



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SÄHKÖTAKILAN MEKANIikka TUOTTEIS- TAMISEN NÄKÖKULMASTA

Mikko Savolainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

SAVOLAINEN, MIKKO:
Sähkötakilan mekaniikka tuotteistamisen näkökulmasta

Opinnäytetyö 104 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2016

Takilaprojekti aloitettiin vuonna 2014 opiskelijaprojektina tavoitteena luoda toimiva mekaaninen takila. Idea sai alkunsa kalastusharrastuksen pohjalta. Projektin edetessä takilaan kohdistuneet vaatimukset kasvoivat ja siitä muotoutui vähitellen opinnäytetyön vaatimukset täyttävä sähkötakila, joka tavoittelee paikkaa kalastusvälinemarkkinoilla.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia takilaprojektissa käytettyjä valmistusmenetelmiä ja -materiaaleja sekä takilan toiminnallisuuteen liittyviä yksityiskohtia. Saatujen tulosten pohjalta tuli kehittää muutoksia sekä parannusehdotuksia sähkötakilan markkinoille saattamiseksi. Tarkoituksena oli myös kartoittaa helposti hyödynnettävissä olevia markkinointimenetelmiä ja tarjota näkökulmia niiden hyödyntämiseksi.

Jotta työn tavoitteet täyttyivät, oli löydettävä aiemmin käytettyjen valmistusteknisten ratkaisujen tilalle kustannustehokkaampia valmistusmenetelmiä ja -materiaaleja sekä asetetut vaatimukset paremmin täyttäviä komponentteja. Tavoitteena oli myös esittää markkinointimenetelmiä, joita olisi mahdollista toteuttaa muiden arkirutiinien ohella sekä vapaa-ajalla.

Aiempien prototyyppien tutkimisen ja käsittelyosassa laajalti esitettyjen asioiden perusteella löydettiin vaihtoehtoja käytetyille valmistusmenetelmille ja -materiaaleille sekä kehitettiin parannuksia sähkötakilan toiminnallisuuteen. Esitettyjen vaihtoehtojen ja muutosten pohjalta luotiin tuotemalli mahdollisesta tuotantovaiheen laitteesta, joka vastasi asetettuihin vaatimuksiin lupaavasti. Lisäksi tuotiin esiin toimivia nykyaikaisia markkinointimenetelmiä, joiden hyödyntämistä sähkötakilan markkinoissa suositeltiin.

Opinnäytetyöstä saatuja tuloksia voidaan pitää onnistuneina ja saatujen vahvasti perusteltujen tulosten valossa sähkötakilan viemistä markkinoille suositellaan jatkettavan luodun tuotemallin pohjalta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

SAVOLAINEN, MIKKO

The Mechanics of a Downrigger from Productization's Point of View

Bachelor's thesis 104 pages, appendices 19 pages

May 2016

The student project on the downrigger was launched in 2014 inspired by a fishing hobby. The aim of the project was to create a properly working manual downrigger. As the project proceeded the requirements for the downrigger increased and finally it met the requirements for a thesis. Now the downrigger is electric and it aims to reach a place in the fishing equipment market.

The main purpose of the thesis was to study the manufacturing methods and materials used in the downrigger project as well as the functional features and issues of the downrigger. Based on the results of the research some changes and improvements to the downrigger had to be developed in order to bring the product to market. The other purpose of the thesis was to study marketing methods that could be exploited easily and to offer ways to use them.

In order to achieve the aims of the thesis, more cost effective manufacturing methods and materials as well as components that fulfill their requirements better needed to be found. The other aim was to present marketing methods that could be executed during every day routines and free time.

Based on the research on the previous prototypes and the facts presented in the theory part of this thesis, some alternatives for the used manufacturing methods and materials were found. Some improvements for the functionality of the downrigger were also developed. The new product model was created based on these research results. The model met the requirements set for the downrigger with great promise. Some modern marketing methods that could be used in the marketing of the downrigger were also introduced.

The results of the thesis can be considered successful. Based on the highly justified results, proceeding to present the product model to the fishing equipment market is recommended.

Keywords: production project, electric downrigger, productization

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	TAKILAT.....	9
2.1	Perustietoa takiloista.....	9
2.2	Manuaali – ja sähkötakilat.....	10
3	TUOTEKEHITYS.....	13
3.1	Tuotekehitysprosessi.....	13
3.1.1	Tehtävänasettelu.....	14
3.1.2	Luonnostelu.....	15
3.1.3	Kehittäminen.....	17
3.1.4	Viimeistely.....	17
4	ASIAKASKYSELY.....	19
4.1	Onnistuneen asiakaskyselyn laadinta ja toteutus.....	19
4.2	Tulosten analysointi.....	20
5	VAATIMUKSEN MUKAISUUS.....	22
5.1	Millaiseen tuotteeseen kuluttajalla on oikeus?.....	22
5.1.1	Kuluttajaturvallisuuslaki ja CE-merkintä.....	22
5.1.2	Käyttöohjeen laadinta.....	24
6	VOIMANSIIRTO, MATERIAALIT JA VALMITUSMENETELMÄT.....	26
6.1	Tasavirtamoottorit.....	26
6.1.1	Harjalliset tasavirtamoottorit.....	27
6.1.2	Harjattomat tasavirtamoottorit.....	29
6.2	Voimansiirto.....	31
6.2.1	Moottoreihin asennettavat vaihteistot.....	31
6.2.2	Kiilahihnakäyttö.....	33
6.2.3	Hammashihnakäyttö.....	34
6.3	Materiaalivalinta.....	36
6.4	Valmistusmenetelmät.....	38
6.4.1	Laserleikkaus.....	38
6.4.2	Vesileikkaus.....	40
6.4.3	Levyn taivutus.....	41
7	PROTOTYYPEISTÄ KOHTI VALMISTA TUOTETTA.....	43
7.1	Projektin historia.....	43
7.2	Yleiset vaatimukset.....	44
7.3	Ensimmäinen prototyyppi.....	45
7.3.1	Rungon suunnittelu.....	46
7.3.2	Moottorin valinta ja akselin suunnittelu.....	48

7.3.3	Muu toteutus	49
7.4	Toisen prototyypin suunnittelu ja toteutetut muutokset	50
7.5	3. Prototyyppi.....	52
7.5.1	Uuden ohjainkotelon suunnittelu	53
7.5.2	Kelan suunnittelu ja muut muutokset.....	54
7.6	Kolmannen prototyypin tarkempi arviointi	56
7.6.1	Vaatimuksenmukaisuus.....	56
7.6.2	Materiaalit ja valmistustekniikat	57
7.6.3	Kokoonpantavuus ja huollettavuus	58
7.6.4	Toiminnallisuus ja komponentit.....	58
7.6.5	Vertailua kilpailijoihin	59
8	TUOTTEISTAMINEN	61
8.1	Rungon ja ohjainkotelon uudistaminen	61
8.1.1	Materiaalit	61
8.1.2	Muotoilu ja valmistus.....	63
8.2	Kelausnopeuden kasvattaminen.....	65
8.2.1	Moottorin valinta.....	65
8.2.2	Vaihteiston suunnittelu	68
8.2.3	Kelan suunnittelu ja paranneltu pyörimisnopeus	71
8.3	Muut kehityskohteet takilan tuotteistamiseksi.....	72
8.4	Kustannustehokkuus	74
8.5	Kehitysideoiden jälkeinen luonnos ja vaatimuksenmukaisuus.....	75
8.6	MARKKINOINTI	77
8.6.1	Sosiaalinen media.....	77
8.6.2	Tapahtumat ja kilpailut	78
9	POHDINTA.....	79
9.1	Tulokset	79
9.2	Saatujen tuloksien arviointi	80
9.3	Jatkosuunnitelmat ja kehitysideat	81
	LÄHTEET.....	83
	LIITTEET	86
	Liite 1. Ote valtioneuvoston asetuksesta (2008/400)	86
	Liite 2. DC-moottorien vertailutaulukko	87
	Liite 3. Vaatimusluettelo	88
	Liite 4. Asiakaskyselyn tuloksia.....	90
	Liite 5. Valmistuskuvia	94
	Liite 6. Anodisointi (Happonen, 2016)	98
	Liite 7. Kolmannen prototyypin arvioidut valmistuskustannukset.	100
	Liite 8. Perusohjeet lasikuidutukseen (Motot.net, 2014).....	101

Liite 9. Valitun sähkömoottorin tekniset tiedot (For And Or, 2016).....	103
Liite 10. Tuotteistamisprototyypin arvioidut valmistuskustannukset.	104

LYHENTEET JA TERMIT

CAD	Tietokoneen avulla tapahtuva suunnittelu (Computer-aided Design)
CE-merkintä	Vaatimuksenmukaisuuden merkintä EU-alueella (Conformité Européenne)
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
LUT	Lappeenrannan teknillinen yliopisto
DC	Tasavirta (Direct Current)
PET	Koneenrakennusmuovi (Polyetyleenitereftalaatti)
POM	Koneenrakennusmuovi (Polyasetaali)
RPM	Kierrosnopeuden yksikkö (Round Per Minute)

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö perustuu vuonna 2014 aloitettuun opiskelijaprojektiin, jossa oli tarkoitus luoda vetouisteluharrastukseen mahdollisimman edullinen ja helppokäyttöinen sähkötakila. Projektin edetessä takilaan lisättiin uusia ominaisuuksia ja projekti laajennettiin vastaamaan opinnäytetyön vaatimuksia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja kehittää sähkötakilan mekaniikkaan liittyviä valmistusteknisiä ratkaisuja, kuten valmistusmenetelmiä ja -materiaaleja sekä pääkomponenttivalintoja ja niiden ominaisuuksia, jotta se voitaisiin valmistaa oikeaksi tuotteeksi kustannustehokkaasti ja vaatimustenmukaisesti. Tarkoituksena oli myös karottaa tällaisena projektina syntyneen laitteen markkinointimenetelmiä.

Työn tavoitteena oli löytää oikeanlaiset ja kohtuuhintaiset pääkomponentit sekä kustannustehokkaat ja joustavat valmistusmenetelmät omasta tarpeesta lähteneen laitteen pien-sarjatuotantoon. Tavoitteena oli myös esittää helppoja markkinointimenetelmiä, joita pystyisi toteuttamaan muiden työtehtävien ohella ja vapaa-aikana.

Tässä työssä keskityttiin otsikon mukaisesti sähkötakilan mekaniikkaan liittyvien ratkaisujen parantamiseen niin materiaalien, valmistusmenetelmien kuin komponenttienkin osalta. Ohjausjärjestelmä ja käyttöliittymä käsitellään tarkemmin toisessa opinnäytetyössä.

2 TAKILAT

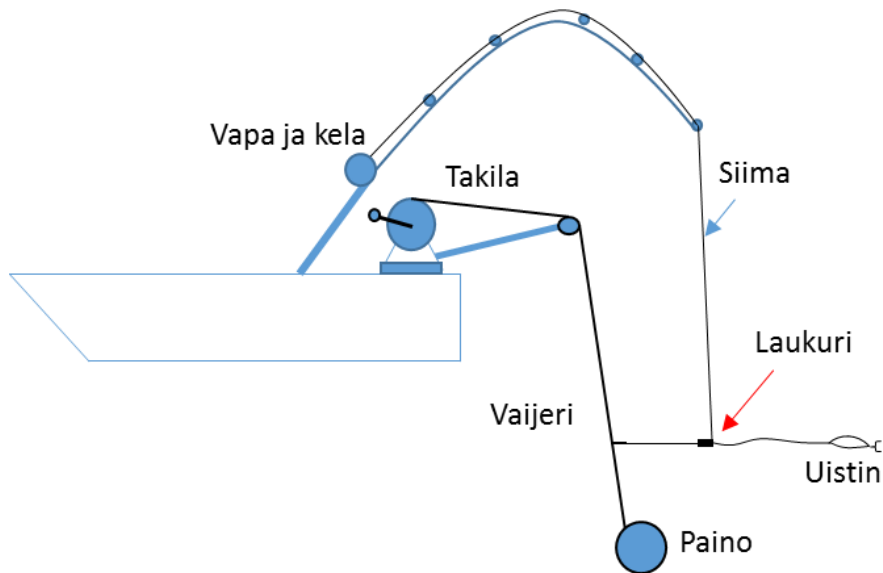
Takiloiden ovat harrastusvälineitä, joiden käyttäjäkunta on suhteellisen kapea. Ne eivät ole yleisesti tunnettuja laitteita, joten on hyvä perehtyä opinnäytetyön aluksi yleisesti takiloihin ja niiden perustoimintaperiaatteeseen.

Tässä luvussa käsitellään vetouistelukäytössä hyödynnettäviä takiloita niiden perusteiden, toimintaperiaatteen ja rakenteiden osalta. Lisäksi selvitetään olennaiset erot sähköisten ja manuaalisten takiloiden välillä.

2.1 Perustietoa takiloista

Vetouistelu on eräs Suomen perinteisimmistä ja suosituimmista vapaa-ajankalastusmuodoista. Vetouistella voi järvillä sekä merillä, ja käytössä oleva kalustokin vaihtelee runsaasti venekunnittain. Aktiivisen vetouistelijan väline- ja varustevalikoima on erittäin laaja ja eräs nykyään erittäin olennainen osa vetouistelussa käytettävistä välineistä ovat syvätakilat. Nimensä mukaisesti syvätakilat eli kansankielellä takilat ovat vetouistelussa käytettäviä apuvälineitä, jotka helpottavat kalastamista erityisesti syvissä vesissä. (Vapaa-ajankalastaja: vetouistelu).

Takilat ovat rakenteellisesti ja toimintaperiaatteeltaan hyvin yksinkertaisia välineitä, joskin niiden käyttö kalastaessa vaatii hieman totuttelua. Lähtökohdiltaan takila on vinssi, jonka avulla useamman kilon massan omaava kuula lasketaan veteen halutulle syvyydelle vaijerin tai erityisen kuituliinan välityksellä kuvion 1 havainnollistamalla tavalla (Kuvio 1). Vaijeriin kiinnitetään kuulan läheisyyteen yksi tai useampi laukuriksi kutsuttu siimanvapautin, jonka kautta oikea siima ja siinä kiinni oleva uistin saadaan kuulan kanssa samalle syvyydelle. Tämä mahdollistaa sellaistenkin uistimien uittamisen syvissä vesissä, jotka normaalisti uisivat esimerkiksi vain metrin syvyydessä. Kalan tarttuessa kiinni uistimeen siima irtoaa laukurista, jolloin kala voidaan kelata normaalisti ylös veneeseen. (Hutri: Takilan käyttö).



KUVIO 1. Takilan toimintaperiaate.

2.2 Manuaali – ja sähkötakilat

Takilat jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan kahteen ryhmään eli manuaali- ja sähkötakiloihin. Nämä ovat perusrakenteeltaan hyvin samankaltaisia, sillä molemmissa on selkeä runko, johon on kiinnitetty laakerien välityksellä akseli ja kela. Myös vapa ja sen kärkeen kiinnitetty pylpyrä kuuluvat kaikkien takiloiden perusrakenteeseen. Eräs tärkeä yhdistävä seikka on niin ikään se, että takilan veneeseen kiinnittävä mekanismi on tukeva ja varma, sillä takila ei saa suuresta kuulan massasta aiheutuvien kuormitusten seurauksestakaan heilua jalustassaan. Takilassa käytetyt materiaalit ovat useimmiten muovia, komposiittia ja ruostumatonta terästä, mutta hyvän korroosionkestävyyden vuoksi myös alumiinia käytetään pintakäsiteltynä takiloiden runkorakenteissa. Takiloissa voi myös jo itsessään olla kiinni vapateline, jolloin erillisiä vapatelineitä ei takilavavoille tarvita.

Manuaaliset – ja sähkötakilat eroavat toisistaan siinä, miten takilavaijerin kelaaminen kelalle tapahtuu. Manuaalisessa takilassa kelaus suoritetaan käsivoimin kampea pyörittämällä. Tällaisessa manuaalitakilassa kelassa täytyy olla erillinen lukkomekanismi, joka vapauttaa kelan pyörimään, jolloin vaijeria joko vapautuu tai kelautuu sisään kammesta käännettäessä. Kuvan 1. kaltaiset manuaalitakilat ovat hyvin suosittuja aloittelevien vetouistelijoiden keskuudessa niiden edullisen hinnan vuoksi. Manuaalisten takiloiden haittapuolena pidetään yleisesti sitä, että pitkän kalastuspäivän aikana kammien pyörittäminen saattaa tuntua raskaalta ja hitaalta sähkötakilaan verrattuna.



KUVA 1. Manuaalinen takila. (Rialinna, 2016).

Sähkötakila on toimintaperiaatteeltaan luonnollisesti hyvin erilainen, kuin käsikäyttöinen takila. Sähköisessä takilassa kelan pyörittäminen suoritetaan tasavirtasähkömoottoria käyttäen, jolloin takilan käyttö on erittäin mielekästä ja vaivatonta.

Valmistajista riippuen kelausliikkeet ovat toteutettu hieman eri tavoin. Kuvan 2. mukaisessa sähkötakilassa alaspäin tapahtuva kelaus toteutetaan siten, että jarrukahvasta kääntämällä kela vapautuu pyörimään vapaasti akselillaan ja kuula laskeutuu kohti pohjaa. Käyttäjän vapauttaessa jarrukahvan kelausliike pysähtyy. Käyttäjän halutessa kelata kuulaa ylöspäin painetaan käyttökytkintä, jolloin moottori käynnistyy ja kuula alkaa nousta. Tällainen rakenne on todella varmatoiminen, mutta se karsii hieman mahdollisuuksia lisätä takilaan älykkäitä lisätoimintoja.



KUVA 2. Sähkötakila. (Scotty, 2016).

Joissakin sähkötakiloissa kelausliike tehdään molempiin suuntiin moottorin avulla, jolloin myös lisätoimintojen, kuten syvyysseurannan lisääminen takilaan mahdollistuu. Sähkötakilat ovat huomattavan helppokäyttöisiä, mutta niihin sisältyvä elektroniikka, esimerkiksi mikro-ohjain ja sähkömoottori voimansiirtoineen, nostavat niiden hinnan todella korkealle verrattuna manuaalisiin takiloihin. Toisena negatiivisena ominaisuutena sähkötakiloissa voidaan pitää niiden suurta virrantarvetta, joka edellyttää sitä, että veneestä tulisi löytyä moottori, joka kykenee lataamaan uistelunkin aikana veneen virtalähteenä toimivaa akkua. Muutoin voi käydä niin, että kuulasta aiheutuvien kuormitusten seurauksena akku saattaa tyhjentyä kalastuksen aikana.

Kelauksen lisäksi edellä esitetyissä kuvista on havaittavissa toinen keskeinen ero takilavalmistajien välillä. Osa valmistajista hyödyntää kuvan 1. kaltaista rakennetta, jossa kela on pystyasennossa, kun taas toiset valmistajat puoltavat kelan vaakasuuntaista rakennetta. Molemmissa rakenteissa nähdään vetouistelijoiden keskuudessa hyviä ja huonoja puolia, joten ratkaisu takilan rakenteesta on pitkälti valmistajan mieltymysten varassa.

3 TUOTEKEHITYS

Nykyään iso osa yritysten toiminnasta painottuu tuotekehitykseen alati kovenevan kilpailun mukana. Yritysten ja miksei yksittäisten pienvalmistajien täytyy pystyä kehittämään jatkuvasti palveluaan ja tuotettaan pysyäkseen kilpailussa mukana. Tässä luvussa käydään läpi tuotekehitysprosessia ja sen päävaiheita. Tavoitteena on antaa kuva siitä, minkälainen prosessi tällaisen opinnäytetyön aiheena olevan projektin taustalla vaikuttaa.

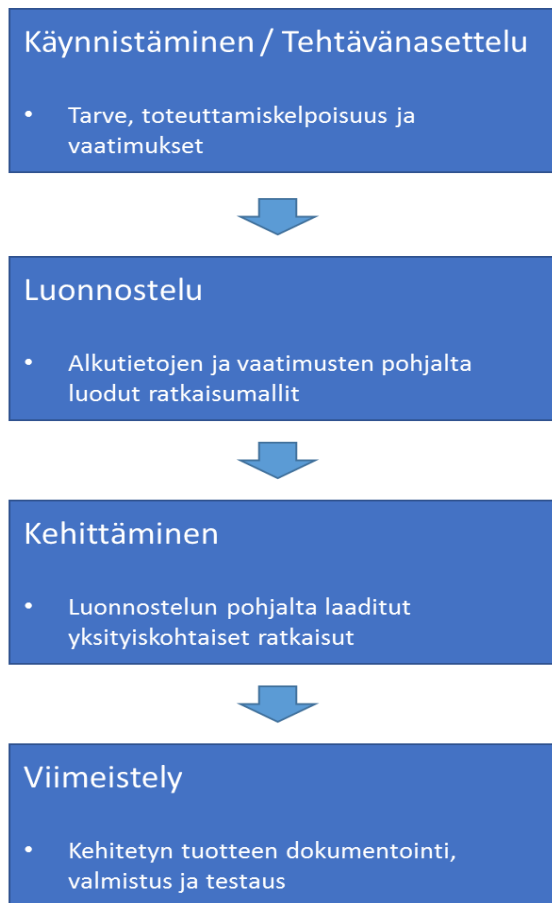
3.1 Tuotekehitysprosessi

Tuotekehitykseksi kutsutaan yleisesti prosessia, jossa yritykset tai yksittäiset ihmiset pyrkivät saamaan markkinoille uusia tuotteita tai parannuksia nykyisiin tuotteisiin. Tapani Jokinen määrittelee kirjassaan tuotekehityksen seuraavasti:

Tuotekehityksellä ymmärretään toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, käsittäen tuoteidean etsimisen, kehitysnäkymien, markkinoiden ym. Tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, varsinaisen tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, työpiirustusten tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen (Jokinen 2001, 9).

Tuotekehitysprosessin tuloksena syntynyttä tuotetta ja prosessin onnistumista pystytään jälkikäteen arvioimaan helposti asiakkaiden ja toimijoiden palautteen perusteella. Tämän palautteen avulla pystytään myös jatkokehittämään tuotetta edelleen paremmaksi ja asiakkaiden tarpeita vielä entistä enemmän vastaavaksi.

Tuotekehitysprosessit rakentuvat useimmiten saksalaisen VDI 2221–mallin pohjalle. Kyseinen tuotekehitysmalli on päävaiheiltaan neljäportainen, jota havainnollistetaan seuraavan sivun mukaisen kuvion avulla. Yleensä prosessit eivät etene täsmälleen kyseisen mallin mukaisesti, sillä kehityksen alla olevaan kohteeseen joudutaan useimmiten tekemään muutoksia prosessin edetessä. (Airila 1999, 13).



KUVIO 2. Tuotekehityksen neljä päävaihetta

Riippuen tuotteesta ja sen monimutkaisuudesta saattaa riittää, että noudatetaan vain tällaista yksinkertaista neljäportaista metodiikkaa, mutta haastavammissa prosesseissa nämäkin portaat jaetaan vielä tarkemmin seitsenportaiseen kehitysmalliin. Tärkeintä on kuitenkin hallita projektiaan jollakin tuotekehitysmallilla. (Airila 1999, 13). Esimerkiksi tämän opinnäytetyön mukaisessa projektissa on niin ikään hyvä hyödyntää tällaista mallia pääpiirteissään, jolloin projektista saadaan loogisesti etenevä ja työvaiheiden määrä saadaan pidettyä kurissa ja edelleen kustannukset pysyvät kohtuullisen alhaisina.

3.1.1 Tehtävänasettelu

Tuotekehitys lähtee liikkeelle, kuten mainittua, tarpeesta luoda uusi tuote tai parantaa jo olemassa olevaa ratkaisua. Pelkkä idea, tarve tai toive riittää lähtökohdaksi, mutta siitä on löydettävä potentiaalia ja toteuttamiskelpoisuutta, jotta tuotekehitysprosessi voidaan käynnistää. Tehtävänasettelussa muodostetaan tuotekehityksen lähtöarvot, jotka sisältävät itse ongelman tai tarpeen määrittelyn lisäksi vaatimusluettelon, johon on tiivistetty kehitysprosessin raamit.

Myös tuotekehitysprojektin aikataulu, markkinanäkymät ja budjetti on hyvä määrittää kehitysprosessin käynnistämistä harkitessa. Asiakslähtöisessä tuotekehitysprosessissa tavoitteeksi täytyy aina asettaa asiakkaan vaatimusten ylittäminen. (Airila 1999, 15).

Vaatimusluettelo toimii hyvänä runkona läpi koko kehitysprosessin ja siihen on aika-ajoin hyvä peilata aikaansaannoksia, jotta vaatimukset varmasti täyttyisivät. Vaatimusluetteloa kannattaa lähteä laatimaan vastaamalla kysymykseen ”Mitä laite tekee ja miten?”. Vastauksina saadaan laitteen toiminnallisuuteen liittyviä asioita sekä teknisiä rajoituksia. (Airila 1999, 15).

Tehtävänasettelussa otetaan huomioon niin tuotekohtaisia asioita, että yleismaailmallista ohjetta sen tekemiseen ei ole mielekästä määrittää. Sitä vastoin hyvä tehtävän asettelu on projektin onnistumisen kannalta erittäin tärkeä asia ja onnistuneella tehtävänasettelulla ja oikeanlaisella vaatimusluettelolla tuotekehitysprojektiä pystytään viemään eteenpäin. (Airila 1999, 14).

3.1.2 Luonnostelu

Toisena vaiheena tuotekehityksen portaikossa on luonnosteluvaihe. Nimensä mukaisesti siinä vasta luonnostellaan tulevaa tuotetta ja luodaan konseptinomaisia mahdollisia ratkaisuja ilman tarkkoja mittoja tai kuvia vaatimusluettelon ja alkutietojen pohjalta. Esimerkiksi periaatekuvia sekä karkeita laskentamalleja voidaan luonnostella ranskalaisilla viivoilla muodostetun idealuettelon lisäksi ruutupaperille. (Airila 1999, 16).

Luonnosteluvaiheen tavoitteena on löytää mahdollisimman paljon erilaisia ratkaisuja laitteen eri osa-alueisiin niin materiaalien kuin toiminnallisuuteen liittyvien asioiden puolesta. Luonnostelussa ideointi ajatellaan avoimena ja luovana prosessina, jolloin kaikki löydetyt osaratkaisut ovat käyttökelpoisia. Näiden osaratkaisujen pohjalta laaditaan kokonaisratkaisuluonnoksia, joista valitaan parhaat kehitysvaiheeseen. (Jokinen 2001, 21).

Osaratkaisuja etsitään erilaisilla ideointimenetelmillä, jotka ovat karkeasti jaettu kahteen ryhmään: intuitiivisiin ja diskursiivisiin. Intuitiiviset menetelmät ovat sattumavaraisia ja nimensä mukaisesti enemmän luovuuteen pohjautuvia, joista kansanläheisin esimerkki

on aivoriihi, jossa ryhmässä esitetään kaikenlaisia ideoita ja näistä koostetaan parhaat tulokset jatkokäyttöä varten. (Airila 1999, 24).

Diskursiiviset menetelmät pohjautuvat enemmän järjestelmälliseen ongelmanratkaisuun, jossa systemaattisesti haetaan ratkaisuja hyödyntämällä, esimerkiksi erilaisia kaavioita tai yhtälöitä. Tunnetuin diskursiivinen analysointimenetelmä lienee morfologinen analyysi, jossa osatoiminnot ja löydetty osaratkaisut taulukoidaan alapuolisen taulukon mukaiseksi matriisiksi. Taulukon avulla saadaan listattua kaikki mahdolliset kokonaisratkaisut, joista parhaat valitaan jatkotoimenpiteisiin. Taulukossa on kuvattu sinisin nuolin yksi mahdollinen kokonaisratkaisu kolmen osatoiminnon kokonaisuudelle ja punaisin nuolin toinen mahdollinen ratkaisu samalle kokonaisuudelle. (Jokinen 2001, 75).

TAULUKKO 1. Morfologisen analyysin matriisi.

Osatoiminto	Osatoimintojen ratkaisut		
Toiminto 1	Ratkaisu ₁₁	Ratkaisu ₁₂	Ratkaisu ₁₃
Toiminto 2	Ratkaisu ₂₁	Ratkaisu ₂₂	Ratkaisu ₂₃
Toiminto 3	Ratkaisu ₃₁	Ratkaisu ₃₂	Ratkaisu ₃₃

Ideointimenetelmien tuloksena syntyneistä osaratkaisuksista edetään ratkaisuluonnosten laadintaan. Tässä vaiheessa saaduista osaratkaisuksista yhdistellään alustavia kokonaisratkaisuja, joita arvioidaan teknistaloudellisesta näkökulmasta. Arvioidaan ratkaisujen hintaa, ominaisuuksia ja fysikaalista toisiinsa sopivuutta. (Airila 1999, 24).

Luonnosteluvaiheen viimeinen prosessi on arvostella saatuja kokonaisratkaisuluonnoksia ja valita niistä kaikilta osin sopivin ratkaisu, jonka kanssa edetään markkinoitavaksi tuotteeksi asti. Ratkaisuluonnoksia voidaan arvioida lukuisin eri menetelmin, kuten projektin osallisten asiantuntemuksella, perusteellisilla keskusteluilla ja erilaisilla ratkaisujen pistearviointiin perustuvilla analysointimenetelmillä. Tärkeintä on kuitenkin valita sellainen kokonaisratkaisuluonnos, joka täyttää vaatimusluettelon antamat kriteerit ja joka vaikuttaa teknistaloudellisilta ominaisuuksiltaan parhaimmalta. (Airila 1999, 24)

3.1.3 Kehittäminen

Tuotekehitysprosessin kolmannessa vaiheessa aloitetaan otsikon mukaisesti kehittämään edellisessä portaassa valittua ratkaisuluonnosta oikeaksi tuotteeksi. Luonnollisesti näitä suunnitteluprosessin portaita voi vielä palata taaksepäin, jos valittu ratkaisuluonnos osoittautuukin kehitysvaiheessa toteuttamiskelvottomaksi. (Airila 1999, 24).

Kehittämisympäristössä valitun ratkaisuluonnoksen pohjalta suunnitellaan mitoiltaan ja ominaisuuksiltaan oikeanlainen konstruktio, joka voidaan edelleen jakaa pienempiin yksiköihin, moduuleihin, suunnittelutyön helpottamiseksi. Suunnittelussa voidaan tässä vaiheessa hyödyntää CAD-ohjelmia, jotta tuotteesta saadaan varmasti sellainen, että kaikki tarvittavat dokumentit, kuten työpiirustukset, osaluettelot, kytkentäkaaviot, ohjelmakoodi ja käyttöohjeet, pystytään viimeistelyvaiheessa laatimaan mutkattomasti. Tässä vaiheessa huomioon tulee ottaa myös lopullisen tuotteen kustannukset valmistusmenetelmiä pohdittaessa sekä materiaali- ja komponenttivalintoja tehdessä. (Airila 1999, 24)

Kuten aikaisemmissakin vaiheissa myös kehittämissä vaiheissa suunnittelun tuloksia peilataan asetettuihin vaatimuksiin ja tavoitteisiin, jotta mahdollisiin korjaustoimenpiteisiin voidaan vielä ryhtyä ennen tuotantovaihetta. Tärkeänä osana on arvioida suunnitellun konstruktion heikkouksia ja kehityskohteita, myös kilpailijoihin vertaaminen on tässä vaiheessa suotavaa. (Airila 1999, 28)

3.1.4 Viimeistely

Periteisen tuotekehitysprosessin viimeisenä työvaiheena on viimeistely, joka voidaan jakaa edelleen dokumenttien laadintaan, valmistusteknisiin päätöksiin ja testaukseen.

Dokumenttien laadintaan kuuluu kehittämissä vaiheen jälkeiselle tuotokselle tehtävät lopulliset työpiirustukset ja muut tekniset dokumentit käyttö-, valmistus- ja asennusohjeita myöden. Dokumentit käsittävät kaiken tuotteen valmistamisen aloituksesta siihen pisteeseen, kun se päättyy lopullisen käyttäjät haltuun. (Airila 1999, 28)

Viimeistelyn valmistusteknisissä valinnoissa päätetään lopullisesti tuotteen valmistusmateriaali, valmistusmenetelmät, pintakäsittelyt ja mahdolliset toleranssit. Näiden valintojen pohjalta valmistetaan mahdollisesti prototyyppi, joka on melkein valmis versio lopullisesta tuotteesta. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista tehdä prototyyppiä ainakaan luonnollisessa koossa, joten kalliimmissa ja suurikokoisissa tuotteissa prototyypin sijasta saatetaan tehdä pienoismalli tai malli pienemmästä kokonaisuudesta. Prototyyppiä testaamalla pyritään selvittämään tuotteen toimivuutta vaatimuksienmukaisuutta ja mahdollisia heikkouksia. (Jokinen 2001, 96-98)

Viimeistelyvaiheen päätteeksi tuotteesta voidaan valmistaa nollasarja valmistuskustannusten todelliseksi selvittämiseksi ja valmistusmenetelmien toimivuuden osoittamiseksi. Nollasarjan osoittautuessa hyväksi tuotteen valmistus voidaan käynnistää. On kuitenkin muistettava, että tuotekehitys ei pääty tuotteen markkinoille saamiseen, vaan tuotteen menestyksen eteen sitä on kehitettävä jatkuvasti. (Jokinen 2001, 98-99)

4 ASIAKASKYSELY

Osana uuden tuotteen luomista suoritetaan usein asiakaskysely. Se voi liittyä tuotteen markkinaraon löytämiseen, tuotteen ominaisuuksiin tai muihin vaatimuksiin. Kyselyn pohjalta saadaan arvokasta tietoa tuotteistamisen kannalta tärkeimmiltä ihmisiltä – asiakkailta. Tässä luvussa perehdytään hyvän kyselyn laatimiseen ja kyselystä saatavien tulosten analysoimiseen.

4.1 Onnistuneen asiakaskyselyn laadinta ja toteutus

Hyvän asiakaskyselyn luominen aloitetaan pohtimalla tutkimuksen todellista tarkoitusta eli minkälaisiin kysymyksiin kyselyllä halutaan vastauksia. Tarkoituksen selviämisen jälkeen on helpompaa laatia kysymyksiä juuri oikeisiin asioihin. (Surveymonkey: Kyselytutkimuksen laatiminen). Esimerkiksi, jos tavoitteena on selvittää tuotteen teknisiin tietoihin, kuten mittoihin liittyviä asioita, on hyvä keskittää kysymykset vain tähän kategoriaan.

Toinen erittäin tärkeä asia kyselytutkimusta aloitettaessa on kohderyhmän määrittäminen. Kyselyllä pyritään saamaan mahdollisimman hyödyllisiä vastauksia esimerkiksi tuotteistamiseen, joten oikeanlaisen kohderyhmän valitseminen on merkittävässä roolissa. Oikean kohderyhmän löytäminen helpottaa myös itse kyselyn laadintaa, sillä silloin kysymysten kieli ja asettelu voidaan kohdistaa suoraan vastaajille ja jälleen vastausten informatiivisuus kasvaa. (Surveymonkey: Kyselytutkimuksen laatiminen).

Asiakaskyselyn lähtötietojen määrittämisen jälkeen voidaan edetä kysymysten ja myös mahdollisen kyselylomakkeen laadintaan. Kyselyä laadittaessa on aluksi syytä kiinnittää huomiota kysymysten lukumäärään. Pitkillä kysymyksillä ja suurella kysymysten lukumäärällä voidaan helposti pilata hyvinkin kysely.

Kysymyksien on oltava yksiselitteisiä ja tarkkoja, jolloin vastaajalle ei jätetä tulkinnanvaraa kysymyksen tarkoituksesta. Huonosti muotoillut ja epätarkat kysymykset vääristävät tutkimuksen tuloksia ja vaikeuttavat tulosten analysointia. Kysymykset tulee myös laatia siten, että ne eivät johdattele vastaavaa vaan ovat luonteeltaan neutraaleja. (Hiltunen: Metodina kyselytutkimus).

Kysymyksiä laadittaessa kannattaa välttää avoimia kysymyksiä, sillä niistä ei useinkaan saada haluttua informaatiota ja niiden tarkastelu voi olla hankalaa. Sen sijaan kyselyissä kannattaa suosia kysymyksiä, joihin on annettu valmiit vastausvaihtoehdot taulukon 2 mukaisesti. Tällaisia kyselyitä kutsutaan strukturoiduiksi kyselyiksi. (Yhteiskuntatieteellinen tietarkisto 2010).

	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3
Kysymys 1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kysymys 2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kysymys 3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kysymys 4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

KUVA 3. Esimerkki strukturoidusta kysymysasettelusta.

Kysymyksien laadinnan ohella kyselylomakkeen ulkoasulla on huomattava painoarvo onnistuneeseen asiakaskyselyyn sekä vastaajalle että tiedonkerääjälle. Lomakkeen suunnittelun tärkeimpiin seikkoihin lukeutuva lomakkeen pituus määritetään jo kysymyksiä suunnitellessa - lomakkeen pituus on oltava kohtuullisen lyhyt. Toinen merkittävä asia on lomakkeen ulkoasu, jonka on oltava kaikin puolin selkeä, jotta vastaajan motivaatio lomakkeen täyttämiseen säilyy. Lomake tulee laatia niin, että kysymykset erottuvat selkeästi toisistaan ja niiden tulee edetä loogisesti helpommista kysymyksistä vaikeampiin. (Yhteiskuntatieteellinen tietarkisto 2010).

Kyselyitä voidaan toteuttaa esimerkiksi postikyselynä tai nykyään suuressa suosiossa olevien verkkokyselyiden avulla, joille on lukuisia tarjoajia internetissä. Kyselyjä on niin maksullisia kuin ilmaisiaakin, ja luonnollisesti ilmaisissa kyselyissä vastaajien määrä on rajattu sekä analysointityökalut suppeat.

4.2 Tulosten analysointi

Vähintään laatimisen veroinen asia onnistuneessa kyselytutkimuksessa on tulosten oikeanlainen analysointi. Pelkillä vastauksien silmäilyllä ei voida saada kattavaa ja oikeaa kuvaa tuloksista vaan kysely täytyy tarkistaa ja prosessoida edelleen. Hyvä lähtökohta on etsiä puutteellisesti ja virheellisesti täytettyjä lomakkeita, jotka saattaisivat vääristää tuloksia. Kun vastaukset on tarkistettu, voidaan kyselyä täydentää vielä esimerkiksi haastatteluilla tulosten täsmentämiseksi. (Hiltunen: Metodina kyselytutkimus).

Aineiston huolellisen läpikäymisen jälkeen suoritetaan aineiston todellinen analysointi, jota voidaan tehdä monin eri tavoin. Saadun materiaalin pohjalta voidaan tehdä muun muassa tilastollisia analyysyjä laskemalla esimerkiksi kuvan 4 kaltaisiin kysymyksiin saatujen vastauksien keskiarvoja ja edelleen pohtimalla syitä saatuihin tuloksiin. (Hiltunen: Metodina kyselytutkimus).

Tilastollisten laskelmien lisäksi analysointi on paljon päätelmien muodostamista ja johtopäätösten tekemistä. Johtopäätöksiä tehdessä tulee välttää yleistämistä ja tiedon vääristämistä itselleen edulliselle kannalle. Tuloksia voidaan suuremmissa kyselyissä jakaa myös erilaisiin osiin, esimerkiksi sukupuolten välisiin vastauksiin tai kyselyn eri aihealueisiin liittyviin vastauksiin, jolloin saadaan vastauksia halutuilta ryhmiltä tai haluttuihin asioihin. Loppujen lopuksi saadun materiaalin tulisi vastata kyselyn lähtökohdan selvittäviin kysymyksiin, jotta mahdollisiin toimenpiteisiin voitaisiin ryhtyä. (Surveymonkey: Kyselytutkimuksen laatiminen).

5 VAATIMUKSENMUKAISUUS

Tuotekehitysprosessin alussa eräs tärkeä yksittäinen asia on, kuten aikaisemmin mainittua, vaatimusluettelon laadinta, jonka tuotekehitysryhmä laatii aloittaessaan uuden tuotteen tai laitteen innovointia. Tuotekehitysryhmän lisäksi nykypäivänä tuotteisiin vaatimuksia luovat myös poliittiset tahot, jotka yhdenmukaisilla sopimuksillaan pyrkivät varmistamaan kuluttajille suunnattujen tuotteiden turvallisuuden sekä tavaroiden helpon liikkumisen esimerkiksi EU-alueella. (Tukes, 2015)

Tämä luku käsittelee millaiseen tuotteeseen kuluttajalla on oikeus eli millaisia velvollisuuksia lainsäädäntö ja asetukset asettava tuotteitaan markkinoille vievälle valmistajalle. Luvussa perehdytään myös käyttöohjeen laadintaan liittyviin vaatimuksiin sekä hyvän käyttöohjeen laadintaan vaikuttaviin tekijöihin.

5.1 Millaiseen tuotteeseen kuluttajalla on oikeus?

Kuluttajia eli pääsääntöisesti tuotteiden loppukäyttäjiä turvaamaan on laadittu lukuisia tuotteeseen liittyviä asetuksia ja säädöksiä, jotka tulee ottaa huomioon jo tuotetta suunniteltaessa sekä edelleen markkinoinnissa ja myymisessä. Tällaisia säädöksiä ovat esimerkiksi kuluttajaturvallisuuslaki, CE-merkintä ja erilaiset käyttöohjeiden laadintaan liittyvät säännöt. Yleistäen voidaan todeta, että kuluttajalla on oikeus turvallisiin tuotteisiin. (Tukes, 2015).

5.1.1 Kuluttajaturvallisuuslaki ja CE-merkintä

Kuluttajaturvallisuuslain (920/2011) mukaan vastuu tuotteista kuuluu niiden valmistajalle. Valmistaja vastaa siitä, että tuote tai palvelu on kaikin puolin turvallinen ja asetuksia vastaava, lisäksi tuotteista on aina esitettävä turvalliseen käyttöön liittyvät tiedot esimerkiksi käyttöohjeen muodossa, josta alempana lisää. (Tukes, 2015). Edellä mainitun lain mukaan toiminnanharjoittajaa eli tässä tapauksessa valmistajaa koskevat seuraavat asiat:

- huolellisuusvelvollisuus
- ilmoitusvelvollisuus
- vaatimuksenmukaisuus (CE-merkintä).

Huolellisuusvelvollisuus liittyy mainittuun tuotteen tai palvelun turvallisuuteen. Lain (920/2011) mukaan toiminnanharjoittajan tulee huolellisuutensa ja ammattitaitonsa puolesta estää etteivät tuotteet aiheuta vahinkoja käyttäjille tai heidän omaisuudelleen. (Tukes, 2015). Valmistajan kannalta tämä tarkoittaa sitä, että mahdolliset laitetta koskevat vaarat tulee ehkäistä jo ennen tuotteen saattamista markkinoille esimerkiksi huolellisella suunnittelu- ja testaustyöllä.

Ilmoitusvelvollisuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa valmistaja on havainnut tai valmistajalle on tuotu tietoon, että tuote tai palvelu aiheuttaa vaaraa käyttäjille tai heidän omaisuudelleen. Tällöin valmistajalla on velvollisuus ilmoittaa vaarasta viranomaisille ja ryhtyä toimenpiteisiin vaaran poistamiseksi. (Tukes, 2015).

Lakien lisäksi valmistajaa koskevat EU-alueella esimerkiksi CE-merkinnän sisältämät vaatimukset. CE-merkintä on alapuolisen kuvan mukainen ja sillä valmistaja ilmoittaa tuotteensa täyttävän keskeiset Euroopan unionin tuotteille asettamat turvallisuusvaatimukset. CE-merkintä ei kata kaikkia tuotteeseen liittyviä yksityiskohtaisia asioita, vaan takaa esimerkiksi mekaanisen kestävyuden vastaavan vaatimuksia. CE-merkintä ei koske vielä myöskään aivan kaikkia tuoteryhmiä, mutta sähkötakilaa ajatellen se kattaa koneet ja sähkölaitteet, jolloin takilakin kuuluu CE-merkintävaatimuksen piiriin. Lisäksi kuluttajaturvallisuuslaki (920/2011) määrittelee, että CE-merkitsemätöntä tuotetta ei saa Suomessa saattaa markkinoille.



KUVA 4. Virallinen CE-merkki. (Tukes, 2015).

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi tuotteen täyttäessä liitteen 2 mukaisen koneen määritelmän on valmistajan varmistettava lisäksi seuraavista asioista valtioneuvoston koneiden turvallisuusasetuksen (2008/400) mukaan:

- koneen tulee täyttää sitä koskevat olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset
- koneen teknisen tiedoston tulee olla kuluttajan käytettävissä
- kone on varustettava kaikilla tarvittavilla tiedoilla, kuten käyttöohjeella
- valmistajan tulee täyttää konetta koskeva EU-vaatimuksenmukaisuusvakuutus ja sen on oltava koneen mukana
- kone tulee olla CE-merkitty.

Kone voidaan valmistaa myös joillakin aloilla yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, jolloin sen katsotaan täyttävän suoraan sille asetetut vaatimukset (400/2008), mutta esimerkiksi sähkötakiloiden valmistamiselle ei ole määrätty yhdenmukaistettua standardia, jolloin sen tulee vastata kaikkia edellä mainittuja vaatimuksia.

5.1.2 Käyttöohjeen laadinta

Edellä on käynyt ilmi, että osa turvallisen tuotteen takeesta pohjautuu käyttöohjeeseen ja sen sisältämiin tuotetta koskeviin tietoihin. Voidaan ajatella, että kuluttajan turvallinen käyttökokemus perustuu juuri käyttöohjeeseen, sillä suurin osa tuotteisiin liittyvistä vahingoista liittyy vääränlaiseen käyttöön eikä vaarallisiin tuotteisiin. (Tukes 2016, 4).

Takilan kaltaiseen tekniseen laitteeseen liittyen kuluttajaturvallisuuslain (920/2011), kuluttajasuojalain (38/1978), teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta annetun lain (1016/2004), kielilain (423/2003) sekä koneiden turvallisuuteen liittyvän asetuksen (400/2008) mukaan käyttöohjeita koskee ainakin seuraavat vaatimukset (Tukes 2016, 5):

- käyttöohjeiden tulee sisältää tiedot tuotteen turvallisesta käytöstä
- ohjeet on toimitettava suomeksi ja ruotsiksi
- käyttöohjeen tulee sisältää asennukseen, kokoonpanoon, käyttöön, hoitoon ja säilytykseen liittyvät ohjeet.

Onnistuneen käyttöohjeen laadinnan taustalla on hyvä ymmärrys tuotteeseen, josta käyttöohje laaditaan. Tästä syystä käyttöohjeen laatijan tulisi olla tuotteen valmistaja, sillä valmistaja omaa parhaimman teknisen tietämyksen, tuotteen todellisen käyttötarkoituksen ja -tavan sekä tuotteeseen liittyvät riskit. (Tukes 2016, 7).

Absoluuttista totuutta ei käyttöohjeiden laadintaan ole, mutta käyttöohjeissa ilmenevät asiat tulee esittää yksinkertaisesti ja yksiselitteisesti. Asiat on hyvä kuvata vain lyhyillä lauseilla välttämättä erityistuntemusta vaativia termejä. Usein ohjeista havaitaan se, että eri laitemalleille on käytetty samaa ohjetta, mutta tätä tulisi sekaannuksien vuoksi välttää, kuten myös laitteen käytön kannalta turhia ohjeistuksia. (Tukes 2016, 7).

Kielellisten asioiden huomioon ottamisen lisäksi hyvät käyttöohjeet sisältävät ohjeistuksen kaikkiin mahdollisiin laitteen elinkaaren aikana vastaan tuleviin tilanteisiin. Käyttöohjeiden aluksi on kuitenkin hyvä tuoda esiin kaikki laitetta koskevat tunnistetiedot ja tekniset tiedot. Tämän jälkeen voidaan ohjeistaa tuotteen elinkaari esimerkiksi seuraavasti (Tukes 2016, 8):

1. käyttöympäristöön liittyvät ohjeet
2. käyttötarkoitus ja rajoitukset
3. ennen käyttöönottoa tapahtuvat toimenpiteet
4. käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet
5. tuotteen normaali käyttäminen ja mahdolliset erityistoiminnot
6. ohjeet virhe- ja vikatilanteita varten
7. tuotteen puhdistus, huolto ja säilytys
8. tuotteen hävittäminen.

Tällainen olisi eräs malli toteuttaa hyvä käyttöohje, joskin loppuun voitaisiin lisätä vielä tuotteen valmistajaan liittyvät tiedot sekä mahdollisesti myös takuutiedot ja siihen liittyvät rajoitukset. (Tukes 2016, 8).

6 VOIMANSIIRTO, MATERIAALIT JA VALMITUSMENETELMÄT

Koneet ja laitteet koostuvat erilaisista elektronisista komponenteista, erilaisista valmistusmateriaaleista ja käyttöliittymistä. Sähkötakila ei poikkea tästä linjasta vaan se voidaan luokitella mekatroniseksi laitteeksi, jonka Heikki Handroos määrittelee opetusmateriaalissaan seuraavasti:

Tyypillinen mekatroninen kone koostuu mekaanisesta rakenteesta (runko, nivelvarret, nivelet, mekanismit), toimilaitteista (sähköiset, hydrauliset, pneumaattiset), antureista, signaalin siirto- ja muokkauslaitteista, tietokoneesta/digitaaliprosessoreista, ohjelmistoista, käyttöliittymistä ja teholähteestä. (Handroos: Johdanto Mekatroniikkaan)

Tässä luvussa perehdytään takilassa mahdollisesti käytettäviin voimansiirtomenetelmiin ja päämateriaaleihin. Takiloista löytyy lisäksi myös muita pienempiä komponentteja, kuten laakerit, pylpyrä ja erilaiset kiinnittimet, mutta ne eivät taustoittamisen kannalta ole relevantteja tässä työssä. Niin ikään takilan ohjaukseen liittyvät komponentit, kuten anturit, mikro-ohjaimet ja kosketusnäyttö, käsitellään moottoria lukuun ottamatta toisessa opinnäytetyössä. Tasavirtamoottoreita käydään läpi niiden mekaanisen rakenteen ja kustannuksien puolesta, sillä se voidaan katsoa takilan kannalta erääksi merkittävimmistä komponenteista. Luvun lopuksi käydään läpi osa takilan valmistamiseen liittyviä valmistusmenetelmiä niiden perusteiden ja kustannusten osalta.

6.1 Tasavirtamoottorit

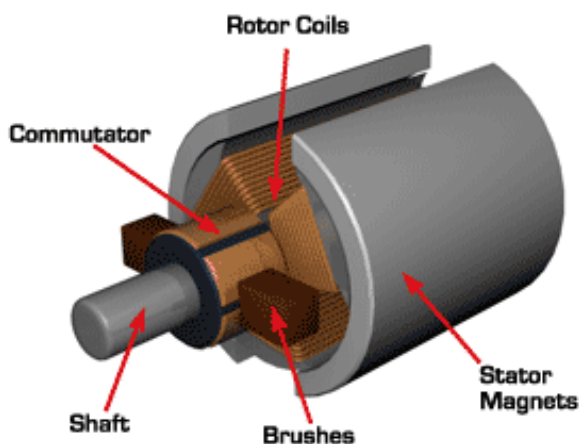
Tasavirtamoottorit ovat laitteita, jotka muuttavat sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi eli tässä tapauksessa pyörimisliikkeeksi, jonka periaate kuvaillaan tarkemmin myöhemmin. Yleisesti sähkömoottoreiden ohjaus ja säädettävyys ovat hyvää luokkaa, samoin niiden tuottama momentti. Yhtäläistä on myös se, että ne ovat kohtuullisen edullisia, luotettavia sekä kestäviä. (LUT: Tasavirtamoottorin toiminta)

Rakenteellisesti sähkömoottorit eroavat toisistaan, mutta perusrakenneosat eli akselin mukana pyörivä roottori ja paikallaan pysyvä staattori löytyvät jokaisesta sähkömoottorista erikoistapauksia lukuun ottamatta. (LUT: 2016)

Toimintaperiaate on identtinen lähes kaiken tyyppisissä sähkömoottoreissa. Niiden toiminta aikaansaadaan magneettikentällä ja siinä olevan virrallisen johtimen vuorovaikutuksilla. (LUT: Tasavirtamoottorin toiminta). Tasavirtamoottoreissa muuttuva sähkökenttä saadaan aikaan napaisuuksien vaihtelulla, joka toteutetaan kommutoimalla eli sähkövirran suuntaa kääntämällä. Tasavirtamoottorit jaetaan hiiliharjallisiin ja -harjattomiin moottoreihin niiden rakenteen perusteella. (Motiva: Sähkömoottorityypit)

6.1.1 Harjalliset tasavirtamoottorit

Hiiliharjalliset DC-moottorit ovat vielä toistaiseksi yleisimpiä tasavirtamoottoreita ja ne ovat usein rakenteeltaan alapuolisen kuvan kaltaisia. Moottori koostuu staattorista (stator), staattorin osana olevista magneeteista (magnets), rottorista (rotor), kommutaattorista eli virrankääntäjästä (commutator), harjoista (brushes), akselista (shaft) ja käämeistä (coils). (Airila 1993: 5) Harjallisessa moottorissa pyörimisliikkeen kannalta olennainen asia, kommutointi, suoritetaan erillisellä pyörivällä kommutaattorilla.



KUVA 5. Hiiliharjallinen DC-moottori. (Zewa, 2016).

Tällaisen perusrakenteen omaavilla moottorilla on mekatronisen järjestelmän kannalta muutamia hyviä ominaisuuksia, mutta toisaalta myös rakenteesta johtuvia heikkouksia. Harjallisten moottorien vahvuuksiksi voidaan lukea muun muassa (Dpairless, 2016)

- edullinen hankintahinta
- helppo kierrosnopeuden säädettävyys
- hyvä säänkestävyys.

Hankintahinnaltaan edulliseksi harjalliset moottorit tekee niiden yksinkertainen rakenne ja niiden edulliset valmistusmateriaalit. Harjalliset moottorit eivät myöskään tarvitse erillistä ohjainta kierrosnopeuden säätöön, vaan nopeutta voidaan säätää suoraan jännitettä säätämällä, joka vaikuttaa niin ikään hankintakuluihin. Rakenteen yksinkertaisuudesta ja elektroniikan vähyydestä johtuen harjalliset moottorit kestävät, kuten mainittua, hyvin vaikeitakin olosuhteita. (Dpairless, 2016)

Edellä huomattiin harjallisten moottorien omaavan sähkötakilan kaltaisen laitteen kannalta useita hyviä ominaisuuksia, mutta harjallisista moottoreista löytyy myös esimerkiksi seuraavan laisia heikkouksia: (Dpairless, 2016)

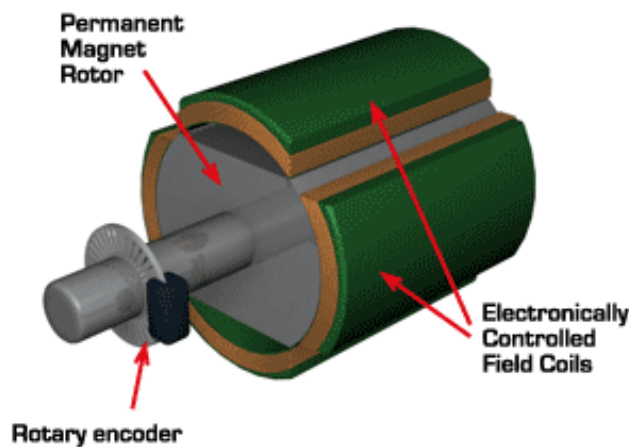
- rakenteesta johtuva hiiliharjojen kuluminen
- korkea lämmöntuotto
- harjattomia moottoreita pienempi kierrosnopeus
- äänekkyyys.

Näistä heikkouksista etenkin hiiliharjojen kuluminen on merkittävä asia aiheuttaen säännöllisen huoltotarpeen moottorille. Harjat kuluvat, jolloin ne eivät enää ole niin tehokkaasti kosketuksissa kommutaattoriin ja täten pyörimisliike heikkenee. Harjojen kuluminen tehostuu etenkin, kun moottoria käytetään korkeilla kierrosnopeuksilla. (Dpairless, 2016)

Yllä mainittujen ominaisuuksien lisäksi ja vastapainoksi harjallisiin moottoreihin on saatavissa verrattain paljon integroitavia lisäosia, jotka helpottavat ja monipuolistavat moottorin käyttöä. Moottoreihin on saatavilla esimerkiksi erilaisen välityssuhteen omaavia vaihteistoja joko 90° :n kulmalla tai moottorin suuntaisena. Vaihteistot ovat erittäin hyödyllisiä, kun halutaan alentaa akselin pyörimisnopeutta ja kasvattaa moottorin vääntömomenttia. Myös erilaisia jarruja ja kierrosnopeusantureita, esimerkiksi Hallantureita, on saatavilla täydentämään harjallisia DC-moottoreita. (Dunkermotor, 2016)

6.1.2 Harjattomat tasavirtamoottorit

Harjallisten tasavirtamoottorien heikkouksia poistamaan on kehitetty harjattomat DC-moottorit, jotka ovat yleistäen rakenteeltaan kuvan 6 kaltaisia. Moottori koostuu likimain samoista komponenteista kuin kuvan 5 esittämä harjallinen moottori, mutta kestomagneetit sijaitsevat roottorissa ja sähkömagneetit staattorissa. Siis täysin päinvastoin, jos verrataan harjalliseen moottoriin. Kommutointi puolestaan suoritetaan elektronisesti esimerkiksi hyödyntämällä Hall-anturia oikea-aikaiseen kommutointiin, jolloin erillistä kommutaattoria ja sitä myöten hiiliharjoja ei tarvita. (LUT, 2016)



KUVA 6. Hiiliharjaton DC-moottori. (Zewa, 2016).

Edellä mainituista eroavaisuuksista johtuen harjattomissa DC-moottoreissa on harjallisiin moottoreihin verrattuna lukuisia hyviä puolia, kuten esimerkiksi:

- elektronisen kommutoinnin myötä huoltotarve on huomattavasti pienempi
- hiiliharjattomuuden vuoksi harjallisia korkeammat kierrosnopeudet
- rakenteensa vuoksi harjattomat moottorit eivät lämpene harjallisten tavoin
- parempi hyötysuhde
- hiljaisempi käyntiäänä.

Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi harjattomat moottorit ovat fyysisiltä mitoiltaan pienempiä ja kevyempiä, joka helpottaa suunnittelua ja mahdollistaa kompaktimmat järjestelmät. (Dpairless, 2016)

Vaikka harjattomissa moottoreissa on todella paljon hyviä puolia mekatronisen järjestelmän kannalta, joiden vuoksi niitä on perusteltua hyödyntää, löytyy niistäkin esimerkiksi seuraavan laisia heikkouksia:

- harjallisia moottoreita kalliimpi hankintahinta
- ohjaus hankalampaa ja kalliimpaa kuin harjallisissa moottoreissa
- erillinen ohjainkortti vie tilaa

Kalliimpi hankintahinta selittyy sillä, että harjattomien DC-moottorien rakenne ja sitä kautta valmistamiseen käytettävät materiaalit ovat harjallisia moottoreita kalliimpia. Harjattomuuden vuoksi harjallisen moottorin ohjauksesta aiheutuu lisäkuluja kommuuttinnin vaatiessa anturin. Laitteen suunnittelun kannalta harjattomien moottorien vaatima erillinen ohjainkortti tai -laite vie tilaa, jolloin se saattaa aiheuttaa ongelmia pienikokoisissa laitteissa.

Harjallisten moottorien tapaan myös harjattomiin moottoreihin löytyy paljon erilaisia lisäosia, kuten vaihteita, antureita ja ohjaimia, mutta ne eivät ole yhtä helposti saatavissa kuin harjallisiin moottoreihin ja pääosin ne ovat hankintahinnaltaan harjallisten vastavia kalliimpia.

Edellä läpi käydyistä asioista havaitaan, että eroavaisuuksia näistä moottorityypeistä löytyy ja liitteeseen 1. on koottu näistä kattavampi vertailutaulukko. (Dpairless, 2016). Kaiken kaikkiaan molemmissa esitellyissä moottorityypeissä on omat hyvät ja huonot puolensa, jolloin mekatronista laitetta, kuten sähkötakilaa suunniteltaessa tulee tehdä valinta tarkan pohdinnan tuloksena, jolloin moottori on varmasti käyttötarkoitukseen soveltuva.

6.2 Voimansiirto

Erilaisissa koneissa ja laitteissa on yleensä tarve saada esimerkiksi moottorin akselilta tuleva momentti käyttöön etäällä itse akselista tai eri kulmaan moottorin akseliin nähden, jolloin tarvitaan voimansiirtoa. Voimansiirtoa voidaan toteuttaa erilaisilla vaihteistoilla, kuten kierukkavaihteella, planeettavaihteistolla, hihna- ja ketjukäyttöillä sekä hammaspyöräkäyttöillä.

Tässä kappaleessa keskitytään mekatronisien laitteiden kannalta oleellisiin voimansiirtomenetelmiin, joiden vaatimuksena on usein hiljainen käyntiäni, tarkat liikkeet sekä vähäinen huollontarve. Tästä syystä esimerkiksi hammaspyöräkäytöt ja ketjuvälitykset jätetään käsittelemättä, koska ne ovat usein kovaäänisiä ja takilan kaltaisessa laitteessa mahdolliset akselivälit ovat sellaisia, että on mielekkäämpää käyttää muita voimansiirtomenetelmiä. Hammaspyöräkäytöissä ilmenee myös liiallisia välyksiä, joka on myös rajattava pois.

6.2.1 Moottoreihin asennettavat vaihteistot

Yhtenä varteenotettavana vaihtoehtona sähkömoottorin voimansiirtoa mietittäessä voidaan pitää moottoriin integroitavaa vaihteistoa. Tällaiset vaihteistot ovat yleisiä harjallisissa DC-moottoreissa ja niiden rakenne on usein alapuolisen kuvan kaltainen. Moottori on yhdistetty käyttöakseliin kierukalla ja hammaspyörällä. Hammaspyörän hampaiden lukumäärällä säädellään vaihteiston välityssuhdetta. Vaihdelaatikko on usein kiinnitetty moottorin runkoon ruuvein.



KUVA 7. Moottoriin kiinnitettävä kierukkavaihte. (Machine Design, 2004).

Kuvan 7. mukaisessa vaihteistossa käyttöakseli asettuu moottorin runkoon nähden 90° :n kulmaan, mutta vaihteistoja on saatavilla myös moottorin akselin kanssa yhdensuuntaisella akselilla. Kuvan mukaisella vaihteella toteutetuissa moottoreissa on se hyvä puoli, että ne saadaan kiinnityssuunnassa kapeiksi. Alapuolisessa kuvassa on vielä tyyppi-esimerkki vaihteella varustetusta DC-moottorista.



KUVA 8. Vaihteellinen tasavirtamoottori. (Hellopro, 2016).

Kyseisenlaisen vaihteiston hyödyntäminen tarjoaa mahdollisen kapeuden lisäksi muun muassa seuraavia hyviä ominaisuuksia rakenteestaan johtuen:

- suuret välityssuhteet
- korkea vääntömomentti
- korkea pitomomentti
- melko huoltovapaa.

Vaihteiston osat sijaitsevat tällaisessa ratkaisussa suljetussa kotelossa, jolloin rakenne on kestävä ja melko huoltovapaa. Lisäksi moottorin integroitavan vaihteen käyttäminen on huomattavasti vaivattomampaa, kuin suunnitella erillinen vaihteisto esimerkiksi hammaspyörähihnäkäytöllä, jos vain vaihteen suorituskyky ja moottorin ominaisuudet vastaavat asetettuja vaatimuksia.

Integroitavien vaihteistojen haittapuolena voidaan pitää sitä, että ne ovat melko hintavia ja koska niissä on korkeat välityssuhteet, ne eivät sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin.

6.2.2 Kiilahihnakäyttö

Voimansiirto voidaan takilan kaltaisissa laitteissa suorittaa myös hihnavälityksellä. Tässä tapauksessa tarkastellaan tarkemmin kiilahihnan käyttöä. Kiilahihnakäyttö rakentuu kahdesta tai useammasta hihnapyörästä ja näiden uriin kiristetyistä hihnasta kuvan 9 mukaisesti. Hihnoja voi kiilahihnakäytössä olla useampia rinnakkain, jolloin mekanismi saadaan kestävämpään suurempia kuormituksia. (Porter, 2000)



KUVA 9. Esimerkki yksinkertaisesta kiilahihnakäytöstä. (Tri-State Bearing Company, INC, 2016).

Kiilahihnakäytöt ovat erittäin yleisiä erilaisilla teollisuuden aloilla ja niiden hyviin puoliin voidaan lukea esimerkiksi seuraavia asioita:

- soveltuvuus suuren teholuokan koneisiin
- pienemmät hihnapyörät kuin lattahihnakäytössä
- lattahihnakäyttöjä pienemmät akseliin kohdistuvat rasitukset
- muunneltavissa oleva välityssuhde.

Kiilahihnakäytöt ovat hankintahinnaltaan edullisia ja niiden vahvuuksiin voidaan lisätä myös hihnojen äänettömyys sekä helppo huollettavuus. Lisäksi kiilahihnojen eräs hyödyllinen ominaisuus on, että ylikuormitustilanteessa hihna luistaa, jolloin suuremmilta vaurioilta vältytään. (Blom, Lahtinen, Nuutio, Pekkola, Pyy, Rautiainen, Sampo, Sepänen & Suosara 1999, 234)

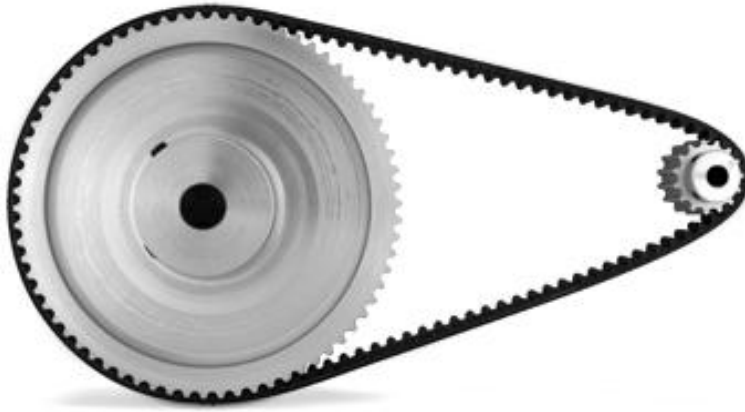
Koska kiilahihnakäyttöjen sovellukset ovat todella laaja-alaisia, niitä on saatavilla helposti eri kokoluokissa. Esimerkiksi hihnatyypit on jaoteltu useaan eri luokkaan ja niitä on saatavissa myös erilaisista materiaaleista valmistettuna.

Kuten kaikilla komponenteilla, myös kiilahihnoilta löytyy haittapuolensa. Esimerkiksi hihnat löystyvät käytössä, joten ne vaativat säännöllisin väliajoin kiristystä. (Blom ym. 1999, 234). Kiristys toteutetaan usein siten, että toinen hihnapyörästä on liikuteltavissa löystyttämällä hihnapyörän paikallaan pitävää ruuvia. Myös ulkoiset olosuhteet, kuten kosteus ja rasvaisuus, saattavat aiheuttaa hihnakäytölle ongelmia. (Blom ym. 1999, 231).

6.2.3 Hammashihnakäyttö

Varsinkin automaation ja mekatroniikan sovelluksissa voimansiirto toteutetaan usein hammashihnakäytöllä, sillä näiden alojen sovellukset vaativat usein tarkkaa paikoitusta, luistamattomuutta ja matalaa käyntiääntä. Yleisesti hammashihnoja käytetään laitteissa, joissa tehot pysyvät kohtuullisen pieninä ja hihnanopeudet suurina. Esimerkiksi sähkötakilassa hihnanopeudet saattavat nousta moottorista riippuen korkeiksi, mutta kuulan nostamiseen vaadittava teho on teollisuus- ja koneenrakennustuotteiden mittakaavassa pieni.

Hammashihnakäytöt poikkeavat esimerkiksi kiilahihnakäytöistä siten, että kiilahihnojen ollessa voimasulkeisia siirtolaitteita, eli sellaisia, joissa voimalla aikaansaatu kireys pakottaa hihnan liikkumaan, niin hammashihnat ovat muotosulkeisia, koska niissä oleva kuvan 10 mukaisen hihnan hammastus aikaansaa liikkeen. (Blom ym. 1999, 243) Alapuolisesta kuvasta havaitaan myös se, että hammastusta lukuun ottamatta hammashihnakäyttö on hyvin samankaltainen kuin kiilahihnakäyttö.



KUVA 10. Esimerkki yksinkertaisesta hammashihnakäytöstä. (Designatronics, 2016).

Kuten todettua hammashihnakäytöt ovat hiljaisia ja hammastuksena vuoksi lähes luis-tamattomia. Ne eivät tarvitse myöskään voitelua ja ne ovat muutenkin huoltovapaampia kuin esimerkiksi kiilahihnat, sillä niitä ei tarvitse kiristää yhtä suurilla voimilla kuin kiilahihnoja, jolloin hihnaan kohdistuvat rasitukset jäävät pienemmiksi. (Blom ym. 1999, 243) Hammashihnakäyttöjen hyvänä puolena, joskin mielipiteestä riippuen, voi-daan pitää myös sitä, että ne ovat esteettisesti paremman näköisiä, kuin muut hihna- ja ketjukäytöt.

Hammashihnakäyttöjen haittapuolelta voidaan pitää eritoten niiden suhteellisen kallista hankintahintaa, sillä hampaista johtuen ne ovat työteliäämpiä ja kalliimpia valmistaa, jos verrataan esimerkiksi kiilahihnakäytön komponentteihin.

6.3 Materiaalivalinta

Koneet, laitteet ja käyttötavarat koostuvat kaikki materiaaleista, joilla on käyttötarkoituksesta riippuen hyvin erilaisia ominaisuuksia. Tuotteen valmistusmateriaalin valintaan liittyykin useita eri tekijöitä, jotta lopputuotteesta saadaan asetettujen vaatimusten, valmistusmenetelmien ja ulkonäön kannalta oikeanlainen. Tässä luvussa käsitellään materiaalien valintaan vaikuttavia asioita ja materiaalivalinnan monivaiheista prosessia.

Käytettävien valmistusmateriaalien valitseminen on kiinteä osa suunnittelutyötä. Suunnittelussa on alusta lähtien otettava huomioon tuotteen käyttötarkoitus ja toiminnot. Näiden rinnalla tulee valita materiaalit, jotka vastaavat tuotteen asettamiin vaatimuksiin ja jotka ovat muiltakin ominaisuuksiltaan oikeita. (Tiainen, Laitinen 2008, 248)

Materiaalien valinnassa vaatimuksina mielletään asioita, jotka eivät suoranaisesti liity itse materiaaleihin. Vaatimukset ovat sellaisia tekijöitä joihin materiaalien ominaisuuksien tulee vastata. Vaatimukset voivat olla tuotteen toimintoihin, käyttöolosuhteisiin, valmistusmenetelmiin ja taloudellisuuteen liittyviä. Esimerkiksi kattilassa tuotteen hyvä lämmönjohtokyky on toimintoon liittyvä vaatimus ja lämmönkesto olosuhteisiin liittyvä vaatimus. (Tiilikka 2008, 9-11). Tuotteistamisen kannalta tärkeimmät vaatimukset liittyvät valmistusmenetelmien ja taloudellisuuden asettamiin vaatimuksiin, sillä tuote pyritään aina valmistamaan mahdollisimman edullisilla kustannuksilla, jolloin vältellään kalliita ja hankalasti työstettäviä materiaaleja ja suositaan sellaisia, joita on helposti saatavilla ja joita pystyy työstämään mahdollisimman edullisilla menetelmillä.

Kuten mainittua materiaalien ominaisuuksien tulee vastata annettuihin vaatimuksiin, joita ovat muun muassa lujuus-, lämpötila- ja korroosionkesto-ominaisuudet. Myös hinta ja tuotantoon sopivuus ovat materiaalien ominaisuuksia. Hintaa voidaan pitää usein jopa tärkeimpänä materiaalin ominaisuutena, koska lähes kaikissa teollisuuden laitteissa suorat materiaalikustannukset kattavat yli 40 % tuotteen valmistushinnasta. (Tiilikka 2008, 11-15)

Materiaalivalinta saattaa vaikuttaa yksinkertaiselta ja helpolta prosessilta, mutta se koostuu muun muassa seuraavista vaiheista:

- tuotteen tehtävän ja toimintojen selvittäminen
- materiaalien esivalinta
- ominaisuuksien kartoittaminen
- vaatimusten ja ominaisuuksien yhteensovittaminen
- prototyypin tai lopputuotteen valmistus
- käyttöseuranta
- mahdolliset uudelleenarvioinnit ja materiaalin uudelleenvalinta.

On siis perusteltua todeta, että valintaprosessiin tulisi kiinnittää paljon huomiota, jolloin saavutettaisiin kerralla oikeanlaisen materiaalin valinta, joka edelleen pitäisi kehitys- ja muutuskustannukset alhaisina. Yksinkertaisissa ja selkeissä laitteissa prosessi ei välttämättä ole näin monimutkainen, mutta niissäkin on hyvä punnita harkitut materiaalit tarkkaan.

Yleistäen voidaan sanoa, että veneilykäytössä olevissa tuotteissa, kuten sähkötakiloissa, vaatimuksena materiaaleille voidaan pitää hyvää kosteudensietokykyä ja edullista hintaa. Sillä tuotteet altistuvat lähes aina vähintään roiske- ja sadevedelle. Tästä seurauksena veneilyssä käytettävät valmistusmateriaalit rajoittuvat usein alumiiniin, ruostumattomaan teräkseen, komposiitteihin ja erilaisiin koneenrakennusmuoveihin.

6.4 Valmistusmenetelmät

Mekatronisten tuotteiden valmistamiseen liittyy usein erilaisia mekaanisia työstövaiheita, kuten akselin sorvausta, rungon leikkaamista ja osien särmäystä. Oikeanlaisten valmistusmenetelmien valintaa voidaan pitää suoraan verrannollisena valmistuskustannuksiin ja sitä kautta lopputuotteen hintaan.

Tässä kappaleessa keskitytään sähkötakilan kustannuksien muodostumisen kannalta tärkeimpiin valmistusmenetelmiin, jotka liittyvät kaikki levytyötekniikkaan. Levytyöt ovat metallitekniikan osa-alue, joka on kehittynyt ja tehostunut merkittävästi viime aikoina ja samalla osittain syrjäyttänyt kalliimpia ja hitaampia valmistusmenetelmiä, kuten valamista, lastuamista ja takomista. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2003, 232). Muita valmistusmenetelmiä, kuten sorvaamista, ei tarkemmin käsitellä teoriaosuudessa, sillä se on akselin valmistamiseen oikeastaan ainut kannattava menetelmä ja siitä aiheutuvat kustannukset siten kiinteä osa takilan kustannuksia.

6.4.1 Laserleikkaus

Yksi suosituimmista nykyään käytetyistä levynleikkausmenetelmistä on laserleikkaus, joka jaotellaan termisiin leikkausmenetelmiin eli leikkaamiseen käytetään lämpöä. Edelleen laserleikkaus voidaan jakaa kahteen ryhmään: lasersulatusleikkaukseen ja laserpolttoleikkaukseen. Ensimmäisessä metodissa työkappaleeseen muodostetaan lasersäteilyn energian avulla railo ja toisessa leikkauskohdan lämpötila nostetaan sen syttymislämpötilaan, jolloin leikkautuminen tapahtuu. (Aromäki 2003, 266)

Varsinkin levytuotteille laserleikkauksella on paljon hyviä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi:

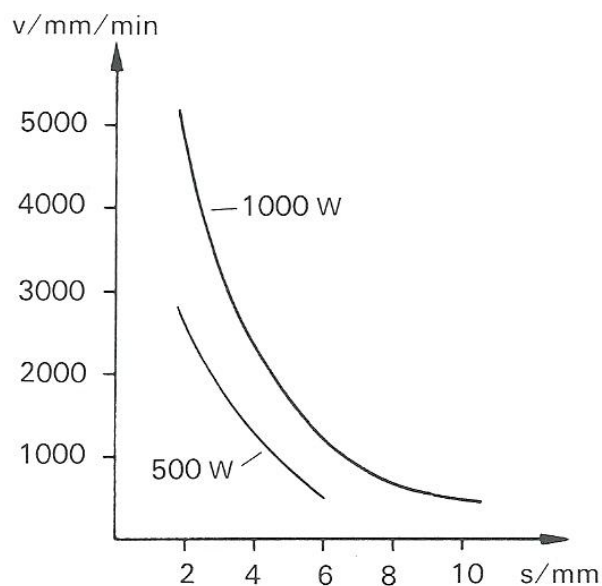
- korkea leikkaustarkkuus
- korkea leikkausnopeus
- vähäinen lämmöntuonti.

Laserleikkuri on tarkka työstöväline, jolla voidaan leikata monimutkaisiakin muotoja. Tarkkuus pohjautuu itse leikkurin mekaanisen rakenteen valmistuksen mittatarkkuuteen sekä tarkkaan ohjaukseen.

Mekaanisesta rakenteesta johtuen myös leikkausnopeudet ovat suuria, varsinkin ohuilla levyillä. Leikatessa levyä laserilla kappaleeseen ei myöskään kohdistu kovinkaan suurta lämmöntuontia nopeasta leikkaustapahtumasta johtuen, jolloin leike ei altistu esimerkiksi vääntymisille tai värivaihtelulle, kuten esim. plasma- tai polttoleikkauksessa.

Laserleikkauksen kustannustehokkuutta puoltaa monikin asia. Leikkaussäteen ja sitä myöden leikkausrailon ollessa kapea hukkamateriaalin määrä on erittäin pientä ja levyt pystytään hyödyntämään todella tehokkaasti. Laserleikkurin käyttökustannukset ovat edulliset, jolloin leikatun tuotteen hinnat pysyvät alhaisina. (Aromäki 2003, 267). Laserleikkaus on takilaan soveltuvista leikkausmenetelmistä kustannustehokkain, kun levynpaksuudet ovat ruostumattomilla teräksillä korkeintaan 12 mm ja alumiinilla korkeintaan 6 mm. (Lehtoranta, 2016)

Laserleikkauksen heikkoutena voidaan pitää itse leikkuslaitteen todella kallista hankintahintaa, joka osaltaan rajoittaa laserleikkausta tarjoavien yritysten lukumäärää. Haittana voidaan pitää myös sitä, että leikkausnopeudet hiipuvat nopeasti ainevahvuuden kasvaessa, kuten alapuolisesta kuvasta voidaan havaita. (Aromäki 2003, 267). Paksumpien ainevahvuuksien kanssa joudutaan edelleen turvautumaan perinteisempiin leikkausmenetelmiin tai niissä voidaan käyttää vesileikkausta, josta enemmän seuraavassa kappaleessa.



KUVA 11. Leikkausnopeuden riippuvuus laserin tehosta sekä levynpaksuudesta. (Messer Griesheim, 2003).

6.4.2 Vesileikkaus

Toinen nykyaikainen ja tarkka levynleikkausmenetelmä on vesileikkaus, jossa keskiteitään tuhansia baareja painetta, vettä ja abrasiivileikkauksessa eräänlaista hiekkaa noin 0,9 neliömillimetrin alueelle. Menetelmä perustuu veden ja hiekan yhteisvaikutuksesta aiheutuvaan hiovaan reaktioon. Hauraampia materiaaleja, kuten muoveja ja kumia voidaan leikata ilman hiekkaakin, jolloin säästytään kappaleen pintavaurioilta, tällöin puhutaan puhdasvesileikkauksesta. (Turun Watercut Oy, 2015).

Vesileikkauksen soveltuvuus on todella laaja-alaista ja sillä päästään laserleikkauksen tavoin todella mittatarkkaan työjälkeen koneen mekaanisen rakenteen ja tarkan ohjauksen turvin. Myös pinnanlaatu on vesileikatussa kappaleessa valmiin tuotteen tasolla, kuten myös laserleikkeissä. Vedellä voidaan leikata metallien lisäksi muitakin materiaaleja, kuten esimerkiksi lasia ja muoveja, jotka eivät soveltuisi leikattavaksi termisillä leikkausmenetelmillä. Myös sellaiset materiaalit, joista vapautuisi muilla menetelmillä haitallisia kaasuja, voidaan leikata vedellä. (Turun Watercut Oy, 2015).

Vesileikkauksen todellisena vahvuutena voidaan pitää sitä, että leikkaustapahtuma on kylmä, jolloin se ei aiheuta minkäänlaisia lämpömuovautumisia ja sulamisia. Tästä on hyötyä todella ohuissa levyissä, joissa saattaa olla erityisen kapeita seinämiä, jotka saataisivat muovautua termisillä leikkausmenetelmillä. Ohuiden materiaalien lisäksi vesileikkaus on ominaisuuksiltaan hyvä leikkaustapa myös vahvemmillle levyille, myös ruostumattomasta- ja haponkestävästä teräksestä valmistetuille, sillä vahvoissa levyissä pinta ei kylmäleikkauksen takia karkaistu ja mittatarkkuus ja pinnanlaatu pysyvät hyvinä. (Turun Watercut Oy, 2015).

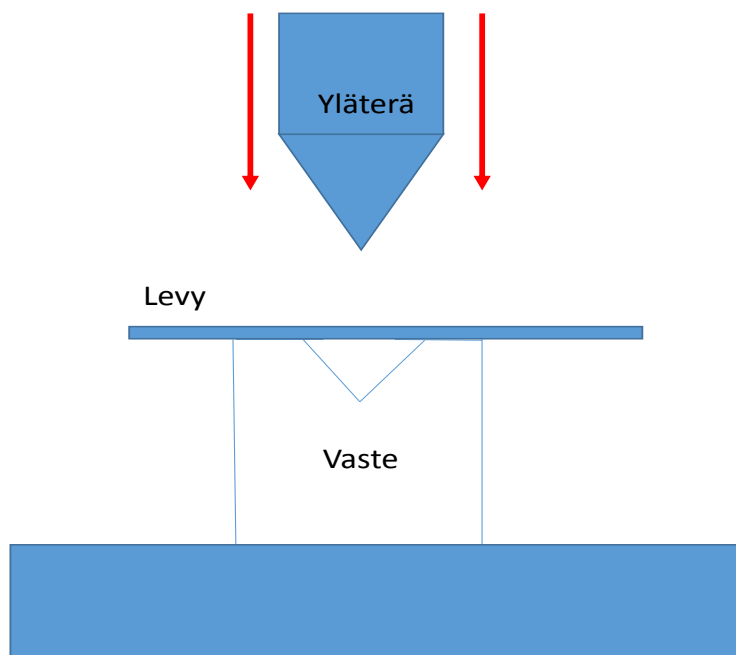
Laserin tavoin vesileikkaus on materiaalista ja sen vahvuudesta riippuen erittäin kustannustehokasta. Materiaalihukkaa syntyy vähän ja leikatut kappaleet ovat aina samanlaisia. Alumiinin leikkaamista vedellä voidaan pitää laseria edullisempänä, kun materiaalin vahvuus ylittää 6 millimetriä ja ruostumattomalla teräksellä 12 millimetriä. (Lehtoranta, 2016).

Muiden yhtäläisyyksien lisäksi vesileikkauslaitteisto on laserleikkurin tapaan todella kallis investointi, jopa kalliimpi kuin laserleikkuri. Negatiiviselle puolelle vesileikkauksessa voidaan laskea myös hitaammat leikkuunopeudet, kun verrataan laseriin. (Turun Watercut Oy, 2015).

6.4.3 Levyn taivutus

Levyrunkoisten laitteiden valmistamiseen liittyy usein tarve taivuttaa leikattu levy halutun malliseksi. Esimerkiksi tämän opinnäytetyön sähkötakilan prototyypin rungon valmistamiseen on hyödynnetty taivuttamista. Runko voitaisiin tehdä myös hitsaamalla tai esimerkiksi ruuviliitoksilla, mutta levyn taivuttamisella lopputuotteesta saadaan hienomman ja siistimmän näköinen.

Levyn taivuttamiseen on tarjolla useita menetelmiä ja laitteita, mutta niiden toiminta perustuu usein puristusvoimaan, jolloin alapuolisen kuvan mukaisesti yläterää painetaan suurella voimalla alavasteessa olevaan uraan. Tällöin yläterän ja vasteen välissä oleva levy painautuu tarkasti muotoonsa. Vasteen uran kulmalla ja yläterän muotoilulla voidaan vaikuttaa särmättävän kappaleen muotoihin siten, että monimutkaisemmatkin taivutukset onnistuvat. (Aromäki 2003, 267 - 270).



KUVA 12. Periaatekuva levyn särmäyksestä.

Teolliset särmäykoneet ovat yritykselle kalliita investointeja, joten yksittäisten kappaleiden särmäys on suhteellisen kallista, jolloin särmäyksen suunnittelu ja tarpeellisuus tulee arvioida tarkasti. (Aromäki 2003, 271).

Taivutettavan levykappaleen suunnittelussa tulee huomioida muun muassa kappaleen muoto, sillä esimerkiksi U:n muotoinen kappale on huomattavasti vaikeampi särmätä kuin L:n muotoinen kappale. Kokemuksen osoittamana voidaan sanoa, että ainakin sellaiset U:n muotoiset kappaleet, joissa on suhteessa korkeat reunat verrattuna pohjaan ovat todella hankalia kappaleita särmättäväksi. U:n muotoisessa kappaleessa tarvitaan lisäksi vähintään kaksi taivutuskertaa, jolloin se on hinnaltaankin kalliimpi.

Teollisten särmäykoneiden lisäksi on olemassa pienempiä levyntaivutuslaitteita, jotka soveltuvat erinomaisesti varsinkin ohutlevyille, mutta esimerkiksi sähkötakilan rungon levypaksuus on sitä luokkaa, että perinteiset manuaaliset levykantit eivät sellaista välttämättä pysty taivuttamaan vaurioittamatta itse laitetta.

7 PROTOTYYPEISTÄ KOHTI VALMISTA TUOTETTA

Takilaprojekti on edennyt yksinkertaisista prototyypeistä lähes myyntikelpoiseksi tuotteeksi. Projektin vaiheet eivät ole täysin noudattaneet ideaalista tuotekehitysmallia, mutta sen raameissa on pyritty suurimmilta osin pitäytymään. Tämän työn soveltavassa osassa paneudutaan aluksi takilan historiaan, sille asetettuihin vaatimuksiin ja valmistettuihin prototyyppeihin. Lopuksi arvioidaan viimeisimmän prototyypin valmistettavuutta ja muita tuotteistamisen kannalta olennaisia asioita.

7.1 Projektin historia

Projekti pohjautuu vetouisteluun ja uistellessa esiin nousseeseen tarpeeseen helpottaa ja tehostaa kalastamista syvissä vesissä. Takila itsessään ei ole uusi keksintö, mutta kaupallisten takiloiden korkeat hinnat kannustivat aloittamaan projektin sähkötakilasta.

Alkuperäinen idea oli valmistaa varmatoiminen mekaaninen takila, joka olisi kuitenkin huolellisesti suunniteltu niin materiaaliltaan kuin mekaniikaltaankin. Alkuperäisidean jalostetuessa päätettiin kuitenkin valmistaa sähkötakila sen haastavamman konstruktion vuoksi ja projektityöskentelyn osaamisen kehittämiseksi.

Opiskelijatalouden rajaama budjetti rajoitti hieman kehitysmahdollisuuksia, mutta ensimmäiset luonnokset tehtiin nopealla aikataululla ja niitä alettiin heti jatkojalostamaan edellistä parempaan muotoon. Ensimmäiset ratkaisut koskivat tuotekehitysmallin mukaisesti osakokonaisuuksia, kuten runkorakennetta ja kelauksen järkevää toteuttamista. Osakokonaisuuksien jälkeen edettiin työstämään kokonaisratkaisua sovittamalla yhteen jo suunniteltuja osaratkaisuja.

Alkuluonnostelun jälkeen kävi selväksi, ettei perinteisen sähkötakilan toteuttaminen olisi mielekäästä, joten vaatimuksia korotettiin siten, että takilaan päätettiin lisätä kehittyneempi moottorinohjaus sekä muutamat muut älykkäät toiminnot, jotta työ vastaisi opinnäytetyön vaatimuksia. Mekaniikan osalta pyrittiin jatkuvasti löytämään halvempia ja yksinkertaisempia valmistusmenetelmiä. Myös jokaista osa-aluetta pyrittiin systemaattisesti parantamaan, jotta takilasta saataisiin edelleen paremmin vaatimuksia vastaava ja ominaisuuksiltaan tehokkaampi.

7.2 Yleiset vaatimukset

Takilaprojektin työstäminen aloitettiin tuotekehitysprojektin tapaan liitteen 3 mukaisen vaatimusluettelon luomisella. Kuten todettua, takila ei ole uusi keksintö, jolloin markkinoilla olevat takilat vaikuttivat jonkin verran vaatimusluettelon laadintaan. Vaikka kilpailevien laitteiden tutkiminen edesauttoi vaatimusluettelon syntyä, on sen laadinnassa keskitytty uusien tai erilaisten ratkaisujen löytämiseen. Edellisten lisäksi myös osittain liitteessä 4 esitetty verkkokyselynä toteutettu asiakaskysely vaikutti suurilta osin vaatimusluettelon syntyyn. Asiakaskyselyllä haluttiin varmistua projektiin asetettujen vaatimusten kohtaamisesta potentiaalisten asiakkaiden mieltymysten kanssa. Keskeisimpänä kriteerinä projektissa on kuitenkin pidetty lopputuotteen ja valmistuksen kustannuksien pitäminen erittäin alhaisena.

Mekaniikan kannalta liitteen 3 tärkeimpinä vaatimuksina voidaan pitää

- mahdollisimman halpaa hintaa
- rakenteen yksinkertaisuutta
- valmistettavuuden yksinkertaisuutta
- pienikokoisuutta
- säänkestävyyttä
- käyttöturvallisuuden huomioimista.

Näiden mekaanisten vaatimusten täyttäminen edellytti huolellista perehtymistä lähinnä saatavilla oleviin valmistusmateriaaleihin, niihin liittyviin valmistusmenetelmiin sekä tuotteen muotoiluun. Nämä vaatimukset viitoittivat suurimmaksi osaksi takilan mekaniikkasuunnittelua ja täten vaikuttivat suurimmaksi osaksi takilan lopulliseen ulkonäköön. Edellä esitettyjen vaatimusten lisäksi takilaan liittyi myös toiminnallisia vaatimuksia, jotka kerättiin pääosin asiakaskyselynä sosiaalisen median kautta. Toiminnallisia vaatimuksia olivat esimerkiksi

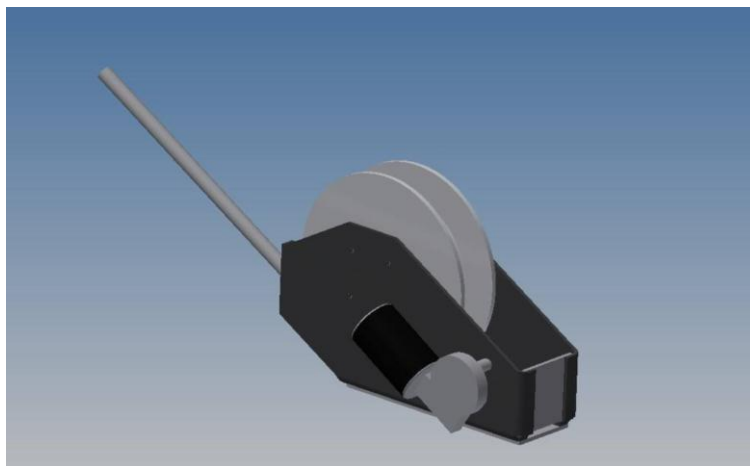
- nopea kelausnopeus
- aktiivinen syvyysseuranta
- selkeä käyttöliittymä ja helppokäyttöisyys.

Toiminnalliset vaatimukset eivät suoraan vaikuttaneet takilan mekaaniseen suunnitteluun, mutta esimerkiksi nopean kelausnopeuden toteuttamiseen vaikutti monikin asia, kuten kelan halkaisija sekä moottorin teho. Myöskään moottorin teho ei suoranaisesti kuulosta mekaaniselta ominaisuudelta, mutta kuten moottorin valinnassa tullaan myöhemmin huomaamaan, niin yleisesti tehokkaampi moottori on myös mitoiltaan isompi kuin pienitehoisempi vaihtoehto.

Vaikka vaatimukset olivat pääosin selkeitä ja mahdollisia toteuttaa, projektin edetessä huomattiin, että kompromisseja joutui tekemään monien eri asioiden ja ominaisuuksien välillä samalla joustuen hieman joistakin vaatimuksista.

7.3 Ensimmäinen prototyyppi

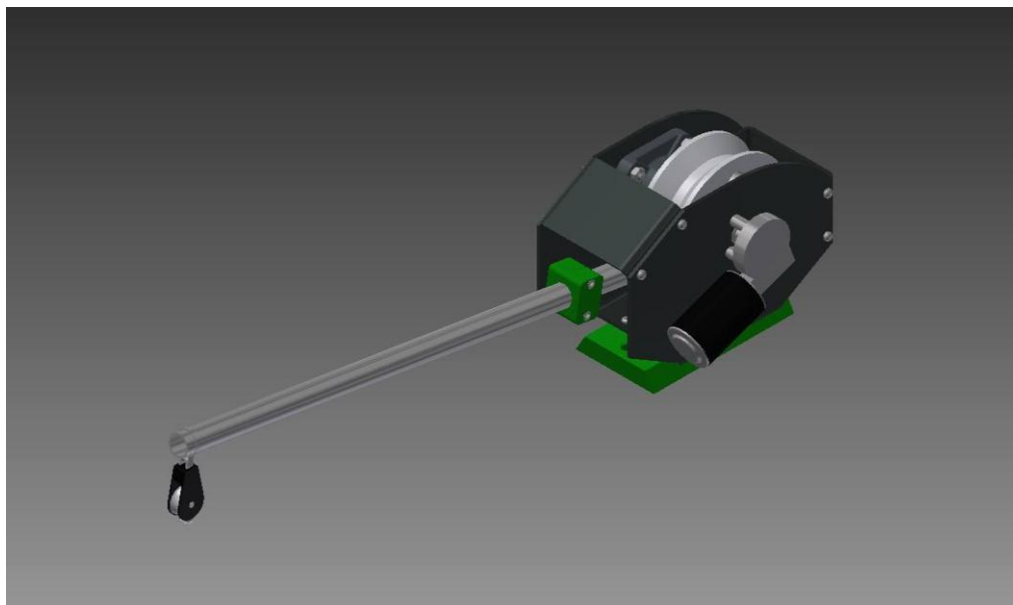
Vaatimusluettelon laatimisen jälkeen noudatettiin tuotekehitysmallia siten, että luonnosteltiin varhaisten paperiluonnosten perusteella alapuolisen kuvan mukainen 3D-konseptimalli takilasta. Tässä vaiheessa ei keskitytty tarkkoihin mittoihin vaan takilan muotoilu ja rakennetta tutkittiin ruutupaperiluonnoksia havainnollisemmalla tavalla.



KUVA 13. Takilan varhaisluonnoksen 3D-malli.

Kuvan 13 varhaismallin rakenne osoittautui hieman liian monimutkaiseksi ja suureksi, jonka seurauksena se hylättiin varsin nopeasti ja kehittämistä jatkettiin uusien ideoin. Kyseisessä mallissa runko koostui neljästä osasta: kahdesta seinämästä, pohjasta ja päädyistä. Tällainen rakenne olisi valmistuskustannuksiltaan kallis ja erillisten osien kiinnitys olisi ollut tavoitteisiin nähden työläs. Rungon muotoilu antoi kuitenkin suuntaviivoja jatkokehitystä ajatellen.

Ensimmäinen toteutuskelpoinen prototyyppi syntyi kehittämisvaiheen tuloksena ja se oli kuvan 14 3D-mallin mukainen. Ero varhaisluonnoksen malliin oli varsin huomattava, joskin muotokieli oli samankaltainen.



KUVA 14. Ensimmäisen todellisen prototyypin 3D-malli.

Kuvan mukainen takila koostui siis seuraavista osista:

- U:n muotoon taivutetusta rungosta
- kierukkavaihteisesta moottorista
- akselista ja laakerista
- kelasta
- taivutetuista päätylevyistä
- putkikiinnittimillä kiinnitetystä vavasta väkipyörineen.

7.3.1 Rungon suunnittelu

Rungon suunnittelussa otettiin huomioon takilan fyysisen koon, käyttöolosuhteiden – ja mekaniikan vaatimukset, jotka on esitetty tarkemmin liitteen 3 vaatimusluettelossa. Tärkeimpinä niistä voidaan kuitenkin pitää korroosionsietokykyä, helppoa työstettävyyttä ja riittävää jämääkkyttä moottorin ja siihen liitettyjen osien väännöstä johtuen.

Runko suunniteltiin U:n muotoiseksi, jolloin saatiin sovittua suurin osa komponenteista rungon sisälle, joka pienensi takilan kokonaismittoja. U:n muoto tarjosi myös hyvät kiinnitysmahdollisuudet moottorille, akselille ja vavalle. Muotoilussa pyrittiin teollisen näköiseen, mutta kuitenkin silmää miellyttävään ratkaisuun, jossa yhdistyivät pyöreys ja kulmikkuus. Päätylevyt suunniteltiin mahdollisimman yksinkertaisiksi tukemaan runkorakennetta vääntymisiltä ja ne kiinnitettiin runkoon ruuvein.

Rungon ja päätylevyjen materiaalin valinnassa oli mukana oikeastaan vain kolme materiaalia, jotka olivat alumiini, ruostumaton teräs ja haponkestävä teräs. Nämä kaikki täyttivät materiaaleille asetetut vaatimukset, joskin alumiini vaati pintakäsittelyn esimerkiksi anodisoimalla hapettumisen estämiseksi. Alumiinin hapettuessa sen pinnasta tulisi läikikkään ja ruman näköinen. Anodisoinnilla tai eloksoinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa alumiinin pinnalle luodaan huokoinen ja kova oksidikerros, joka suojaa materiaalia luonnolliselta hapettumiselta. Anodisoinnin yhteydessä alumiini voidaan myös absorptiovärjätä, jolloin väriaine imeytyy alumiinin huokosiin ja täten muodostaa tasaisen ja hienon värikerroksen kappaleeseen. (Happonen, 2016). Alumiini on ruostumattomaan ja haponkestävään teräkseen verrattuna varsin pehmeä materiaali, mutta toisaalta taas huomattavasti näitä kevyempi massaltaan.

Rungon ja siihen liittyvien metalliosien materiaaliksi valittiin lopulta alumiini sen mekaanisten ominaisuuksien, saatavuuden ja säänkeston vuoksi. Lisäksi anodisoinnin yhteydessä tehtävä värjäys antoi osille todella viimeistellyn näköisen pinnan. Runko valmistettiin 4 millimetriä paksusta alumiinilevystä liitteen 5 mukaisesti vesileikkaamalla ja taivuttamalla Muototerä OY:ssä Tampereella. Ennen anodisointia runko oli alapuolisen kuvan mukainen ja vastasi hyvin sille asetettuja ulkonäkövaatimuksia.



KUVA 15. Vesileikattu ja taivutettu runko.

Alumiinin anodisointia yritettiin aluksi tehdä liitteen 6 mukaisesti ja se onnistuikin anodisoinnin osalta kohtuullisesti, mutta väriaine ei imeytynytkään materiaalin, vaan se jäi harmahtavaksi. Tämän jälkeen harkittiin rungon maalaamista itse tai uudelleen anodisointia ja värjäystä yrityksessä. Purso OY tarjoutuikin tekemään anodisoinnin ja värjäyksen runkoon ja seurauksena tästä syntyi seuraavan kuvan mukainen tyylikäs musta kappale takilan rungoksi. Kuvassa näkyvät myös taivutetut päätylevyt.



KUVA 16. Anodisoidut kappaleet.

7.3.2 Moottorin valinta ja akselin suunnittelu

Riittävän tehokkaan ja mitoiltaan oikeanlaisen moottorin löytäminen osoittautui lähes suurimmaksi haasteeksi takilaa suunniteltaessa. Tässä vaiheessa oli päätetty käyttää kierukkavaihteista moottoria, jottei ylimääräisiä kustannuksia erillisen vaihteiston rakentamisesta aiheutunut. Kierukkavaihteisen moottorin tärkeimpänä ominaisuutena koettiin niiden korkea vääntömomentti, joskin kierrosnopeudesta jouduttiin sen seurauksella hieman tinkimään. Moottorille asetettuja periaatteellisia vaatimuksia on esitetty liitteessä 3.

Mekaniikan kannalta kuvan 14 kaltaisen kierukkavaihteisen moottorin positiivisena ominaisuutena voitiin pitää sitä, että moottorin asettuessa vaihteistoon nähden 90° :n kulmaan se vei vähemmän tilaa ja kavensi rakennetta. Myös takilan runkoon kiinnittäminen on kyseisen tyyppisissä moottoreissa helppoa, sillä niistä löytyy lähes aina kuvan 8 mukaiset kiinnitysreiät.

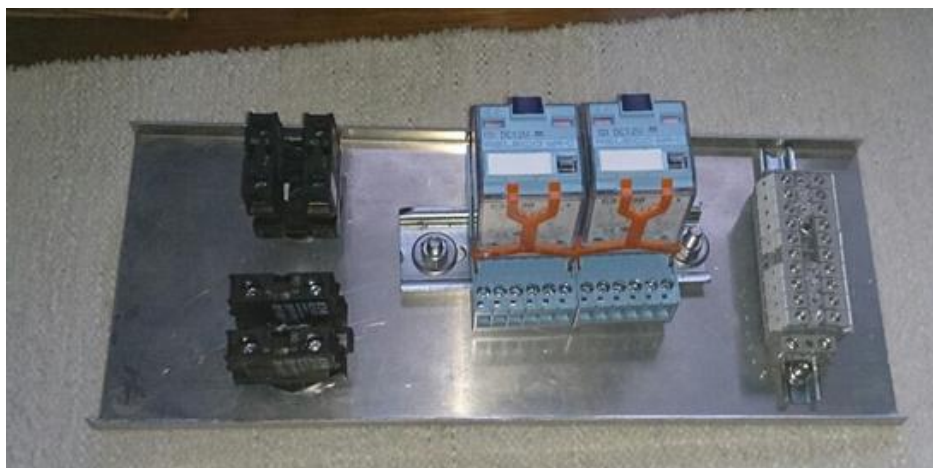
Tähän prototyyppiin moottoriksi valikoitui kuvan 8 mukainen, auton tuulilasin pyyhki-jöissäkin käytössä oleva, moottori. Kyseinen moottori oli kierukkavaihteinen, pitomo-mentiltaan erittäin vahva tasavirtamoottori, jolloin sen ohjauskin oli tämän työn käsitte-ly-osuuden mukaisesti helppoa. Mitoiltaan ja etenkin hankintahinnaltaan moottori vas-tasi hyvin asetettuja vaatimuksia.

Ensimmäisessä prototyypin akseli tehtiin ruostumattomasta teräksestä liitteen 5 mukai-sesti. Se kiinnitettiin moottorin akseliin siinä olevien kierteiden välityksellä ja toisesta päästään se kiinnitettiin hankintahinnaltaan edulliseen laakeriyksikköön keskitysruu-vein. Kelasta ei vielä ensimmäiseen prototyyppiin saatu toimivaa versiota, mutta sen suunniteltiin kiinnittyvän akseliin sokalla tai tapilla sekä akseliin jyrstytyjen tasaisten pintojen välityksellä. Materiaalina ruostumaton teräs täytti akselille asetetut kriteerit.

7.3.3 Muu toteutus

Kaikkia ensimmäisen prototyypin osia ei valmistettu itse, vaan esimerkiksi väkipyörä hankittiin suoraan kuluttajamyynnistä edullisen hinnan ja soveltuvuutensa vuoksi. Va-vaksi hankittiin teleskooppinen autoharjanvarsi, mutta se jouduttiin hylkäämään taipui-suuden vuoksi. Myös laakeriyksikkö sekä luonnollisesti kiinnittimet ja putkenpidikkeet hankittiin kaupoista.

Ensimmäisen prototyypin sähköohjaus toteutettiin kahdella kolmikärkisellä releellä ja painonapeilla, jotka kaikki kiinnitettiin alapuolisen kuvan mukaisesti erilliseen käyttö-paneeliin. Kolmikärkiset releet mahdollistivat oikeanlaisella kytkentätavalla virran kääntämisen, jotta kelaus onnistui molempiin suuntiin. Painonapeilla käyttäjä pystyi valitsemaan muun muassa kelaussuunnan.



KUVA 17. Ensimmäisen prototyypin erillinen ohjauspaneeli.

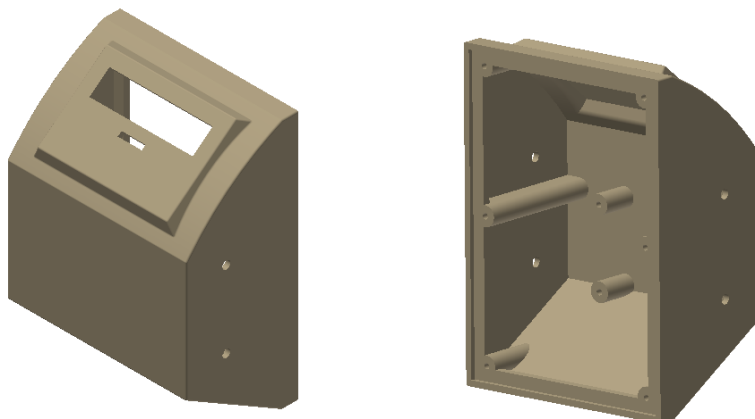
7.4 Toisen prototyypin suunnittelu ja toteutetut muutokset

Heikkouksia ensimmäisestä prototyypistä löytyi ja kehittämistä jatkettiin uusista näkökulmista. Rungon ja lähes kaikkien muidenkin mekaanisten komponenttien kohdalta toinen prototyyppi vastasi melko paljon ensimmäistä prototyyppiä, kuten kuvasta 19 havaitaan. Toiseen prototyyppiin ohjaus päätettiin tehdä modernimmaksi ja älykkäämmäksi. Erillinen käyttöpaneeli sekä paljon tilaa vievät releet ja painonapit päätettiin korvata mikro-ohjaimella, kaukosäätimellä ja painonappiliuskalla, jotka mahdutettiin runkoon kiinnitettyyn ohjainkoteloon yhdessä kaksirivisen LCD-näytön kanssa. Näyttö, painonappiliuska ja ohjainkotelo näkyvät kuvassa 19. Mekaniikan kannalta mainituilla muutoksilla pyrittiin tekemään takilan rakenteesta pienempi ja selkeämpi.

Mikro-ohjaimen, anturoinnin ja LCD-näytön avulla takilaan saatiin lisättyä muun muassa seuraavia ominaisuuksia:

- metrilukema vapautetulle vaijerille
- automaattinen pintaan kelaus
- asetettuun syvyyteen kelaus.

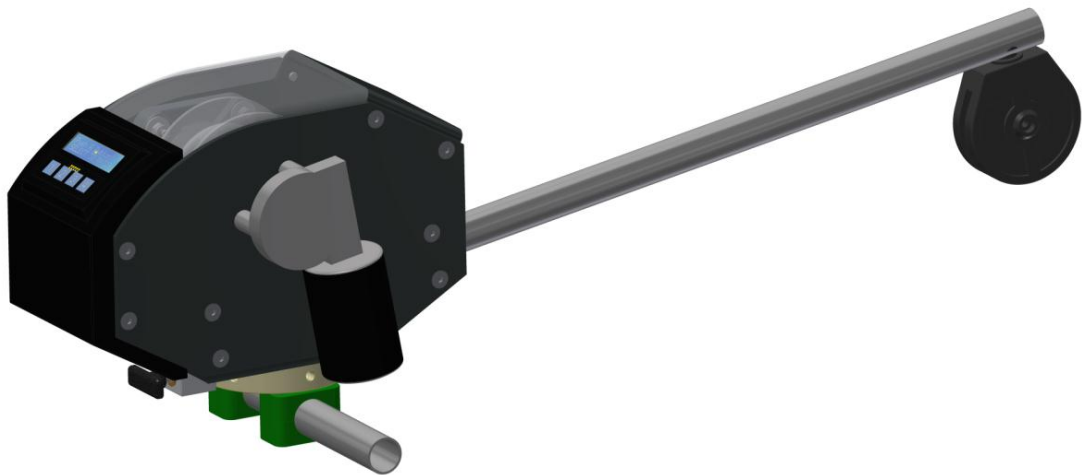
Suurin muutos toisessa prototyypissä mekaniikan kannalta oli alapuolisen kuvan mukainen ohjainkotelo. Se suunniteltiin mukailemaan rungon muotoa ja kuvan mukaisesti sen sisälle suunniteltiin komponentteja varten kiinnityspaikat. Koska kyseessä oli prototyyppi, kotelo päätettiin 3D-tulostaa, jolloin kotelon suhteellisen tarkka geometria toteutuisi oikein. Materiaaliksi valittiin ABS-muovi, joka on mekaanisilta ominaisuuksiltaan melko kestävä materiaali ja kestää hyvin kosteutta.



KUVA 18. 3D-malli toisen prototyypin ohjauskotelosta.

Toinen merkittävä ero toisessa prototyypissä oli kelan suunnittelu, joka sekin päätettiin tässä vaiheessa 3D-tulostaa ABS-muovista Ultimaker 2 -mallisella perustulostimella. Tulostettu kela koostui kahdesta osasta, jolloin saatiin tulostuskustannukset pidettyä mahdollisimman alhaisina. Kelan puolikkaaseen suunniteltiin ura, johon toisen puolikkaan kelan keskiö upottuisi ja pysyisi liimalla paikallaan. Kela mitoitettiin siten, että se asettui kokonaisuudessaan rungon sisälle, kuten alapuolisesta kuvasta 19 havaitaan. Lopulliseksi ratkaisuksi tämäkään kela ei soveltunut, mutta se mahdollisti kuitenkin alustavien testien suorituskykytestien tekemisen takilalla. Myös kelan rakenne osoittautui toimivaksi ja sitä käytettiin apuna 3. prototyypin kela suunniteltaessa.

3D-tulostettujen osien lisäksi toiseen prototyyppiin uudistettiin vapa, joka tehtiin halkaisijaltaan 25 mm vahvasta ruostumattomasta ohutseinäputkesta. Materiaaleille ominaiseen tapaan se kestää hyvin sääolosuhteita ja vapaan kohdistuvien kuormitustenkin osalta ruostumaton teräs osoittautui kestäväksi.

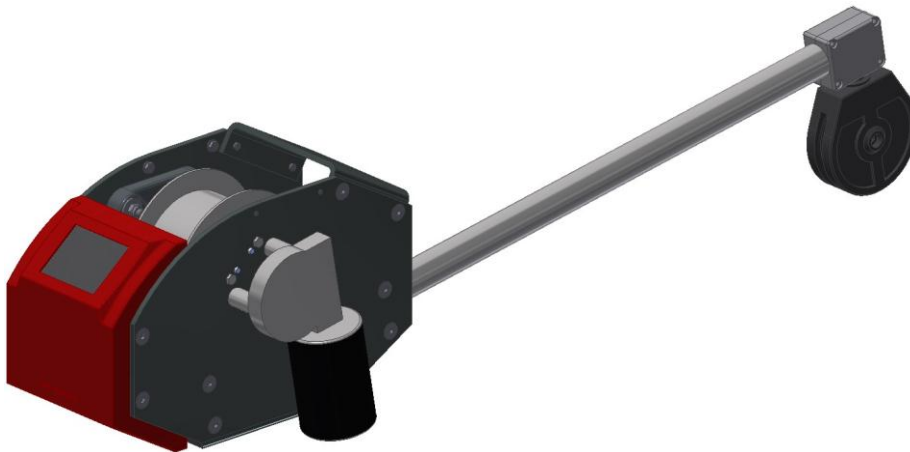


KUVA 19. 3D-malli toisesta prototyypistä. Mallissa näkyy myös hahmotelma veneen kaiteeseen kiinnittämisestä sekä kelan peittävästä suojalevystä.

Toinen prototyyppi osoittautui suhteellisen toimivaksi versioksi, sillä kaikki siihen suunnitellut ominaisuudet vähintäänkin toimivat, mutta siitäkin löytyi edelleen kehityskohteita esimerkiksi kelan osalta.

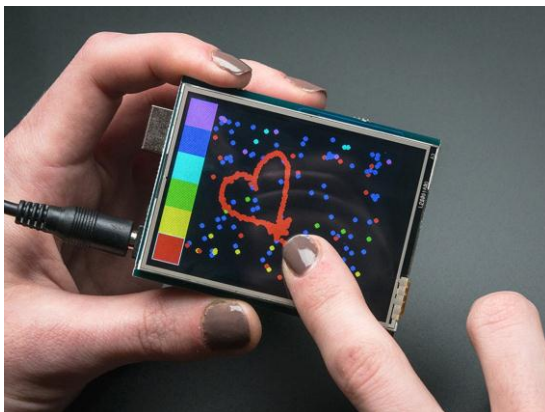
7.5 3. Prototyyppi

Kuten todettua, toinen prototyyppi oli varsin onnistunut versio sähkötakilasta, joka olisi kelvannut jo käyttöönkin, mutta opinnäytetyötä ja kaupallistamista varten takilasta halettiin tehdä vieläkin parempi. Kolmannesta prototyypistä tehtiin seuraavan kuvan mukainen 3D-malli, joka vastasi ulkonäöltään paljolti edellisiä.



KUVA 20. Kolmannen prototyypin 3D-malli

Kolmannen prototyypin suunnittelu aloitettiin siltä pohjalta, että esimerkiksi runko, moottori, laakerointi ja vapa väkipyörineen pidettiin edelleen samana. Toisen prototyypin tavoin muutokset kohdistuivat enemmän takilan ohjausjärjestelmän kehittämiseen. Kolmannen prototyypin keskeisimmäksi asiaksi nousi LCD-näytön ja painonappiliuskan korvaaminen nykyaikaisella kuvan 20 mukaisella 2.8 tuuman kokoisella kosketusnäytöllä. Nykyaikaisuus ja modernius eivät olleet ainoat syyt kosketusnäytön hankintaan, vaan kosketusnäytön avulla takilaan saatiin lisättyä helppokäyttöinen ja selkeä käyttöliittymä, joka piti sisällään käyttöön liittyvät valikot sekä asetusvalikon.

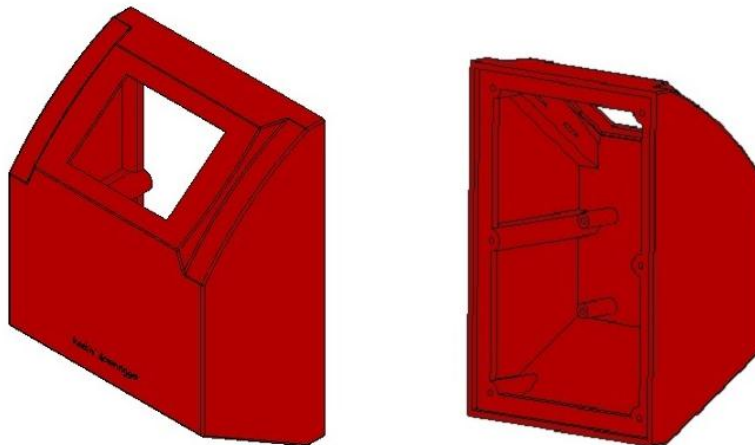


KUVA 21. Hankittu kosketusnäyttö (Adafruit, 2016)

Lisäksi kolmanteen prototyyppiin haluttiin lisätä vaatimusluettelostakin löytyvä automaattinen syvyysseuranta, jossa moottoria ohjataan automaattisesti kaikuluotaimelta saatavan syvyystiedon avulla. Automaattisen syvyysseurannan toteuttaminen toisen prototyypin mukaisilla hallintalaitteilla olisi ollut hankalaa, mutta kosketusnäytön avulla syvyysseurannan hallinnan toteuttaminen onnistui helposti.

7.5.1 Uuden ohjainkotelon suunnittelu

Kosketusnäytön lisääminen johti luonnollisesti siihen, että ohjainkotelo tuli tehdä uudestaan. Ohjainkotelo noudatti seuraavan kuvan mukaisesti samaa muotoilua kuin edellisen prototyypin vastaava ja se päätettiin myös valmistaa 3D-tulostamalla. Tulostus poikkesi aikaisemmasta siten, että toisen prototyypin kanssa suoritettujen testien jälkeen kotelon seinämävahvuutta päätettiin kasvattaa kotelon iskunkestävyyden lisäämiseksi. Myös materiaali muuttui, kun tulostus suoritettiin teollisemmalla Stratasys Dimension Elite -tulostimella ja Stratasyn omalla ABS-materiaalilla.



KUVA 21. 3D-malli kolmannen prototyypin ohjainkotelosta.

Hankitussa kosketusnäytössä ei ollut itsessään kiinnikkeitä, joten sellainen valmistettiin 0.5 mm vahvasta ruostumattomasta teräksestä kuvan 22 mukaisesti. Kuvassa näkyvät ulokkeet upposivat tulostetun kotelon seinämissä oleviin uriin ja keskiosaan lisättiin korottava pehmuste levyn painaessa näyttöä kotelon yläreunaa vasten. Levy kiinnitettiin toisesta päästä paikalleen pienillä ruuveilla kuvan reikien välityksellä.



KUVA 22. Laserleikattu kosketusnäytön kiinnike.

Ainoa ulospäin näkyvä muutos oli kosketusnäytön vaatima suurempi aukko kotelon yläreunassa. Kotelo oli tarkoitus pintakäsitellä maalaamalla mustaksi, mutta opinnäytetyön aikana kehittyneiden uusien ideoiden vuoksi ja se päätettiin jättää punaiseksi. Tässä vaiheessa kehittyi ajatuksia sähkötakilan rakenteellisista ja valmistusteknisistä muutoksista, josta enemmän seuraavissa luvuissa.

7.5.2 Kelan suunnittelu ja muut muutokset

Projektivaiheessa kelan järkevä toteuttaminen oli osoittautunut haasteelliseksi. Erilaisien ratkaisujen, kuten sorvatus kelan tai ruuveilla kokoonpannun kelan, käyttäminen ei tuntunut asianmukaiselta, jolloin kelan lopullisen toteutustavan löytäminen vei aikaa.

Toisen prototyypin kaksiosaisesta kelasta saatiin idea kelan järkevään konstruktion. Se päätettiin tehdä kolmesta erillisestä laserleikatusta osasta koostuen seuraavan kuvan mukaisesti kahdesta päätylevystä ja erillisestä keskiöstä.

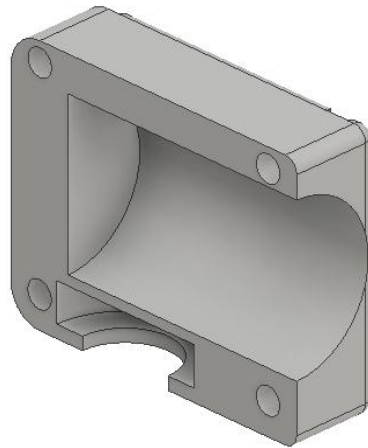


KUVA 23. Kela varten valmistetut osat.

Päätylevyt leikattiin 2 mm vahvasta ruostumattomasta teräslevystä ja niissä oli urat keskiön kiinnittämiseksi sekä akselille. Ohjauksen kannalta kelan päätylevyissä olevat isommat lovet (12 kpl) toimivat pulssianturin pulssikiekkona kelan vapauttaman vaijerin ja kelaussuunnan todentamiseksi induktiivisen anturin kanssa. Kyseinen ratkaisu osoittautui toimivaksi ja riittävän tarkaksi tavoitteidemme kannalta.

Kelan keskiö leikattiin 0.5 mm vahvuisesta ruostumattomasta teräslevystä liitteen 5 valmistuskuvan tapaan. Se kiinnitettiin päätylevyihin kiertämällä se ulokkeidensa mukaan paikalleen ja juottamalla se sitten ulokkeistaan kiinni päätylevyihin.

Muita merkittäviä muutoksia kolmanteen prototyyppiin ei tullut, mutta esimerkiksi väkipyörän kiinnitys toteutettiin valmistamalla kaksi alapuolisen kuvan mukaista puoliskoja, jotka sitten puristautuivat vapaa vasten lukiten samalla väkipyörän väliinsä. Rakente salli väkipyörän vapaahkon liikkeen, josta olisi hyötyä liikkuvassa veneessä ja takilakuulan heiluessa.



KUVA 24. 3D-malli väkipyörän kiinnikkeestä.

7.6 Kolmannen prototyypin tarkempi arviointi

Jotta pystyttäisiin kattavasti käsittelemään opinnäytetyön aiheen mukaista tuotteistamista eli takilan lopullista askelta myytäväksi tuotteeksi, on hyvä tutustua vielä tarkemmin viimeisimpään prototyyppiin ja etenkin sen heikkouksiin. Heikkouksien ja kehityskohdeiden arvioinnin perusteella pystytään sitten tekemään parannuksia ja muutoksia esimerkiksi valmistusmenetelmiin ja käytettyihin materiaaleihin.

Tässä kappaleessa syvennyttään aiempaa katsausta enemmän kolmanteen prototyyppiin. Tarkemmin sanottuna tarkastellaan sen vastaamista asetettuihin vaatimuksiin, sen valmistettavuutta sekä kokoonpantavuutta ja lopuksi toiminnallisuutta.

7.6.1 Vaatimuksenmukaisuus

Kuten liitteestä 3 ilmenee, viimeisin prototyyppi saavutti sille asetetut vaatimukset melko hyvin. Suurimmat kehityskohteet löytyivät valmistus- ja materiaaliteknistä asioista. Myös toiminnallisella puolella esiintyi puutteita, kun automaattista syvyysseurantaa ei saatu kolmanteen prototyyppiin toimimaan, sillä kaikuluotainta, josta olisi saatu syvyystietoa, ei saatu projektin aikana pitkäaikaiseen käyttöön toimivan koodin tekemiseksi. Eräs merkittävä puute kolmannessa prototyypissä oli lisäksi se, että laite ei ollut liitettävissä kaupallisiin takila-alustoihin kovinkaan helposti.

Asiakaskyselyn tuloksissa esiin nousseet vaatimukset poikkesivat osaltaan projektin sisäisiä tavoitteista, kuten liitteestä 4 huomataan. Tosin kyselyssä ilmenneet poikkeavuudet olivat pääosin sellaisia, että osallistujat eivät pitäneet asioita, esimerkiksi rungon kokoa, niin merkittävänä kuin projektin sisäisten tavoitteiden asettajat. Kuten edeltä ilmenee, kaupallisiin takila-alustoihin kiinnittäminen ei ollut vielä tässä prototyypissä mahdollista, vaikka se olikin eräs merkittävistä kyselyyn vastanneiden toiveista. Muutoin projektiin asetetut tavoitteet kohtasivat hyvin asiakaskyselyyn vastanneiden kanssa.

Luvussa 5 käytiin läpi vaatimuksenmukaisuutta ja niitä seikkoja millaiseen tuotteeseen kuluttajalla on oikeus. Tiivistetysti kuluttajalla on oikeus turvalliseen tuotteeseen koko tuotteen elinkaaren ajan. Takilan kolmas prototyyppi osoittautui ainakin testien perusteella turvalliseksi käyttää, sillä pyörivät osat oli koteloitu rungon sisälle, kuten myös

suurin osa sähkökomponenteista. Moottoria ei vielä prototyypivaiheessa ollut koteloitu, mutta se oli tarkoitus koteloida myyntivaiheessa, jolloin myöskin se olisi ollut käyttäjän kannalta turvallisesti suojattu. Luvun 5 mukaisesti markkinoille saattamiseen vaadittaisiin CE-merkintä. Teknisien dokumenttien ja käyttöturvallisuuden osalta kolmas prototyyppi olisi saattanut läpäistä CE-vaatimukset, mutta käyttöohjetta ja EU-vaatimuksenmukaisuusvakuutusta ei vielä tässä vaiheessa projektia ollut tehty.

7.6.2 Materiaalit ja valmistustekniikat

Projektin historiasta selviää, että runkomateriaaliksi valittiin alumiini jo hyvin varhaisessa vaiheessa sen keveyden ja muiden soveltuvien ominaisuuksien vuoksi. Kolmannen prototyypin testausvaiheessa kuitenkin ilmeni, että päätytuesta ja jäykemmästä ohjainkotelosta huolimatta alumiini vääntelehti moottorin pyörittäessä runkoon laakeroitua akselia. Käytössä olleen alumiinin pehmeys tuli siis ilmi vasta varsin myöhäisessä vaiheessa.

Muista käytetyistä materiaaleista, esimerkiksi vavan ja kelan ruostumattomasta teräksestä, ei ilmennyt suurempia heikkouksia ja 3D-tulostettujen kappaleidenkin materiaalit vaikuttivat testien perusteella varsin soveltuvilta takilaan, joskin lopullisessa tuotteessa 3D-tulostusta pyritään välttämään mahdollisimman pitkään.

Liitteen 7 kustannuslaskelmasta ilmenee, että viimeisin prototyyppi onnistuttiin valmistamaan suhteellisen edullisesti. Kuitenkin moneen asiaan olisi ollut syytä perehtyä enemmän kustannustehokkaamman lopputuloksen saamiseksi, kuten esimerkiksi rungon valmistustekniikkana käytettyyn vesileikkaukseen, joka osoittautui melko kalliiksi leikkausmenetelmäksi. Vesileikkaus valittiin valmistusmenetelmäksi oikeastaan siksi, että haluttiin selvittää mihin vesileikkaus pystyy, hintaa sen enempää kilpailuttamatta.

Koska kyseessä oli osittain ohutlevyistä valmistettu tuote, on itsestään selvää, että osa osista valmistettiin vesileikkaamisen lisäksi taivuttamalla. Itse taivuttaminen oli varsin perusteltu valmistusmenetelmä, kuten tämän työn teoriaosastakin ilmenee, mutta taivuteltavat osat olisi ollut suunniteltavissa paremmin. Suunniteltu U:n muoto rungossa lisäsi taivutuskertoja, kuten myös korkeat seinämät suhteessa vaakasuuteen, joka pakotti valmistajaa tekemään aputaivutuksen rungon puoliväliin.

Valmistusmenetelmänä 3D-tulostaminen on uusi tekniikka, joka soveltuu hyvin varsinkin prototyyppivaiheeseen, muttei ainakaan vielä sarjatuotantoprosesseihin. Osittain tästä syystä takilan ohjainkotelo valmistettiin 3D-tulostamalla ja toisaalta myös siitä syystä, ettei vielä ollut täydellistä näkemystä lopullisesta kotelosta. Kuitenkaan mahdollisen tuotantovaiheen koteloa ei voida valmistaa tulostamalla sillä kolmannen prototyypin kotelo olisi tullut maksamaan noin 300 euroa.

7.6.3 Kokoonpantavuus ja huollettavuus

Vaatimusluettelosta käy selväksi, että prototyypin kokoonpantavuuteen ei voinut olla täysin tyytyväinen, sillä osia oli suhteellisen paljon ja kiinnitysmenetelminä käytettiin pääasiallisesti ruuveja ja muttereita, joista ainakin osa olisi ollut korvattavissa esimerkiksi kierrerei'illä. Toisaalta voidaan ajatella, että koko rakenne oli kuitenkin purettavissa perinteisillä työkaluilla, jota voidaan pitää harvinaisuutena nykyaikaisissa tuotteissa.

Kolmanteen prototyyppiin kelan rakenne saatiin toimivaksi, mutta siinä olevat pienet valmistuskuvan (liite 5) mukaiset ruuvien reiät halkaisijaltaan 3,2 millimetriset osoittautuivat turhaksi. Levyt oli siis tarkoitus kiinnittää toisiinsa ruuvein näiden reikien välityksellä, mutta ruostumattoman teräkseen soveltuvan juottamisen johdosta tästä luovuttiin. Lisäksi kelan keskiössä olevien ulokkeiden lukumäärä voidaan asettaa kyseenalaiseksi, koska rakenteen pitäisi toimia myös vähemmällä ulokkeiden määrällä. Myös keskiön kiertäminen paikoilleen osoittautui aikaa vieväksi ja hieman hankalaksi.

Kokoonpantavuuden heikkoudet heijastuvat suoraan takilan huollettavuuteen. Esimerkiksi moottorin irrottaminen vaati melkoista sorminäppäryyttä pienen lenkkiavaimen käytössä, jotta kaikki moottorin kiinnitysruuvit sai aukaistua. Myöskään kela ei ollut irrotettavissa ilman moottorin, laakerin ja akselin irrottamista.

7.6.4 Toiminnallisuus ja komponentit

Toiminnallisuutensa ja ominaisuuksiensa puolesta kolmatta prototyyppiä voidaan pitää onnistuneena, sillä itse laitteen kaikki toiminnot toimivat lukuun ottamatta syvyysseurantaa, jota ei aiemmin mainitusta syystä johtuen saatu toimimaan. Parannettavaa jäi toki esimerkiksi kelausnopeuteen, joka oli selvästi kilpailijoita hitaampi, kuten takiloita vertailevasta taulukosta 2 ilmenee.

Kosketusnäytön ja käyttöliittymän sekä kauko-ohjauksen avulla takilan ohjaaminen oli varsin vaivatonta ja yksinkertaista. Takilan käyttöliittymä oli yksinkertainen ja selkeä, joskin näytön pienuudesta johtuen kömpelömpi käyttäjä saattaisi painella kosketusnäytöltä vääriä näppäimiä. Hankittu kosketusnäyttö oli lisäksi hieman tehoton, joka ilmeni ajoittain hitautena valikkorakenteissa. Lisäksi voidaan olettaa, että pääasiassa Arduino-sovelluksiin soveltuva näyttö ei välttämättä olisi säänkestoltaan vaatimuksien mukainen. Kauko-ohjaus on osoittautunut takilan kenties parhaaksi innovaatioksi sillä sitä ei ainaakaan toistaiseksi löydy kilpailijoilta.

Voimansiirron osalta kolmanteen prototyyppiin ei tehty muutoksia, vaan moottorina toimi edelleen kierukkavaihteinen tasavirtamoottori. Voimaa moottorista irtosi kohtuullisesti, mutta kierukkavaihteen suuri välityssuhde pudotti kierrosnopeuden alhaiseksi, joka yhdistettynä pienehkön kelan halkaisijaan pudottivat kuulan kelausnopeutta tuntuvasti. Lisäksi hiiliharjallisen moottorin teoriaosuudessa esitetyt heikkoudet lisäävät moottoriin kohdistuvaa huoltotarvetta.

7.6.5 Vertailua kilpailijoihin

Prototyyppien valmistusvaiheessa takilaa verrattiin runsaasti kilpailijoiden laitteisiin. Taulukosta 2 huomataan takilan pärjäävän kilpailijoihin nähden varsin hyvin lukuun ottamatta jo mainittua kelausnopeutta. Prototyypissä ei ollut kiinteää vapatelinettä eikä teleskooppivapaa, mutta potentiaalisten ostajaehdokkaiden mukaan ne eivät kuitenkaan ole oleellisen tärkeitä takilan hankintaa tehdessä. Lisäksi niiden lisääminen takilaan myöhemmässä vaiheessa olisi helppoa. Myös ohuehkon alumiinin käyttäminen päämateriaalina osoittautui kilpailijoiden rakenteita huonommaksi pehmeytensä vuoksi.

Negatiivisten seikkojen lisäksi löytyy myös positiivista, kuten kauko-ohjaus, informatiivinen näyttö ja syvyysseuranta. Näistä varsinkin kauko-ohjaus on kullannarvoinen asia takilaa markkinoitaessa. Myös kaikuluotaimen valmistajasta riippumaton syvyysseuranta nostaa projektitakilan tuotearvoa. Prototyyppilaitteen takuuta on hankala määrittellä totuudenmukaisesti, mutta sille voitaisiin luvata vähintään yksittäisten komponenttien määrittämä takuu, joka olisi luultavasti kilpailija 1. tapaan 2 vuotta.

Valmistuskuluiltaan takila on ollut tähän asti suhteellisen edullinen, joskaan suoraa vertailua kilpailijoiden kanssa ei voida tehdä, mutta asettamalla takilasta tavoitteelluksi katteeksi esimerkiksi 100 %, niin hinta olisi edelleen varsin edullinen kilpailijoihin nähden.

TAULUKKO 2. Takiloiden ominaisuuksien vertailua. Opinnäytetyön selkeät kehityskohdat merkitty punaisella.

Ominaisuus	Opinnäytetyön takila	Kilpailija 1	Kilpailija 2
Syvyysseuranta	On	Mahdollinen	Ei
Kauko-ohjaus	On	Ei	Ei
Kelausnopeus	20 m / min	76 m / min	79,2 m / min
Teleskooppivapa	Ei	On	On (91 – 152 cm)
Vapateline	Ei	On	On
Informatiiv. näyttö	On	On	Ei
Rungon kestävyys	Heikko	Hyvä	Hyvä
Liitettävyyys	Heikko	Hyvä	Hyvä
Takuu	Määrittelemätön	2 vuotta	Elinikäinen
Hinta	Valmistuskulut 295 €	1390 €	1145 €

Vertailutaulukon pohjalta saadaan hyvää informaatiota takilan tuotteistamisvaiheeseen. Kehityskohteita löytyy, kuten aikaisemmin on kerrottu. Havaitaan kuitenkin, että kehityksen kanssa ollaan varsin hyvällä mallilla ja selkeitä vahvuuksia kilpailijoihin nähden löytyy jo nyt. Taulukko ei käsittele takiloiden visuaalista ulkonäköä, mutta tästä kolmikosta yksikään ei erottunut ulkonäöllään edukseen.

8 TUOTTEISTAMINEN

Kolmatta prototyyppiä arvioitaessa kävi ilmi, että takilan markkinoille saattamiseksi tulisi vielä tehdä muutoksia takilan rakenteeseen ja valmistusmenetelmiin, jotta sitä saataisiin kustannustehokkaasti valmistettua ja hinnoiteltua se kilpailukykyisesti. Lisäksi joitakin toimintoja oli myös relevanttia kehittää lähemmäksi kilpailijatuotteiden tasoa.

Tässä luvussa keskitytään takilan tuotteistamisen kannalta olennaisiin asioihin ja niihin toimenpiteisiin ja muutoksiin, jolla takilasta voitaisiin saada markkinakelpoinen tuote. Luvun lopuksi esitetään ratkaisuja yksinkertaisiin markkinointimenetelmiin.

8.1 Rungon ja ohjainkotelon uudistaminen

Kolmannessa prototyyppissä suurimmat kehityskohteet esiintyivät rungon materiaalivalinnassa ja valmistusmenetelmissä. Myös ohjainkotelon valmistamisen järkevöittäminen oli keskeinen asia tuotantolaitteen aikaansaamiseksi. Lisäksi oli muutamia isoja toiminnallisia ongelmia, jotka kaipaivat parannusta. Näiden ongelmien korjaamiseksi ja kehittämiseksi keskityttiin aiempaa enemmän oikeiden materiaalien, valmistustekniikoiden sekä parempien teknisten ratkaisujen löytämiseen. Kyseiset prosessit olisi ollut hyvä käydä läpi jo takilaprojektin alkuvaiheessa, mutta alati kasvavat vaatimukset muokkasivat takilaa jatkuvasti, jolloin pitkäaikaisten ratkaisujen miettiminen oli hankalaa.

8.1.1 Materiaalit

Edellisestä luvusta kerrottiin alumiinin osoittautuneen kolmannen prototyypin testausvaiheessa liian pehmeäksi runkomateriaaliksi. Materiaalivalinnassa olisi pitänyt kiinnittää enemmän huomiota ohutlevyyden kohdistuvaan rasitukseen tässä laitteessa, jolloin jo lähtötilanteessa materiaaliksi olisi pitänyt valita ruostumaton teräs tai jopa haponkestävä teräs. Edellä mainittujen materiaalien murtolujuus on lähes kaksinkertainen tavallisiin alumiiniseoksiin verrattuna. (Koivisto ym. 2008, 147, 169-170). Ruostumattomalla ja haponkestävällä teräksellä ei sinällään ole suuria eroja, mutta meriolosuhteissa haponkestävä teräs on osoittautunut ruostumatonta terästä paremmaksi materiaaliksi veneilytuotteissa. Haponkestävä teräs on luonnollisesti hinnaltaan hieman kalliimpaa kuin ruostumaton. Materiaalien hinnoista suuntaa antaa alapuolinen taulukko, jossa on mukana vertailun vuoksi myös alumiini.

TAULUKKO 3. Kierrätettyjen levyateriaalien hintavertailu (Rautasoini Oy, 2016)

Materiaali	Alumiini	Ruostumaton	Haponkestävä
Hinta / kg	3 €	4 €	5€

Taulukosta havaitaan, että suurta hintaeroa materiaalien välillä ei ainakaan kierrätettyjen levyjen kanssa ole. Voidaan kuitenkin miettiä, olisiko järkevämpää ostaa kerralla isompi levy suoraan valmistajalta, jolloin yksikkökustannukset saattaisivat jäädä pienemmiksi.

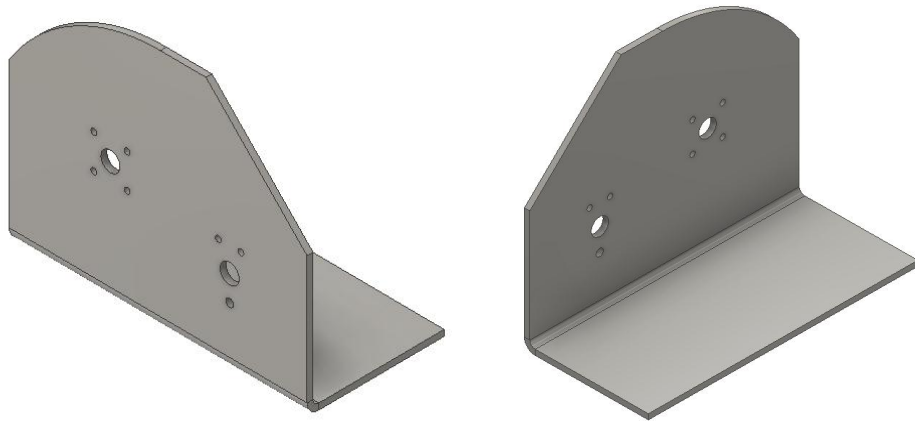
Takilan ulkonäköä ajatellen ruostumattomat teräkset mielletään usein tyylikkääksi valmistusmateriaaleiksi maalattunakin, jolloin suurta tappiota anodisoituun ja värjättyyn alumiinipintaan ei olisi. Molempia materiaaleja on alumiinin tapaan helposti saatavissa, jolloin sekin selittää osaltaan materiaalien pieniä hintaeroja.

Valitsemalla runkomateriaaliksi ruostumattoman teräksen pystyttäisiin myös yhdenmu-kaistamaan tuotteen valmistusmateriaalit eri osissa. Rungon lisäksi ainakin akseli, kela ja vapa valmistettaisiin ruostumattomasta teräksestä. Mekaanisen rasituksen kestämisen lisäämiseksi runkolevyn vahvuutta voitaisiin kasvattaa alumiinin kolmesta millimetristä reilusti ylöspäin, esimerkiksi kuuteen millimetriin. Tämä ehkäisi rungon vääntyilyä ja runko olisi varmasti muutenkin tukevampi kasvaneen massan vuoksi.

Toinen keskeinen materiaalivalinta liittyy ohjainkotelon valmistamiseen. Tähän mennessä se on tulostettu kahdesta erilaisesta ABS-muovista, joka sinällään on ollut toimiva materiaali, mutta valmistusmenetelmästä riippuen se saatetaan joutua vaihtamaan. ABS-muovin lisäksi materiaaleista pohdittiin PET-muovia, POM-muovia ja erilaisia kuitumattoja. Jokainen materiaali vastasi ohjainkotelon valmistamisen vaatimuksia, joten ratkaisu on enemmänkin valmistustekninen, josta enemmän seuraavassa kappaleessa. On kuitenkin hyvä tiedostaa, että erityisesti osa kuitumatoista on kierrätyskelpoisia ja luonnonmukaisia materiaaleja, joka voisi olla hyödyllinen näkökulma nykypäivän valmistuksessa. Luonnollisesti lasikuituakin tulee harkita sen erittäin edullisen hinnan ja helpon saatavuuden vuoksi, jos kotelo päädyttäisiin tekemään kuiduttamalla. Luonnonmukaiset kuidut ja niiden koveteaineet ovat perinteistä lasikuitua ja sen kovetinta kal- liimpia, mutta silti harkinnan arvoisia.

8.1.2 Muotoilu ja valmistus

Muotoilemalla takilan runko uudestaan pystyttäisiin vaikuttamaan suoraan myös valmistettavuuden parantamiseen. Rungon U-muotoilu voitaisiin korvata L:n mallisella muotoilulla, jolloin se olisi huomattavasti edullisempi myös valmistaa. Muotoilu L:n malliseksi ei kuitenkaan vaikuttaisi merkittävästi takilan lopulliseen ulkomuotoon ja komponenttienkin sijoittelu olisi mahdollista toteuttaa lähes identtisesti edellisen prototyypin kanssa. L:n muoto kompensoisi myös edellä esitetyn vahvemman materiaalin tuomaa lisämassaa laitteelle. Uudesta muotoilusta on tehty alapuolisen kuvan mukainen 3D-malli, josta havaitaan muotokielen pysyneen edellisten prototyyppien kaltaisena. Rungon pohjaan tultaisiin lisäämään vielä kiinnitysreiät valmiita takilankiinnitysalustoja varten.

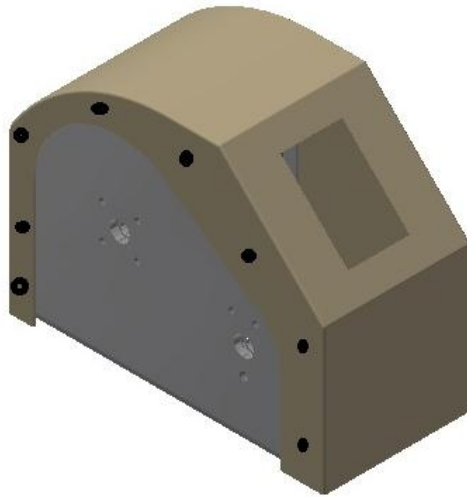


KUVA 25. 3D-malli mahdollisesta uudesta rungosta.

Kuvan mukaisen rungon mitat pysyisivät aiempiin prototyyppeihin verrattuna lähes samanlaisina, joskin korkeutta jouduttiin lisäämään suuremman kelan vuoksi. Jälleen rungosta haluttiin kulmikkaan ja pyöreän muotoilun yhdistelmä, jottei lopullisesta tuotteesta tulisi liian laatikkomainen.

Uuden rungon valmistaminen tulisi tehdä laserleikkaamalla käsittelyosuudessakin esiteltyjen perusteluiden vuoksi, sillä laserleikkaus on tämän kokoisissa tuotteissa huomattavasti vesileikkausta kustannustehokkaampi ratkaisu. Rungon taivutus tehtäisiin alihankintana kanttikoneella tai sen ollessa näin yksinkertainen, se pystyttäisiin valmistamaan myös esimerkiksi hydraulipuristimeen tehdyllä levyntaivuttimella.

Aikaisemmin ilmeni, että ohjainkotelon uudistaminen ja siihen liittyvä valmistustekniikka määrittäisi pitkälti siinä käytettävän materiaalin. Tällä kertaa luovuttiin erillisestä ohjainkotelosta ja päätettiin koteloida koko L:n muotoisen rungon sisäpuoli kuvan mukaisesti. Kyseinen ratkaisu tekisi koko rungosta kaiken kaikkiaan yhtenäisemmän ja viimeistellymmän oloisen. Ohjauksen komponenteille valmistettaisiin kiinnikkeet kotelon ja rungon sisäseiniin.



KUVA 26. 3D-malli ohjainkotelosta ja sen kiinnittämisestä runkoon.

Edelliset ohjainkotelot 3D-tulostettiin, koska ei tarkkaan tiedetty kunnollista valmistusmenetelmää kyseisensäisille kappaleille ja toisaalta myös sen vuoksi, että prototyypit saatiin valmistettua mahdollisimman nopealla aikataululla. Tuotteistamisvaiheessa on kuitenkin syytä tarrautua ohjainkotelon tai tässä mallissa oikeastaan kotelon valmistusmenetelmään.

Selvittäessä mahdollisia valmistusmenetelmiä nousi esiin esimerkiksi tyhjiömuovaus ja kuiduttaminen. Näitä valmistusmenetelmiä käytetään yleisesti kotelojen ja erilaisten umpioiden valmistamiseen, joten niistä löytyisi varmasti soveltuva menetelmä myös tähän koteloon.

Molempia menetelmiä varten kotelosta tulisi valmistaa ensin muotti, jonka avulla lopullinen kappale sitten tehtäisiin. Muotti voitaisiin valmistaa esimerkiksi puusta, jolloin se voitaisiin tehdä myös kotiloissa, joka taas edelleen pienentäisi valmistuskuluja.

Muotin valmistamisen tyhjiömuovausta tarjoavassa yrityksessä nostaisi luonnollisesti kotelon hintaa huomattavasti. Etuna olisi toisaalta se, että sitten muottia pystyisi varmasti käyttämään myös seuraavilla valmistuskerroilla, jolloin kustannukset saattaisivat hieman tippua.

Tyhjiömuovausta puolsi teollisuus ja lähes takuuvarmasti hyvä viimeistely jälki, kun taas kuiduttamisen positiivisena puolena olisi se, että se voitaisiin ainakin alkuvaiheessa tehdä kotikutoisesti ja halvalla. Tyhjiömuovaukselle ei saatu tämän opinnäytetyön aikana vielä varmaa hintaa, mutta tyhjiömuovauksen kustannustehokkuus konkretisoituisi vasta suuremmissa kappalemäärissä, joten ensimmäiset myyntikelpoiset kappaleet kannattaisi valmistaa kuiduttamalla, vaikkakin se veisi enemmän aikaa kuin tyhjiömuovaus. Kuiduttamiseen voitaisiin soveltaa Liitteen 8 mukaisia ohjeita.

8.2 Kelausnopeuden kasvattaminen

Tähän asti suurimpana kompastuskivenä toiminnallisuudessa voidaan pitää jo mainittua kelausnopeuden hitautta. Runkomateriaalin valinnan tapaan virhe tehtiin kenties jo alkuvaiheessa, kun päätettiin pitäytyä kierukkavaihteissa moottorissa sen sijaan, että erillinen vaihde olisi rakennettu. Testien ja myöhemmin esitettävien laskelmien myötä kävi selväksi erillisen vaihteen toteuttamisen olevan yksi osa kelausnopeuden korottamista kilpailijatuotteiden tasolle. Muut kelausnopeuden korottamiseen liittyvät tekijät ovat uusi tasavirtamoottori sekä ainakin osittain uudelleen suunniteltu kela.

8.2.1 Moottorin valinta

Aikaisemmin ilmeni moottorin valinnan aiheuttaneen suurehkoja ongelmia kehitysprosessin aikana. Nyt kuitenkin valintaan saatiin uusi näkökohta, kun huomioon otettiin myös vaihteettomat moottorit. Moottorin valinnassa tuli kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota myös laskennallisiin suureisiin, jottei aiemman kaltaisia ongelmia takilan ominaisuuksissa ilmenisi. Valinta perustuu kahteen suureeseen, eli kierrosnopeuteen ja vääntömomenttiin, jotka laskettiin jo projektivaiheessa, mutta silloin uskottiin kierukkavaihteisen moottorin riittävän tarkoitukseen ja mitoitus jätettiin vähemmälle huomiolle.

Kilpailijoiden korkeiden kelausnopeuksien myötä moottori oli syytä mitoitaa uudelleen. Ensinnä laskettiin takilakuulan oletetun maksimipainon (10 kg) mukainen teoreettinen vääntömomentti kaavan 1 mukaan seuraavasti:

$$M = Fr = mgr \quad (1)$$

$$M = 10 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,075 \approx 7,4 \text{ Nm}$$

Kaavassa (1) F on kuulan kelan ulkokehälle kohdistama voima. Se lasketaan kuulan massan m ja putoamiskiihtyvyyden g tulona. Kun saatu voima kerrotaan kelan säteellä r , tuloksena saadaan moottorin akselille kohdistuva enimmäismomentti M .

Saatu momentti tulisi siis täyttää joko kierukkavaihteisella moottorilla tai erillisellä vaihteistolla kuulan nostamiseksi. Perinteisesti uistelussa käytetään jopa puolta kevyempiä kuulia kuin 10 kiloa, mutta laskennassa on hyvä ottaa huomioon pieni varmuuskerroin.

Useimmat kierukkavaihteiset moottorit täyttävät vääntömomentin vaatimukset, mutta niiden kierrosnopeus putoaa helposti liian alhaiseksi, kuten tässäkin työssä on huomattu. Kierukkavaihteisten moottorien pienen kierrosnopeuden vuoksi valinta kohdistettiin vaihteettomiin moottoreihin, josta saataisiin järkevällä välityssuhteella riittävä vääntömomentti kierrosnopeuden pysyessä korkeana. Kierrosnopeuden ja vääntömomentin lisäksi kustannukset vaikuttivat moottorin valintaan merkittävästi. Uuden moottorin valintaprosessin aluksi pyrittiin löytämään kriteerit täyttävä harjaton tasavirtamoottori käsittelyosassa esitettyjen lukuisien vahvuuksien vuoksi. Harjattomat moottorit osoittautuivat joko liian kalliiksi tai sitten niiden vääntömomentti jäi vaihteesta huolimatta liian pieneksi. Ongelmaksi muodostui myös erillisten harjattomien moottorien ohjainten toimimattomuus vaaditulla 12 voltin jännitteellä.

Varteenotettavien moottorien etsimistä jatkettiin harjallisista moottoreista, joiden ohjaus olisi, kuten käsittelyosassa tuodaan julki, harjattomia helpompaa. Myös harjattomia moottoreita halvemmat hankintahinnat edesauttoivat palaamista harjallisiin moottoreihin. Tarkoituksenmukainen ja vaatimukset täyttävä moottori saattaisi olla kuvan 27 mukainen For And Or -verkkokaupasta löytynyt 12 voltilla toimiva harjaton 150 W tehoinen tasavirtamoottori.

Kyseisen moottorin hyvinä puolina voidaan pitää erittäin halpaa (28 €) hintaa, suhteellisen pientä kokoa ja valmiiksi kiinnitettyä hammashihnapyörää, joka oli kooltaan ja hammastukseltaan yleisten hammashihnapyörien mukainen. Osa moottorin teknisistä tiedoista on eritelty seuraavalla sivulla laskennan yhteydessä ja osa liitteessä 9.



KUVA 27. Alustavasti valittua sähkömoottoria vastaava moottori. (Big Toys USA, 2016)

Moottorin valmistajan ilmoittama rajoitettu kierrosnopeus oli 2750 rpm ja jatkuvan kuormituksen rajoitettu vääntömomenti 0,56 Nm. Sopivalla vaihteen välityssuhteella, joka saadaan seuraavan kaavan mukaisesti, saataisiin vääntömomenti riittäväksi.

$$i = \frac{M}{M_m} \quad (2)$$

$$i = \frac{7,4}{0,56} Nm = 13,2$$

Kaavassa (2) i on vaaditun momentin M ja moottorin ilmoitetun vääntömomentin M_m välinen suhde. Saatu välityssuhde voidaan vielä pyöristää hieman ylöspäin esimerkiksi arvoon 15, jotta vääntömomenti olisi varmasti riittävä.

Toinen tarpeellinen suure oli kierrosnopeus. Valmistajan ilmoittama kierrosnopeus ei vielä kerro koko totuutta, mutta sen perusteella voidaan laskea lopullinen teoreettinen kierrosnopeus seuraavasti:

$$v_t = \frac{v_r}{i} \quad (3)$$

$$v_t = \frac{2750 \text{ rpm}}{15} \approx 183 \text{ rpm}$$

Kaavassa (3) v_t on todellinen kierrosnopeus, joka saadaan rajoitetun kierrosnopeuden v_r ja arvioidun välityssuhteen i osamääränä. Saatu kierrosnopeus ei vielä kerro todellista kelausnopeutta, mutta siihen palataan myöhemmin. Tässä vaiheessa voidaan valittua moottoria kuitenkin pitää tarkoitukseen varsin hyvin sopivana.

8.2.2 Vaihteiston suunnittelu

Käsittelyosuuden perusteella järkevin vaihtoehto erillisen vaihteen toteuttamiseksi olisi hammashihnaveto niiden kiilahihnoja kalliimmasta hankintahinnasta riippumatta. Käyntiään hiljaisuus, luistamattomuus sekä huoltovapaus ovat sellaisia asioita, joita hyvältä vaihteelta voidaan tällaisessa sovelluksessa edellyttää ja hammashihnakäyttö täyttää nuo kriteerit.

Hammashihnavaihteen rakentaminen ei kuitenkaan olisi täysin mutkatonta, sillä riippumatta moottorista, hammashihnapyörien valinnassa tulisi tehdä kompromissi, toteuttaanko vaihde kahdella hammashihnapyöräparilla ja kahdella hihnalla vai yhdellä hammashihnapyöräparilla ja hihnalla. Hyödyntäessä kahta hammashihnapyöräparia itse pyöriä löytyisi yrityksiltä varastosta, kun taas yhdellä hammashihnapyöräparilla vaihteen suurempi hammaspyörä jouduttaisiin erikseen teettämään, joka taas saattaisi lisätä kustannuksia. Edellä esitettyjen laskujen ja moottorin perusteella vaihteen välityssuhde tuli olla noin 15 luokkaa. Hammashihnapyörien välityssuhde lasketaan seuraavasti:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \quad (4)$$

Kaavassa (4) i on välityssuhde, z_2 on käytettävän hammaspyörän hampaiden lukumäärä ja z_1 käyttävän hammaspyörän hampaiden lukumäärä. Jos käytössä on useamman hammashihnapyöräparin yhdistelmä, voidaan kokonaisvälityssuhde laskea seuraavasti:

$$i_{kok} = \frac{z_2}{z_1} * \frac{z_4}{z_3} \dots * \frac{z_n}{z_n} \quad (5)$$

Kaavassa (5) i_{kok} on kokonaisvälytyssuhde ja loput arvot kuvaavat hampaiden lukumäärää samoin kuin kaavassa 4. Tässä kaavassa yksittäiset välytyssuhteet kerrotaan keskenään ja tulona saadaan vaihteen kokonaisvälytyssuhde.

Opinnäytetyön takilan voimansiirron välytyssuhde edellyttäisi esimerkiksi seuraavien taulukoiden mukaisia hammaspyöriä olettaen, että valitussa moottorissa olisi itsessään jo 13 hampainen hammaspyörä. Taulukoiden hammaspyörien hampaiden lukumäärien laskemiseen on hyödynnetty kaavoja 4. ja 5.

TAULUKKO 4. Hammashihnapyörävaihteen toteuttaminen yhdellä pyöräparilla

Vaihteen tyyppi ($i \sim 15$)	Hammaspyörä 1 / hampaita	Hammaspyörä 2 / hampaita
Yksi pyöräpari	13	200

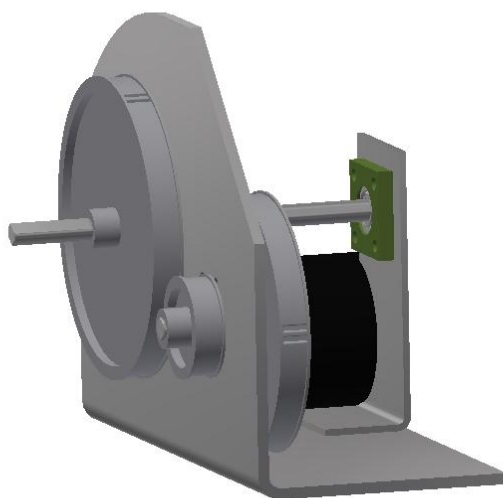
TAULUKKO 5. Hammashihnapyörävaihteen toteuttaminen kahdella pyöräparilla

Vaihteen tyyppi ($i_{kok} \sim 15$)	Hammaspyörä 1 / hampaita	Hammaspyörä 2 / hampaita
Kaksi pyöräparia	13	72
	Hammaspyörä 3 / hampaita	Hammaspyörä 4 / hampaita
	28	84

Taulukoissa esitetyt hammaspyörät ovat isoa hammaspyörää lukuun ottamatta kokonsa puolesta sellaisia, että ne olisivat helposti saatavissa useilta yrityksiltä. Kyseisiä hammaspyöriä olisi saatavissa myös muovista valmistettuna, joka voisi olla keveyden puolesta hyvä vaihtoehto alumiinisille hammashihnapyörille. Muovisten hammaspyörien hihnavoiman kesto on myös sitä luokkaa, että ne soveltuisivat varsin hyvin tähän sovellukseen. Muoviset hammaspyörät ovat lisäksi hankintahinnaltaankin alumiinisia hammaspyöriä edullisempia ja siten kustannustehokkaita.

Pidemmälle pohdittuna vaihteen toteuttaminen kahdella hammaspyöräparilla vaikuttaisi järkevämmältä ratkaisulta edellä mainittujen seikkojen vuoksi, mutta myös sen toiseikan takia, että suunniteltuun runkoon suhteutettuna 200 hampainen hammaspyörä näyttäisi hieman ylisuurelta. Lisäksi hammashihnan saatavuus helpottuu huomattavasti, kun käytetään yleisesti saatavilla olevia hammashihnapyöriä. 200 hampaisella hammashihnapyörällä toteutettu vaihteisto edellyttäisi luultavasti myös pidempää akseliväliä, joka olisi hankala toteuttaa suunniteltuun runkoon.

Toteuttaessa voimansiirto kahdella hammaspyöräparilla tulisi toinen hihnapareista pitää L:n muodon sisäpuolella ja toinen pyöräpari kelan kanssa rungon ulkoreunassa takilan leveysmitan pitämiseksi kapeana, kuten alapuolisesta kuvasta havaitaan. Kyseinen rakennetta voidaan pitää huollon kannalta hankala, mutta kotelon huolellisesti suunnitellun kiinnityksen ja irrotettavissa olevan kelan vuoksi hihnoihin ja hihnapyöriin pääsisi helposti käsiksi ja huoltotoimenpiteet pysyttäisiin suorittamaan vaivatta.

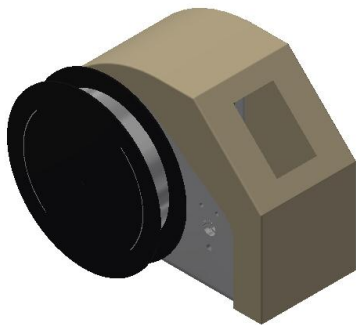


KUVA 28. 3D-malli voimansiirron asettelusta.

Kahden hammashihnapyöräparin käyttäminen lisää tietysti huollettavien komponenttien määrää, mutta takilan kausiluontoisen ja hetkittäisen käytön vuoksi voidaan väittää, ettei tästä pienestä ylimääräisestä huoltamisesta olisi haittaa, kunhan hihnan vaihtaminen ja hihnapyörien kireyden säätäminen suunnitellaan helpoksi. Myös komponentit tulee valita hinnaltaan edullisiksi, koska hinnaltaan edullisia varaosia on luultavasti asiakkaiden mielestä mielekkäämpi vaihtaa.

8.2.3 Kelan suunnittelu ja paranneltu pyörimisnopeus

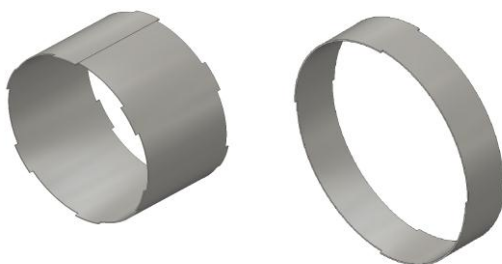
Moottorin ja voimansiirron ohella kolmas keskeinen osa kelausnopeuden kasvattamiseksi oli kelan halkaisijan suurentaminen, jolloin siihen tietenkin mahtuisi enemmän vaijeria per kelattu kierros. Kelaa tulisi suurentaa rungon koko huomioon ottaen ainakin puolitoistakertaiseksi aiemmista prototyypeistä, jolloin sen sisähalkaisija nousi 150 millimetriin. Kelan suurentaminen johtaisi siihen, että se olisi hyvä sijoittaa L-muotoisen rungon ulkoreunaan kuvan 29 mukaisesti eikä sisäreunaan, kuten U:n mallisessa rungossa.



KUVA 29. 3D-malli suuremmasta kelasta runkoon kiinnitettynä.

Kolmannessa prototyypissä hyväksi koettu kelan rakenne voitaisiin pitää ennallaan. Tosin keskiössä olevien ulokkeiden määrä voitaisiin pienentää, kuten edellisessä luvussa mainitaan.

Kuvan 30 keskiö voitaisiin valmistaa levyn sijaan putkesta kustannustehokkaalla putkilasertekniikalla, jonka avulla putkimaiseen kappaleeseen pystytään leikkaamaan kustannustehokkaasti erilaisia muotoja sekä asennusta helpottavia uria ja ulokkeita. (Ristimäki, 2016). Tällöin keskiö olisi valmiiksi pyöreä, joka edelleen helpottaisi kelan kokoonpanemista.



KUVA 30. Vertaileva kuva vanhasta ja uudesta kelankeskiöstä.

Kelan reunalevyt voitaisiin valmistaa edelleen ruostumattomasta teräksestä laserleikkaamalla, jolloin kelauskeskiön anturointi pystyttäisiin toteuttamaan edellisen prototyypin tapaan ja keskiö saataisiin kiinnitettyä levyihin esimerkiksi juottamalla tai hitsaamalla. Toinen vaihtoehto olisi valmistaa reunalevyt muovista, jolloin ne olisivat kevyempiä ja halvempia, mutta toisaalta niiden kiinnittäminen keskiöön olisi tällöin haastavampaa.

Kelausnopeuden laskeminen jätettiin aikaisemmin viimeistä muuttujaa vaille kesken. Tuo viimeinen muuttuja on kelan sisähalkaisija, jonka avulla pystytään saadusta kierrosnopeudesta laskemaan takilan teoreettinen kelausnopeus seuraavasti

$$v_k = v_t * \pi * D \quad (6)$$

$$v_k = 183 \frac{1}{\text{min}} * \pi * 0,150 \text{ m} \approx 86 \text{ m/min}$$

Kaavassa (6) v_k on kelausnopeus, joka saadaan moottorin vaihteen jälkeisen pyörimisnopeuden v_t ja kelan piirin tulona. Kelan piiri lasketaan π :n ja kelan sisähalkaisijan D avulla.

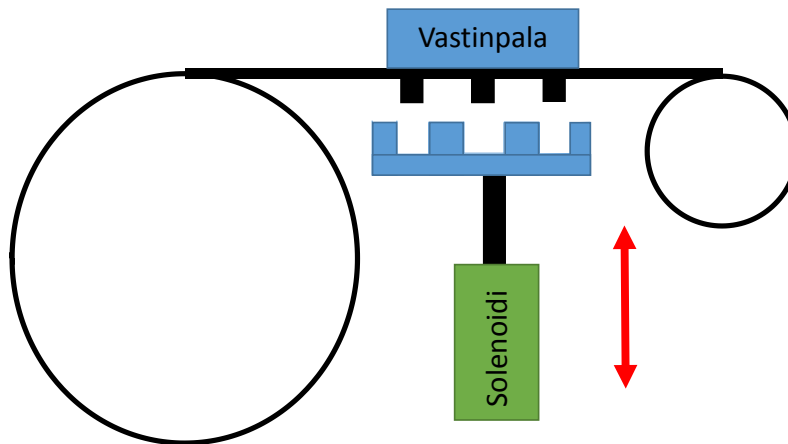
Saatu teoreettinen kelausnopeus riittäisi vastamaan luvussa 7 esitettyjen kilpailijoiden kelausnopeuksiin vähintäänkin hyvin. Edellä esitettyjen faktojen ja laskelmien perusteella olisi varsin perusteltua vaihtaa takilan voimansiirtojärjestelmä kokonaan.

8.3 Muut kehityskohteet takilan tuotteistamiseksi

Edellä on esitetty toimenpiteitä ja muutoksia takilan tuotteistamiseksi. Muutokset ovat tähän mennessä olleet melko suurehkoja, mutta perusteltuja. Mainittujen muutoksien lisäksi olisi tarvetta muutamalle hieman pienemmälle muutokselle, jotka eivät liity täysin mekaniikkaan, mutta jotka on kuitenkin syytä käydä läpi tuotteistamisprosessin kokonaiskuvan kannalta.

Edellä esitettiin voimansiirrollinen muutos takilaan. Tähän asti takilan moottorina käytetyn kierukkavaihteiston pitomomentti on ollut niin korkea, että erillistä jarrua kuulan paikallaan pitämiseksi ei ole tarvittu. Voimansiirron muutoksien takia voidaan olettaa, että vaihteen tuottama pitomomentti ei välttämättä riittäisi, jolloin erillisen jarrun suunnittelu tulisi ainakin varmuuden vuoksi tehdä.

Perinteisin jarru tällaisissa sovelluksissa toteutetaan solenoidilla, joka virtaa saadessaan eli vaikuttuneena painaa alapuolisen havaintokuvan mukaisesti varteensa kiinnitettyä palaa vastinpariaan vasten. Solenoidin painautuessa hammashihna puristuu palojen väliin ja hihna pysähtyy.



KUVA 31. Periaatekuva solenoidilla toteutetusta jarrusta.

Jos päädyttäisiin käyttämään kahdesta hammashihnapyöräparista koostuvaa vaihdetta, kuvanmukainen jarru tulisi toteuttaa vain toiseen hihnoista. Solenoidit ovat erittäin halpoja komponentteja, joten suurta kustannuslisää jarrusta ei aiheutuisi.

Toinen pienempi muutos on kappaleessa 7.6 esitettyjen syiden perusteella suuremman kosketusnäytön lisääminen takilaan. Soveltuvaksi kosketusnäytöksi kävisi Australialaisen 4D-systemsin tarjoama 3,5 tuuman kokoinen kosketusnäyttö, joka sisältäisi jo itsessään reilusti prosessointitehoa. Hankintahinnaltaan kyseinen näyttö on aiempaa puolet kalliimpi (100 €), mutta sen sisältämät liitännät ja parempi viimeistely antavat hinnalle perustetta. Kyseisessä näytössä on mekaniikan näkökulmasta myös kiinnikereiät valmiina, jolloin se olisi helppo myös kiinnittää 8.1.2 kappaleessa esitettyyn koteloon.

8.4 Kustannustehokkuus

Edellä mainittujen muutosten ja toimenpiteiden taustalla on vaikuttanut kustannustehokkuus. Aiemmin takilaa on pyritty työstämään vain helposti saatavilla olevien materiaalien ja ensimmäisten ideoiden pohjalta kiinnittämättä suurempaa huomiota itse tuotteen valmistamiseen suuremmilla kappalemäärillä.

Runkoon kohdistetut muutokset mahdollistaisivat sen kustannustehokkaamman valmistamisen molemmissa siihen olennaisesti liittyvissä työvaiheissa. Vesileikkauksen korvaaminen laserilla ja U:n muodon korvaaminen L:n muodolla mahdollistaisivat suurempien kappalemäärien valmistamisen edellistä prototyyppiä halvemmalla. Rungon muutokset parantaisivat, kuten mainittua myös takilan kokoonpantavuutta, joka alentaa edelleen mahdollisia kustannuksia.

Seuraavaa prototyyppiä tehdessä ohjainkotelon valmistamiseen kohdistuu vain materiaalikustannuksia, esimerkiksi lasikuitumatosta ja muista kuiduttamiseen tarvittavista aineista, jolloin sitä voidaan ainakin toistaiseksi pitää erittäin halpana ja kustannustehokkaana ratkaisuna.

Lisäkustannuksia aikaisempaan prototyyppiin nähden aiheutuisi voimansiirron komponenteista ja tarkemmin sanottuna vaihteen osista, joiden hinta nousisi reilusti yli 50 euroon. Tämä osoittautui kuitenkin kustannusten kannalta parhaaksi tavaksi nostaa kelausnopeutta kilpailijoiden tasolle, sillä tarpeeksi tehokas kierukkavaihteinen moottori yhdellä lisävaihteella toteutettuna olisi maksanut yli 400 euroa. Voimansiirtoon liittyen kela pystyttäisiin valmistamaan kolmannen prototyypin kelan kanssa luultavasti samoin kustannuksin huolimatta kasvaneesta halkaisijasta edullisen valmistustekniikan vuoksi.

Myös kosketusnäytöstä aiheutuvia lisäkustannuksia voitaisiin pitää käyttäjäystävällisyyden kannalta perusteltuna sillä entistä tehokkaampi, suurempi ja ennen kaikkea toimivampi näyttö on varmasti potentiaalisten asiakkaiden mieleen.

8.5 Kehitysideoiden jälkeinen luonnos ja vaatimuksenmukaisuus

Edeltävissä kappaleissa esiin nousseiden kehitysideoiden perusteella mallinnettiin kuvan 32 mukainen 3D-malli mahdollisesta tuoteasteen prototyypistä ja kenties jopa aivan lopullisesta tuotantoversiosta. Kyseinen malli noudattelee tarkasti aikaisempien prototyyppien kaavaa ja on kehitettyjen ominaisuuksienkin jälkeen suhteellisen tyylikäs laite.



KUVA 32. 3D-malli kehitysideoiden jälkeisestä takilasta.

Kuvasta havaitaan suurimpien muutosten olevan kelan siirtäminen rungon ulkopuolelle ja näytön kääntäminen pystysuuntaan. Kelan siirtäminen rungon ulkopuolelle mahdollistaisi myös kelan helpon irrottamisen huoltotoimenpiteitä varten. Akselin yltäessä ulkopuolelle pystyttäisiin lisäämään myös mahdollisuus käyttää lenkkiavainta tai vastaavaa takilan kelaamiseen, jos sähköt jostain syystä katkeaisivat. Kierukkavaihteisella moottorilla tämä olisi ollut ongelmallista, mutta nyt esitettyä moottoria pystyisi pyörittämään myös edellä mainituilla työkaluilla. Näytön kääntäminen mahdollisti suuremmat hallintanäppäimet kelaamiselle estämättä muun informaation hyvää esilletuomista. Kuvassa kelan vieressä näkyvä hammaspyörä tultaisiin vielä peittämään suojalevyllä.

Vaatimuksenmukaisuuden ja CE-merkinnän kannalta kela saatettaisiin ainakin osittain joutua koteloimaan käyttöturvallisuuden nimissä, vaikkakin markkinoilla on tälläkin hetkellä sellaisia takiloita, joissa kela ei ole täysin koteloitu. Muutoin malli vastaisi lakien ja asetusten asettamia vaatimuksia vähintäänkin yhtä hyvin kuin kolmas prototyyppi.

Projektin takilaan asettamien vaatimusten kohdalla liitteen 3 vaatimusluettelosta löytyy oma sarakkeensa tämän luonnoksen täyttämille vaatimuksille. Absoluuttista tietoa vaatimusten täyttämisestä ei tietenkään ole alustavan kehitysmallin ollessa kyseessä, mutta esitettyjen laskelmien ja pohdintojen valossa voidaan uskoa vaatimusten täyttyvän.

Kappaleessa 7.6.5 vertailtiin kolmatta prototyyppiä kilpailijoihin sanallisesti sekä taulukon muodossa. Kyseisen prototyypin ongelmat ja selkeät puutteet aiheuttivat kilpailija-tuotteiden paremmuuden osassa vertailuissa asioissa. Takilaan suunniteltujen muutosten ja kehitysideoiden jälkeen sama tuotteiden vertailu voisi näyttää alapuolisen taulukon mukaiselta.

Tulevan prototyypin tai valmiin tuotteen lopullista hintaa on vaikea arvioida, mutta suuntaa antava lista valmistuskustannuksista on esitetty liitteessä 10. Liitteestä huomataan arvioitujen valmistuskustannusten asettuvan hieman edellistä prototyyppiä korkeammalle. Tuotteistamista ajatellessa voitaisiin siis helposti ajatella valmistuskustannusten kannalta kaksinkertaista katetta myytävästä tuotteesta.

TAULUKKO 2. Takiloiden ominaisuuksien vertailua opinnäytetyön takilaan suunniteltujen muutosten jälkeen.

Ominaisuus	Opinnäytetyön takila	Kilpailija 1	Kilpailija 2
Syvyysseuranta	On	Mahdollinen	Ei
Kauko-ohjaus	On	Ei	Ei
Kelausnopeus	86 m / min	76 m / min	79,2 m / min
Teleskooppivapa	Ei	On	On (91 – 152 cm)
Vapateline	Ei	On	On
Informatiiv. näyttö	On	On	Ei
Rungon kestävyys	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Liitettävyys	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Takuu	Vähintään 2 vuotta	2 vuotta	Elinikäinen
Hinta	Valmistuskulut 380€	1390 €	1145 €

8.6 MARKKINOINTI

Tuotteistamisen kannalta yksi merkittävimmistä asioista on tuotteen onnistunut markkinointi. Markkinoinnin pääasiallisia tehtäviä ovat esimerkiksi (Yrityssuomi, 2016):

- parantaa yrityksen kannattavuutta
- tunnistaa potentiaaliset asiakkaat
- herättää ostohalukkuus
- erottaa tuote kilpailevista tuotteista

Opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti tuotteistamisprosessissa ei ollut tarkoitus rakentaa suurta markkinointikampanjaa, vaan perehtyä helposti tarjolla oleviin markkinointikanaviin, joita pystyisi hyödyntämään esimerkiksi arkitöiden ohella. Seuraavat kappaleet pitävät sisällään esimerkkejä havaituista takilan markkinointiväylistä ja antavat vinkkejä niiden hyödyntämiseen.

8.6.1 Sosiaalinen media

Nykypäivän aktiivisin viestintä tapahtuu sosiaalisessa mediassa, jossa tieto saadaan leviämään äärimmäisen nopeasti. Facebook, Instagram ja erilaiset keskustelupalstat pitävät sisällään erilaisia yhteisöjä ja ryhmiä, joiden kautta markkinointia olisi helppo suorittaa.

Kalastuksen ollessa Suomen suosituimpia harrastuksia kesäisin, siitä riittää keskusteltavaa sosiaalisessa mediassa. Kalastajille on perustettu esimerkiksi Facebookiin kymmeniä erilaisia ryhmiä, joista ainakin muutama keskittyy pelkästään vetouisteluun, ja jäseniä ryhmillä on tuhansia. Ryhmissä on sallittua mainostaa omia tuotteitaan ja moni aloitteleva valmistaja onkin jo hyödyntänyt kyseisiä ryhmiä valmisteilleen. On siis perusteltua sanoa, että oheistoimintana suoritettu markkinointi kannattaa suunnata tällaisiin yhteisöihin, jossa markkinointi kohdistuu suoraan asiantuntijoihin ja aktiivisiin harrastajiin. Tuotteen ollessa hyvä ja käyttökelpoinen tieto leviää entistä nopeammin ja potentiaalisia asiakkaita ilmoittautuu enemmän. Asiakkaiden saamisen lisäksi ryhmissä annetaan varsin aktiivisesti palautetta, joka osiltaan mahdollistaa tuotteen kehittämisen haluttuun suuntaan.

Jos Facebookia voidaan pitää pääasiallisena markkinointikanavana, erilaisia kalastukseen ja etenkin vetouisteluun keskittyneitä keskustelupalstoja ei voida markkinoinnissa sivuuttaa. Keskustelupalstoja hyödyntäessä näkyvyys ei välttämättä ole niin suurta kuin esimerkiksi juuri Facebookissa, mutta keskustelupalstoilta voi löytää sellaista asiakaskuntaa, joka ei ole kiinnostunut Facebookin tapaisista yhteisöistä.

Markkinoinnin toteuttamiseksi sosiaalisessa mediassa ja keskustelupalstoilla kannattaa perustaa tuotteelleen esimerkiksi Internetsivut tai Facebook-profiili, johon päivittää aktiivisesti tuotteeseen liittyviä asioita ja käytössä otettuja kuvia ja videoita lukijoiden kiinnostuksen herättämiseksi. Profiilin tai Internetsivun sisällön luomisen jälkeen tuotetta ja sivua pystyy helposti mainostamaan mainituissa medioissa jakamalla päivityksiä tai jakamalla linkkejä esimerkiksi YouTubessa julkaistuihin videoihin.

8.6.2 Tapahtumat ja kilpailut

Netissä ja sosiaalisessa mediassa markkinoinnin lisäksi olisi syytä tehdä myös perinteisempää mainostamista, jotta ihmiset saisivat oikeita kokemuksia ja havaintoja myytävästä tuotteesta. Tällaista mainostamista kalastuspiireissä pystyy tekemään esimerkiksi erilaisilla messuilla, joissa kävijöitä yleensä riittää todella paljon. Messut ovat kuitenkin aina maksullisia näytteilleasettajille ja lisäksi hyvän messuosaston luominen vaatii aikaa ja rahaa. Toisaalta messuillakin on mahdollisuus saada sellaisia asiakkaita ja yhteistyökumppaneita, joihin ei välttämättä sosiaalisessa mediassa törmäisi.

Toinen potentiaalinen ja messuja halvempi tapa markkinoida tuotettaan kalastajille on erilaiset lukuisat vetouistelukilpailut. Uistelukilpailuissa saattaa olla satoja venekuntia osallistujina, joka tarjoaa otollisen asiakaskunnan takilan kaltaisille tuotteille. Uistelukilpailuissa myydäänkin usein esimerkiksi uistimia ja yleisesti tiedetään kaupan käyvän varsin mukavasti kisojen alla.

Kaiken kaikkiaan Suomi tarjoaa kalastusvälineiden markkinoijalle useita vaihtoehtoja, joita pystyisi hyödyntämään esimerkiksi lomien aikaan ja viikonloppuisin. Loppujen lopuksi markkinointi voidaan toteuttaa edellä mainitusti ilman paljon aikaa ja rahaa vievää kampanjointia.

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli johdannon mukaisesti tutkia ja kehittää opiskelijaprojektina alkuun saatetun sähkötakilan valmistusteknisiä ratkaisuja valmistusmenetelmien, materiaalien ja voimansiirron osalta. Lisäksi pyrittiin löytämään helposti hyödynnettävissä olevia markkinointimenetelmiä.

Tässä luvussa tiivistetään tämän työn soveltavassa osassa saadut tulokset ja pohditaan saatuja tuloksia vielä tarkemmin. Tuloksista pohditaan niiden luotettavuutta ja mahdollisia ongelmia. Lopuksi esitetään mahdollisia jatkotoimenpiteitä tuloksien pohjalta.

9.1 Tulokset

Yhtenä osana opinnäytetyön tuloksia saatiin suunniteltua toteuttamiskelpoinen malli sähkötakilasta, jonka valmistusmenetelmiä, toiminnallisuutta ja komponenttivalintoja puntaroitiin tarkasti usealta kannalta. Valmistusteknisten asioiden tutkinnan pohjalta esitettiin eri osa-alueisiin perusteltuja muutoksia. Muutoksia esitettiin takilan

- valmistusmenetelmiin
- valmistusmateriaaleihin
- muotoiluun
- komponentteihin ja osiin
- kustannustehokkuuden parantamiseksi.

Näiden muutoksien pohjalta mallinnettiin jo mainittu malli mahdollisesti tuoteasteelle vietävästä laitteesta, joka tässä opinnäytetyössä esitettyjen muutosten jälkeen vastaisi paremmin projektin sille asettamia vaatimuksia, asiakkaiden asettamia vaatimuksia sekä pärjäisi vertailujen perusteella toimintojensa osalta paremmin kilpailijalaitteille. Saatu- jen tulosten perusteella myös takilan valmistettavuus ja sitä kautta kustannustehokkuus paranisivat merkittävästi. Tästä todisteena voidaan pitää esitettyjä valmistuskustannusarvioita, josta käy ilmi, että suurten muutostenkaan jälkeen valmistuskulut eivät kasvaneet merkittävästi. Esitetyt muutokset vähentäisivät lisäksi takilan valmistamiseen käytettävien osien lukumäärää ja siten kokoonpantavuus helpottuisi. Helpottunut kokoonpantavuus vaikuttaisi positiivisesti edelleen takilan huollettavuuteen.

Takilan mekaniikkaan liittyvien tulosten lisäksi opinnäytetyön soveltavassa osassa pohdittiin mahdollisuuksia yksinkertaisen ja vaivattoman markkinoinnin toteuttamiseksi. Tuotteistamiskappaleessa esitetyt markkinointimenetelmät olivat pääosin sellaisia, joita pystyisi toteuttamaan kotisohvalta tietokoneen äärestä. Toisaalta myös jalkautumista edellyttävät markkinointimenetelmät olivat sellaisia, joita voisi hyödyntää harrastamisen lomassa.

Esitettyjen markkinointimenetelmien hyödyntäminen tarjoaisi hyvät verkostoitumismahdollisuudet ja laajan potentiaalisen asiakaskunnan melko pienellä vaivalla. Toisena tärkeänä hyötynä kyseisissä markkinointimenetelmissä olisi suuren asiakaspalautteen määrä, jota pystyisi hyödyntämään tuotekehityksessä, kunhan pystyy hyödyntämään palautteen oikein.

Esitetyt tulokset nojaavat pitkälti opinnäytetyön käsittelyosuudessa esitettyihin seikkoihin, joita täydentämään on esitetty henkilökohtaiseen kokemukseen pohjautuvaa tietoa ja asiakasrajapinnasta saatua palautetta.

9.2 Saatujen tuloksien arviointi

Sähkötakilan kehittämiseksi saatuja tuloksia liittyen valmistusmenetelmiin, materiaaleihin ja komponenttivalintoihin voidaan pitää luetettavina niihin liittyvien yleismaailmallisten asioiden vuoksi, joita esitettiin työn käsittelyosuudessa. Tulosten luotettavuutta puoltavat myös työn taustalla vaikuttaneet lait ja asetukset, joita pyrittiin noudattamaan tarkasti tuotteistamista miettiessä

Toisaalta takilan ollessa yleiseen harrastukseen liittyvä laite, jonka käyttäjä- ja asiantuntijakunta on suhteellisen kapea, siihen absoluuttisesti liittyvä tieto on kovin vähäistä. Tästä syystä opinnäytetyön tulokset pohjautuvat osittain käyttäjien kokemuksiin ja mielipyyksiin, jotka osaltaan saattavat vääristää saatuja tuloksia.

Pohdittaessa kriittisesti työssä saatuja tuloksia, työtä voidaan pitää onnistuneena, sillä tuotteistamistoimenpiteiden tuloksena syntynyt tuotemalli vastasi asetettuja vaatimuksia ja asetuksia hyvin. Lisäksi löydettyjä markkinointimenetelmiä voidaan pitää perustellusti käyttökelpoisina takilaa markkinoitaessa.

9.3 Jatkosuunnitelmat ja kehitysideat

Keskeisenä jatkosuunnitelmana voidaan pitää tulosten mukaisen prototyypin valmistamista, jotta nähtäisiin toteutuisivatko oletetut ominaisuudet esitettyjen toimenpiteiden avulla. Prototyypin valmistamiseksi tulisi pyytää tarjouspyynnöt usealta eri valmistajalta ja raaka-aineiden tarjoajalta, jotta kustannustehokkuus varmasti toteutuisi. Tarjouspyynnöt kannattaisi pyytää protolaitteen eli yhden kappaleen sarjaa varten sekä tuotteistamisvaihetta varten, jolloin nähtäisiin kuinka paljon suurempi kappalemäärä vaikuttaisi hankittavien materiaalien, palveluiden ja komponenttien hintaan.

Oletetun prototyypin onnistuneen valmistamisen jälkeen takila tulisi asettaa testien alaiseksi esimerkiksi vesitiiviyden ja värinänkeston osalta, sillä kyseisenlaisia rasiuksia kohdistuu takilaan todella paljon vetouistellessa. Vesitiiviyden osalta testi voitaisiin toteuttaa esimerkiksi siten, että takila jätettäisiin suihkun alle puoleksi tunniksi. Kokeen aikana ja sen jälkeen takilan tulisi toimia moitteettomasti. Värinän osalta testaaminen kotioiloissa saattaisi olla vaikeampaa, mutta viimeistään veneilykauden alkaessa takilaa tulisi pitää veneessä mahdollisimman paljon, jotta sen soveltuvuus käyttöympäristöönsä varmistuisi.

Kuten käsittelyosuudessa ilmeni, ennen tuotteen markkinoille saattamista tuotteelle pitää Suomessa hankkia CE-merkintä ja vaatimuksenmukaisuustodistus. Osittain CE-merkinnän edellytykset täyttyvät, mutta esimerkiksi takilan käyttöohje tulisi tehdä, esimerkiksi tämän työn käsittelyosuudessa esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Hyvin laadittu käyttöohje olisi vaatimuksien lisäksi tärkeä dokumentti tuotteen ja valmistajan luotettavuuden kannalta.

Kun lakien ja asetusten mukaiset vaatimukset on täytetty, voidaan tuotteen valmistus aloittaa soveltavan osan menetelmien mukaisesti. Myös markkinointi tulee aloittaa viimeistään tässä vaiheessa kunnolla. Markkinoinnissa voidaan noudattaa tämän työn tuloksia tai sitä voidaan tuloksissa mainittujen markkinointitapojen lisäksi tehostaa halutunlaisesti.

Tuotteen ollessa markkinoilla ja myynnissä työpanos tuotteen kehittämiseksi ei saa päättyä, vaan tulee aktiivisesti kuunnella asiakaspalautetta ja kehittää tuotetta asiakkaiden toiveiden mukaisesti ja vastata alati kasvaviin vaatimuksiin.

Takilan mekaaniseen parantamiseen esitettyjä muutoksia eli tämän opinnäytetyön todellisia tuloksia voidaan jo itsessään pitää kehitysideoina, mutta takilan kehitysprosessin yhteydessä tekijöiden ja asiakasrajapinnan yhteistoimintana nousi esiin idea usean takilan ohjaamisesta samalta näytöltä tai laitteelta. Kyseinen tarve nostettiin esiin, koska yleensä veneessä on vähintään kaksi takilaa – yksi veneen molemmilla puolilla.

Kyseinen ominaisuus voitaisiin toteuttaa siten, että takilat kommunikoisivat keskenään, joko kaapelin avulla luodulla yhteydellä tai langattomasti. Yhteyden avulla takiloita pystyisi ohjaamaan kummasta tahansa takilasta kosketusnäytöltä valitsemalla käytössä olevan takilan. Tai mahdollisesti siten, että toinen takiloista toimisi niin sanotusti isäntänä, jolloin siitä pystyisi ohjaamaan molempia takiloita, kun taas toisen takilan näytöltä pystyisi ohjaamaan vain kyseessä olevaa takilaa.

Edellä esitetty takiloiden moniohjaus voitaisiin toteuttaa myös erilliseltä isolta kosketusnäytöltä, jossa molempien takiloiden valikot näkyisivät omassa sarakkeessaan ja kosketusnäytöllä tehtävät muutokset päivittyisivät edellisen ratkaisun tavoin takiloihin joko langattomasti tai kaapelin välityksellä.

LÄHTEET

Adafruit. 2.8" TFT Touch Shield for Arduino with Resistive Touch Screen. Katsottu 5.4.2016

<https://cdn-shop.adafruit.com/1200x900/1651-00.jpg>

Airila, M. 1999. Mekatroniikka. 5. korjattu painos. Helsinki: Otatiето.

Big Toys USA. 2016. TRX-Motor. Katsottu 10.4.2016

http://www.bigtoysusa.com/images/products/detail/TRX_Motor.JPG

Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen, P. & Suosara, E. 1999. Koneenelimet ja mekanismit. 4. uudistettu painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Cannon. Cannon Digi-Troll 5 sähkötakila (Kilpailija 1). Katsottu 9.4.2016

<http://www.hongkong.fi/fi/kalastus-ja-veneily/kalastus/tarvikkeet/vetouistelu/cannon-digi-troll-5-sahkotakila/p/91029/>

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. painos. Helsinki: Otatiето.

Designatronics inc. Timing Pulleys and Timing Belts. Katsottu 2.3.2016

<http://www.designatronics.com/products-and-solutions/timing-pulleys-and-timing-belts.php>

Dpairless. Cons and pros of motor. Luettu 1.3.2016.

<http://www.dpairless.com/blog/cons-and-pros-of-motorbrushless-and-brushed-motor.html>

Dunkermotor. 2016. Products. Luettu 2.3.2016.

<http://www.dunkermotor.com/start.asp#>

For And Or. 2016. MY6812 Riemen DC-Motor. Luettu 10.4.2016

<https://forandor.com/index.php/dc-motoren-ohne-getriebe-3/dc-motoren-ohne-getriebe/product/175-my6812-dc-motor-zy6812-100-120w-150w-12-24v-0-35-0-56nm-ritzel-riemen-forandor>

Happonen, T. Alumiinin anodisointi. Luettu 30.3.2016

<http://www.timohapponen.net/anodisointi/>

Hendroos, H. Johdanto mekatroniikkaan. Luettu 1.3.2016.

https://noppa.lut.fi/.../johdanto_mekatroniikkaan.pdf

Hellopro. DC-motors with worm gear. Katsottu 1.3.2016

<http://www.hellopro.co.uk/images/produit-2/2/8/3/dc-motors-with-worm-gear-402-525-19382.gif>

Hiltunen, L. Metodina kyselytutkimus. Luettu. 25.1.2016.

<http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/Graduryhma/PDFt/kyselytutkimus2.pdf>

Hutri, J. & Hutri, T. 2016. Takilan käyttö. Luettu 25.1.2016.

http://www.hongkong.fi/fi/info/kalastusvinkit-takilan_kaytto_takilalla_uistimet_oikealle_syvyydelle.html/

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, A. & Sihvonen, P. 2003. Valmistustekniikka. 10. muuttumaton painos. Helsinki: Otatietao.

Kalastusväline rialinna. Cannon Easi-Troll ST metrilaskurilla. Katsottu 21.3.2016

<http://www.rialinna.fi/tuotteet?category=4fb0cb900999b0e426671c45&product=4fb0cb960999b0e4f26a1c45>

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2008. Konetekniikan materiaalioppi. 12. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kuluttajaturvallisuuslaki 22.7.2011/920.

Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LUT). 2007. Tasavirtamoottorin toiminta. Luettu 1.3.2016.

<https://noppa.lut.fi/noppa/.../luennot/sahkokaytot.pdf>

Lehtoranta, P. Myyntipäällikkö 2016. Tiedustelua laser- ja vesileikkauksesta. Sähköpositiivisesti. laser@prolaser.fi. Luettu 4.3.2016

Lewis, M. Worm-gear reducers reach new heights. Machine design 2004. Katsottu 1.3.2016

<http://machinedesign.com/archive/worm-gear-reducers-reach-new-heights>

Motiva. 2014. Sähkömoottorityypit. Luettu 3.1.2016.

http://www.motiva.fi/liikenne/henkilautoilu/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit

Motot.net. 2015. Lasikuitukatteiden teko. Luettu 10.4.2016

http://www.motot.net/wiki/Lasikuitukatteiden_teko

Porter, G. 2000. Factoring in belt loads. Luettu 2.3.2016.

<http://machinedesign.com/mechanical-drives/factoring-belt-loads>

Rautanen, J. 2016. Vetouistelu. Luettu 25.1.2016.

<http://www.vapaa-ajankalastaja.fi/?svk=127>

Scotty. Electric downrigger. No. 1099 Compact Depthpower 24". Katsottu 21.3.2016

<http://www.scotty.com/fishing-gear-equipment/electronic-downriggers/images/lightbox/1099.jpg>

Scotty. Scotty High Performance 5-2116 Tele sähkötakila (Kilpailija 2). Katsottu 9.4.2016

<http://www.hongkong.fi/fi/kalastus-ja-veneily/kalastus/tarvikkeet/vetouistelu/scotty-high-performance-5-2116-tele-sahkotakila/p/60044/>

SurveyMonkey. Kyselytutkimuksen laatiminen. Luettu 25.2.2016.

<https://fi.surveymonkey.com/mp/how-to-conduct-surveys/>

Tri-State Bearing Company, INC. Belt drive. Katsottu 2.3.2016
http://www.tristate-bearing.com/images/belts_and_sheaves_distributor_large.jpg Luettu 2.3.2016

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). 2015. CE-merkintä. Luettu 22.3.2016.
<http://www.tukes.fi/fi/toimialat/kuluttajaturvallisuus/ce-merkki/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). 2015 CE-merkki. Katsottu 22.3.2016
http://www.tukes.fi/Tiedostot/Tuoteturva/Kuvapankki/ce_merkki.gif

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). 2015. Tuotteiden turvallisuusvaatimuksia. Luettu 22.3.2016.
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/>

Turun Watercut Oy. 2015. Vesileikkaus. Luettu 9.3.2016.
<http://www.watercut.fi/vesileikkaus.html>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400.

Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. 2010. Kyselylomakkeen laatiminen. Luettu 25.2.2016.
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html>

Yrityssuomi. Markkinointi. Luettu 10.4.2016
<https://www.yrityssuomi.fi/markkinointi>

Zeva. Tech Info: Motors. Katsottu 1.3.2016
<http://zeva.com.au/Tech/Motors/>

LIITTEET

Liite 1. Ote valtioneuvoston asetuksesta (2008/400)

Valtioneuvoston asetuksessa (2008/400) kone määritellään seuraavasti

- a) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten;
- b) a alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, josta puuttuvat ainoastaan komponentit, joilla se liitetään paikan päällä tai kytketään voiman- tai käyntilähteisiin;
- c) a tai b alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, joka on valmis asennettavaksi ja joka voi toimia vasta kun se on kiinnitetty liikennevälineeseen tai asennettu rakennukseen tai rakennelmaan;
- d) a, b tai c alakohdassa tarkoitettujen koneiden tai 7 kohdassa tarkoitettujen osittain valmiiden koneiden yhdistelmiä, jotka on tiettyjä toimintoja varten järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena;
- e) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu kuormien nostamista varten ja jonka ainoana voimanlähteenä on välitön ihmisvoima;

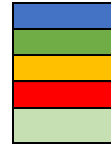
Liite 2. DC-moottorien vertailutaulukko

Ominaisuus	Harjaton DC-moottori	Harjallinen DC-moottori
Kommutointi	Sähköinen, perustuu esim. Hall-anturointiin	Mekaaninen, perustuu hiiliharjoihin ja kommutaattoriin
Huoltotarve	Pieni, perustuu harjattomuuteen	Säännöllinen, perustuu harjojen kulumiseen
Moottorin elinikä	Pitkä	Vaihteleva, perustuu harjojen kulumiseen.
Tehokkuus (hyötysuhde)	Korkea, ei jännitehäviöitä	Vaihtelee, mutta jännitehäviöitä tapahtuu harjojen ja kommutaattorin välillä.
Roottorin inertia	Matala, kestomagneettien vuoksi	Korkeahko, rajoittaa dynaamisia ominaisuuksia, esim. kierrosnopeutta
Kierrosnopeusalue	Korkea, ei kommutaattorin ja harjojen aiheuttamia rajoituksia	Matala, harjojen mekaaniset rajoitukset
Äänekkyyys	Matala	Korkeampi, johtuen harjoista
Valmistuskustannukset	Korkeat, tarpeeksi voimakkaat kestomagneetit kalliita	Matalat
Ohjattavuus	Monimutkainen ja kallis, koska vaatii erillisen ohjaimen	Helppo ja halpa

Liite 3. Vaatimusluettelo

1(2)

Asiakkaan vaatimus
 Vaatimus täytetty
 Vaatimuksessa puutteita
 Vaatimusta ei täytetty
 Vaatimus oletetaan täyttyväksi

Valmistettavuus ja kokoonpantavuus

<u>Ominaisuus</u>	<u>Tarkennus 1</u>	<u>Tarkennus 2</u>	<u>3. Proto</u>	<u>Tuotteis- Prototy</u>	
Mahdollisimman halpa	Materiaalikulut pienet Valmistuskulut pienet Komponenttikulut pienet		Blue	Green	
			White	Green	
			White	Yellow	
			White	Green	
Rakenteen yksinkertaisuus	Vähän osia Osien kiinnitys helppoa		Blue	Green	
			White	Yellow	
			White	Green	
Yksinkertainen valmistaa	Oikeat valmistusmenetelmät Valmiit komponentit		White	Green	
			White	Yellow	
			White	Green	
Rakenteen kestävyys	Moottorin ja kuulan aiheuttamat väännöt Painalluskestävyys	Runko Vapa Voimasiirto	Blue	Green	
			White	Yellow	
			White	Green	
				Green	Green
				Green	Green
			Kosketusnäytön kiinnike	White	Green
			Ohjainkotel	White	Green
Säänkestävyys	Runko Ohjainkotel Muut komponentit	Säänkestävä materiaali Vettä hylkivä materiaali Säänkestävä materiaali Sähkökomponentit tiiviit Säänkestävät materiaalit	Blue	Green	
			White	Green	
			White	Green	
			White	Green	
			White	Green	
			White	Green	
			White	Green	
Pienikokoinen	Osat ja komponentit sijoiteltu tehokkaasti		White	Green	
			White	Green	
Ulkonäöltään hieno	Tyylikäs runko	Muotoilu Väri Materiaali	Blue	Green	
			White	Green	
			White	Green	
	Tyylikäs kela	Muotoilu	White	Yellow	
			White	Green	
	Tyylikäs ohjainkotel	Muotoilu	White	Green	
			White	Green	
	Muu viimeistely	Johdotukset Kiinnitykset	White	Green	
			White	Green	
			White	Green	

(Jatkuu)

Toiminnallisuus

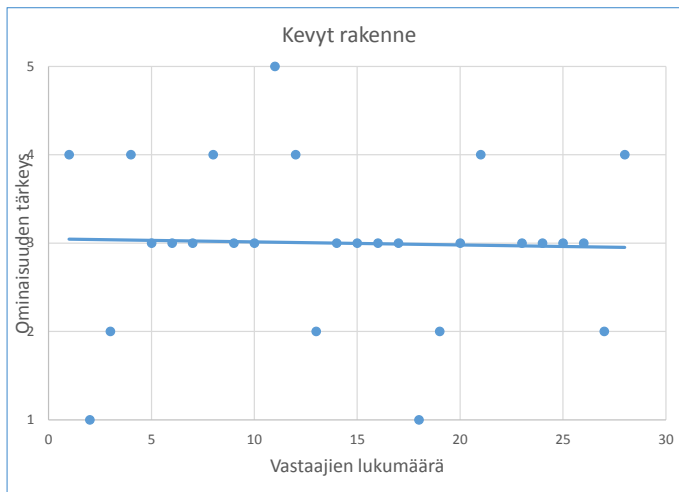
Toiminnot	Toimiva kelaus ylös ja alas			
	Kelauksen hätäpysäytys			
	Automaattinen pintaan kelaus			
	Automaattinen haluttuun syvyyteen kelaus			
	Aktiivinen syvyyssuranta			
	Syklinen syvyyssuranta			
	2x syvyyssetus + aika			
Nopea kuulan kelaus	Moottori kelaavahintään 50 rpm			
	Tarpeeksi tehokas moottori			
	Riittävän iso kela			
Jaksaa nostaa 10 kg kuulan	Voimansiirron vääntömomentti väh. 7Nm			
Helppokäyttöisyys	Helppo käyttää	Selkeä käyttöliittymä		
		Etäohjattava kaukosäätimellä		
		Ohjattava napeilla		
	Helppo huoltaa	Rungon purettavuus		
		Ohjainkotelon purettavuus		
	Liitettävyyden	Kiinnitettävyyden takila-alustoihin		
		12V tupakansytytin		
Käyttöturvallisuus	Runko viimeistelty			
	Pyörivien osien suojaus	Ei teräviä reunoja		
	Moottori ei pääse ylikuumentamaan			
	Kelauksen automaattinen pysäytys	Sulakkeet		

Liite 4. Asiakaskyselyn tuloksia

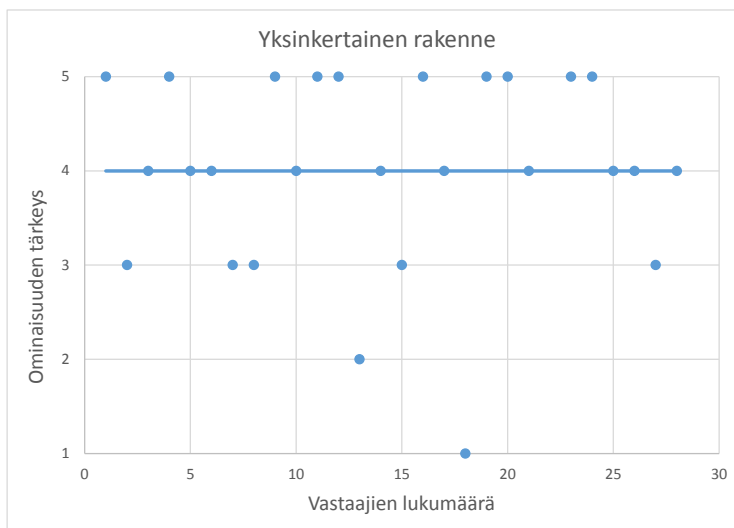
1 (4)

Asiakaskysely toteutettiin Internetkyselynä kyselynetti.com sivustolla. Linkkiä jaettiin sosiaalisessa mediassa ja saadut tulokset koostettiin pistekaavioiksi Microsoftin Excel -ohjelmalla. Kyselyn tulokset kolmenkymmenen vastaajan osalta olivat maksuttomia ja analyysi tehtiin niiden pohjalta. Kyselyyn kuitenkin osallistui yli 300 vastaajaa, joten tuloksien luotettavuus voidaan asettaa kyseenalaiseksi kun kaikkia vastauksia ei saatu analysoitua. Toisaalta kaikki vastaajat ovat lähtökohtaisesti asiantuntijoita. Kyselyssä käytettiin ominaisuuden arvosteluasteikkoa 1 – 5, jossa arvosana 1 indikoi, että ominaisuus ei ollut tärkeä ja arvosana 5 ominaisuuden olevan todella tärkeä.

Ensimmäinen kysymyksistä liittyi takilan rakenteen keveyteen. Kuviosta huomataan, että vastaajat pitivät kevyttä rakennetta melko tärkeänä.



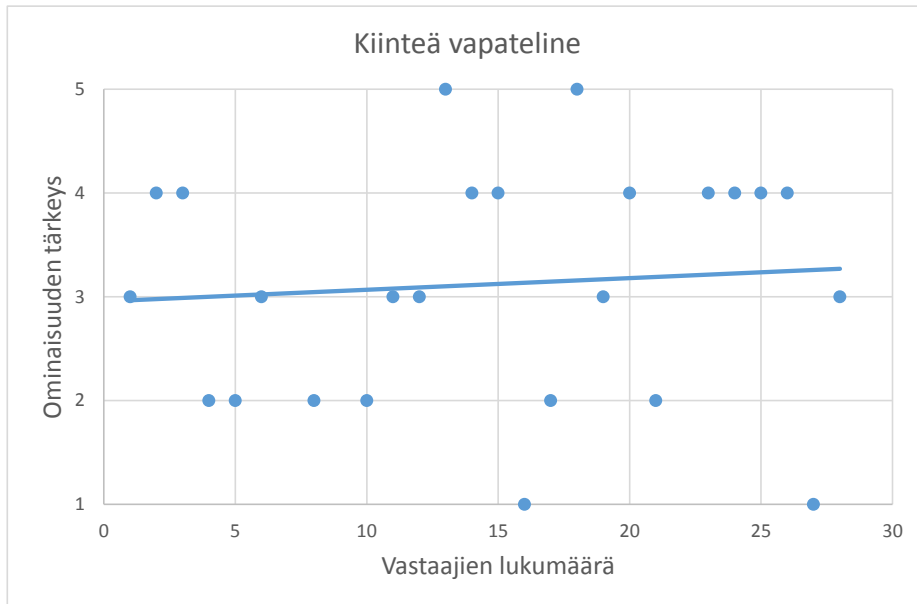
Toinen kysymys selvitti vastaajien asenteita takilan rakenteen yksinkertaisuuteen. Tulokset kertovat vastaajien arvostavan yksinkertaista laitetta paljon.



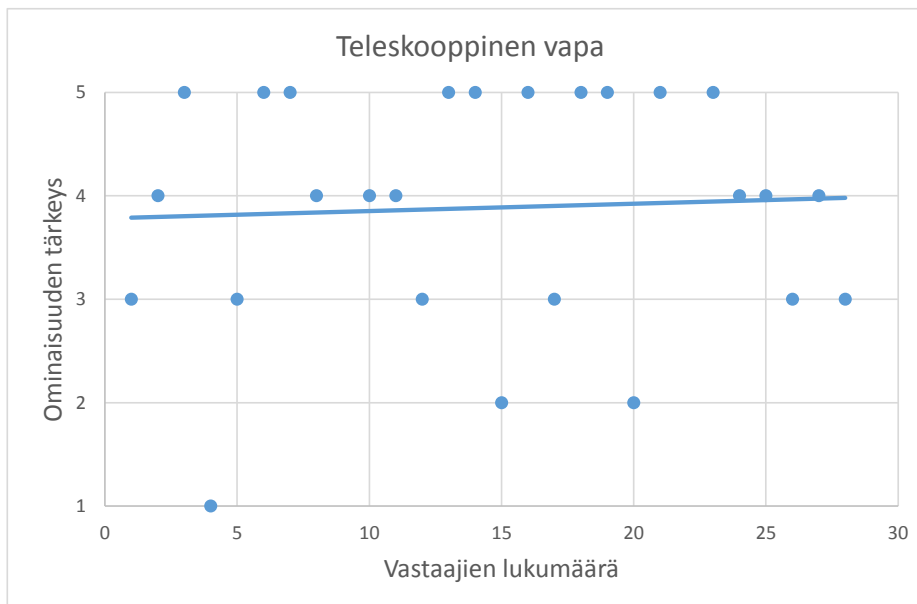
(Jatkuu)

2 (4)

Kolmas kysymys kartoitti vastaajien mieltymyksiä takilassa kiinteästi olevaan vapatelineeseen. Sitä pidettiin rakenteen keveyden tavoin melko tärkeänä, mutta ei välttämättömänä.



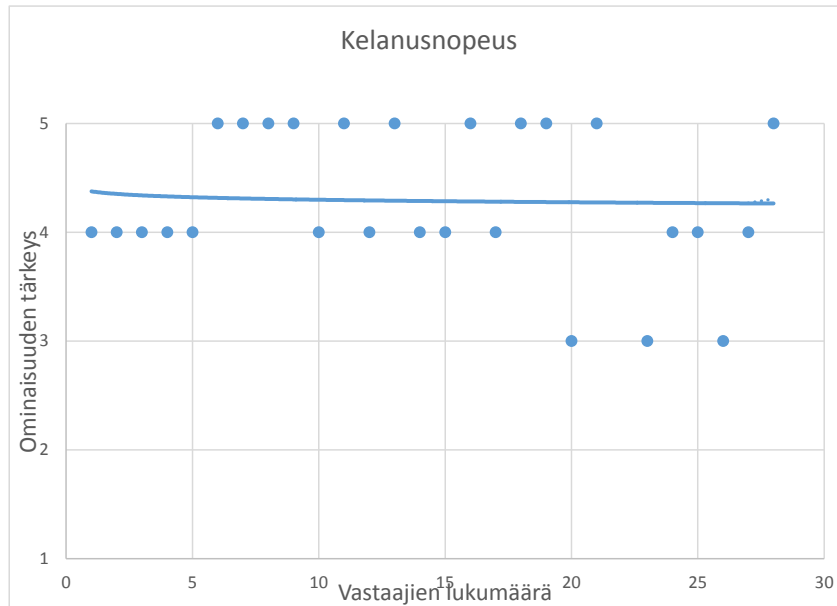
Neljännellä kysymyksellä tiedusteltiin vastaajien mielipidettä siitä, että pitäisikö takilan vavan olla teleskooppinen. Vastaajat pitivät teleskooppista vapaa tärkeänä.



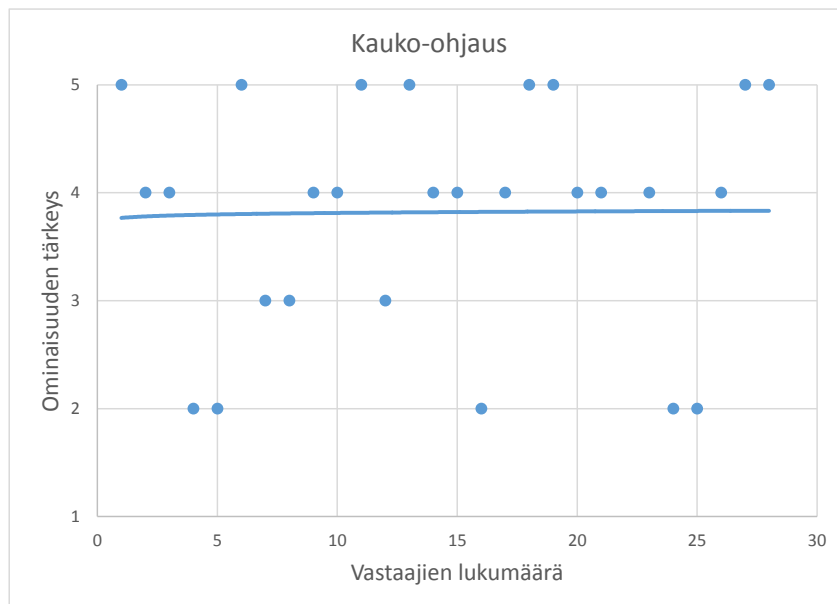
(Jatkuu)

3 (4)

Seuraavat kysymykset liittyivät enemmänkin takilan toiminnalliseen ja ohjaukselliseen puoleen, joista ensimmäisenä selvitettiin kuinka tärkeänä vastaajat pitivät kelausnopeutta. Kuvaajasta havaitaan, että suurta kelausnopeutta pidettiin hyvin tärkeänä ominaisuutena ja moni vastaaja pitikin sitä todella tärkeänä.



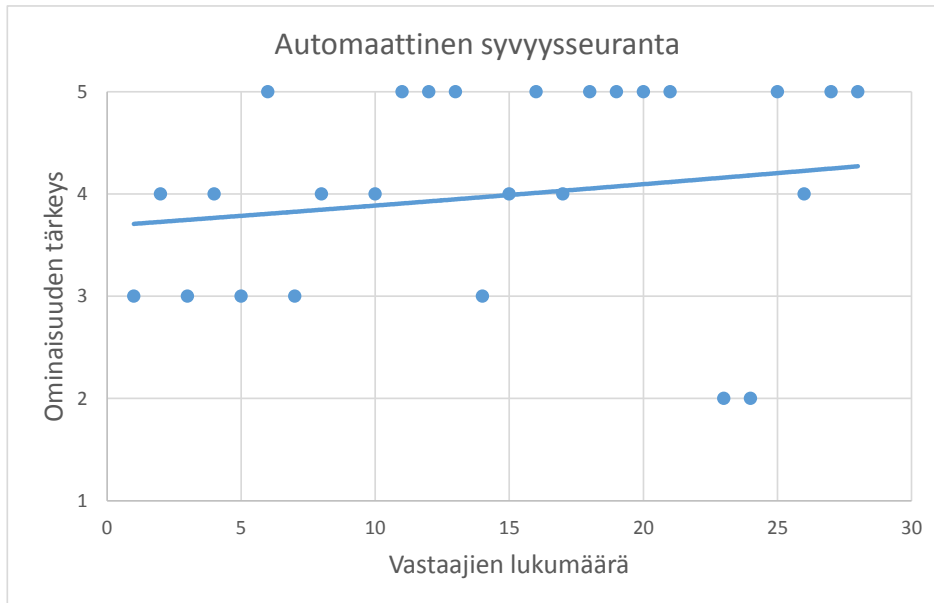
Kuudennella kysymyksellä haluttiin vastauksia takilaan suunnitellun kauko-ohjauksen tärkeyteen. Tulokset kertovat, että kauko-ohjausta pidettiin tärkeänä.



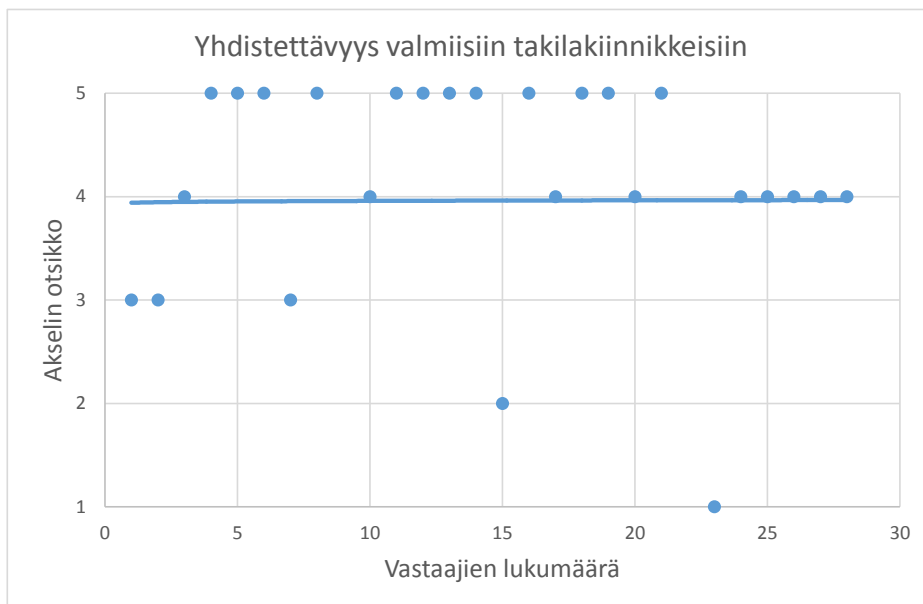
(Jatkuu)

4 (4)

Seitsemäs kysymys selvitti vastaajien mieltymyksiä automaattisen syvyysseurannan hyödyntämiseen takilassa. Osa vastaajista piti ominaisuutta todella tärkeänä, kun taas osa piti sitä vähemmän hyödyllisenä.



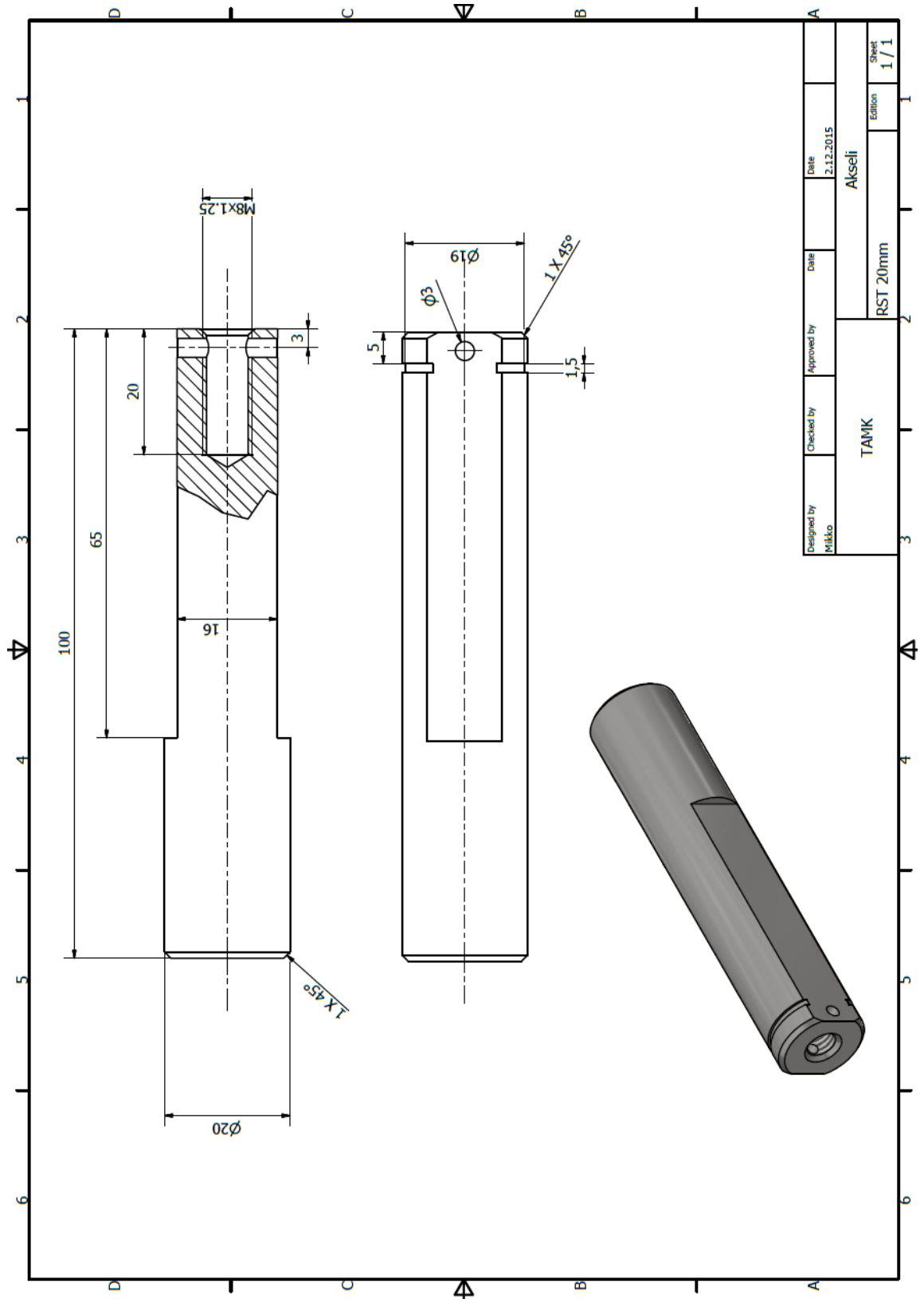
Kahdeksas kysymys koski sitä, että pitäisikö takila olla kiinnitettävissä muiden valmistajien kiinnityspöytiin. Suurin osa vastaajista piti tätäkin ominaisuutta tärkeänä.



Lisäksi saamistamme tuloksista kolmestakymmenestä tuloksesta selvisi, että kahta vastaajaa lukuun ottamatta, kaikki olisivat ostaneet mieluummin opinnäytetyön takilan kuin kaupallisen takilan.

Akselin valmistuskuva.

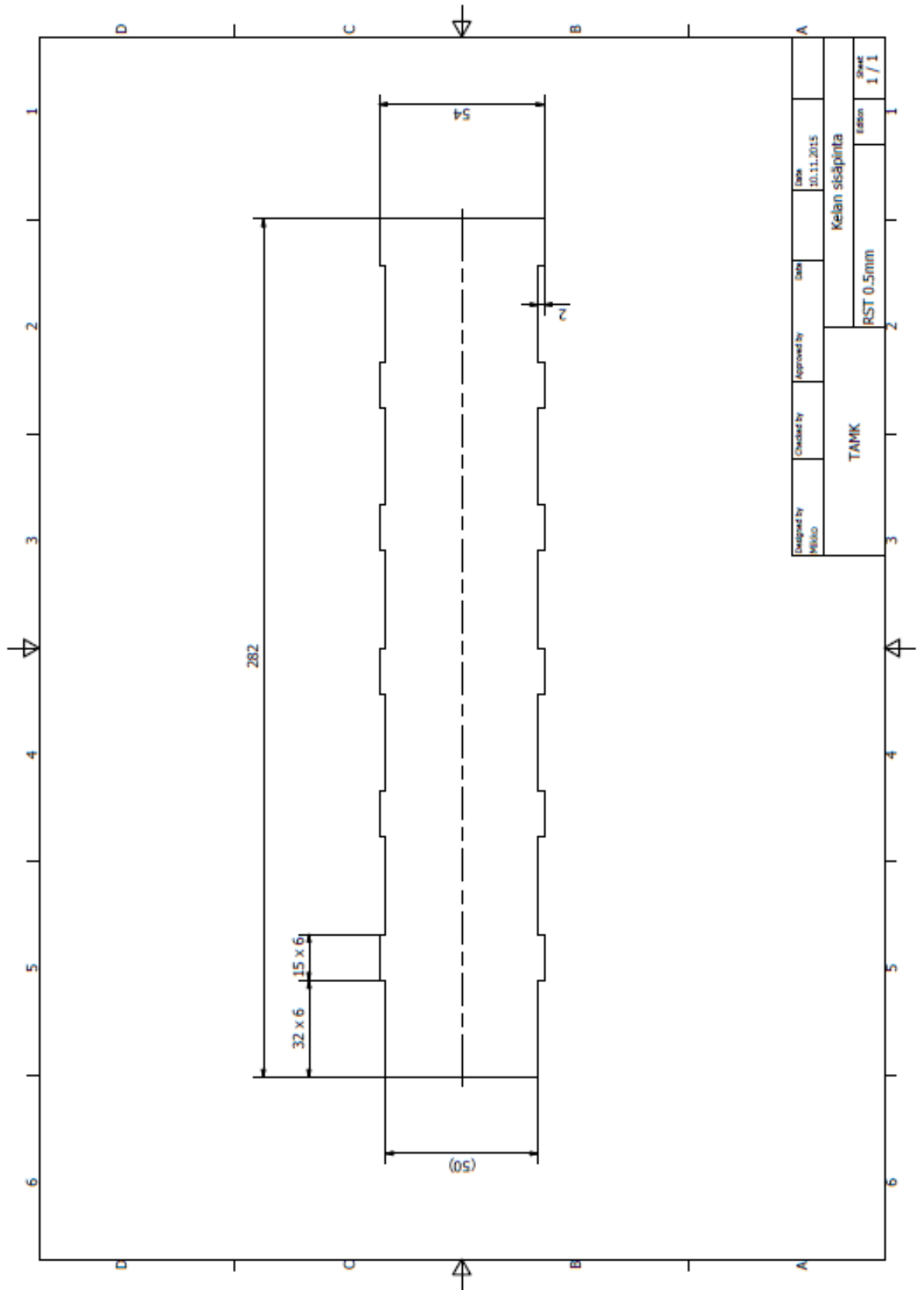
2 (4)



(Jatkuu)

Kelan keskiön valmistuskuva.

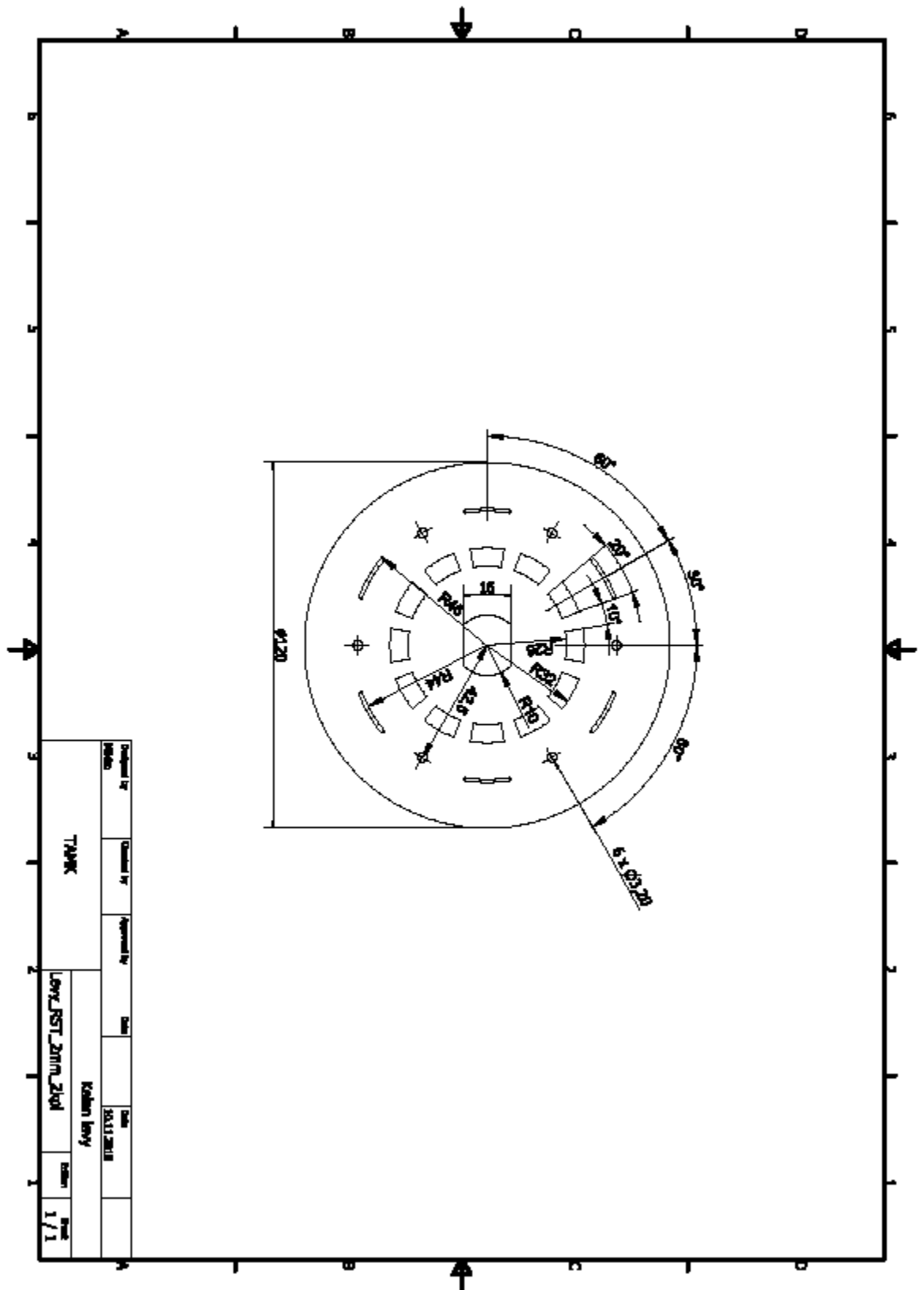
3 (4)



(Jatkuu)

Kolmannen prototyypin kelan levyn valmistuskuva.

4 (4)



Designed by Mika	Checked by	Approved by	Date	Date	Scale
				20.11.2018	
TANK			Kohden levy		
Levy_JST_20m_2hd			Sheet	1 / 1	

Liite 6. Anodisointi (Happonen, 2016)

1 (2)

Eesityöt

Jos anodisoitavaan esineeseen halutaan kiiltävä pinta, on se mekaanisesti kiillotettava peilikiiltäväksi. Kiillotuksen jälkeen kappale pestään puhtaaksi hiomajätteistä ja rasvasta. Pesuaineeksi soveltuu lämmin vesi, johon on sekoitettu astianpesuainetta ja tilkka ammoniakkaa.

Kappaleen pinta aktivoidaan puhdistamalla eli peittaamalla se laimeassa natriumhydroksidikylvyssä. Aktivointi toimii paremmin, jos kylpy on jo muutamaan kertaan käytetty, jolloin siihen on liuennut alumiinia. Kylvyn voi tuki esivalmistella sekoittamalla alumiinia seokseen jo etukäteen. Peittausjäte, joka näkyy kappaleen pinnassa tummana kerroksena, poistetaan noin 10% rikkihappoliuoksessa. Huuhtelun jälkeen kappale on valmis anodisoitavaksi.

Anodisointi

Anodisoinnissa kappaleen pintaan kasvatetaan huokoinen ja kova alumiinioksidikerros. Jos esine halutaan värjätä, se on tehtävä heti anodisoinnin jälkeen. Anodisoitava esine laitetaan noin 15-20%:een rikkihappoliuokseen anodiksi eli siihen johdetaan virtalähteen positiivinen johdin. Katodina toimii vaikka puhtas alumiinilevy. Katodin pinta-ala tulisi olla lähellä käsiteltävän osan pinta-alaa. Tällöin prosessia on helpompi hallita.

Rikkihappoliuoksen väkevyys ja lämpötila sekä käytettävä jännite ja virrantiheys ovat ratkaisevia tekijöitä homman onnistumisessa. Pinnoitettavan kappaleen koon mukaan on kokeiltava sopivia arvoja, mutta ohjearvona sopivaksi virtamääräksi on noin 10-20 mA kappaleen jokaista neliösenttiä kohden. Jännite liikkuu pienehköjä kappaleita pinnoitettaessa silloin noin 1,5-6 voltin välillä ja pinnoitusaika on 10-20 minuuttia. Arvot ovat siis vain suuntaa antavia. Lopputulos riippuu käytettävästä virtalähteestä sekä jo edellä mainituista muista seikoista.

(Jatkuu)

Värjäys

Kun anodisoitu kappale otetaan kylvystä, se on välittömästi huuhdeltava ja värjättävä. Anodisoinnissa syntynyt huokoinen alumiinioksidikerros mahdollistaa absorbtiovärjäyksen. Kappale upotetaan kuumaan kangasväriliuokseen (Dylon). Väriaine imeytyy kappaleen pintaan, jonka jälkeen huokoinen kerros suljetaan pitämällä kappaletta kiehuvässä vedessä noin 15-45 minuuttia.

Nyt esine on saanut kauniin pintaväriin. Kangasväriä parempia väri vaihtoehtoja löytyy, mutta Dylon-kuumaväri on edullista ja sitä löytyy joka marketista.

Liite 7. Kolmannen prototyypin arvioidut valmistuskustannukset.

Osa / palvelu	Hinta
Rungon taivutus ja vesileikkaus	n. 80 €
Tuulilasinpyyhkijämoottori	n. 25 €
Scotty väkipyörä	n. 15 €
Laakeriyksikkö	n. 5 €
Kelan osat + kosketusnäytön kiinnike	n. 30 €
Vapa	n. 5€
Kiinnitystarvikkeet	n. 10 €
Takilaliina / takilavaijeri	n. 25 €
Kosketusnäyttö (Adafruit)	n. 50 €
Arduino Mega (Kiina)	n. 10 €
H-Bridge (Ohjausjärjestelmä)	n. 10 €
Kauko-ohjain + vastaanotin	n. 10 €
Ohjainkotelo (3D-tulostus)	0 € (300 €)
Sekalaiset	n. 20 €
Yhteensä	n. 295 €

Kuiduttaminen

1. **Vaihe** Aloita tekemällä muotti valitsemastasi materiaalista (uretaani, styrokso, vaneri yms. - styrokso ei sellaisenaan tietenkään kestä hartsia sulamatta)
2. **Vaihe** Päälyystä valmis muotti foliolla, elmukelmulla tai pakkausteippillä niin, että koko muotti peittyy.
3. **Vaihe** Aloita kuidutus: Leikkaa tai revi (repimällä saa parempaa jälkeä, reunapalat leikkaamalla) lasikuitumatosta sopivan kokoisia paloja. Kudottu matto (vaikkapa Bang & Co.) on helpompi käsitellä, vetää hartsia paremmin sisäänsä, ja lopputulos helpommalla vahva. Sekoita hartsi kovetteeseen (sekoitussuhteen löydät purkin kyljestä. 1% = 10ml hartsikiloa kohden). Kannattaa mitata kovetteen määrä huolellisesti vaikkapa lääkeruiskulla. Mieluummin liikaa kovetetta kuin liian vähän. HUOM! Käytä hengityssuojainta aina kun olet tekemisissä hartsin kanssa. Hartsi on myrkyllistä hengitettynä (Hyvin tuuletetussa paikassa ei pakollinen. Nenäveren vuoto ei oikeasti ole niin vakavaa, kuin se aluksi saattaa tuntua... jep jep).
4. **Vaihe** Kannattaa laittaa paljon sanomalehtiä lattian suojaksi, hartsi nimittäin on melko tahmaista tavaraa ja sitä kyllä tippuu lattialle. Sitten vedät kumihanskat käteen, otat pensselin/telan ja kastat sen hartsin/kovetteen sekoitukseen. Sudit sillä koko muotin niin että se on ihan märkä.
5. **Vaihe** Paina leikkaamasi lasikuitumaton palaset muottia vasten ja töpöttele päälle hartsia kunnes lasikuitu on läpimärkää.
6. **Vaihe** Toista 5. vaihe 2-4 kertaa.
7. **Vaihe** Mattojen määrästä riippuen on suotavaa telata ainakin puolessa välissä ja sitten lopuksi ilmat pois välistä. Tämä tapahtuu metallisella telalla ja jopa sormin vetämällä ilmat pois kunnes näet mattojen lävitse muotin eikä ilmakuplia näy.
8. **Vaihe** Annat Kuitukatteesi kuivua ainakin vuorokauden, tai kunnes kate on täysin kuiva.

(Jatkuu)

2 (2)

Pakkelointi

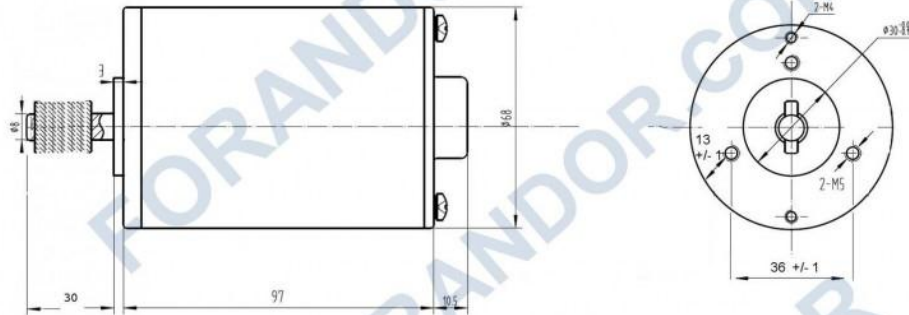
Pakkeloinnin voit jättää pois, jos olet muottisi tehnyt sillä tavalla, että katteesi näkyville tuleva puoli on ollut muotissa kiinni. (Huomaat kyllä mitä tarkoitan, kun irrotat katteen)

1. **Vaihe** Katteen kuivattua voit alkaa hiomaan. Hio lasikuitupinta suhteellisen taseiseksi. Käytä **hengityssuojainta**. Iholle joutunut säikeinen lasikuitupöly pistelee pyyhittäessä.
2. **Vaihe** Hiomisen jälkeen voit aloittaa pakkeloimisen.
3. **Vaihe** Sekoita pakkeli ja kovete pienissä määrissä! (Kovettuu todella nopeasti) (sillä prosenttimäärällä joka pakkauksessa lukee) sopivassa astiassa ja levität ohuita kerroksia katteesi päälle.

Jälkityöstö

1. **Vaihe** Hio kate tasaiseksi kunnes tulos miellyttää sinua. Ruiskupakkeli täyttää pienimpiä pintavirheitä. Kasta ja peilaa hiottua pintaa valoa vasten, mikä paljastaa virheitä.
2. **Vaihe** Maalaa pohjamaalia 2-4 kerrosta. Jos tavoittelet lasuurimaista pintaa olisi pohjatyö tehtävä huolella, viimeistelyhionta 1000+ karkeudella pinta samettiseksi.
3. **Vaihe** Maalaa valitsemaasi pääväriä 4-7 kerrosta.
4. **Vaihe** Lakkaa katetta 2-3 kerroksen verran. Pohja-, pääväri- ja lakkatyypin on oltava yhteensopivia pinnan keittämisen ym. ilmiöiden välttämiseksi
5. **Vaihe** Annat kuivua vuorokauden ja tarkasta lopputulos. Paksuksi jääneet maalipinnan kohdat voivat olla vuorokausi maalaamisesta vielä pehmeitä, vältä sor-meilua.

Liite 9. Valitun sähkömoottorin tekniset tiedot (For And Or, 2016)



Specification	Spezifikation	MY6812		
Rated Output Power	Leistung	100W	120W	150W
Rated Voltage	Spannung	12V/24V	12V/24V	12V/24V
Rated speed	Drehzahl	2800rpm	2750RPM	2750RPM
No load speed	Drehzahl-leerlauf	3500rpm	3500rpm	3500rpm
Full load Current	Strom-Vollast	≤ 6.0A	≤ 7.4A	≤ 8.5A
No load Current	Strom-Leerlauf	≤ 0.55A	≤ 0.6A	≤ 0.9A
Rated Torque	Drehmoment	0.35N.m	0.42N.m	0.56N.m
Efficiency	Effizient	≥ 68%	≥ 70%	≥ 70%

Liite 10. Tuotteistamisprototyypin arvioidut valmistuskustannukset.

Osa / palvelu	Hinta
Rungon taivutus ja laserleikkaus	n. 50 €
150 W tasavirtamoottori	n. 30 €
Scotty väkipyörä	n. 15 €
Laakeriyksikkö	n. 5 €
Kelan osat + kosketusnäytön kiinnike	n. 30 €
Vapa	n. 5€
Kiinnitystarvikkeet	n. 10 €
Takilaliina / takilavaijeri	n. 25 €
Kosketusnäyttö (4D-systems)	n. 100 €
Arduino Mega (Kiina) (tarvittaessa)	n. 10 €
H-Bridge (Ohjausjärjestelmä)	n. 10 €
Kauko-ohjain + vastaanotin	n. 10 €
Kelajarrun komponentit	n. 30€
Ohjainkotelo	n. 30€
Sekalaiset	n. 20 €
Yhteensä	n. 380