan hinnoista, sillä tiesimme, ettei esimerkiksi liimaa tule kulumaan koko pullollista. Myös pintakäsittelyainetta laskimme tarvitsevan vain osan ostetusta määrästä. Standardiosat oli tarkoitus irrottaa toimimattomista pyöristä ja saada ne maksutta käyttöön.

Taulukko 6. Budjetti

Materiaali	Hinta
Vaneri	~60 €
Standardiosat	~0 €
Liimat (Polyuretaaniliima, 2-komponenttiliima)	~25 €
Pintakäsittelyaineet (Epoksi)	~35 €
Yhteensä:	~120 €

Olimme ajatelleet työstettäväksi materiaaliksi suomalaisen koivuvanerin, sillä se sopii hyvin vaativiin rakennuskohteisiin ja näin ollen sitä käytetään myös rakennusteollisuudessa ja muissa teollisissa erikoiskohteissa (Metsäteollisuus ry 2006, 5). Koivuvaneri valmistetaan käyttämällä ainoastaan koivuviilua. Vaneria valitessa olisi vaihtoehtona ollut myös havuvaneri, jossa raaka-aineena käytetään usein kuusta. Pintaviilut ovat havuvanerissa kuusta tai mäntyä. Vertailimme muun muassa koivu- ja havuvanerin ominaislujuuksia, joihin kuuluivat taivutus-, veto- ja puristusominaisuudet. Vertailu tehtiin Metsäteollisuus ry:n sekä suomalaisten vanerinvalmistajien (Schauman Wood Oy, Finnforest Oyj, Koskisen Oy ja Visuvesi Oy) laatiman vanerinkäsikirja -teoksen pohjalta.

Vanerin teknisiä ominaisuuksia verratessa huomasimme, että esimerkiksi keski- ja ominaistiheydet erosivat huomattavasti toisistaan (Metsäteollisuus ry 2006, 18). Koivuvanerin

keskitiheys 65 %:n suhteellisessa kosteudessa oli 680 kg/m^3 , kun se ohutviiluisella havuvanerilla oli 520 kg/m^3 . Ero oli siis 24 %.

Ominaislujuuksia verrattaessa havaittiin myös, että koivuvaneri on havuvaneria huomattavasti lujempaa. Ominaislujuusvertailut katsoimme taulukosta 15 mm:n paksuisen vanerin mukaan. Taivutuslujuus koivuvanerilla, pintaviilujen syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa, on 33.8 N/mm^2 , kun se ohutviiluisella saman paksuisella havuvanerilla on 23.6 N/mm^2 .

Prosentuaalinen ero on 30 %. (Metsäteollisuus ry 2006, 19-20).

Puristuslujuus koivuvanerilla on 25.0 N/mm^2 ja havuvanerilla 17 N/mm^2 . Puristuslujuuksien ero on siis 32 %. Vetolujuus koivuvanerilla on 35.5 N/mm^2 ja havuvanerilla 13.2 N/mm^2 , jolloin prosentuaalinen ero on peräti 63 %.

Taulukon lukemat siis vahvistivat ajatuksemme siitä, että käyttäisimme työssämme koivuvaneria. Yksi tärkeimpiä yllä olevista ominaisuuksista on vanerin vetolujuus, joka kuvaa kappaleen kykyä vastustaa vastakkain suuntautuvia vetäviä voimia. Lisäksi vanerin puristuslujuus on merkittävä ominaisuus valmistusmateriaalia valittaessa, sillä puristuslujuus kuvastaa kykyä vastustaa kappaletta kasaan puristavia voimia.

Huomionarvoista on myös se, että vaikka vaneri on liimattu ulkokäyttöön sopivalla fenoliformaldehydiliimalla, niin sen kosteudenkestävyys on silti rajallinen.

Kosteudenkestävyyttä voidaan lisätä huomattavasti suojaamalla ja pinnoittamalla vanerin reunat. Tuotteemme tulee ulkokäyttöön, jolloin se altistuu lisäksi auringolle ja sen sisältämälle ultraviolettisäteilylle. Oikeanlainen pinnoite, tässä tapauksessa epoksi, antaa vanerille sopivan suojan uv-säteilyä ja kosteutta vastaan. Vanerin valintaan vaikutti myös sen vähäinen lämpölaajeneminen, sillä yleensä se voidaan jättää jopa täysin huomioimatta (Metsäteollisuus ry 2006, 24–25).

4.3.2 Rungon hahmotelma

Ensimmäisenä lähdimme hahmottelemaan runkoa ja sen rakennetta perinteisellä kynä ja paperi -menetelmällä. Piirsimme ruutupaperille erilaisia vaihtoehtoja runkomalleista, liitoksista, mittasuhteista, kulmiensuuruuksista. Pyrimme hahmottamaan, mikä olisi mahdollisimman kestävä rakenne rungolle. Tiesimme, että polkupyörän rungon tulee olla kolmiorakenne, sillä se on kestävin kaksiulotteinen muoto. Tämän lisäksi tuli kuitenkin pohtia renkaiden kiinnityspaikkojen kestävyys, keskiön kiinnitystapa ja sen kestävyys, sekä paljon muuta.

Seuraavaksi etsimme internetistä erilaisia polkupyöriä ja tutkimme niiden mittasuhteita ja malleja. Pyrimme löytämään sellaisen mallin, joka miellyttää esteettisesti molempien tekijöiden silmää. Meillä oli aluksi hieman erilaiset odotukset siitä, millaista runkoa lähdemme valmistamaan, mutta keskustelun ja suunnittelun aikana löysimme molempia miellyttävän ratkaisun. Valikoituamme internetistä sopivan runkomallin, pyrimme ensin tulostamaan sen suurkuvatulostimella. Tulostimen käytössä oli kuitenkin haasteita, sillä meillä ei ollut oikeuksia käyttää sitä. Niinpä päätimme tulostaa kuvan luonnolliseen kokoon A4-kokoisten paperiarkkien avulla, jotka sitten teippasimme yhteen. Suurkuvatulostimella emme olisi lopulta saaneet suurta hyötyä, sillä emme tarvinneet sapluunaa kuin kaksi kertaa, toisella kerralla etukolmioiden ja toisella kerralla takakolmioiden piirtämiseen. Ennen tulostamista muutimme polkupyörän kuvan vektorikuvaksi ja poistimme siitä kaiken ylimääräisen CorelDRAW-ohjelman avulla. Tiesimme minkä kokoisen pyörän halusimme ja säädimme pelkän satulaputken mitan vastaamaan haluamaamme kokoa. Kaikki muut pituuden muuttuivat siinä mukana, kun kuvaa skaalattiin isommaksi. Käytimme apuna aiemmin piirtämäämme AutoCAD -piirustusta, johon olimme etsineet mittoja. Pääasiassa käytimme Aurora (AURORA) -merkkisen pyörän mittataulukkoa AutoCAD -piirustusten tekemiseen. Lopulta meillä oli haluamamme kokoinen runko-osa, joka oli haluamassamme koossa haluamamme rungon mitoissa. Sen jälkeen tulostimme rungon A4-arkeille. Arkkien yhteen teippaamisen jälkeen meillä oli 1:1 kuva rungosta.

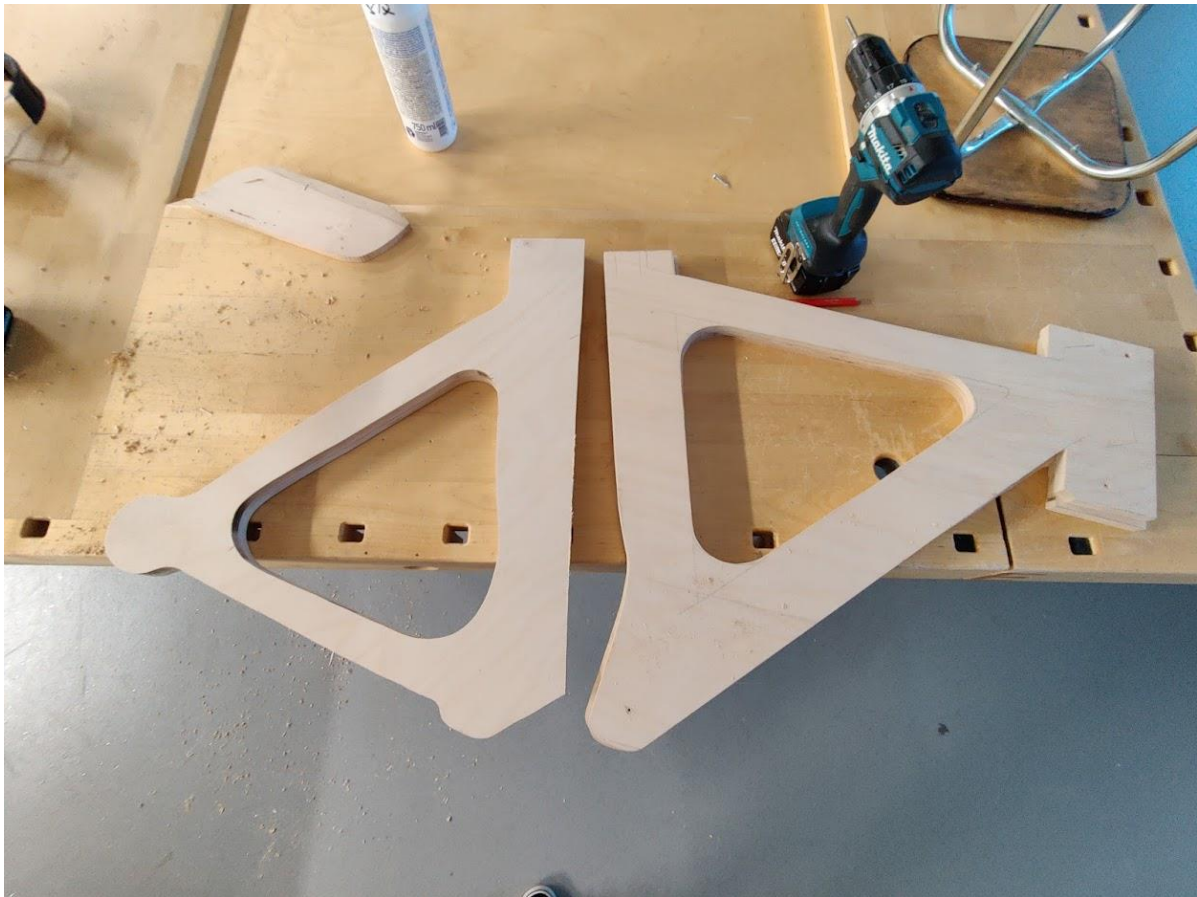


Kuva 2. Rungon kuva tulostettuna ja teipattuna.

Leikkasimme rungon kuvan irti paperista ja teippasimme vielä sen jälkeen kaikki paperinsaumat toisiinsa.

4.3.3 Runko-osien valmistus

Puuntyöstäminen alkoi siitä, kun olimme saaneet sapluunan tehtyä. Siirsimme muodot sapluunan avulla vanerille (15 mm). Ensin teimme etukolmiot sapluunan avulla, sitten takakolmioille sama juttu. Takakolmiot muodostavat lopulta takahaarukan. Yhteensä oli neljä kolmiota. Kaksi eteen ja kaksi taakse. Myöhemmin nämä tultaisiin yhdistämään niin että kaikki kolmiot kiinnittyisivät satulaputken kohdalta toisiinsa. Kaikkien kolmioiden, etu- ja takakolmioiden, keskellä olevat aukot sahasimme kuviosahalla. Vanerin sahaaminen kuviosahalla on hieman haasteellista, sillä kuviosahan hakkaava liike repii herkästi vanerin päällimmäisen pinnan. Niinpä jouduimme jättämään reilusti varaa ja sahaamaan kaukana viivasta. Toisen takakolmion ja toisen etukolmion tarkemmat muodot teimme vaakanauhahiomakoneella ja karahiomakoneella. Lisäksi käytimme sormihiomakonetta pieniin ja ahtaisiin paikkoihin. Jotta sitten saimme kolmiot täysin saman muotoisiksi, jyskimme kuviosahan jäljiltä olleet kolmiot hiottujen kanssa samanlaisiksi kopiojysinterällä.



Kuva 3. Pällekkäin kaksi takakolmiota ja kaksi etukolmiota.

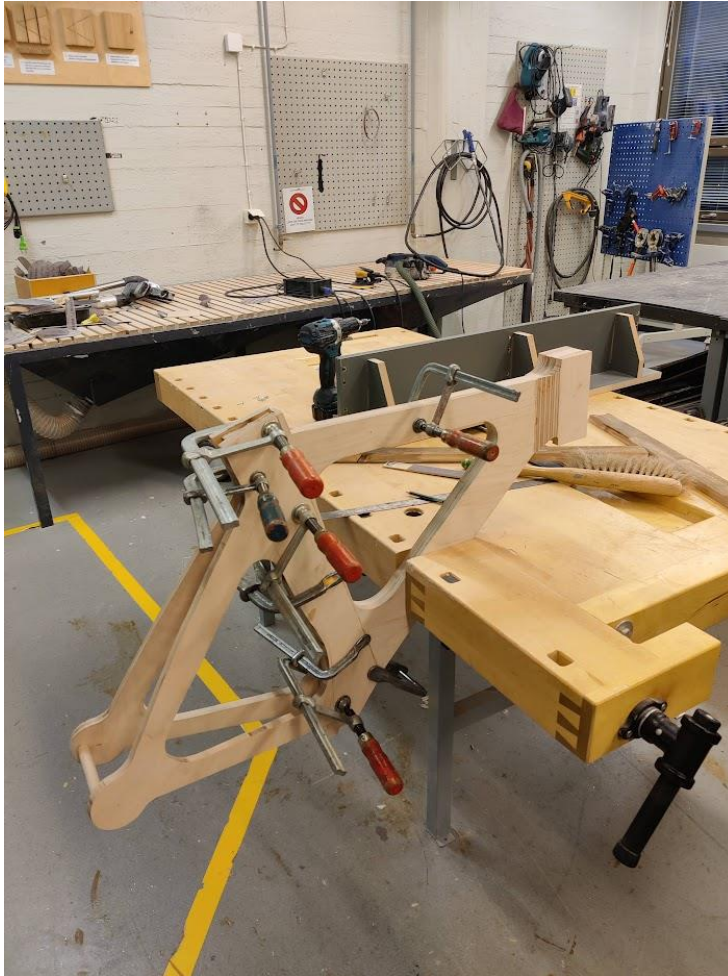
Etu- ja takakolmioita oli molempia kaksi. Siksi ajattelimme rungon aluksi kahtena puolikkaana peilikuvana toisistaan. Toiseen etukolmioon piti saada kiinni toinen takakolmio. Mielestämme yksi haastavimmista asioista olikin juuri tämä vaihe. Takakolmion kulman määrittäminen suhteessa etukolmioon oli todella haastavaa. Koska kyseessä oli mitoiltaan ja kiinnittämisen suhteen todella poikkeava tapa toteuttaa kiinnitys, oli kulma määritettävä täysin sen mukaan mitä rungon mitat olivat. Vaikeinta oli se, että tavoitteen kuitenkin oli saada standardi mitoissa oleva takarengas mahtumaan takahaarukkaan, niin ettei haarukka joudu jännitykselle renkaan ollessa paikoillaan. Toisin sanoen takarenkaan akselin tulisi mahtua takahaarukan sisään ilman haarukan levittämistä ja toisaalta haarukan ei tulisi puristua kasaan rengasta kiinnitettäessä haarukkaan.

Takakolmion kiinnittämiseen oli monta vaihtoehtoa. Ensimmäinen oli se, että vanerista muotoiltaisiin kiila kolmioiden väliin liimauskohtaan. Kiila muotoiltaisiin niin, että kulma olisi oikea. Koska kiinnityskohta ei ollut kummassakaan kolmiossa suora ja kolmion kaikki sivut olivat eri mittaisia, alkoi tämä tyyli tuntua mahdottomalta. Sen jälkeen pohdimme takakolmioiden viistämistä niin, että kulma olisi oikea. Siinä meitä rupesi mietityttämään

kestävyys, sillä liimattavien pintojen vahvuus takakolmion osalta pienenesi, kun pyörän satulaputken kohta on kaikkein kovimmalla koetuksella (Hamzah, Gaguk & Mahros 2021).

Lopulta päätimme tehdä loven tiettyyn kulmaan etukolmioihin. Piirsimme etukolmioihin viivat, joiden mukaan kolo tehtiin. Takahaarukan kulmaksi tuli saada viisi astetta.

Kokeilimme aluksi käyttää pelkkiä käsityövälineitä, mutta totesimme, ettei sillä tavalla saa tarpeeksi tarkasti. Teimme lopulta pyörösahalla uria etukolmioon piirretyn mukaisesti. Terää nostamalla etukolmiota liikuttamalla saimme eri syvyisiä uria eri kohtiin piirretyn viivan mukaisesti. Sen jälkeen talttasimme kolon suoraan ja takakolmiolle sopivaksi. Lopiksi vielä hioimme kolot sopivaksi ja liimasimme ja puristimme takakolmiot etukolojen koloihin PU-liimalla. Samalla liimasimme molempiin puolikkaisiin emäputken kohdalle kaksi 15 mm vahvaa vaneria. Alemmat 15 mm vanerit olivat pidemmät ja kiilaantuivat. Tämä sen vuoksi, jotta päälle tuleva 4 mm vaneri taipuu päälle nätisti. Emäputken kohta vaatikin vielä lisää muotoilua ja hiomista. Liiman kuivuttua emäputken kohtaa hiottiin vielä karahiomakoneella ja vaakanauhahiomakoneella, kunnes se oli valmis 4 mm vanerin liimaamista varten.



Kuva 4. Etu- ja takakolmioiden liimaaminen.

Etu- ja takakolmiota vahvistamaan ja samalla ulkonäköä parantamaan niiden päälle liimasimme 4 mm vanerin. Sitä ennen piirsimme vanerille suurpiirteisesti rungon molemmilta puolilta. Sahasimme vannesahalla palaset irti, jonka jälkeen pienemät palaset oli helpompi taivuttaa rungon päälle. Laitoimme puristimia niin, että 4 mm vaneri taipui rungon puolikkaan muotojen mukaan. Taipuvia kohtia oli emäputken ja satulaputken kohdissa. Piirsimme rungon esileikatulle vanerille tarkemmin, kun vaneri oli puristuksissa. Vannesahalla sahasimme nyt tarkemmin 4 mm vanerin ulkoreunat. Sen jälkeen liimasimme vanerin rungon päälle. Käytimme PU-liimaa. Liimauksen jälkeen 4 mm päälyvaneriin tehtiin etu- ja takakolmioihin reikä. Käsijyrsimellä ja kopioterällä jyrsimme päälyvanerin vastaamaan rungon muotoja. Ne paikat, joihin emme päässeet jyrsimellä, muotoilimme hiomalla.



Kuva 5. 4 mm vanerin päälle liimaus

Jarrujärjestelmää varten halusimme, että takajarrulle kulkeva vaijeri ja vaijerinkuori kulkee rungon sisällä. Ajajasta katsottuna vasemmanpuoleiseen etukolmioon jyrsimme uran, johon vaijerinkuori mahtui. Uran tuli olla vähintään 6 mm syvä ja lisäksi sellainen, ettei läpivientien kohdalla kuori puristu läjään. Uran päädyt nousivat pyöristetysti pinnan tasalle, jotta vaijerin kuoren vaihtaminen on myöhemmin mahdollista.

4.3.4 Käytettyjen standardiosien hankinta

Käytettyjen osien hankinta lähti liikkeelle siitä, että selvitimme, millaisia vaatimuksia meillä niille oli. Siinä vaiheessa akuuteinta oli saada taka-akseli. Halusimme, että taka-akselissa on vapaaratas. Koska tavoittelimme fixed gear, eli ”fiksi” -tyyppistä takaratasta, tuli taka-akselissa olla myös kiinteästi kiinni oleva takaratas. Päädyimme etsimään niin sanottua fix/free takanapaa. Tori.fi -sivustolta löysimme hakusanalla ”f/f” polkupyörän, jossa oli paikallaan etsimämme takanapa. Polkupyörässä oli muutenkin lähes kaikki osat, joita tarvitsisimme polkupyörän valmiiksi saamiseen. Niinpä sovimme kaupat ja kävimme hakemassa pyörän.



Kuva 6. Tori.fi -sivuston kautta ostettu polkupyörä.

Olimme suunnitteluvaiheessa olettaneet, että saamme standardiosat kuluitta vanhoista pyöristä. Osien hankinta kuluitta osoittautui kuitenkin hyvin haasteelliseksi. Lisäksi pyörän ostamiseen vaikutti laatutavoitekriteereistä johdettu tutkimusmittaritaulukko, jossa olimme määritelleet kustannusten painoarvoksi 2 asteikolla 1–5. Tämä tarkoitti sitä, että pystyimme hieman tinkimään tavoitteestamme saada osat ilmaiseksi tai ainakin halvalla.

4.3.5 Metallivahvikkeiden valmistus ja niiden sijoittaminen runkoon

Metalliosista ensimmäisenä teimme taka-akselille alumiinisen vahvikkeen. Vahvikkeen saimme ostamastamme polkupyörästä. Kulmahiomakoneella katkaisimme takahaarukasta renkaiden kiinnityspaikat. Käytämme niistä termiä takahaarukanpää. Kiinnitys rungossa, josta otimme takahaarukanpäät, oli alumiinia hitsaamalla. Takahaarukanpäät olivat 8 mm vahvaa alumiinilattaa, joka oli muotoiltu siten, että renkaan saa kiinnitettyä niiden väliin ja siten, että latta oli mahdollista yhdistää takahaarukan ylä- ja alaputkiin. Käytimme kulmahuomakonetta myös katkaisussa takahaarukanpäihin jääneiden ylä- ja alaputkien poistamiseen. Samalla

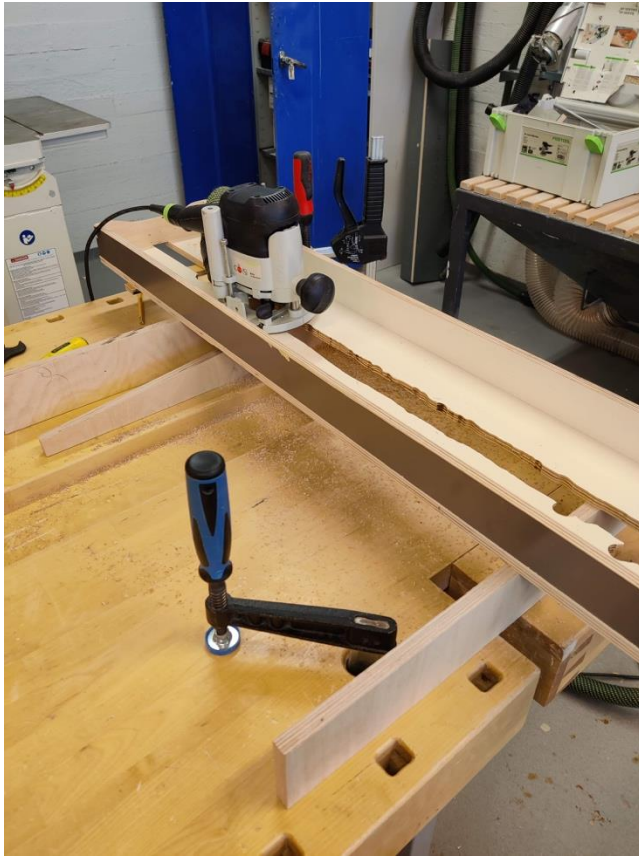


Kuva 7. Haarukanpää.

Haarukanpäät oli tarkoitus kiinnittää runkoon epoksilla ja pulteilla. Ongelmana oli että, haarukanpäiden kiinnitys tuli tehdä niin, että ne ovat kohtisuorassa akselista katsottuna. Toisin sanoen akselin ja haarukanpään kulma tuli olla 90 astetta. Aluksi ajattelimme laittaa haarukanpään vahvikkeeksi sisäpuolelle, jolloin ne näkyisivät mahdollisimman vähän. Tämä olisi tarkoittanut sitä, että ylä- ja alaputkien vahvuus pienentynyt merkittävästi, koska haarukanpäille olisi pitänyt jyrsiä paikat. Päätimme laittaa haarukan päät ulkopuolelle ja se tarkoitti, että saimme säilytettyä vahvuutta ja samalla ymmärsimme, että siten pystymme määrittämään haarukanpäiden välin niin, että se sopi taka-akselille.

Takahaarukanpäiden paikkojen määrittäminen oli myös hieman haastavaa. Lopulta teimme toisen valmiiksi, josta pystyimme vatipassilla ja mittaamalla eri kiintopisteistä asettamaan toisen haarukanpään samaan paikkaan ja samaan asentoon. Oleellinen huomio on se, että takahaarukanpäitä tehdessä runko oli vielä kahdessa osassa. Se tarkoitti, että saimme molemmat puolikkaat asetettua pöydälle juuri samalla tavalla jyrsimistä varten. Piirsimme haarukanpäät oikeille paikoille ja jyrsimme siihen kolon suoraan suhteessa rungon

etukolmioon eli keskilinjaan. Jyrsimisessä käytimme jyrsinkelkkaa, joka mahdollisti jyrsimisen suoraan kulmassa olevaan haarukkaan.



Kuva 8. Jyrsinkelkka, jossa keskelle kiila sahattuna takahaarukan kulmaan. Kiilan päälle asetimme takahaarukan. Näin takahaarukka ei päässyt painumaan jyrsiessä.



Kuva 9. Alumiiniselle haarukanpäälle jysinkelkkaa apuna käyttäen jysitty paikka.



Kuva 10. Haarukanpäiden kiinnityspultit.

Jyrsimisen jälkeen viimeistelimme vielä haarukanpäiden istuvuuden taltoilla ja hiomalla. Kun haarikassa oli paikat haarukanpäille, merkitsimme pulttien paikat haarukanpäihin. Tässä vaiheessa tuli ottaa huomioon takanavassa olevien rattaiden koko. Takarattaiden tuli siis mahtua pyörimään, kun ketju on paikoillaan. Pulteille porasimme reiät sekä ylä-, että alaputkiin kahdet. Yhteensä neljä 6 mm reikää kumpaankin haarukanpäähän. Näiden reikien mukaan teimme reiät myös haarukkaan, jotta saamme pultit läpi. Haarukan sisäpuolelle jouduimme vielä koloamaan pultin kannan alla olevalle prikalle. Näin rattaat mahtuivat

pyörimään, kun rengas on paikoillaan. Laitoimme vielä haarukanpääät paikoilleen pulteilla ja hioimme vaakanauhahiomakoneella rungon haarukanpään alla haarukanpään muotoiseksi.

Uran akselin kiristämistä varten teimme akselissa olevalle vastinkappaleelle, joka tulee haarukanpäästä vasten haarukan sisäpuolelle, vaneriin uran.



Kuva 11. Takahaarukkaan sisäpuolelle akselia varten tehty ura.

Uran korkeus oli 18 mm ja se oli 35 mm syvä. Teimme sen haarukanpäässä valmiina olleen uran mukaisesti.

4.3.6 Uusien osien hankinta

Osa ostamamme polkupyörän osista ei ollut ehjiä tai sitten ne eivät sopineet meidän polkupyöräämme. Niitä olivat ohjainlaakerit, tupet/kädensijat ja jarruvaijeri ja vaijerin kuori. Ohjainlaakerit olivat kuluneet ja huonossa kunnossa, joten päätimme jättää hyödyntämättä ne. Myös kädensijat, jarruvaijeri ja -kuori olivat kuluneita. Lisäksi hävitimme toisen kammien mutterin suojakumin ja jouduimme ostamaan uuden sellaisen. Kaikki uutena ostetut osat ovat peräisin urheiluliike Pyörä-Nurmi Oy:stä. Näiden lisäksi tarvitsimme kuusiokolokantaisia pultteja ja hattumuttereita, sekä priikkoja. Niitä käytimme takahaarukanpäiden kiinnittämiseen takahaarukkaan.

4.3.7 Rungon kasaaminen ja ensimmäinen kestävyystesti

Kun suunnittelimme rungon puolikkaiden liimaamista, tuli ottaa huomioon, että kaikki sellaiset työvaiheet, joita ei voinut liimauksen jälkeen enää tehdä, oli tehty. Näitä olivat, vahvike emäputkeen, kulmien pyöristäminen emäputkesta ja etu- ja takakolmion liitoskohdan osalta päälle liimattavaa 4 mm vaneria varten, reiät uraan niin, että jarruvaijerinkuoren sai vedettyä uraan, takahaarukanpäiden valmistaminen ja sitä myöden niiden paikkojen tekeminen takahaarukkaan, sekä takahaarukan sisäosien muotoilu ja pyöristely. Nämä kaikki jarruvaijerinkuoren uraa lukuun ottamatta olisi saanut todennäköisesti tehtyä myös rungon puolikkaiden liimaamisen jälkeen, mutta tämä työjärjestys ehdottomasti helpotti tekemistä. Lisäksi saimme käytettyä työvälineitä ja koneita, jotka auttoivat saamaan työjärjestä paremman.

Kun edellä mainitut työvaiheet oli tehty, liimasimme rungonpuolikkaat yhteen PU-liimalla. Väliin laitoimme ennen liimaamista jarruvaijerin kuoren, koska uskoimme, että sen laittaminen jälkikäteen olisi todella paljon vaikeampaa.



Kuva 12. Rungon puolikkaiden liimaus.

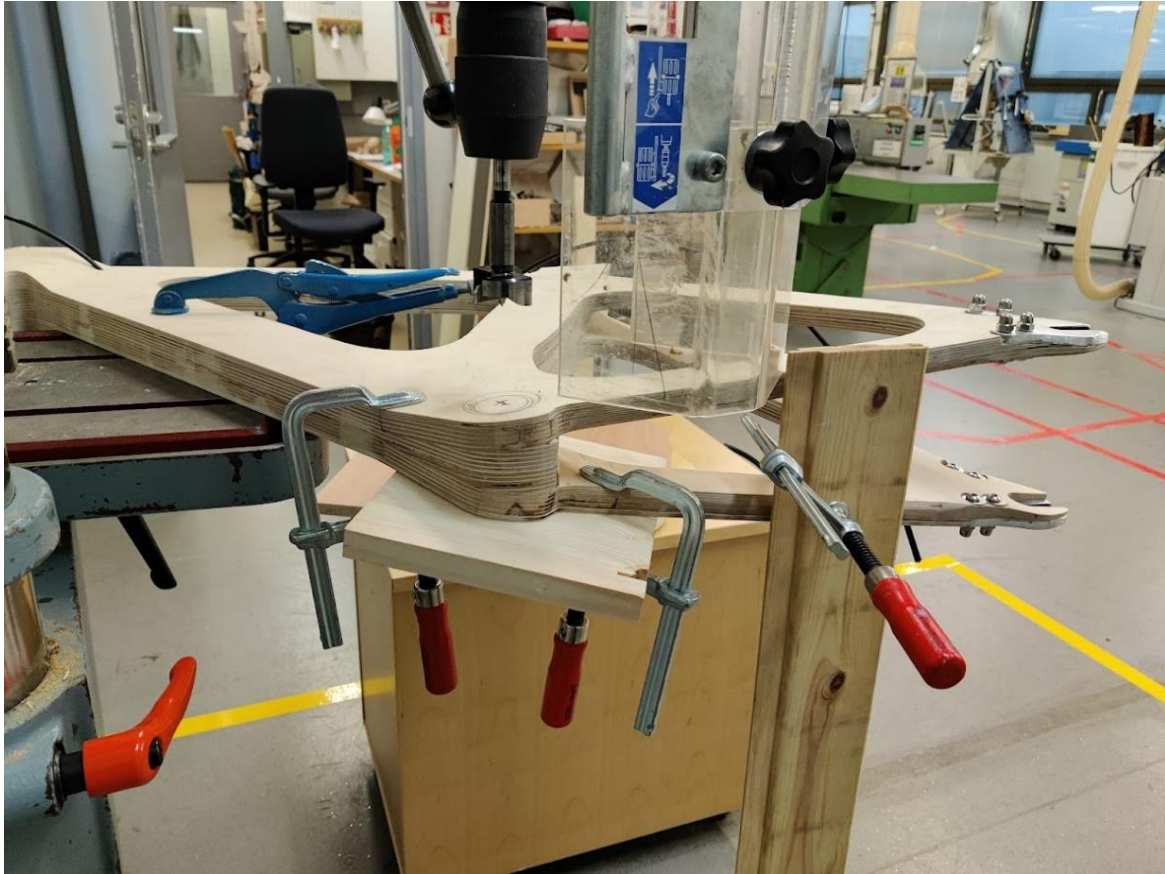
Runkoon tuli tehdä kaksi eri kokoista reikää ja yksi pyöreä kolo. Kolo tuli satulatolppaa varten satulaputkeen ja reiät tulivat keskiölle ja kaulaputkelle emäputkeen. Kolo satulaputkeen oli halkaisijaltaan 38 mm ja 320 mm syvä. Koloon istutimme käytetystä pyörästä otetusta satulaputkesta osan. Tämä osa oli istuimen korkeuden säätöä varten putken

yläpäähän tulevan kiristimen korkeuden verran pidempi kuin kolo. Kiristimen korkeus oli 10 mm. Satulaputken sahasimme rungon vaakaputken ja alaputken välistä kulmahiomakoneella. Hioimme siitä maalit pois ja teimme toiseen päähän hahlon. Tämä siksi että kiristimellä saadaan satulaputken sisällä itse istuinta kannatteleva satulatulppa kiristettyä kuljettajalle sopivaksi.



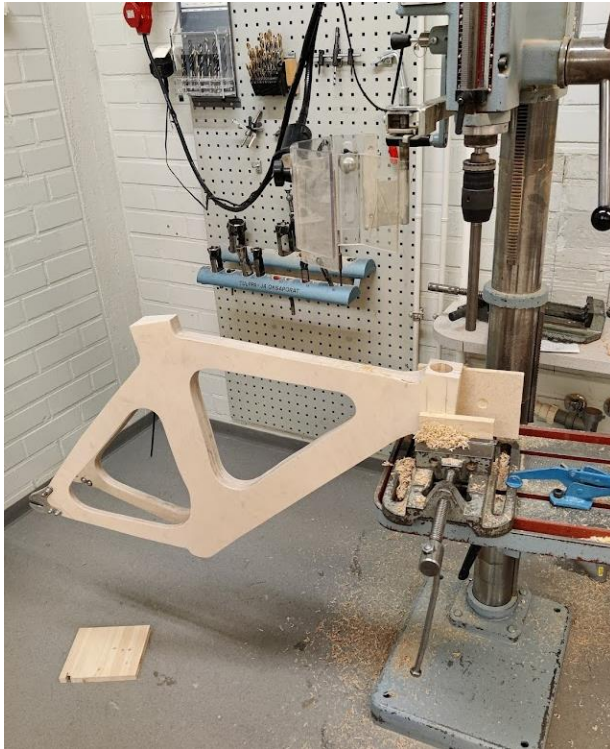
Kuva 13. Satulatulppaa varten satulaputkeen istutettava putki.

Keskiölle teimme reiän 45 mm terällä. Rungolle teimme petin pylväsporakoneeseen, jotta saimme reiän suoraan ja ettei runko pääse liikahtamaan missään vaiheessa porausta. Keskiön kiinnitys on kierteillä runkoon. Kierteiden tekeminen puuhun ei ole järkevää tässä kohtaa, joten päätimme ottaa keskiön kierreosan myös vanhasta pyörästä kulmahiomakoneella irti, hioa sen ja käyttää sitä tässä tarkoituksessa.



Kuva 14. Keskiön reiän poraus. Rungolle tehty peti rungon paikallaan pysymiseksi.

Samalla tavalla toimimme emäputken kanssa. Emäputkessa tulisi olla hahlo ohjainlaakeria varten. Totesimme, ettemme saa sitä tehtyä tarpeeksi tiukaksi ja kestäväksi, koska puu antaa periksi. Siksi otimme hankkimastamme pyörästä emäputken, jossa hahlot olivat valmiina ja tarkoituksen oli kiinnittää se meidän rungon emäputkeen. Alumiinista emäputkea varten porasimme rungon keulaan emäputken paikalle reiän 42 mm terällä.



Kuva 15. Emäputken reiän teko ja peti.

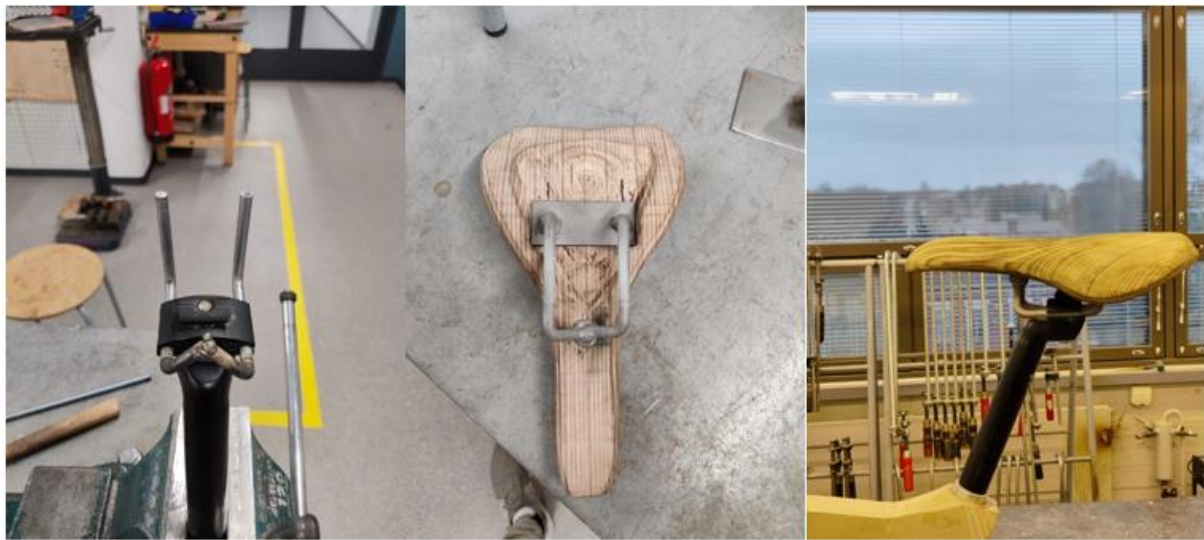
Liimaamisen ja reikien poraamisen jälkeen oli mahdollista tehdä ensimmäinen kestävyystesti. Samalla saimme kokeiltua melkein kaikkien osien sopivuutta runkoon. Kiinnitimme etuhaarukan, renkaat, keskiön, kammot, polkimet, istuimen tolppineen, ohjainlaakerit ja stemmin eli ohjauskannattimen runkoon. Tässä vaiheessa saimme myös nähdä, millaista kokonaisuutta olimme rakentamassa. Osien kiinnittämisen jälkeen uskaltauduimme polkupyörän päälle. Ajaa sillä ei voinut, eikä liikkua uskaltanut, mutta runko kesti meidän molempien painon.

4.3.8 Oheisosien valmistus

Runon lisäksi halusimme toteuttaa pyöräämme muitakin osia puusta, sillä mielestämme ne lisäävät pyörän esteettisyyttä. Valmistimme pyörään satulan ja ohjaustangon vanerista.

Liimasimme satulaa varten vanerikappaleita limittäin yhteen. Tämän jälkeen muotoilimme kappaleen lähelle oikeita mittoja ja piirsimme satulan muodot kappaleeseen. Käytimme muotojen piirtämisessä apuna ostamamme pyörän satulaa. Lopullinen muoto tehtiin nauhahiomakonetta ja sormihiomakonetta käyttäen. Satulaan täytyi tehdä kiinnityspiste eli satulakiskot, joilla se kiinnitettäisiin satulaputkeen. Mietimme ensin kiinnitystapaa, jossa satulakiskon varret tulisivat läpi satulasta ja kiristyisi muttereiden ja prikkujen avulla satulaan. Tällainen kiinnitystapa olisi kuitenkin rikkonut satulan pinnan, jolloin vanerikerrokset eivät

olisi olleet enää yhtenäiset ja satula olisi ollut ulkonäöltään heikko. Jouduimme siis miettimään uudenlaisen kiinnitystavan. Kuten monesti aiemmin, saimme apua Rauman opettajankoulutuslaitoksen käsityön työnohjaajilta. Heidän kanssaan yhdessä löysimme myös tähän ongelmaan ratkaisun. Satulakisko valmistettiin 8 mm pyörötangosta. Taivutimme tankojen toiset päät ensin 90 asteen kulmiin, minkä jälkeen lämmitimme etupäitä ja taivutimme ne 45 astetta sisäänpäin. Etupäät hitsasimme yhteen, johon hitsasimme vielä lisäksi 60 mm pitkän tangon pystyyn. Hitsasimme satulakiskon takaosan varsiin lattaraudan, joka vastaa satulan alapintaan. Etumaiseen varteen hitsasimme prikan, joka jakaa siihen kohdistuvaa painoa. Satulakisko hiekkapuhallettiin ja maalattiin, ennen sen kiinnitystä satulaan, mikä tehtiin 2-komponenttiliimalla.



Kuva 16. Vas. satulakisko hitsattuna, kesk. satulaan kiinnitettynä alta kuvattuna, sekä oik. asennettuna satulatolppaan.

Halusimme penkistä mahdollisimman pehmeän ja pyöristetyn, jotta sillä olisi mahdollisimman mukava istua ja polkea polkupyörää. Teimme vielä lopuksi hiontaa vaaka- ja pystynauhahiomakoneilla, epäkeskohiomakoneella ja lopuksi hioimme vielä käsin. Näin saimme penkin pintakäsittelykuntoon.

Ohjaustangon halusimme kuuluvan samaan sarjaan, joten teimme sen myös vanerista. Teimme vanhasta keittiöntasolevystä muotin. Se oli keskikohdasta 50 mm molempiin suuntiin suora, josta se lähti kaartumaan kohti ohjaustangon päätä. Ohjaustangon mitaksi määritimme vanhasta pyörästä saatua ohjaustankoa (400 mm) apuna käyttäen meidän ohjaustankomme pituudeksi 500 mm. Sahasimme muotin vannesahalla haluttuun muotoon. Teimme kaksipuolisen muotin, jonka väliin tulisimme puristamaan vanerit. Ohjaustangosta tuli saada

ohjauskannattimeen sopiva eli sen paksuus suoralta osuudelta, josta tanko tulisi ohjauskannattimeen kiinni tuli olla 31,8 mm. Käytimme neljän millin vaneria ja lisäksi noin 1 mm vahvaa viilua tankoon. Yhteensä 4 mm vanereita tuli 7 ja viiluja 6. Levitimme liimat PU-liimalla ja laitoimme viilut ja vanerit siten, että joka toinen oli vaneri ja joka toinen viilu.



Kuva 17. Ohjaustanko liimauksessa ja puristuksessa muotin välissä.

Liimauksen jälkeen pyöristimme tankoa aluksi pöytäjyrsimellä. Lopun muotoilun toteutimme huomakoneilla. Teimme vielä ohennukset ohjaustangon molempiin päihin kädensijoja ja jarrukahvaa varten.

Takajarrua varten teimme vannejarrulle paikan takahaarukkaan. Pohdimme kovasti, miten saamme takahaarukan yläputkiin tehtyä osan, joka kestää jarrutuksen tuoman paineen. Lähtökohtana pidimme, että jarrua käytetään silloin kun pyörä liikkuu eteenpäin, niinpä vannejarrun jarrusatula painuisi jarruttaessa renkaan mukana kohti keskiötä. Päädyimme loveamaan takahaarukan yläputkeen kolot tammesta tehtyyn takahaarukan vahvikkeeseen ja jarrusatulan pidikkeeseen.



Kuva 18. Kolo vahvikkeelle ja vahvike paikoillaan.

Tähän tammesta tehtyyn vahvikkeeseen teimme reiän niin että jarrusatulan kiinnitysmutteri upposi vahvikkeen sisälle. Käytimme tammea, koska se on kovaa ja lujaa, sekä vedenkestävää (Lehtonen T. , 2022).

4.3.9 Etuhaarukan korjaus

Päätimme hyödyntää aiemmin kandidaatin työssä tutkimamme puista etuhaarukkaa. Kandidaatin tutkielman tulos oli lopulta se, ettei tekemämme etuhaarukka ollut tarpeeksi kestävä. Siksi se tuli korjata ja suunnitella uudestaan. Etuhaarukka oli siis kahdessa osassa. kaulaputki oli erillisenä kappaleena ja itse etuhaarukka toisena kappaleena. Suunnittelimme kaulaputken ja haarukan liittämiseksi uuden ja erilaisen tavan, joka uskoaksemme tulisi kestämään paljon paremmin.

Jo ensimmäistä kertaa etuhaarukkaan rengasta kiinnitettäessä huomasimme, että olimme laskeneet liikaa varoja. Tämä tarkoitti, että renkaan ja haarukan väliin jäin noin yksitoista senttimetriä väliä. Lisäksi oli huomioitava, että haarukka oli suunniteltu 29 tuumaiselle maastopyörän renkaalle, ja nyt aikeenamme oli laittaa siihen ohut sileä 28 tuumainen rengas.

Lopulta lyhensimme haarukkaa yhteensä noin 12 cm. Lyhentäminen tarkoitti, että haarukan alapäitä tuli lyhentää ja niihin tuli tehdä kokonaan uudet kolot alumiinisia vahvikkeita varten. Teimme sen japaninsahaa ja talttaa apuna käyttäen. Kun renkaan koko vaihtui, vaihtui myös renkaan akselin mitta. Niinpä jouduimme tekemään uuden renkaan akselin mukaisesti alumiinisiin vahvikkeisiin koloa. Uusi akseli oli yhden senttimetrin pidempi, joten otimme molemmista vahvikkeista 5 mm pois metallijyrsimellä. Näin saimme renkaan kiristettyä alumiinivahvikkeiden väliin.

Koska etuhaarukan yläpää, jossa haarukka ja kaulaputki yhdistyy, oli meidän arviomme mukaan kaikkein lujimmilla, päätimme vahvistaa sitä. Ajoimme etu- ja takapuolelle pyörösahalla uria, joihin liimasimme tammilistaa. Urien sahaamiseksi puristimme puristimella haarukan pyörösahan katkaisuvasteeseen haluttuun kulmaan ja ajoimme sen terän läpi. Etu ja takapuolella on noin 90 asteen kulmassa siihen kohtaan peilaten, missä listat ovat, 5 mm ura, jossa on 5 mm tammilista. Lisäksi molemmin puolin on 4–5 asteen kulmassa 3mm ura jossa on 3 mm tammilista. Teimme tämän, jotta vanerissa olevat pystyviilut eivät pettäisi liimasaumoistaan niin helposti. Liimaukset teimme kahdessa osassa. Ensin 5 mm listat, sen jälkeen hioimme listat haarukan tasalle ja liimasimme 3 mm listat.



Kuva 19. Etuhaarukka ilman alumiinivahvikkeita ja tammi listojen liimaaminen vahvikkeiksi.

Kaulaputken kiinnittämiseksi suunnitelmisamme oli, että kiinnitetään se läpi asti menevällä pultilla haarukkaan. Päädyimme lopulta tekemään haarukkaan myös kolon kaulaputkelle. Tämän tulisi sitoa ja jakaa liitokseen tuleva paine isompaan osaan puista etuhaarukkaa. Kolon tekemiseen ei ollut oikean kokoista poranterää, koska kaulaputki on 28,6 mm. Sen takia

porasimme 2 cm syvän kolon 28 mm terällä. etuhaarukan yläpäähän kaulaputken kiinnityskohtaan. Teimme porauksen pylväsporakoneella. Joutuimme tekemään ”petin”, joka piti haarukan suorassa ja halutussa kohtaa porauksen ajan. Porauksen jälkeen kolon pohjalla oli poran terässä olevan piikin tekemä jälki, joka on reiän kolon keskikohdassa. Tätä apuna käyttäen porasimme vielä reiän läpi asti. Tämän reiän halkaisija on 8,5 mm. Koska kaulaputkea varten tehty kolo oli 0,6 mm liian pieni, teimme porakoneeseen työkalun, jolla saimme hiottua siitä tarvittavan verran. Tämä työkalu oli pyörän puutangon päälle niitattu hiomapaperi ja puutangon toiseen päähän ruuvatun ruuvin kanta oli katkaistu. Tämän saimme kiinnitettyä akkuporakoneen istukkaan kannattomasta ruuvista. Lisäksi aivan kolon alaosa suurensimme kourutaltoilla. Näin saimme kaulaputken pohjaan asti.

Kaulaputkeen porasimme kolon 7,5 mm terällä metallisorvissa. Näin pystyimme varmistumaan, että reikä on keskellä. Kolosta teimme noin 7 cm syvän ja myöhemmin M8 kierteet pulttia varten. Kokeilimme haarukkaa ja kaulaputkea paikoilleen ja uskoimme sen toimivan hyvin, mutta haarukan ja renkaan välistä näkyvä pultin kanta oli mielestämme ruma. Pultin kannalle teimme vielä syvennyksen. Porasimme syvennyksen 15 mm terällä käsin. Reikään laitoimme porauksen ajaksi tapin, joka mahdollisti poraamisen.



Kuva 20. Etuhaarukka alhaalta kuvattuna.

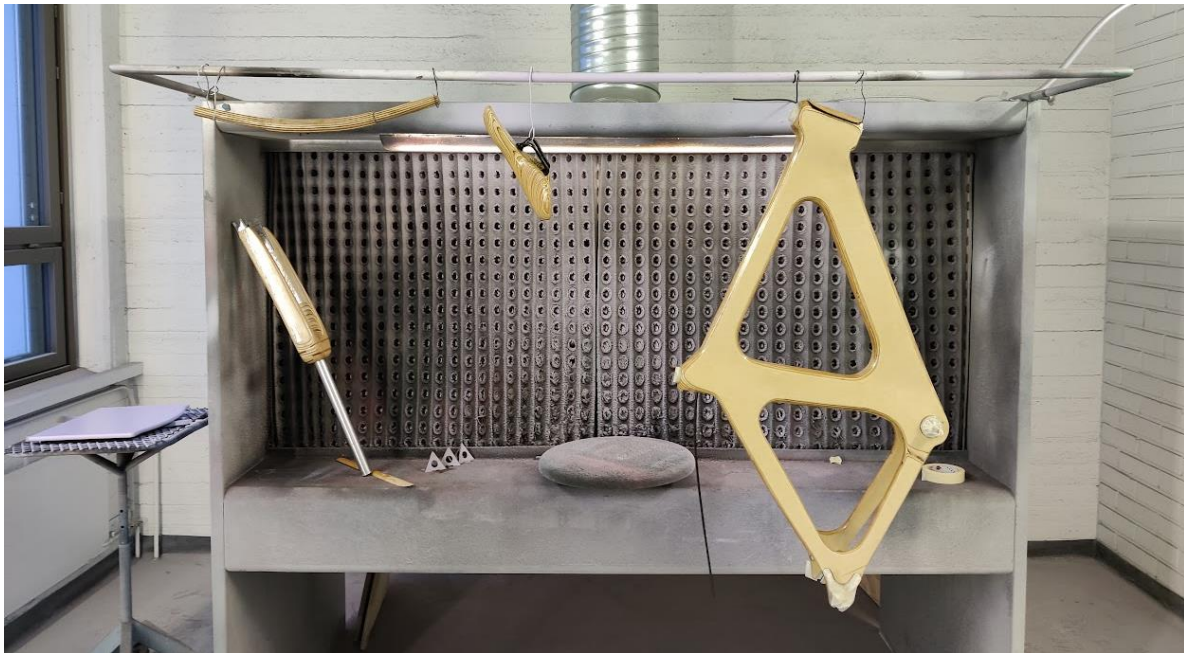
Haarukan puuosat olivat vielä edellisen päällystyksen jäljiltä, joten hioimme ne pois. Hioimme muutenkin vielä kaikki pinnat ja muotoilimme haarukan alapää. Alumiiniset vahvikkeet haarukan alapäihin kiinnitimme epoksilla ja lisäksi laitoimme vielä samat pienet ruuvit lujittamaan liitosta, jotka olivat siinä alun perinkin. Laitoimme vielä puristimet puristamaan vahvikkeet kunnolla kiinni haarukkaan. Tämä takasi parhaan mahdollisen kiinnityksen. Kaulaputken kiinnitys tapahtui myös epoksilla. Laitoimme koloon epoksia, työnsimme kaulaputken koloon ja pyöritimme mutterin kiinni niin, että kaulaputki oli siinä välissä. Lisäksi parhaan mahdollisen kiinnittymisen aikaan saamiseksi laitoimme pultin kannan alle ensin prikan ja sen jälkeen vielä jousiprikan.

4.3.10 Pintakäsittely

Pintakäsittelyn olimme alun perin ajatellut tekevämme epoksihartsilla ja selvitimmekin erilaisia vaihtoehtoja, sillä epoksia on paljon erilaisia. Epoksi tarkoittaa kaksikomponenttista ainetta, jossa hartsi ja kovete sekoitetaan yhteen. Sekoitettaessa ne alkavat reagoida, jolloin vapautuu myös lämpöä (Kevra, 2023). Hartsia ja kovetetta sekoittaessa tulee olla tarkkana, sillä seoksen tulee olla juuri oikeassa suhteessa. Yleensä kovetetta lisätään n. 1–2 % hartsin määrään verrattuna.

Löysimme tuotteen pinnoittamiseen sopivan epoksihartsin Materialshop.fi -verkkokaupasta, mutta se olisi ylittänyt budjettimme huomattavasti, sillä jouduimme ostamaan myös muita tuotteita, jotka olivat jääneet budjetointia tehdessä huomioimatta. Näitä olivat muun muassa käytetty polkupyörä (60 €) ja kasvomaskit (á 29,90 €) pintakäsittelyä varten. Vaikka pystyimme aiemmin tinkimään tavoitteestamme saada polkupyörä toteutettua alle 150 euron budjetilla, niin ajattelimme, että meidän tulee yrittää löytää jokin halvempi vaihtoehto pinnoittamiselle. Laatutavoitteissa jatkuva tinkiminen ei ole mielestämme tutkimuksen luotettavuuden kannalta järkevää, vaan asetetuissa tavoitteissa tulisi pystyä pysymään mahdollisimman hyvin. Pinnoittamisessa käytimme lopulta Pakcem -valmistajan kaksikomponenttista polyesterihartsia, joka on tarkoitettu muun muassa lasikuituveneiden ja puuveneiden pinnoittamiseen. Tästä syystä sitä kutsutaan myös venemuoviksi. Polyesterihartsin kanssa tuli käyttää kovetetta, jonka pitoisuus tuli olla 1–2 %.

Käsittelyn tuli tapahtua melko ripeästi, sillä polyesterihartsi alkoi muuttua liisterimäiseksi ja kovettua noin 20 minuutin jälkeen. Levitimme hartsin pensselillä.



Kuva 21. Kertaalleen käsitellyt osat kuivumassa.

Kaksikomponenttisten aineiden kanssa työskennellessä täytyy yleensä käyttää apuna kuumailmapuhallinta, jolla saadaan mahdolliset ilmakuplat pois. Emme kuitenkaan havainneet ilmakuplia käsittelyvaiheessa, joten emme myöskään käyttäneet kuumailmapuhallinta. Käsittelimme rungon ja muut osat polyesterihartsilla kahteen kertaan niin, että jokainen kerros oli ohut, mutta peittävä. Näin saimme pinnasta siistin. Käsittelyiden välissä hioimme pinnat varovasti vesihiomapaperilla, jolloin saimme pienet epätasaisuudet pois.

4.3.11 Kokoonpano

Ennen varsinaista kokoonpanoa satulatulppaa varten tuli liimata putki puun sisään, johon satulatulppa asettuu (Kuva 14). Teimme putkeen viilalla ja rautasahalla uria ja uurteita, jotta liima pitäisi sen kiinni mahdollisimman hyvin. Liimasimme sen epoksilla. Putkesta tuli jäädä näkyviin juuri sen verran, että satulaputken kiristäjä mahtui siihen päälle ja toimi tarkoituksessaan. Samaa kiinnitystapaa käytimme keskiön kiinnittämiseen. Keskiön laakerit ja akseli oli kiinni keskiössä liimattaessa. Koska keskiölle tehty reikä oli hieman liian iso, oli akselin ja laakereiden paikallaan ollessa keskiö helpompi asentaa suoraan. Kiinnitimme siis keskiön reilulla määrällä epoksia. Samalla kerralla saimme vielä kiinnitettyä, samoja työkaluja ja epoksia apuna käyttäen emäputkeen alumiinisen putken jossa, on hahlot ohjainlaakereita varten.

Kokonpano alkoi jarrujärjestelmästä. Ensin asensimme takahaarukkaan kiinnittyvän jarrusatulan. Sen kiinnittäminen oli helppoa ja se sopi hyvin tekemäämme tammiseen vahvikkeeseen (kuva 19). Jarruvaijerin ja etenkin vaijerikuoren katkaisemista varten tuli asentaa myös ohjaustanko. Kiinnitimme ohjaustankoon kädensijat, jarrukahvan ja ohjauskannattimen. Asettelimme tangon sille kuuluvaan paikkaan, katsoimme silmällä vaijerikuoren mitan hyväksi ja katkaisimme sen molemmista päistä. Tarkistimme että vaijerikuoren kiinni ollessaan mahdollistaa ohjaustangon liikuttamisen ja että ohjaus on mahdollista myös aariasentoihin. Vaijerikuoren molempiin päihin puristimme metalliset vahvikkeet kiinni ja työnsimme vaijerin kuoren läpi. Tämän jälkeen kiinnitimme vaijerin kahvaan ja toisen pään kiinni jarrusatulaan. Katkaisimme vielä vaijerista ylimääräiset pois ja puristimme vaijerin päähän päätynipan, joka estää vaijerin punoksen purkautumisen.

Kokoonpanovaiheessa runko oli kiinni höyläpenkissä ja siksi perän osat oli helpompi asentaa ensin. Keskiöön kiinnitimme kammet, sekä hammasrattaan. Sen jälkeen kiinnitimme takarenkaan. Takarenkaan ollessa paikoillaan pystyimme viimeistään näkemään ketjun liikkeen ja sen, mahtuuko se liikkumaan runkoon tehdyissä urissa. Otimme ketjun vanhasta pyörästä ja mittasimme ketjun venymisen ketjutulkilla. Ketju oli vielä täysin toimintakuntoinen ja venymistä ei ollut juurikaan tapahtunut. Jouduimme lyhentämään ketjua hieman ja sen jälkeen liitimme ketjun päät ketjuliittimellä. Lopuksi vielä kiristimme ketjun sopivalle kireydelle takarengasta liikuttamalla. Tekemämme satula kiinnitettiin yhdellä kuusiokolopultilla ja sen jälkeen satulatolppa asetettiin putkeen.

Keulan kaulaputken pituus määritetään sen mukaan, kuinka pitkä on emäputki, laakerit, korokepalat ja ohjauskannatin yhdessä mitattuna. Kaulaputken tulee olla tästä mitasta hiukan lyhyempi, jotta keulan laakereista saadaan välykset pois. Käytimme keulan paikoillaan ja saimme siitä kaulaputken mitan. Sahasimme metallivannesahalla sen sopivaan mittaan. Koska kaulaputki oli meidän tapauksessamme tanko, eli umpinainen, emme voineet käyttää perinteistä käpyä keulan välyksen poistamiseen ja kiristämiseen. Sen tilalta porasimme kaulaputken yläpäähän reiän ja teimme siihen kierteet. Tämä ajoi kävyn asian kiinnitysvaiheessa. Keulan osalta toisena kiinnitimme renkaan etuhaarukkaan. Tämän jälkeen alkoi työläin vaihe. Ohjainlaakerin asettaminen runkoon liimattuun emäputkeen oli käytössämme olleilla työkaluilla haasteellista. Käytimme aluksi apuna pelkästään vasaraa ja laudanpätää. Emme saaneet laakereita riittävän syvälle eivätkä laakerit uponneet tasaisesti hahloihin. Päätimme kokeilla tehdä itse työkalun, jolla laakerit saisi tasaisesti puristettua paikoilleen. Työkalu oli pitkä kierretanko, jonka molempiin päihin laitoimme metalli holkit ja

niiden päälle mutterit. Näin saimme muttereita pyörittämällä laakerit painumaan hiukan hahloihin. Samalla vasaralla holkkeihin koputtamalla ja muttereita pyörittämällä saimme ohjainlaakerit painumaan paikoilleen. Kun olimme saaneet ohjainlaakerit paikoilleen, asensimme laakerien osat haarukkaan, työnsimme kaulaputken laakereiden läpi ja loput laakerin osat paikoilleen emäputken yläpuolelle. Laakereiden päälle laitoimme vielä kaksi korokerengasta nostamaan ohjaustankoa noin yhden senttimetrin ylemmäksi. Kiristäminen tapahtui niin, että laitoimme ohjainlaakerin korkin paikoilleen ohjauskannattimen päälle ja siitä pultin kiinni kaulaputkeen tehtyihin kierteisiin, jotka toimittavat tässä tapauksessa kävyn virkaa. Tätä pulttia kiristämällä ja etuhaarukka heiluttamalla säädimme kireyden niin, ettei välystä tuntunut. Tämän jälkeen ohjauskannattinta kiristämällä saimme keulan kasattua. Ensimmäisen lyhyen koeajon aikana rattia käännellessä huomasimme kuitenkin, että keulan laakeri ei ole oikein asennettu, koska siellä jossain oli välystä. Paikansimme sen alempaan ohjainlaakeriin.



Kuva 22. Valmis tuote.

Otimme valmiista pyörästä kuvat studiolla ennen testausta ja ennen, kuin kukaan oli sillä juurikaan ajanut. Myöhemmin teimme vielä pidemmän koeajon ennen varsinaisia testejä, jonka jälkeen päätimme ottaa vielä keulan irti ja katsoa mikä alemmassa ohjainlaakerissa oli vikana. Alemman ohjainlaakerin alin laakerikuppi näytti olevan löysä. Se ei ollut tiukasti kaulaputken ympärillä. Haimme verrokiksi käytetyn pyörän etuhaarukan ja huomasimme että siinä kaulaputken halkaisija kasvoi hieman aivan alhaalla. Näin ollen päätimme laittaa

epoksia laakerin alakupin alle ja saimme sen kiinnitettyä yhteen kohtaan. Kun laitoimme etuhaarukan takaisin paikoilleen, huomasimme epoksilla liimatun alakupin toimivan täysin tarkoituksessaan.

4.4 Laatuavoiteteoreeman testaaminen

4.4.1 Kohdejoukko

Testitapahtuman kohdejoukko valikoitui halukkuuden perusteella. Pyysimme Turun yliopiston Rauman kampuksen opiskelijoita toimimaan testihenkilöinä. Päädyimme ottamaan testitapahtumaan viisi henkilöä. Toiveenamme oli, että testihenkilöillä olisi jonkin verran tietämystä ja kokemusta erilaisista polkupyöristä ja niiden ajo-ominaisuuksista. Näin he voisivat verrata testattavaa polkupyörää aiempiin kokemuksiinsa. Edellä mainittu ei kuitenkaan ollut ehto, emmekä rajanneet muillakaan tavoin osallistujiamme testaustilannetta varten.

4.4.2 Suostumus- ja arviointilomake

Testiin osallistuneet henkilöt saivat ensin täytettäväkseen suostumuslomakkeen (Liite 2.), jossa he antoivat tutkielman tekijöille luvan käyttää heidän antamiaan tietoja ja arviointia osana pro gradu -tutkielmaamme. Suostumuslomakkeen myötä testihenkilöt myös suostuivat suorittamaan polkupyörän testaamisen täysin omalla vastuullaan ja näin vapauttivat tutkielman tekijät kaikesta heille mahdollisesti aiheutuvista vahingoista. Testihenkilöille kerrottiin myös testaamiseen liittyvät riskit, joista merkittävimmät olivat polkupyörällä kaatuminen ja polkupyörän mahdollinen rikkoutuminen kesken ajon. Korostimme testihenkilöille näiden riskien olevan kuitenkin todella pieniä.

Arviointilomake (Liite 1.) muodostui kolmesta osa-alueesta, joita olivat ”tunnistettavuus”, ”esteettisyys” ja ”toimivuus”. Näiden otsikoiden alla oli arvioitavat aiheet.

Tunnistettavuudessa arvioitiin polkupyörämäisyyttä. Esteettisyydessä arvioitiin polkupyörän muotoilua ja viimeistelyä. Toimivuus oli kaikista kolmesta kattavin ja siinä arvioitiin hallittavuutta, rullaavuutta, helppokäyttöisyyttä, turvallisuutta, kestävyyttä, pysähtymistä ja kokonaisvaikutelmaa. Viimeisenä oli mahdollista kirjoittaa vapaamuotoinen arviointi ”vapaa sana” -kenttään. Arviointi tapahtui asteikolla 0-4, jossa 0=hylättävä, 1=välttävä, 2=tyydyttävä, 3=hyvä ja 4=erinomainen.

4.4.3 Testaustapahtuma

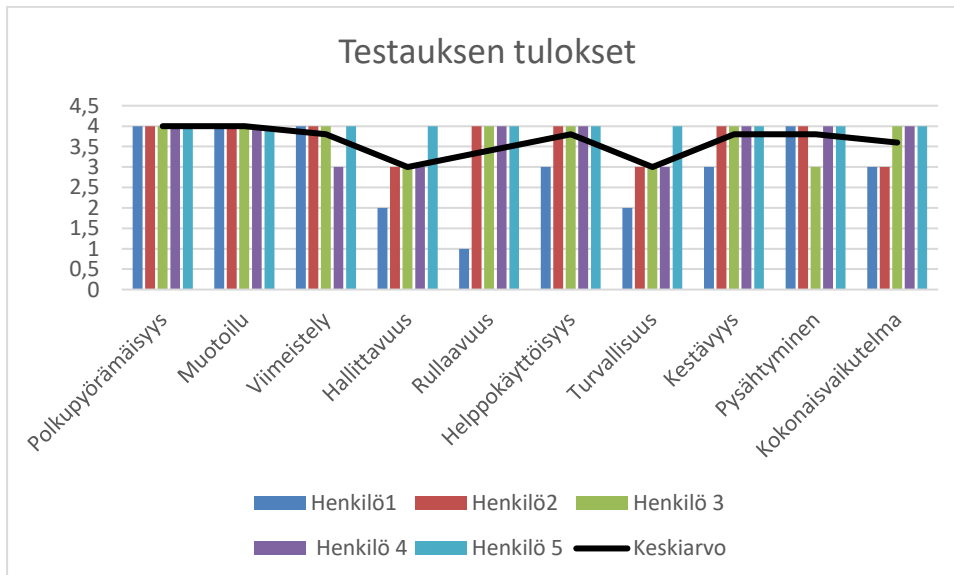
Aikataulun ja sääolosuhteiden takia emme voineet toteuttaa polkupyörän testausta kesäolosuhteissa. Onnistuimme kuitenkin valitsemaan sellaisen paikan, jossa lunta ei ollut ajoradalla ja näin ollen testaustapahtuma mukaili kesäistä käyttöympäristöä.

Testaustapahtuma oli myös aiemmin määritellyn testiradan kaltainen, jossa oli tarkoitus olla katukiveys, epätasaista alustaa ja irtokiviä.

Testaustapahtumassa jokainen testihenkilö ajoi vuorollaan pyörällä. Testihenkilöt saivat itse määrittää testausajan, mutta sen tuli sisältää katukivetyksen ylittäminen, epätasaisella pinnalla ajo, sekä irtokivien päällä ajaminen. Testaustapahtuman aikana jokaisen testihenkilön tuli käyttää pyöräilykypärää. Ajo-osuuden jälkeen testihenkilöt saivat täytettäväkseen arviointilomakkeen.

4.4.4 Testaustapahtuman tulokset

Testaustapahtuman tulokset koottiin Excel-taulukkoon, joista muodostettiin pylväskaavio. Tulokset osoittavat, että pyörän ominaisuudet ovat varsin onnistuneet, sillä minkään osa-alueen keskiarvo ei ole alle 3.



Kuva 23. Testihenkilöiden antamat arviot.

Onnistuneimmiksi osa-alueiksi voimme todeta tulosten perusteella polkupyörämäisyyden ja muotoilun, sillä ne saivat kaikilta testiin osallistuneilta täydet neljä (4) pistettä. Seuraavaksi onnistuneimmat osa-alueet ovat viimeistely, helppokäyttöisyys, kestävyys ja pysähtyminen.

Näiden keskiarvo on 3,8. Heikoimmat arviot saivat hallittavuus (3), rullaavuus (3,4) ja turvallisuus (3). Kokonaisvaikutelman keskiarvoksi saatiin tuloksista 3,6.

Testihenkilöillä oli mahdollisuus antaa tuotteesta vapaamuotoinen palaute. Vapaamuotoiseen palautteeseen nostettiin seuraavanlaisia asioita.

Ajettavuus ei kovin mukava. (Henkilö 1, 16.3.2023)

Kääntyessä jalka otti kiinni etupyörään. (Henkilö 2, 16.3.2023)

Erittäin hieno design. Turvallisuutta saisi enemmän etujarrulla. (Henkilö 3, 21.3.2023)

Viimeistelyssä näkyi muutamia sormenjälkiä. Hallittavuus hyvä, kapea ote aluksi oli hieman huteraa, mutta hyvä ajettava! Turvallinen pyörä, puu materiaalina hieman mietitytti, mutta oli kestävän oloinen ja tuntuinen. (Henkilö 4, 26.3.2023)

Kaikin puolin hyvä. (Henkilö 5, 26.3.2023)

Suurimmat puutteet palautteen perusteella ovat tuotteen hallittavuudessa ja turvallisuudessa. Testihenkilöistä kaksi mainitsi etujarrun puutteen aiheuttavan hieman turvattomuuden tunnetta. Lisäksi hallittavuuteen vaikutti hieman ohjaustangon kapeus, sekä eturenkaan sijainti suhteessa pyörän kampiin. Rullaavuudessa olisi palautteen mukaan myös parantamisen varaa. Kehuja tuote sai ulkonäöstään, sillä se katsottiin muotoilultaan ja viimeistelyltään onnistuneeksi.

4.4.5 Laatuavoitteiden toteutumisen tulokset

Laatuavoitteiden toteutumisen testaamisen teimme testihenkilöiden avulla, sekä itsenäisesti. Pystyimme toteuttamaan seitsemän testiä kymmenestä itse. Näitä olivat ”tuote on suurimmaksi osaksi puuta”, ”tarpeidenmukainen”, ”paino”, ”kantavuus”, ”kustannukset”, ”standardiosat käytetystä polkupyörästä” ja ”toimiva jarrujärjestelmä”. Testasimme ja mittasimme laatuavoitteet seuraavasti.

”Tuote on suurimmaksi osaksi puuta” -laatuavoitteen arvioimme ottamalla kuvan pyörästä sivusuunnassa. Tulos oli selkeä, joten emme laskeneet tarkkaa osuutta, mutta laskujen mukaan osuus asettuu lähemmäs 100 prosenttia, kuin 90 prosenttia. Voimme siis todeta, että dimensioitu laatuavoitekriteeri **toteutuu**.

”Tarpeidenmukainen” -laatutavoite testattiin ajamalla pyörällä vaadittu vähintään kahden kilometrin mittainen matka. Ajoimme kuitenkin yhtäjaksoisesti yli viisi kilometriä, joten saavutimme tutkimusmittarin maksimiaron. Voimme todeta, että dimensioitu laatutavoitekriteeri **toteutuu**.

”Painon” punnitsimme kalavaa’alla, jonka tarkkuus tarkistettiin aluksi kahvipaketilla. Vaaka näytti kahvipaketin (500 g) painoksi 0.52 kg. Pidimme lukemaa riittävän tarkkana punnitsemiseen. Polkupyörä punnittiin kuormaliinan varassa. Punnitsimme kuormaliinan painon ensin ja vähensimme sen lopuksi saamastamme kokonaispainosta. Kuormaliinan paino oli 0.62 kg ja yhteensä kuormaliinan kanssa punnittu polkupyörä painoi 13.64 kg. Polkupyörän paino oli punnituksen mukaan 13.02 kilogrammaa. Dimensioitu laatutavoitekriteeri **toteutuu**.

”Kantavuuden” testasimme itse seuraavasti. Istuimme polkupyörän satulalle reppu selässä ja lisäsimme reppuun tarvittavan määrän painoa, kunnes saavutimme tutkimusmittarin maksimiaron, joka oli 95 kilogrammaa. Polkupyörä kesti sen päälle asetetun kuorman. Voimme todeta, että dimensioitu laatutavoitekriteeri **toteutuu**.

”Kustannukset” laskimme projektin lopuksi yhteen. Loppusumma sisälsi muitakin ostoksia, kuin alkuvaiheessa lasketussa budjetissa oli listattu. Emme olleet laskeneet budjettiin mukaan esimerkiksi hengityssuojaimia, jotka olivat välttämättömät epoksihartsin kanssa työskennellessä. Lisäksi standardiosat tulivat maksamaan meille odotettua enemmän, sillä emme löytäneet sopivaa polkupyörää täysin ilmaiseksi. Uudet osat, kuten ohjainlaakeri, ohjaintangon tupet, sekä jarruvaijeri ja -kuori lisäsivät myös kustannuksia. Kustannukset laskettuamme yhteen, saimme summaksi koko projektille yhteensä 310 euroa. Kustannukset ylittivät tavoitteemme, joten dimensioitu laatutavoitekriteeri **ei toteudu**.

Taulukko 7. Kokonaiskustannukset

Materiaali	Hinta
Vaneri	100 €
Standardiosat	60 €
Liimat (Polyuretaaniliima, 2-komponenttiliima)	25 €
Pintakäsittelyaine	15 €
Hengityssuojaimet	60 €
Ohjainlaakeri	20 €
Ohjaintangon tupet	20 €
Jarruvaijeri ja -kuori	10 €
Yhteensä:	310 €

Standardiosat saimme suurimmaksi osaksi käytetystä pyörästä. Tuotteet, jotka jouduimme ostamaan, olivat jarruvaijeri ja -kuori, ohjainlaakeri ja ohjaustangon tupet. Jarruvaijerin ja -kuoren laskemme yhdeksi osaksi, sillä ne toimivat ikään kuin yhdessä. Käytetyt osat olivat puolestaan jarrukahva, satulaputki, keskiö, takahaarukanpää, polkimet, eturatas, takaratas, ketju, sekä renkaat. Edellä mainitut osat keskenään jaettuna saamme käytettyjen standardiosien osuudeksi 75 %, kun tavoite oli 100 %. Joudumme toteamaan, että dimensioitu laatutavoitekriteeri **ei toteudu**.

Jarrutusmatkan testasimme ajamalla nopeudella 20 km/h ja aloittamalla jarrutuksen sovitusta kohdasta. Tämän jälkeen mittasimme jarrutukseen kuluneen etäisyyden. Saimme tulokseksi 16 metriä. Näin ollen toteamme, että dimensioitu laatutavoitekriteeri **ei toteudu**.

Taulukko 8. Mittaustulokset

Ominaisuudet	Painokerroin (1–5)	Vähimmäis- ja tavoitearvot (tavoitearvo lihavoituna ja saavutettu arvo punaisella , mikäli tavoitearvo ja saavutettu arvo ovat samat, niin arvo on punaisella)					
		1	2	3	4	5	
Tuote suurimmaksi osaksi puuta	5	60	70	80	90	100	%
Esteettisyys	3	0	1	2	3	4	Subjekttiivinen arviointi (ka. testihenkilöiden antamista arvioista)
Tarpeidenmukainen	4	1	2	3	4	5	km
Paino	3	20	17.5	15	12.5	10	kg
Kantavuus	4	75	80	85	90	95	kg
Kustannukset	2	250	200	150	100	50	euroa
Standardiosat käytetyistä polkupyöristä	4	20	40	60	80	100	%
Toimiva jarrujärjestelmä	5	18	16	14	12	10	jarrutusmatka (m)
Tunnistettavuus polkupyöräksi	4	0	1	2	3	4	subjekttiivinen arviointi (ka. testihenkilöiden antamista arvioista)
Toimivuus	4	0	1	2	3	4	Subjekttiivinen arviointi (ka. testihenkilöiden antamista arvioista)

Loput kolme laatutavoitetta testasimme testihenkilöiden avulla, joita olivat ”esteettisyys”, ”tunnistettavuus polkupyöräksi” ja ”toimivuus”. Kahdella näistä, eli tunnistettavuudella ja toimivuudella oli verrattain suuri painokerroin (4) eli katsoimme ne melko tärkeiksi ominaisuuksiksi. Sen sijaan esteettisyys ei saanut niin suurta painokerrointa (3). Se ei kuitenkaan tarkoita, etteikö esteettisyys olisi ollut tavoiteltava ominaisuus.

”Esteettisyys” laatutavoitteelle tavoitteemme oli saada tulosten keskiarvoksi 3. Lopulta tulos oli kuitenkin 4, mikä kertoo tuotteen onnistuneesta muotoilusta. Dimensioitu laatutavoitekriteeri **toteutuu**.

”Tunnistettavuus polkupyöräksi” -laatutavoitteen olimme asettaneet tärkeäksi, sillä sen painokerroin oli 4. Saamamme tulokset osoittavat laatutavoitteen täyttymisen, sillä arvioinnin keskiarvo oli 4. Dimensioitu laatutavoitekriteeri **toteutuu**.

”Toimivuus” -laatutavoitekriteeristä tavoitteemme oli saada keskiarvoksi 3. Saatujen arvioiden keskiarvo oli 3,49. Dimensioitu laatutavoitekriteeri **toteutuu**.

Tavoitteemme oli saada tutkimusmittareiden antamaksi pistemääräksi yhteensä 37, maksimipistemäärän ollessa 50. Saadessamme 37 pistettä tai yli, voimme todeta laatutavoiteteoreeman toteutuvan ja näin saavamme vastauksen kolmanteen tutkimuskysymykseen. Tuloksemme tutkimusmittareiden antamista pisteistä oli 38 pistettä, joten voimme todeta, että **laatutavoiteteoreema toteutuu**.

5 Luotettavuusteoreettinen osa

5.1 Tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Luotettavuusteoreettisessa osassa on tarkoitus arvioida tutkimustulosten, teoriaketjun rakentamisen ja siihen perustuvien tulosten luotettavuutta. Luotettavuuden arviointi kohdistuu usein määrittelyteoreettisen vaiheen kartoittaviin tutkimuksiin, sekä tiedonhankintaan ja näiden analysointiin. Myös eksistenssiehdot ja niiden rajaamisen perusteet, sekä niistä johdetut laatutavoitekriteerit ja dimensiot ovat yksi luotettavuuden arvioinnin kohteista.

Tutkivan tuottamisen -metodilla toteutetussa tutkimuksessa tärkeitä luotettavuuden arvioinnin kohteita ovat laatutavoiteteoreeman ja suunnitteluteoreeman väliset ratkaisut. Voidaan esimerkiksi arvioida, miten hyvin suunnitteluteoreema perustuu laatutavoiteteoreemaan. Edelleen luotettavuuden arviointia voidaan jatkaa suunnitteluteoreeman ja valmiin tuotteen vertaamiseen. Tärkeää on myös tutkia tuotteen testausvaiheessa empiirisesti hankitun tiedon luotettavuutta. (Metsärinne & Kallio 2011, 67)

Suunnittelimme ensin tuotteen ja sen valmistamisvaiheet, joista koostui suunnitteluteoreema. Seuraavassa vaiheessa valmistimme suunnitelman mukaisen tuotteen, jota sitten arvioimme perustuen suunnitteluteoreemaan. Tarkoituksena oli saada vastaus kysymykseen: vastaako valmistettu käsityötuote suunnitteluteoreemaa.

Kolmannessa vaiheessa tuote sijoitettiin käyttökohteeseensa ja samalla arvioimme laatutavoitteiden toteutumista empiirisesti hankitun arviointitiedon perusteella. Empiirinen arviointi tieto hankittiin fenomenologisella kenttätutkimuksella. Arviointitietoa verrataan määrittelyteoreettisessa osassa luotuun laatutavoiteteoreemaan.

Tutkimuksemme luotettavuutta arvioitaessa kartoittavien tutkimusten ja tiedonhankinnan näkökulmasta vaikeuttaa niiden vähäinen saatavuus. Puisen polkupyörän valmistuksesta ei ole olemassa paljoa tieteellisiä tutkimuksia. Löysimme tutkimuksemme pohjaksi kuitenkin muutaman varsin validin lähteen, joissa käsiteltiin puista polkupyörää. Valencian yliopistossa toteutettu tutkimus käsitteli puisen polkupyörän valmistamista (Brent 2016). Lisäksi oli tutkittu bambujen soveltuvuutta polkupyörien rungon valmistamiseen (Penava ym. 2016) ja (Ukoba 2011). Näiden lisäksi polkupyörien historiaa Suomessa oli tutkittu (Männistö-Funk 2011) ja tuon tutkimuksen mukaan Suomessa on 1880-luvulla tehty paljon itse polkupyöriä, joiden materiaalina on käytetty puuta. Mielestämme nämä tutkimukset puoltavat ajatusta siitä, että polkupyörän valmistaminen puusta on ainakin jossain määrin perusteltua ja järkevää.

Taloudellisesti ajateltuna polkupyörän valmistamista käsityönä ei nähdä järkevänä (Brewer 2017). Ajattelemme tutkimuksemme olevan perusteltu, sillä se on tietävästi ensimmäinen suomalainen tutkielma, jossa käsitellään puisen polkupyörän valmistamista tieteellisestä näkökulmasta.

Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa käytetään usein käsitettä reliaabelius, jolla mitataan tutkimuksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia tutkittavasta kohteesta. Reliaabelin tutkimuksen tulisi olla siis toistettavissa ja sen tulosten tulisi antaa aina sama vastaus (Hirsjärvi ym. 2015). Tutkivassa tuottamisessa reliaabeliuden arviointi ei ole järkevää, sillä tutkimuksen luotettava toistettavuus ei ole täysin mahdollista. Tutkivalla tuottamisella toteutettu tutkimus on osin myös subjektiivinen kokemus, sillä siinä vaikuttavat tutkijoiden asenteet ja arvot tutkittavaan kohteeseen. Esimerkiksi tuotteen suunnitteluvaiheessa toteutettu tuumailu (Anttila 1993, 132) ei ole toistettavissa, sillä se on tutkijoiden välistä vuoropuhelua ja omaa ajattelutyötä. Näin ollen sen tarkka dokumentointi on myös mahdotonta. Reliaabelius sopiikin paremmin määrällisen tutkimuksen luotettavuuden arviointiin.

Luotettavuutta tutkimukseemme tuo tutkijatriangulaatio, joka tarkoittaa useamman kuin yhden henkilön osallistumista tutkimuksen tekemiseen (Hirsjärvi ym. 2009, 232-233). Tutkielmamme teimme parityönä, jolloin lähes jokainen vaihe on hyväksytty molemmilla osapuolilla. Sovimme kuitenkin, että molemmilla on vapaudet tehdä itsenäisesti päätöksiä tutkielman edistämisen eteen. Etenkin tuotteen valmistusvaiheessa jouduimme tekemään vuoroin itsenäisiä päätöksiä, sillä emme aina päässeet yhtä aikaa työskentelemään. Tähän asiaan vaikuttivat muun muassa asuinpaikat, sekä tutkijoiden erilaiset elämäntilanteet.

Koska tutkiva tuottaminen perustuu uuden tuotteen valmistamiseen, on tärkeää, että tuottamistoiminta dokumentoidaan huolellisesti. Tarkat kuvailut toteutusvaiheista kuvien ja tekstin muodossa lisäävät huomattavasti tutkimuksen luotettavuutta, mutta auttavat lukijaa myös hahmottamaan työvaiheita. (Hirsjärvi ym. 2007, 227.)

Tuotteen testausvaiheessa empiirisesti hankittu tieto on pyritty saamaan mahdollisimman luotettavasti. Testihenkilöillä oli täysi vapaus antaa omat arvionsa tuotteestamme.

Korostimme testausvaiheessa testihenkilöille, miten tärkeää on, että arviot ovat totuudenmukaisia. Testin jälkeinen arviointi oli itsenäinen suoritus niin, ettei toinen testihenkilö tai tutkimuksen tekijä päässyt vaikuttamaan annettuun arvioon.

Suostumuslomakkeella pyrimme osoittamaan luottamusta testihenkilöiden ja tutkijoiden

välille. Suostumuslomakkeessa lupauduimme hävittämään aineiston tutkimuksen valmistumisen jälkeen.

5.2 Tutkimuksen johtopäätökset ja pohdinta

5.2.1 Laatutavoitteiden ja tulosten pohdinta

Laatutavoiteteoreemassa määrittelimme tuotteelle eksistenssiehdot, laatutavoitekriteerit ja -dimensiot. Suunnitteluteoreemassa, johon kuuluvat tuoteteoreema ja valmistusteoreema, teoretisoimme suunnittelun ja valmistuksen. Tuotteen tulee olla tuoteteoreeman ja valmistusteoreeman mukainen, sillä ilman sitä laatutavoiteteoreeman testaaminen olisi tutkimuksen luotettavuuden kannalta kyseenalaista. Mikäli tuote täyttää sille asetetut laatutavoitteet, mutta se ei ole suunnitteluteoreeman mukainen, on tuotteen onnistuminen sattumaa. (Metsärinne & Kallio, 2011, 58–60.). Kun vertaamme valmista tuotettamme suunnitteluteoreemaan, voimme todeta, että tuote on sen mukainen. Suunnitteluvaiheessa totesimme käyttävämme Anttilan (1993) mainitsemaa tuumailua, jossa punnitsimme eri vaihtoehtoja mahdollisille ratkaisuille. Tuumailu tuli näkyväksi kappaleessa 4.3, jossa kerroimme työskentelymme eri vaiheista ja tavoista toteuttaa ne.

Laatutavoitekriteerit, jotka tuotteelle luotiin, olivat mielestämme tuotteelle sopivat ja ne kuvastivat tuotteen tarpeita hyvin. Ennen laatutavoitekriteerien luomista mietimme ne ulottuvuudet, eli perustat, jotka ovat tuotteen kannalta oleellisimmat. Ne päätettyämme aloimme miettiä laatutavoitteita. Perustat ohjasivat suunnitteluamme ja laatutavoitteiden toteutumista mielestämme hyvin, sillä niiden avulla saimme otettua kaikkein oleellisimmat asiat huomioon tuotteensuunnittelussa.

Testausvaiheessa saatujen tulosten perusteella voimme todeta, että tuotteen turvallisuudessa olisi parantamisen varaa. Toisen jarrun lisääminen polkupyörään toisi merkittävän hyödyn turvallisuutta ajatellen. Ajattelimme pyörää tehdessä jättää etujarrun tekemättä, sillä kokemustemme mukaan sen käyttö on hyvin vähäistä. Varsinkin etujarrun käyttö yksistään on harvinaista, kun taas yhdessä takajarrun kanssa se tehostaa jarruttamista huomattavasti. Päätökseen vaikutti myös se, että Suomen lain mukaan riittää, kun polkupyörässä on yksi tehokas jarrulaite (Liikenne- ja viestintäministeriö 2002). Lisäksi polkupyörän hallittavuutta lisäisi loivempi keulakulma. Teimme tuotteeseemme hieman liian jyrkän keulakulman, minkä vaikutus näkyy ajettavuudessa ja ohjattavuudessa. Keulakulma vaikuttaa myös pyörän kykyyn ylittää esteet, kuten katukiveykset. Loivemmalla keulakulmalla varustettu pyörä ylittää vaivattomammin katukiveyksen, kuin jyrkemmällä keulakulmalla oleva pyörä. Toisaalta loiva

keulakulma vaatii emäputkelta ja sen kiinnittymiseltä huomattavasti enemmän. Näiden asioiden yhteisvaikutuksella päätimme kuitenkin kestävyuden olevan tässä tutkimuksessa tärkeämpi. Etenkin kun jarrujärjestelmä takarenkaalle toimii.

5.2.2 Tutkimuskysymysten arviointi

Tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Miten laatutavoiteteoreeman mukainen puinen polkupyörän runko on mahdollista valmistaa?
2. Miten polkupyörän runko toimii käyttöympäristössään siihen yhdistettyjen standardiosien kanssa?
3. Miten testihenkilöt arvioivat tuotteen laatutavoiteteoreeman toteutumista?

Ensimmäiseen kysymykseen saimme vastauksen tuottamisprosessimme myötä.

Tuottamisprosessi osoitti, että puinen polkupyörän runko on mahdollista valmistaa huolellisen suunnittelun ja tiedonhaun avulla. Lisäksi erilaiset kokeilut eri työvaiheissa ovat välttämättömiä onnistuneen tuotteen aikaansaamiselle, sillä valmiita ohjeita tällaisen rungon valmistamiselle ei ole olemassa. Kuten jo mainitsimme, tutkivan tuottamisen mukaiset tuotteen ulottuvuudet auttoivat hahmottamaan meitä tärkeimpien ominaisuuksien arvioimisessa. Näiden myötä tiesimme myös mihin asioihin meidän tulee panostaa tuotetta valmistessa. Toteuttamamme tapa tehdä puinen polkupyörän runko on vain yksi monesta eri vaihtoehdosta toteuttaa kyseinen tuote. Vaikka saimmekin vastauksen tutkimuskysymykseemme, niin tämä aiheuttaa hieman haastetta tutkimuskysymyksen tarkastelulle ja arvioinnille.

Toiseen tutkimuskysymykseen saimme vastauksen testihenkilöiden antamien vastausten sekä ajetun testiradan perusteella. Noiden vastausten perusteella voimme todeta, että valmistamamme puinen polkupyörän runko toimii käyttöympäristössään hyvin. Näin ollen tutkimuskysymys voidaan todeta onnistuneeksi, sillä siihen saatiin luotettava vastaus.

Kolmas kysymys, jossa tutkittiin laatutavoiteteoreeman toteutumista, oli melko helposti testattavissa. Tavoitteemme oli saada tutkimusmittareista 37 pistettä maksimipistemäärän ollessa 50. Saimme yhteensä 38 pistettä. Luomiemme tutkimusmittareiden avulla ja niistä saamiemme pisteiden avulla totesimme, että laatutavoiteteoreema toteutuu. Koska tutkimus antoi vastauksen kolmanteen tutkimuskysymykseen, voimme todeta sen olleen onnistunut.

Tutkimus antoi vastauksen jokaiseen asettamaamme tutkimuskysymykseen, joten kysymykset ovat mielestämme onnistuneita. Tutkimuskysymyksistä ja niihin saaduista vastauksista ajattelemme empiiristen kysymysten ja vastausten olleen luotettavimpia, sillä vastaukset ovat riippumattomia mittaajasta tai mitattavasta kohteesta.

5.2.3 Tuotteen elinkaaren ennakointi ja pohdinta

Ennen tuotteen valmistusta puinen polkupyörä oli pelkkä haave mielikuvissamme.

Tutkielman edetessä tuo haave alkoi konkretisoitua pala kerrallaan, kunnes lopulta saimme kiristää työhömmme viimeisen pultin ja istua satulalle. Satojen työtuntien jälkeen saimme valmiiksi haaveilemamme projektin, josta ensimmäiset ajatukset oli heitetty ilmoille jo ensimmäisenä opiskeluvuotena. Suurimmat epäilykset koskivat varmasti tuotteen kestävyyttä, sillä puu ei ole tavanomaisin materiaali polkupyörälle. Tutkimuksemme kuitenkin todistaa puun soveltuvuuden rungon valmistamiseen. Laatutavoitekriteerimme mukaan tuote on tehty kesäkäyttöön, joten tuotteen kestävyydestä ympärivuotiseen käyttöön ei ole tutkimustuloksia. Arvelemme, että lämpötilavaihtelut voivat aiheuttaa polkupyörään kiinnitettyjen osien mahdollisen irtoamisen lämpölaajenemisen johdosta. Sen sijaan kosteuden ei pitäisi olla tuotteellemme ongelma, sillä se on käsitelty kahteen kertaan kauttaaltaan epoksihartsilla. Myös rungon keulakulma on tavanomaista jyrkempi, joten siihen kohdistuva suuri ja äkillinen vääntömomentti voi aiheuttaa etuhaarukan vaurioitumisen. Vaikka toteutimme tuotteelle käytettävyydestin, niin se on vain pieni osa tuotteen elinkaarta. Ajansaatossa ja pyörää käyttäessä mekaaninen liike väistämättä kuluttaa polkupyörän osia, mutta oikein huollettuna polkupyörälle saadaan usein lisää käyttövuosia.

Vaikka tutkimuksemme antaa ratkaisun puisen polkupyörän valmistamiselle, ei se ole vain yksi ja ainoa tapa toteuttaa se. Tutkimuksemme tarkoituksena on todistaa sen olevan mahdollista tutkimuksessa esitetyjen laatutavoitteiden mukaisesti. Lopulta valmistustapoja on varmasti yhtä paljon, kuin on tekijöitäkin. Olkoon tämä tutkimus myös muistutuksena siitä, että puusta on moneksi, eikä sen arvoa tule väheksyä.

Toivomme, että tämä pyörä nähdään vielä viidenkymmenen vuoden päästä kesäiltana Vanhan Rauman torilla, jossa pyörän tekijät nauttivat jäätelöä ja kahvia, sekä muistelevat tämän tutkimuksen tekemistä ensimmäisen vuoden haaveesta sen valmistumiseen.

Lähteet

- Anttila, P 1993. Käsityön ja muotoilun teoreettiset perusteet. Helsinki: WSOY
- Aurora 2022. AURORA Collective. <https://www.aurora-collective.com/cycling/> (Luettu 30.11.2022)
- Brent, T. N. 2016. The Feasibility of Wood and its Derivatives as a Bicycle Frame Building Material, <https://riunet.upv.es/handle/10251/63663>, DOI: 10.4995/Thesis/10251/63663, (Luettu 10.11.2021.)
- Brewer, B. 2017. Making the 'handmade' bike and trying to make a living: market objects, field-configuring events and some limits to market making. Teoksessa Consumption, markets and culture, 2017, Vol.20 (6), 523-538, Routledge. DOI: 10.1080/10253866.2017.1331646.
- Canyon 2023. https://www.canyon.com/fi-fi/road-bikes/endurance-bikes/endurace/cf/endurace-cf-7/2735.html?dwvar_2735_pv_rahmenfarbe=R076_P02, (Luettu 2.3.2023.)
- Eskola, J. & Suoranta J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.
- Glaskin, M. 2013. Cycling Science: How Rider and Machine Work Together. Lontoo: Ivy Press. DOI: 10.5860/CHOICE.50-4500.
- Hamzah, I. Y., Gaguk J. & Mahros D. 2021. A Study on Design of Frame Tube Bike Composite for Reducing Stress and Deformation Based on CEN 14766 Standards Test Methodology. Teoksessa International Journal of Emerging Trends in Engineering research, Vol.9 (2) 56-59. DOI: 10.30534/ijeter/2021/07922021.
- Happonen, P., Holopainen, M., Sotkas, P., Tenhunen, A., Tihtarinen-Ulmanen, M., Venäläinen, J. & Kainu, J. 2013. BIOS 3 Ympäristöteknologia. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

- Hyrsky, J., Kanerva, E. 2018. Kevyen ja siirrettävän kenttäsahan tuottaminen ja testaus (Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto)
- Institute for Sensible Transport. 2018. Transport Strategy Refresh - Transport, Greenhouse Gas Emissions and Air Quality. City of Melbourne. https://s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/hdp.au.prod.app.com-participate/files/6615/2948/1938/Transport_Strategy_Refresh_Zero_Net_Emissions_Strategy_-_Greenhouse_Gas_Emissions_and_Air_Quality.pdf (Luettu 25.2.2022.)
- Kevra. 2023. Epoksihartsit. <https://kevera.fi/tuotteet/epoksihartsit/> (Luettu 2.2.2023.)
- Koponen, P., Borodulin, K., Lundqvist, A., Sääksjärvi, K., & Koskinen, S. 2017. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa FinTerveys 2017 -tutkimus.
- Lehtonen, P., & Lehtonen, P. 2008. Teknisten alojen kemia. Helsinki: WSOY
- Lehtonen, T. 2022. Terve Metsä. (4) 31.
- Liikenne- ja viestintäministeriön asetus kaksi- ja kolmipyöräisten ajoneuvojen sekä nelipyöräisten rakenteesta ja varusteista 19.12.2002/1250.
- Männistö-Funk, T. 2011. The Crossroads of Technology and Tradition Vernacular Bicycles in Rural Finland, 1880—1910. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 739.
- Metsärinne, M. & Kallio, M. 2011. Johdtus tutkivaan tuottamiseen - Introduction into research-based prouction. Helsinki: NordFo
- Metsärinne, M. & Peltonen, J. 2007. Katosiko tekninen työ Turun yliopistosta? & Käsityön oppimisen innovointi = Has the technical work disappeared from University of Turku? & Sloyd learning innovation. Techne Series, Research in Sloyd Education and Crafts Science. (11).

Metsäteollisuus ry. 2006. Vanerikäsikirja.

<https://www.wisaplywood.com/siteassets/documents/brochures/handbook-fi.pdf>

(Luettu 1.3.2023.)

Miettinen, T., Pulkkinen, S. & Taipale, J. 2010. Fenomenologian ydinkysymyksiä. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Mustajoki, P. 2020. Painoindeksi (BMI). Lääkärikirja Duodecim.

<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01001> (Luettu 10.9.2022.)

Naukkarinen, O. 2011. Arjen estetiikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

Nord, M. 2022. Tommi teki itse pyörän puusta – merkittävä parannus verrattuna tavalliseen.

Iltalehti, asuminen. <https://www.iltalehti.fi/asumisartikkelit/a/9c5c7047-97a3-4ba0-8c0f-f451ca4d2ada>. (Luettu 28.2.2022.)

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Pelagobicycles. 2023. <https://pelagobicycles.com/stavanger/?lang=fi> (Luettu 4.11.2022.)

Penava, F., Jakovljevic, S., & Alar, Z. 2016. Bamboo Bicycle - Past or Future? Zagreb: Croatian Interdisciplinary Society.

Polkupyöräwiki. Polkupyöräily. <http://www.polkupyoraily.net/wiki/Runko> (Luettu 6.12.2021.)

Risatti, H. 2007. Theory of Craft : Function and Aesthetic Expression. North Carolina: The University of North Carolina Press.

Tilastokeskus. Käsitteet. <https://www.stat.fi/meta/kas/polkupyora.html> (Luettu 6.12.2021.)

Total Materia. 2022. Total Materia - Maailman kattavin materiaalitietokanta:

<https://www.totalmateria.com> (Luettu 30.9.2022.)

Tuija T. 2017. Tämä kaunotar on pelkkää puuta, kuorutteenä viimeisen päälle vimpaimet – Miia Ruis valmisti pyöräfanaatikon unelman. Aamulehti.

<https://www.aamulehti.fi/i ihmiset/art-2000007453029.html> (Luettu 10.11.2021.)

- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.
- Ukoba, K. 2011. Development of an Eco-Friendly Bamboo Bicycle. The Pacific Journal of Science and Technology. 12 (1).
- Willberg, E., Salonen, M. & Toivonen, T. 2021. Kaupunkipyöristä kerättävä tietoa tukee kestävän liikkumisen tavoittelua. Summaries! (3).
- Vuorinen, J., Mustakangas, M. & Annala, M. 2022. Komposiitit – loputtomasti mahdollisuuksia. file:///C:/Users/OMISTAJA/Downloads/komposiitit_-_loputtomasti_mahdollisuuksia.pdf (Luettu 30.9.2022.)
- Koponen, J-P. 2013. Vanhoille pyörille annetaan uusia pintoja. Yle, Liikenne. <https://yle.fi/a/3-6746925>. (Luettu 28.3.2023)
- Zeisel, J. 2006. Inquiry by design. New York: W.W Norton & Company.

Liitteet

Liite 1. Arviointilomake

Puisen polkupyörän arviointilomake

Anna arviosi puisesta polkupyörästä seuraavien kriteerien mukaisesti:

0 = hylättävä
 1 = välttävä
 2 = tyydyttävä
 3 = hyvä
 4 = erinomainen

Tunnistettavuus

Polkupyörämäisyys	0	1	2	3	4.
-------------------	---	---	---	---	----

Esteettisyys

Muotoilu	0	1	2	3	4
----------	---	---	---	---	---

Viimeistely	0	1	2	3	4
-------------	---	---	---	---	---

Toimivuus

Hallittavuus	0	1	2	3	4
--------------	---	---	---	---	---

Rullaavuus	0	1	2	3	4
------------	---	---	---	---	---

Helppokäyttöisyys	0	1	2	3	4
-------------------	---	---	---	---	---

Turvallisuus	0	1	2	3	4
--------------	---	---	---	---	---

Kestävyys	0	1	2	3	4
-----------	---	---	---	---	---

Pysähtyminen	0	1	2	3	4
--------------	---	---	---	---	---

Käyttöönsojivuus	0	1	2	3	4
------------------	---	---	---	---	---

Vapaa sana: _____

Liite 2. Suostumuslomake

Suostun, että antamiani tietoja saa käyttää osana puisen polkupyörän valmistuksesta tehtyä pro gradu -tutkielmaa.

Suostun suorittamaan polkupyörän testaamisen täysin omalla vastuulla. Minulle on kerrottu testaamiseen liittyvistä riskeistä.

Suostumus- ja arviointilomake hävitetään asianmukaisesti tutkielman valmistuttua.

Allekirjoitus: _____

Nimenselvennys: _____

Paikka ja pvm.: _____