

Suvi Nikula

ESTEETTÖMÄN MODULAARISEN PELIOHJAIMEN
SUUNNITTELU JA TOTEUTUS HYÖDYNTÄEN 3D-
MALLINNUSTA JA -TULOSTUSTA

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2018

ESTEETTÖMÄN MODULAARISEN PELIOHJAIMEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS HYÖDYNTÄEN 3D-MALLINNUSTA JA -TULOSTUSTA

Nikula, Suvi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2018
Ohjaaja: Lehtinen, Tommi
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 0

Asiasanat: Esteettömyys, modulaarisuus, prototyypit, 3D-mallinnus, 3D-tulostus

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin esteettömyyden näkökulmasta toteutettavan peliohjaimen suunnittelemista 3D-mallinnusta ja -tulostusta hyödyntäen. Tutkimukselle ilmeni tarve hyvinvointiteknologian projekteissa tehtyjen hyötypelien kautta. Hyötypelejä piti saada ohjattua mahdollisimman helposti ja mahdollisimman monelle sopivalla ohjaimella.

Tavoitteiden saavuttamiseksi ohjainta kehitettiin prototyyppien suunnittelun ja toteutuksen kautta. 3D-mallinnetut mallit tulostettiin 3D-tulostimilla fyysisiksi esineiksi. Näin erilaiset kehitysvaihtoehdot saatiin testattua luotettavasti ja saatiin tehtyä parannuksia tarvittaviin kohtiin. Aina seuraava versio prototyypistä vietiin tulevan käyttäjäryhmän testattavaksi ja testaamisen jälkeen se palautui takaisin paranneltavaksi.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi modulaarinen ohjain. Modulaarisuutensa ansiosta ohjaimen voidaan kiinnittää kullekin käyttäjälle parhaiten sopivat osat. Näin ohjainta voi käyttää mahdollisimman suuri osa kohderyhmästä. Modulaarisuus mahdollistaa myös uusien ja uudenlaisten osien suunnittelun ja valmistuksen, sekä helpon kiinnityksen tässä työssä valmistettuihin osiin. 3D-mallinnus ja -tulostus tuovat osien valmistuksen lähes kaikkien ulottuville ja tulevaisuudessa ihmiset kykenevät suunnittelemaan ja toteuttamaan yhä enemmän juuri itselleen sopivia esineitä.

DESIGNING AND IMPLEMENTING ACCESSIBLE MODULAR GAME CONTROLLER UTILIZING 3D DESIGNING AND 3D PRINTING

Nikula, Suvi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

November 2018

Supervisor: Lehtinen, Tommi

Number of pages: 37

Appendices: 0

Keywords: Accessibility, modularity, prototypes, 3D designing, 3D printing

The purpose of this thesis was to make research on how to implement a game controller that is accessible to many and utilizing 3D designing and 3D printing. The need for this research emerged while during a welfare technology project some beneficial games were created. Target group for these games were disabled people, who needed ancillary tools to be able to play the games. Game controller was supposed to be suitable as many individuals as possible.

Rapid prototyping was used to develop the prototype and achieve the goals. 3D designed models were 3D printed into physical objects. This way all different advancement options were reliably tested and improved as needed. The next iteration always went out for more field tests and after target groups thorough experimenting it was brought back with some improvement propositions.

During this thesis the intended game controller changed its appearance and turned into a modular game controller. This modularity allows different and suitable parts to be attached for different users. Larger part of the target group is now able to personalize the controller for their needs. Modularity also allows designing and producing of new and different parts to attach the ones that were created during this thesis. 3D designing and printing is available to many and this allows them to design and produce more personalized products for themselves in the future.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VAATIMUKSET OHJAIMELLE	7
2.1	Ohjaimen käyttäjäryhmä.....	7
2.2	Esteettömyyden huomiointi tuotesuunnittelussa.....	8
2.3	SensorTag	8
3	3D-MALLINNUSOHJELMAN KÄYTTÖ UUDEN TUOTTEEN SUUNNITTELUSSA	9
3.1	SolidWorks	10
3.1.1	Ohjelman toiminta.....	10
3.1.2	Ohjelman käytön opettelu.....	12
3.2	Kappaleiden mallintaminen 3D-tulostamista varten.....	12
3.2.1	Tyhjän päälle tulostaminen.....	12
3.2.2	Tulosteen vääristymät.....	15
3.2.3	Seinämän paksuus	17
3.2.4	Yksityiskohtien tarkkuus	17
4	PROTOTYYPPIEN VALMISTAMINEN MATERIAALIA LISÄÄMÄLLÄ	18
4.1	Tarkoituksenmukaisen tulostuslaitteen valinta.....	18
4.2	Prototyypin valmistukseen sopivan materiaalin valinta.....	19
4.2.1	PLA eli polylactic acid	19
4.2.2	ABS eli acrylonitrile butadiene styrene.....	20
4.2.3	PETG eli polyethylene terephthalate glycol.....	20
4.2.4	Nylon	21
4.2.5	TPU eli thermoplastic polyurethane.....	21
4.2.6	PC eli polycarbonate.....	21
4.2.7	Yhteenvedo materiaaleista ja valinnan perustelu	22
5	PROTOTYYPIN VALMISTAMINEN	23
5.1	3D-tulostimen ja materiaalin testaus.....	23
5.1.1	Virhemarginaalin määrittäminen.....	24
5.1.2	Osatulostus ja mittojen testaaminen	24
5.2	Prototyypin tulostus	26
5.3	Palaute pelikokemuksista ja prototyypin kehittäminen edelleen.....	27
6	TUOTTEEN KEHITYKSEN KAARI	28
6.1	Ensimmäinen versio.....	29
6.2	Ohjaimessa havaittuja puutteita	29

6.3	Käyttö ja kuljetus	29
6.3.1	Ohjaimesta tulee modulaarinen	30
6.4	Modulaarisuus tuo lisää mahdollisuuksia	31
6.5	Mahdollisuudet ohjaimen jatkokehitykseen	33
7	YHTEENVETO	34
	LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

Satakunnan ammattikorkeakoulun hyvinvointiteknologian projektiin liittyen Kankaanpään kuntoutuskeskus halusi käyttöönsä pelin, jota mahdollisimman moni heidän asiakkaistaan pystyisi pelaamaan itsenäisesti. Tätä tarvetta varten kehitettiin peli, jota ohjataan Texas Instruments:in kehittämällä SensorTag -anturilla. Hyötypelejä on tähän asti ohjattu muun muassa tasapainolaudalla, jossa lautaan on kiinnitetty SensorTag. Tässä työssä SensorTagin ympärille suunnitellaan ja valmistetaan ohjain, jota mahdollisimman moni voisi käyttää pelin ohjaamiseen omassa kädessä pitäen.

Ohjaimesta tehdään ensin prototyyppi, jota käyttökokemusten perusteella kehitetään eteenpäin. Jokaisen iteraation jälkeen kerätään pelikokemuksia ja käyttökokemuksia, jotta ohjaimesta saataisiin muokattua mahdollisimman monipuolisesti käytettävissä oleva. Iteraatioita tehdään kolmesta kuuteen riippuen siitä, miten ohjain saadun palautteen perusteella muuttuu.

2 VAATIMUKSET OHJAIMELLE

Koska ohjain tehdään tiettyä tarkoitusta varten, sille on määritelty joitakin ominaisuuksia. Suunnittelua aloitettaessa saatiin ohjeeksi muodostaa jonkinlainen keskiö, johon SensorTag saadaan kiinnitettyä. Keskiöstä on tarkoitus lähteä kahvoja mahdollisimman moneen suuntaan. Ohjaimen ulkonäköä tai muotoa ei määritelty tarkemmin, mutta tartuntakahvoja pitäisi lähteä ainakin molemmille sivuille, alaspäin ja käyttäjää kohti. Näiden ominaisuuksien lisäksi ohjaimen tulee olla suunniteltu esteettömyyden periaatteita noudattaen.

Pelin ja ohjaimen on tilannut Kankaanpään kuntoutuskeskus, joka halusi asiakkailleen käyttöön pelin, joka aktivoisi heitä fyysisesti. Pelin ohjaamiseen liittyen suurin haaste on siinä, että kuntoutuskeskuksella on asiakkaina niin työelämäkuntoutujia kuin lääkinnällisiä kuntoutujiakin. Käytännössä tämä tarkoittaa asiakaskuntaa, joka koostuu täysin toimintakykyisistä ihmisistä nelirajahalvaantuneisiin. Tämä tietenkin vaatii erilaisia lähestymistapoja sen mukaan, millä tavalla asiakas on toimintaesteinen. (Merilampi henkilökohtainen tiedonanto 24.9.2018.)

Käyttäjien asettamien vaatimusten lisäksi ohjaimen pitää saada kiinnitettyä SensorTag. Koska SensorTagin käyttövoimana toimii paristo, pitää SensorTag saada myös helposti irrotettua ohjaimesta pariston vaihtoa varten.

2.1 Ohjaimen käyttäjäryhmä

Ohjaimen käytännöllisyyden määrittää hyvin pitkälti se, miten hyvin käyttäjäryhmä pystyy sitä hyödyntämään. Kankaanpään kuntoutuskeskuksen asiakaskuntaan kuuluvat muun muassa tuki- ja liikuntaelinsairauksista kärsivät sekä erilaisista neurologisista häiriöistä kärsivät. Asiakkaita on kaiken ikäisiä, lapsia ja nuoria, aikuisia ja vanhuksia. (Kuntoutuskeskus Kankaanpää 2018.)

Käyttäjäryhmästä löytyy laajasti erilaisia käsien ongelmia. Käsissä saattaa olla geneeratiivisia muutoksia, lihasheikkoutta tai käden poikkeavasta rakenteesta johtuvia erilaisia sormien asentoja. Joillakin asiakkailla puristusvoima on heikentynyt tai puut-

tuu kokonaan, eräillä esiintyy lihasjäykkyyttä, nivelreumaa tai neurologisista sairauksista johtuvia ongelmia esineisiin tarttumisessa. Asiakkailta saattaa esiintyä myös pakkoliikkeitä tai Parkinsonin tautia, jolloin ohjain saattaa tahtomatta singota kädestä. (Merilampi henkilökohtainen tiedonanto 24.9.2018.)

Käyttäjryhmän esteiden laadun perusteella voidaan todeta, että ohjaimen kahvojen tulisi olla sellaiset, että niihin on helppo tarttua ja niistä on mukava pitää kiinni. Kahvoja on hyvä lähteä keskiöstä moneen suuntaan, koska käden asennosta riippuen pelaajan voi olla helpompi tarttua esimerkiksi itseä kohden kuin alaspäin lähtevään kahvaan. Erilaiset muodot kahvoissa saattavat helpottaa niihin tarttumista. Joillekin asiakkaille paksumpi kahva voi olla hyvä, toisille voi sopia paremmin renkaan muotoinen kahva. Myös erilaiset pinnat saattavat helpottaa tartuntaa. (Merilampi henkilökohtainen tiedonanto 24.9.2018; Poberznik henkilökohtainen tiedonanto 29.10.2018.)

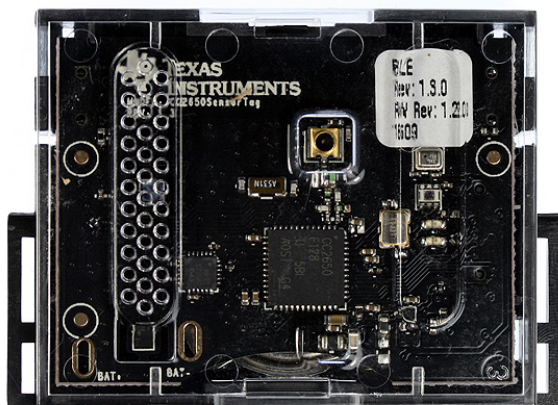
2.2 Esteettömyyden huomiointi tuotesuunnittelussa

Esteettömyys on erilaisuuden huomioonottamista. Kun on kyse välineestä, esteettömyys merkitsee käytettävyyttä. Esteettömyyden on tarkoitus mahdollistaa sujuva osallistuminen muun muassa harrastuksiin ja kulttuuriin. Kun pelaajalle voidaan tarjota yksilöllinen väline pelin ohjaamiseksi, hänen on mahdollista osallistua pelaamiseen itse. Yksilöllinen peliväline voi tarkoittaa esimerkiksi erivärisiä ja -muotoisia palloja tai erilaisia kahvoja, jotka helpottavat tarttumista tai kosketusta. Myös erilaiset ulokkeet ja pinnat voivat helpottaa pelivälineen käyttämistä. Esteetöntä tuotetta luodessa kyse on hyvästä suunnittelusta ja toteutuksesta. (Invalidiliitto 2018; Parvainen 2018.)

2.3 SensorTag

Ohjaimen varsinaisesta toiminnallisuudesta vastaa SensorTag (Kuva 1). Se on Texas Instrumentsin luoma työkalu ohjelmistokehittäjille. Siinä yhdistyvät anturien tiedot ja langaton liitettävyys. Käytössä olevan SensorTagin tyyppi on CC2650STK. Se on pienikokoinen, vain 5x6,7x1,4 cm ja sisältää useita erilaisia antureita. Pelien ohjaa-

miseen käytetään 9-akselin liikeanturia. Anturissa yhdistyvät kolmiakselinen gyroskooppi, kolmiakselinen kiihtyvyysanturi ja kolmiakselinen magnetometri. Ohjaimen toiminta pelien ohjaamiseksi perustuu siis asennon tunnistamiseen. SensorTagin koko ja muoto määrittävät sen, minkälainen ja kokoinen kolo sitä varten ohjaimen on tehtävä. (Texas Instruments 2018a; Texas Instruments 2018b.)



Kuva 1. SensorTag CC2650STK ilman kumista suojaansa. (Genovese 2017)

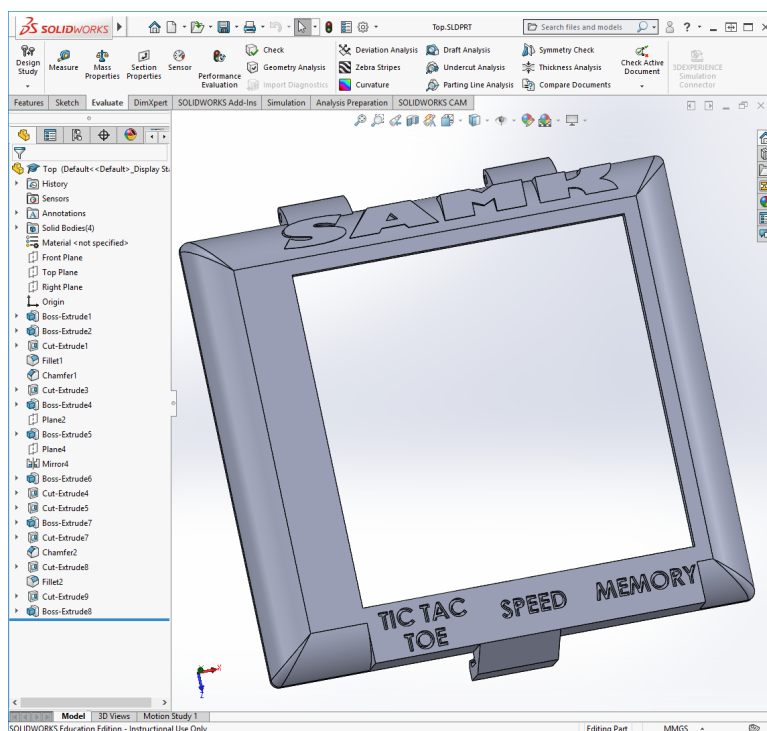
3 3D-MALLINNUSOHJELMAN KÄYTTÖ UUDEN TUOTTEEN SUUNNITTELUSSA

Tässä työssä on tarkoitus suunnitella täysin uusi tuote, joten se on mallinnettava alusta lähtien itse. Jotta saadaan luotua 3D (three dimensional) -tulostukseen sopiva malli, on käytettävä 3D-mallinnusohjelmaa. Tähän tarkoitukseen on olemassa laaja valikoima erilaisia sovelluksia, niin maksullisia kuin maksuttomiakin, osa on käytettävissä internetissä selaimella ja osa asennetaan paikallisesti omalla koneella käytettäväksi. (All3DP 2018.)

Tämän työn mallinnusohjelmaksi valikoitui SolidWorks CAD (computer-aided design) -ohjelma. Valintaan vaikuttivat SolidWorksin monipuoliset ja kattavat ominaisuudet sekä ohjelman tuttuus. Olen käyttänyt SolidWorksiä työssäni 3D-mallintamiseen ja kokemus käytettävästä ohjelmasta auttaa myös hyödyntämään sen eri ominaisuuksia mahdollisimman tehokkaasti.

3.1 SolidWorks

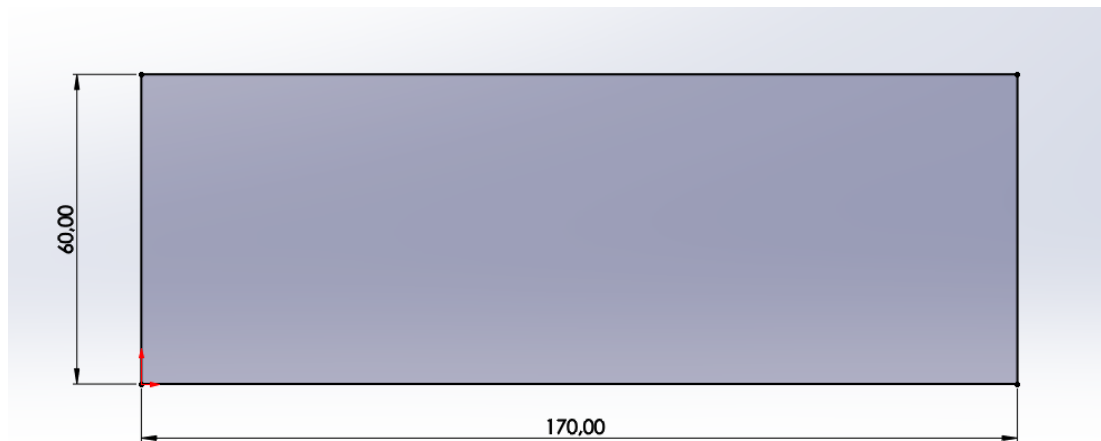
SolidWorks (Kuva 2) on Dassault Systèmesin kehittämä ja julkaisema 3D-mallinnusohjelma. Dassault Systèmesin mukaan yli kaksi miljoonaa insinööriä ja tuotesuunnittelijaa on käyttänyt SolidWorksiä työssään vuodesta 2013 lähtien. Ohjelma on suunnattu teollisuuden käyttöön, kuten teolliseen ja mekaaniseen suunnitteluun. (All3DP 2018.)



Kuva 2. SolidWorks mallinnusohjelman näkymä.

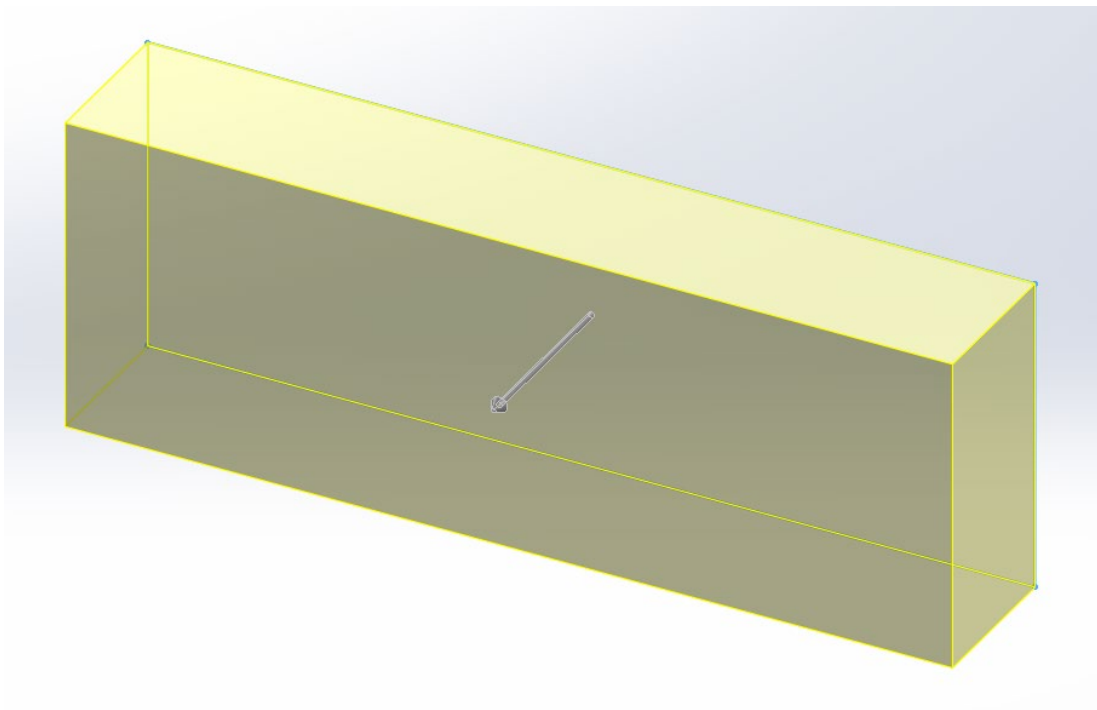
3.1.1 Ohjelman toiminta

SolidWorks on parametrisen mallinnusohjelma, joka tarkoittaa, että parametrien arvot määrittävät mallin muodon ja geometrian. Mallin rakentaminen SolidWorksissa aloitetaan usein 2D (two dimensional) -luonnoksesta (Kuva 3). Luonnos koostuu geometrisista piirteistä, kuten pisteistä, viivoista tai kaarista. Luonnokseen lisätään mitoitukset, jotta mallin koko sijainti saadaan määritettyä. Ohjelmassa voidaan myös määrittää geometrinen osien suhte toisiinsa, ne voivat olla esimerkiksi tangentiaalisia, yhdensuuntaisia tai samankeskisiä. Nämä parametrit, eli mitat ja niiden suhteet, määrittävät siis geometrian. (Wikipedia 2018.)



Kuva 3. 2D-luonnos SolidWorksissa.

Valmiista luonnoksesta voidaan luoda piirteitä, jotka muodostavat varsinaisen mallin. Piirteet voivat olla muotoja tai operaatioita. Muotoja voidaan esimerkiksi pursottaa, eli luodulle luonnokselle määritetään myös syvyys, jolloin siitä tulee 3D-kappale (Kuva 4). Samalla tavalla luonnosta voidaan käyttää muotojen leikkaamiseen 3D-kappaleista. Lisäksi kappaleille voidaan suorittaa erilaisia operaatioita, kuten pyöristyksiä tai viisteitä. (Wikipedia 2018.)



Kuva 4. 2D-luonnoksesta tehdään pursotus.

Parametrien assosiointi keskenään vaikuttaa siihen, miten piirteet muuttuvat suhteessa toisiinsa, kun aiemmin määritettyjä parametrejä muutetaan. Näin saadaan esimerkiksi kappaleen yläpintaan tehty reikä pysymään aina kappaleen yläpinnassa, vaikka kappaleen muotoa, kokoa tai korkeutta muutettaisiinkin. (Wikipedia 2018.)

3.1.2 Ohjelman käytön opettelu

SolidWorksin käytön opetteluun on monia eri tapoja. Dassault Systèmes tarjoaa SolidWorks harjoituskursseja, joilla opetetaan ohjelman käyttö perin pohjin. Dassault Systèmesin toimesta tarjolla on myös seikkaperäisiä opetusvideoita tai ladattavia oppaita, sekä webinaareja. SolidWorks Blog ja Tech Blog sisältävät paljon hyödyllistä tietoa SolidWorksin-asiantuntijoilta. (Benenato 2013)

Internethaun avulla löytyy myös helposti erilaisia ohjeistuksia ohjelmaan tutustumiseen, sen valikkojen haltuunottoon sekä erilaisten työkalujen käyttöön. Työkalujen käyttöä on myös helppo opetella muiden käyttäjien tekemien opetusvideoiden avulla. SolidWorksilla on niin laaja käyttäjäkunta, että erilaisia vinkkejä ja keinoja on saatavilla laajasti.

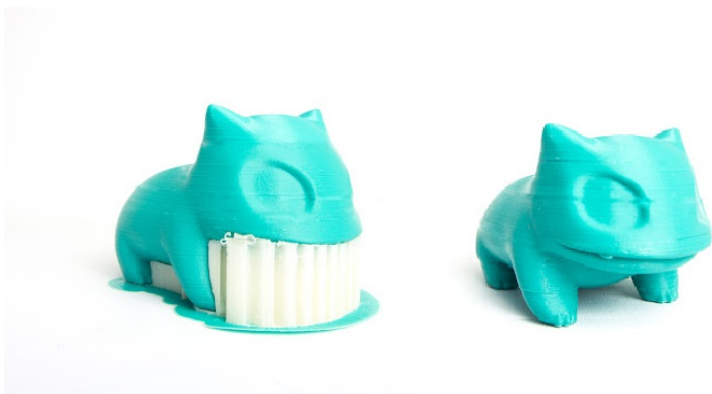
3.2 Kappaleiden mallintaminen 3D-tulostamista varten

Mitä tahansa voidaan suunnitella 3D-mallinnusohjelmalla, mutta aivan kaikkea ei ole mahdollista 3D-tulostaa. Mallinnusympäristössä ei vaikuta esimerkiksi painovoima tai muut sen kaltaiset fysiikan lait. Eri 3D-tulostustekniikoihin pätevät jotkin samat suunnittelussa huomioon otettavat asiat. (Brockotter 2018.)

3.2.1 Tyhjän päälle tulostaminen.

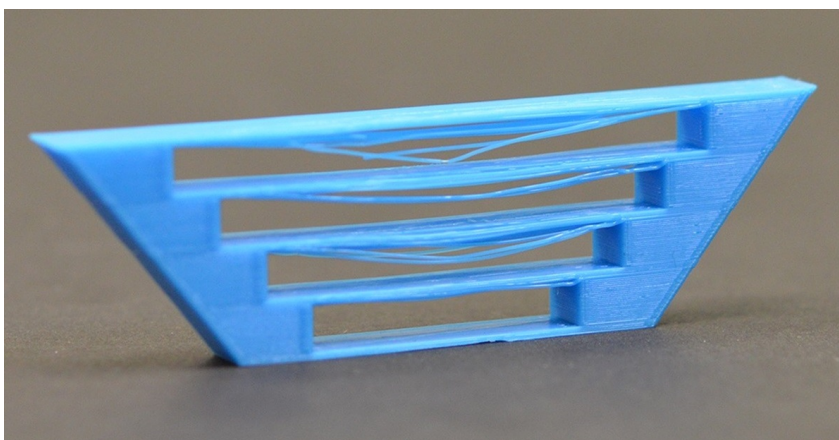
Kaikissa 3D-tulostustavoissa malli rakentuu kerros kerrokselta. Uutta materiaalikerrosta ei voida kiinnittää ilmaan, joten jokaista kerrosta tulisi edeltää aiempi kerros. Toisinaan alempi kerros tukee seuraavaa vain osittain. Useimmat siivutusohjelmat luovat automaattisesti tukirakenteita tulostettavaan malliin sellaisiin kohtiin, joissa

mallin tulostuminen oikein olisi epävarmaa ilman tukia (Kuva 5). On kuitenkin suositeltavaa suunnitella tuote niin, ettei tukia tarvita, koska niiden poistaminen voi olla työlästä ja mallin tuettu pinta on todennäköisesti muita osia huonolaatuisempi. Tulosteen asentoa alustalla voi myös muuttaa ja näin vähentää tukien tarvetta. (Brockotter 2018; Pinshape 2016; Kaziunas 2013.)



Kuva 5. Tukirakenteet tukevat tulostetta, kuvat ennen ja jälkeen tukien poiston. (MatterHackers Inc. 2018)

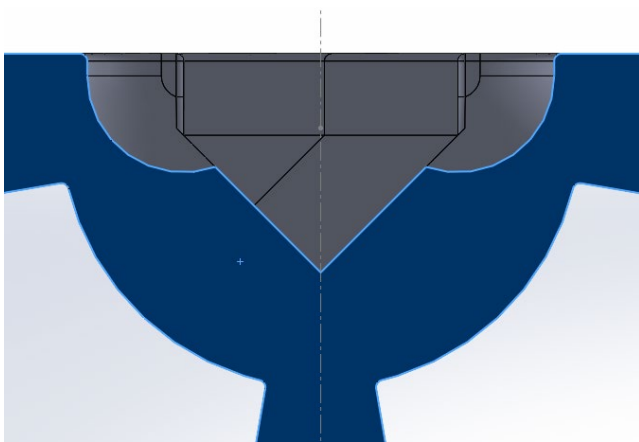
Tukien tarvetta vähentäessä tulisi suunnitella huomioida pintojen kaltevuus. Käytännössä yli 45 asteen kaltevuudessa olevat pinnat yleensä tarvitsevat tukia. Lyhyet vaakasuorat ”sillat” tulostuvat yleensä melko hyvin, mutta matkan pidentyessä tulostusmateriaali alkaa helposti roikkua (Kuva 6). Malleihin voi myös itse piirtää tukia valmiiksi. Tällöin pystyy itse määräämään tuen sopivan paikan, sekä sen koon. (Pinshape 2016; Kaziunas 2013.)



Kuva 6. Heikkolaatuinen silloitus. (Simplify3D 2018)

Tässä kappaleessa esitetyt asiat vaikuttavat tulosteen suunnitteluun merkittävästi. Kun ohjaimesta on muodostettu jonkinlainen hahmotelma, voidaan erilaisia ratkaisuja pohtia edellä mainittujen asioiden valossa. Jotta ohjaimen tulostuksella olisi parhaat mahdollisuudet onnistua, mahdollisimman suuri pinta-ala pitäisi saada kiinni alustaan. Tässä tapauksessa ohjain kannattaa asettaa alustalle ylösalaisin, jotta saadaan tuki kolmelle kahvalle sekä keskiölle. Tätä varten ohjaimen yläpinta kannattaa suunnitella tasaiseksi, jotta tulostaessa ei tarvita tukimateriaaleja.

SensorTag on tarkoitus upottaa ohjaimen yläkautta, joten sitä varten täytyy tehdä lovi. Jos loven pohja on tasainen, vaakasuuntainen, tarvitsee se tukimateriaaleja tulostukseen mahdollisimman hyvin. Tässä tapauksessa loven pohja kannattaa holvata niin, että sivuseinämien päättyessä pohja ei lähde niihin verrattuna 90 asteen kulmassa vaakasuoraan vaan noin 45 asteen kulmassa alaviistoon (Kuva 7, Kuva 8). Näin ollen ylösalaisin käännettyssä ohjaimessa ei ole vaakasuuntaisia tasaisia pintoja kuin ne, jotka tulostetaan suoraan tulostusalustalle.



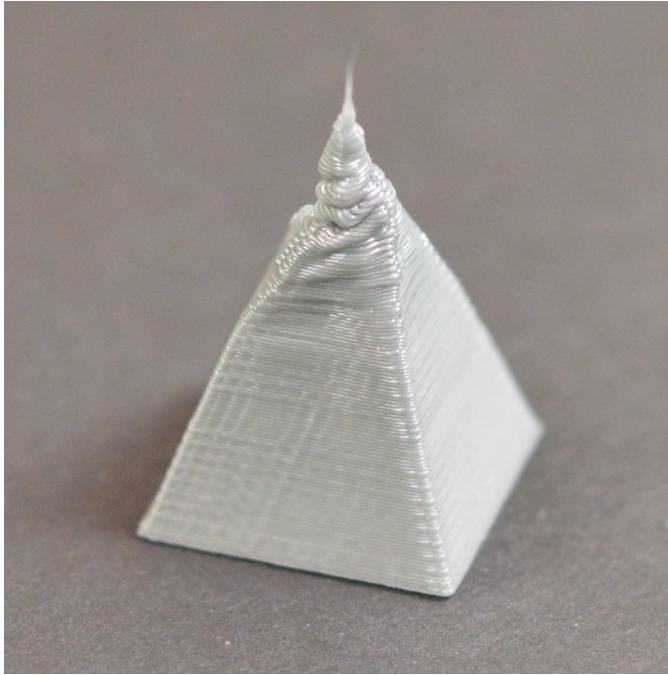
Kuva 7. Poikkileikkaus ohjaimen holvauksesta.



Kuva 8. Holvaus tulostettuna.

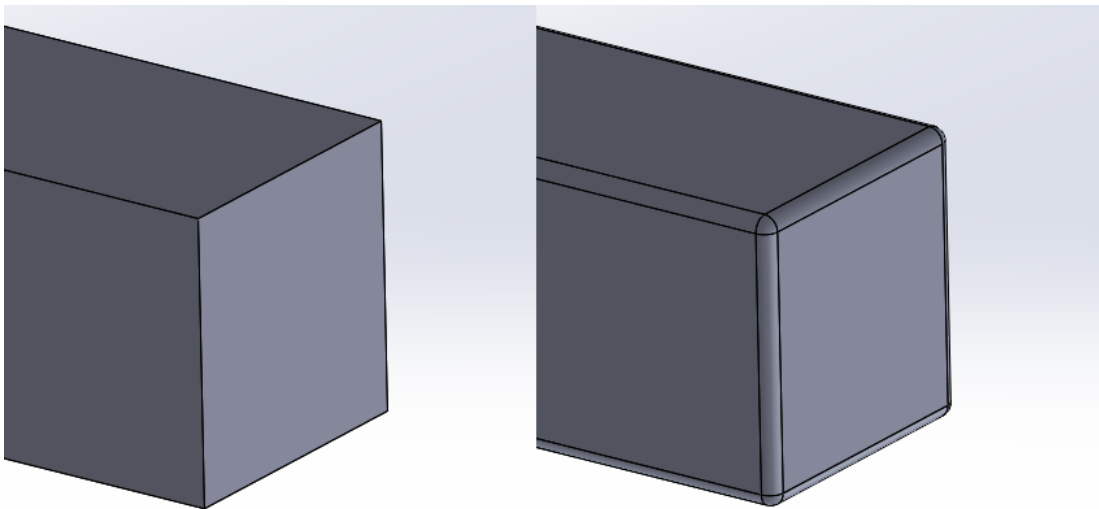
3.2.2 Tulosteen vääristymät

3D-tulostettaessa materiaali kokee muodonmuutoksen. Se voidaan esimerkiksi sulattaa ja sitten taas jähmettää. Materiaalin kuumentaminen ja jäähtytys voi aiheuttaa vääristymiä tulosteisiin. Laajat ja litteät pinnat voivat olla erityisen taipuvaisia vääristymiin, eli tulostusalustasta irtoamiseen. Myös hyvin kapeat tulosteet saattavat ylikuumentua ja vääristyä kuumen tulostuspään viipyessä jatkuvasti samassa kohtaa (Kuva 9). Suunnitellessa voi välttää laajoja litteitä alueita, tehdä kulmiin pyörityksiä, sekä luoda toisaalle tulosteen korkuisen kappaleen, jolloin tulostuspää liikkuu kahden kohteen välillä sallien varsinaisen tulosteen jäähtyä välillä. (Brockotter 2018; Pinshape 2016.)



Kuva 9. Tulosteen kärki on vääristynyt liian kuumuuden takia. (Simplify3D 2018)

Periaatteessa tulosteesta hyvin laaja alue on kiinni tulostusalustassa, se on kuitenkin hajallaan, joten riski tulostusalustasta irtoamiseen ei ole kovin suuri. Kuitenkin riskin pienentämiseksi tehdään malliin teräviin kulmiin pienet pyöristykset (Kuva 10).



Kuva 10. Terävät kulmat ja pyöristetyt kulmat.

3.2.3 Seinämän paksuus

Suunnitellessa täytyy pitää mielessä tulostimen rajoitukset. Jos seinämän paksuus on pienempi kuin suuttimen koko, tulostin ei pysty seinämää tulostamaan. On siis hyvä suunnitellessa varmistaa, että seinämät ovat riittävän paksuja. Yleisesti 0,8-1 mm pitäisi olla riittävä seinämän paksuus kaikille tulostustavoille. Jos kuitenkin tarvitset hyvin ohuita rakenteita, niiden tulee olla suuttimen halkaisijan paksuisia. (Brockotter 2018; Pinshape 2016; Kaziunas 2013.)

Ohjaimessa ei ole tarvetta hyvin ohuille rakenteille. Siinä tulee kuitenkin ottaa huomioon SensorTagille tehdyn loven sekä ulkokuoren väliin jäävän materiaalin paksuus. Materiaalin on oltava riittävän paksu, jotta se voidaan tulostaa, eikä tulostukseen jää reikää tähän kohtaan.

3.2.4 Yksityiskohtien tarkkuus

Suunnitellessa 3D-mallin yksityiskohtia, on tärkeää varmistaa, minkä kokoisia yksityiskohtia tulostin pystyy tekemään. Yksityiskohtien tarkkuus riippuu tulostimen suuttimesta tulevan säikeen leveydestä sekä kerrospaksuudesta. Jos tulostimen suutin on 0,4 mm halkaisijaltaan, säikeen leveys on 0,4 mm ja pienin ympyrä, jonka se pystyy tekemään, on 0,8 mm halkaisijaltaan. Mitä ohuempi kerros tulostetaan, sitä pienempiin yksityiskohtiin pystytään. Tämä kuitenkin pidentää tulostusaikaa. Toistensa lomaan tulevien osien välyksen pitäisi olla minimissään 0,4 mm. (Brockotter 2018; Pinshape 2016; Kaziunas 2013.)

Ohjaimen ei tule suurta tarkkuutta vaativia yksityiskohtia, kuten tekstiä. Tulostetun kerroksen paksuus toki vaikuttaa pyöristyksiin sekä ohjaimessa olevaan pyöreään muotoon. Näiden toteuttamiseksi kuitenkin riittää jopa 0,2 mm kerrosvahvuus.

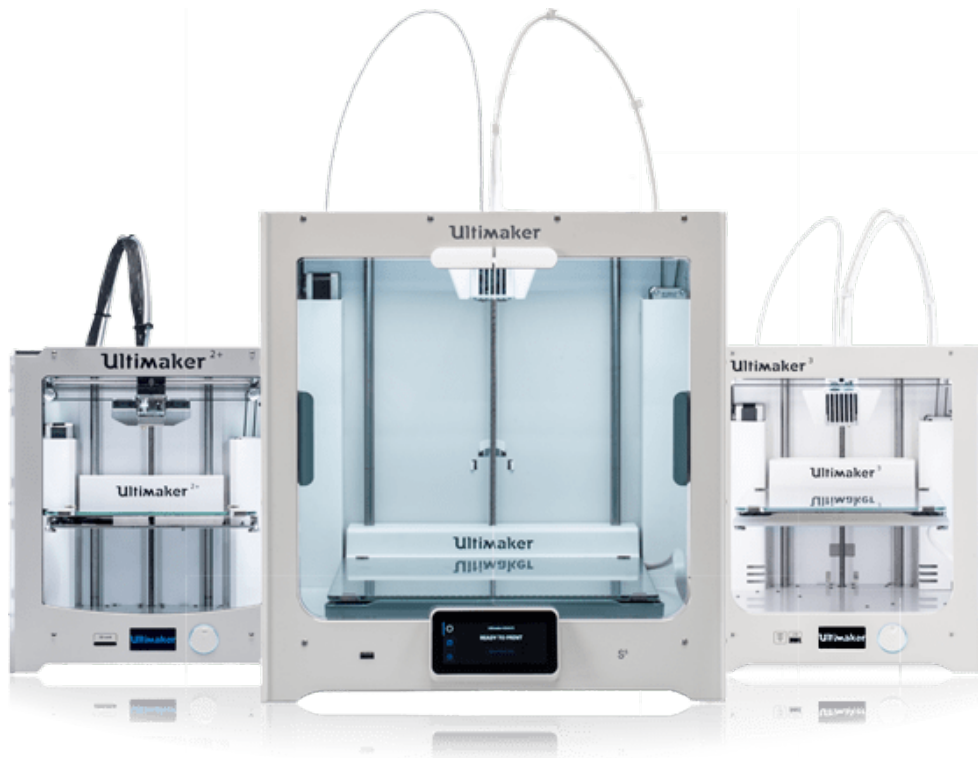
4 PROTOTYYPPIEN VALMISTAMINEN MATERIAALIA LISÄÄMÄLLÄ

Varsinainen ohjain on tarkoitus toteuttaa materiaalia lisäämällä. Automaatiotekniikan laboratoriossa on 3D-tulostimia, joita on tarkoituksenmukaista käyttää tuotesuunnittelun tukena ja tuotteen valmistukseen. 3D-tulostinta käyttäen saadaan helposti tehtyä fyysinen malli 3D-suunnitelman pohjalta.

4.1 Tarkoituksenmukaisen tulostuslaitteen valinta

Laboratoriosta löytyy eri tekniikoita käyttäviä 3D-tulostimia. Formlabs Form1+ -tulostin kovettaa nestemäistä hartsia UV (ultra violet) -laserilla. Tulostusalueen koko on 125x125x165 mm. Sen lisäksi on käytettävissä Zprinter 450, joka liimaa komposiittijauhetta kerros kerrokselta 3D-esineeksi. Tässä tulostusalueen koko on 203x254x203 mm. Kolmas vaihtoehto ovat pursottavat Ultimaker 2 Extended+ sekä Ultimaker 3 Extended -tulostimet. Nämä käyttävät materiaalina muovinauhaa ja tulostusalueen laajuus on 223x223x305 mm sekä 215x215x300 mm. (SAMK Automaation tutkimusryhmä 2018; Ultimaker 2018b; Ultimaker 2018c.)

Saatavilla olevista tulostimista laajimmat mahdollisuudet tarjoavat Ultimakerin valmistamat laitteet (Kuva 11). Näiden tulostusalueen koko on muita suurempi. Lisäksi tulostimissa voi käyttää useampaa erilaista muovilaatua ja Ultimaker 3 Extended mahdollistaa tulostuksen kahdella eri materiaalilla samanaikaisesti. Näiden ominaisuuksien perusteella Ultimaker-tulostimet vaikuttavat parhailta valinnoilta tämän prototyypin tuottamiseksi. Kuvassa 7 Ultimakerin tulostimia. (Ultimaker 2018b; Ultimaker 2018c.)



Kuva 11. Ultimaker-tulostimia. (Ultimaker 2018a)

4.2 Prototyyppien valmistukseen sopivan materiaalin valinta

3D-tulostukseen on saatavilla runsaasti erilaisia materiaaleja ja valitut tulostimet ovat yhteensopivia niistä monien kanssa. Perusmateriaalien, kuten PLA (polylactic acid) ja PETG (polyethylene terephthalate glycol), lisäksi on saatavilla eksoottisempia vaihtoehtoja, kuten metallisekoite- tai biohajoavaa materiaalia. Tässä keskitytään kuitenkin suosituimpiin perusmateriaaleihin, jotka ovat yleensä ominaisuuksiltaan helpompia tulostaa sekä usein myös hinnaltaan edullisempia. (Rohringer 2018; Ultimaker 2018b; Ultimaker 2018c.)

4.2.1 PLA eli polylactic acid

PLA on yksi suosituimmista 3D-tulostusmateriaaleista ja hyvästä syystä. PLA on helppo tulostaa, se vaatii matalamman tulostuslämpötilan kuin esimerkiksi ABS (acrylonitrile butadiene styrene), eikä se vääntyile kovin helposti, tästä syystä se ei välttämättä tarvitse myöskään lämmitettyä alustaa. PLA on lujaa, mutta ei kovin joustavaa ja kestävyydeltään keskitasoa. PLA on huokea materiaali ja se jopa maa-

tuu. PLA:ta käytetään usein mallien ja prototyyppien tulostukseen, sekä lelujen ja taloustavaroiden valmistukseen. (3DInsider 2018b; Rohringer 2018.)

4.2.2 ABS eli acrylonitrile butadiene styrene

ABS on PLA:n ohella hyvin suosittu tulostusmateriaali muutamista syistä. Materiaalina se on kestävä ja edullinen ja tulosteita on helppo viimeistellä jälkeenpäin. Hankaluuksia aiheuttaa kuitenkin se, että tulostaessa ABS:n viskositeetti on PLA:ta korkeampi ja se myös kutistuu ja jopa vääristyy jäähtyessään ja irtoaa helposti alustasta. ABS:n kanssa on suositeltavaa käyttää lämmitettyä alustaa. Aivan aloittelijoille ABS saattaa olla hankala materiaali, mutta kun esineiltä kaivataan iskunkestävyyttä tai kuuman sietoa, ABS palvelee PLA:ta paremmin. ABS onkin lujaa ja kestäväää sekä hieman joustavaa. Siitä kannattaa tehdä esimerkiksi kännykän kuoria, työkalujen kädensijoja ja muita kovaan kulutukseen tulevia esineitä. (3DInsider 2018a; Rohringer 2018.)

4.2.3 PETG eli polyethylene terephthalate glycol

PETG on variaatio maailman käytetyimmistä muovista, eli PET (polyethylene terephthalate) -muovista. Hieman laajemmin puhuttaessa se kuuluu copolyesterien joukkoon. Valmistajat kutsuvat näitä tuotteita eri nimillä, kuten PET, PETG tai CPE (copolyester). Ultimaker-tulostimet ovat yhteensopivia CPE -materiaalin kanssa. Aivan samoja ominaisuuksia ei kuitenkaan voi odottaa näiltä erilaisilta materiaaleilta, vaikka ne ovat hyvin lähellä toisiaan tulostamisen kannalta. Oikeiden tulostusasetusten löytäminen voi olla hankalaa ja tulostus on melko hidasta. (Flynt 2018c; Rohringer 2018; Tom 2018; Ultimaker 2018b; Ultimaker 2018c.)

PETG on kasvattanut suosiotaan kestävyytensä, hyvän tarttuvuutensa sekä veden ja kemikaalien kestävyytensä ansiosta. Materiaali on lujaa, hieman joustavaa sekä kestäväää. Siitä kannattaa tulostaa esineitä, jotka joutuvat kestäväään äkkinäistä rasitusta tai iskuja. UV-valo saattaa heikentää materiaalia. (Flynt 2018c; Rohringer 2018.)

4.2.4 Nylon

Nailon on melko yleisesti käytetty materiaali ja sopii lujuutensa, joustavuutensa ja kestävyytensä ansiosta myös 3D-tulostukseen. Se on vahvaa ja kevyttä ja 3D-tulostaessa sitä käytetäänkin usein osiin, joiden pitää kestää mekaanista kulutusta. Tulostaessa kerrokset tarttuvat hyvin toisiinsa tarjoten lisää lujuutta. Nailonin tulostus saattaa olla haasteellista. Tulostuslämpötila on melko korkea, eivätkä kaikki tulostimet pysty niihin. Lisäksi alustan kannattaa olla lämmitetty, ettei tuloste irtoa siitä ennen aikojaan. Nailonista voi valmistaa työkaluja, toiminnallisia prototyypppejä sekä saranoita tai hammasrattaita. (Flynt 2018b; Rohringer 2018.)

4.2.5 TPU eli thermoplastic polyurethane

TPU on TPE:n (thermoplastic elastomers) muunnos. Se on hieman jäykempää ja niin ollen helpompi tulostaa ja melko suosittu 3D-tulostusmateriaali. TPU on erittäin joustavaa ja hyvin kestävä, mutta ei kovin lujaa. Se on muovia, jolla on kumimaiset ominaisuudet. TPU on kulutusta kestävä ja säilyttää ominaisuutensa hyvin jopa matalissa lämpötiloissa, tulosteet ovat hyvin kestäviä, koska kerrokset kiinnittyvät toisiinsa hyvin. Tulostimen tekniikasta riippuen joustavan materiaalin tulostus voi olla hankalaa ja on suositeltavaa pitää tulostuspään nopeus mahdollisimman hitaana. Tulosteita on hyvin hankala viimeistellä tulostuksen jälkeen. (Flynt 2018d; Rohringer 2018.)

4.2.6 PC eli polycarbonate

PC on tässä käsitellyistä materiaaleista lujin. Tämän lisäksi se on hyvin kestävä, ja sietää iskuja sekä lämpöä. Se on myös läpinäkyvää ja tulosteet on helppo viimeistellä niin, että ne näyttävät todella hienoilta. PC sopii loistavasti tulosteisiin, joiden pitää säilyttää lujuutensa, kovuutensa ja muotonsa korkeissakin lämpötiloissa. Lämmönsietokyky heijastuu myös tulostamiseen, jonka on tapahduttava erittäin korkeissa lämpötiloissa. PC:n käyttö tulostuksessa ei olekaan aivan helppoa. Myös alustan pitää olla erittäin kuuma ja on suositeltavaa käyttää jopa jotakin kiinnitettä, tulosteet

irtoavat muuten helposti alustastaan. PC:stä voi valmistaa vaikkapa elektroniikkaan, koneenrakennukseen tai autoihin sopivia osia. (Flynt 2018a; Rohringer 2018.)

4.2.7 Yhteenveto materiaaleista ja valinnan perustelu

Valmista tuotetta tehtäessä pitäisi kiinnittää huomiota materiaalin tulostusominaisuuksien lisäksi sen muihin ominaisuuksiin. Peli ohjaimen on tarkoitus tulla mahdollisimman monen henkilön käyttöön, jolloin on syytä pohtia käyttöön liittyviä hygieniasioita. Kestääkö tuote puhdistusta tai pesua ja millä aineilla sen voi puhdistaa tai pestä? Kestääkö tuote esimerkiksi kuumaa vettä? Lisäksi pintaan liittyviä asioita pitäisi muutenkin miettiä tarkemmin. Onko tuote mahdollista pintakäsitellä ja mitä etuja pintakäsittelyllä saavutetaan? Pintakäsittelyn avulla tuotteesta voidaan saada hygieenisempi ja helpommin puhdistettava. Lisäksi voidaan saavuttaa pinta, esimerkiksi pehmeä, karhea, joustava tai värillinen, joka auttaa esineeseen tarttumista tai vaikkapa sen näkemistä.

Tässä työssä keskitytään kuitenkin toiminnallisen prototyypin valmistamiseen, joten materiaalivalinta perustetaan siihen, mikä on käytännöllisintä 3D-tulostettaessa tällaista tuotetta.

Ensimmäiseksi rajataan materiaaleista pois PETG. Tulostuksen hitaus sekä oikeiden asetusten löytymisen hankaluus ei tule kysymykseen, koska tässä tapauksessa tulostuksen tulisi olla mahdollisimman yksinkertaista ja luotettavaa.

Valmistettavan tuotteen ei ole tarkoitus olla joustava, jolloin nylon tai TPU eivät tule myöskään kysymykseen. PC:n tulostamisen mainitaan olevan mahdollisesti hankalaa ja erittäin hidasta, joten sekään ei vastaa tarkoitusta.

Jäljelle jäävät ABS ja PLA. ABS:n tarjoama kevyt joustavuus saattaisi olla eduksi, mutta sen tulostaminen ja alustassa kiinni pysyminen saattaa olla hieman hankalampaa kuin PLA:n. PLA on ominaisuuksiltaan helppo tulostaa ja sitä on saatavilla useilta valmistajilta ja monia eri värejä. Se on edullista ja sillä tehdyt tulosteet ovat mittatarkkoja. Prototyypin tulostusmateriaaliksi valikoitui siis PLA.

5 PROTOTYYPIN VALMISTAMINEN

Kun ohjaimen ja sen valmistukseen liittyvät perusasiat on määritelty, on aika ryhtyä valmistamaan prototyyppiä. Yksinkertaisimmillaan 3D-mallinnettu esine muutetaan tulostimen ymmärtämään muotoon sopivaa ohjelmaa käyttäen ja tulostetaan 3D-tulostimella. Aiempien kokemusten perusteella kuitenkin tiedetään, että aivan näin helposti ohjaimen luonti ei onnistu. 3D-tulostuksen ollessa melko tarkka valmistusmenetelmä, se ei kuitenkaan pysty toistamaan mallinnettua esinettä täsmälleen toivotunlaisena. Lisäksi materiaalin ominaisuudet vaikuttavat tulosteen laatuun ja tarkkuuteen. Tulosteen eri osat saattavat jäähtyä eri tahtiin, jolloin mitoissa saattaa esiintyä epätarkkuutta, jota voidaan yrittää vähentää esimerkiksi lisäämällä pyöristyksiä tulostettavan kappaleen teräviin kulmiin. (Redwood 2018.)

5.1 3D-tulostimen ja materiaalin testaus

Tulostimiksi valikoituivat Ultimaker 2 Extended+ ja Ultimaker 3 Extended. Ultimaker 2:ssa tulostusalustan, eli pedin suhde tulostuspäähän, eli suuttimeen, säädetään manuaalisesti. Suuttimia on valittavissa neljä eri kokoa ja jokainen suutin vaatii yksilöllisen kalibroinnin. Käytettävän suuttimen kooksi valikoitu 0,4 mm, joka on toiseksi pienin valittavissa olevista. Tällä suuttimella tulostusjälki on melko siistiä, mutta tulostukseen kuluu hieman enemmän aikaa yhden kerroksen ollessa huomattavasti matalampi kuin esimerkiksi 0,8 mm suuttimella. 0,4 mm suutin pystyy kuitenkin suurempaan tulostustarkkuuteen ja esimerkiksi terävämpiin kulmiin, kuin suuremmat suuttimet. Pienin, 0,25 mm suutin ei ole tarkoituksenmukainen, koska tulostus kestäisi hyvin kauan, eikä niin suureen tarkkuuteen ole tarvetta. Lisäksi Ultimaker 3 -tulostimessa on 0,4 mm suuttimet, joten eri tulostimilla tulostettavien kappaleiden laatu on tasaisempaa, kun tulostimilla on fyysisesti samat ominaisuudet. Ultimaker 3 kalibroi pedin automaattisesti. (Cain 2018; Ultimaker 2018b; Ultimaker 2018c.)

Suuttimen asennuksen ja petien kalibroinnin jälkeen tehdään testitulostus, josta pysytään havaitsemaan kalibroinnin onnistuminen. Kun tulostin ja suutin on saatu toimimaan ihanteellisesti valitulla materiaalilla, on aika ryhtyä tositoimiin.

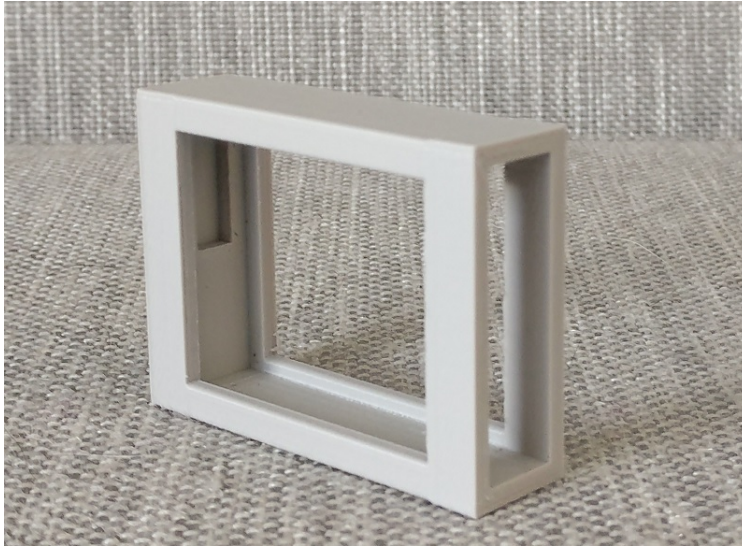
5.1.1 Virhemarginaalin määrittäminen

Valitut 3D-tulostimet eivät pysty toteuttamaan tulosteita täysin luotua mallia vastaviksi. Pursottavien tulostimien tarkkuus on noin $\pm 0,5$ mm (Redwood 2018). Esimerkiksi sisäkkäin tulevat toisistaan erilliset osat pitää piirtää riittävän eri kokoisiksi, jotta varsinaiset tulosteet saadaan mahtumaan sisäkkäin. Tätä varten mallinnetaan palapelin paloja muistuttavat osat, joiden osien väliin jäävää rakoa kasvatetaan 0,1 mm välein 0,1 mm alkaen 0,5 mm asti. Testin tuloksena havaittiin, että 0,3 mm välys on riittävä, jotta palat sopivat sisäkkäin vaivattomasti, olematta kuitenkaan liian löysät. Näin ollen esimerkiksi SensorTagin kolosta kannattaa tehdä testausta varten 0,3 mm suurempi kuin SensorTagin ulkomitat ovat.

5.1.2 Osatulostus ja mittojen testaaminen

Virhemarginaalin määrittämisen jälkeen aloitetaan varsinaisen ohjaimen valmistus. Ohjaimen ollessa ulkomitoiltaan melko suuri ja tulostukseen käytettävän materiaalin ja ajan kulumisen tällöin myös melko mittavaa, on järkevää tulostaa ohjaimen eri osia erikseen testausta varten.

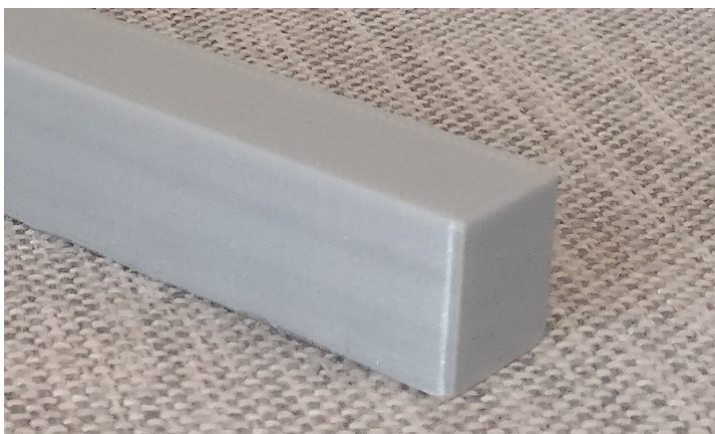
SensorTagin kiinnittäminen ohjaimeen ja irrottaminen siitä on olennainen osa ohjainta ja tämän vuoksi sille suunniteltu lovi tulostetaan erikseen (Kuva 12). Näin pystytään kokeilemaan suunnittelun toimivuutta käytännössä ja tekemään tarvittavat korjaukset malliin, sekä tulostamaan uusi koepala. Uuden muotoilun ja uusien koepalojen tulostusta jatketaan, kunnes optimaalisin malli löytyy.



Kuva 12. SensorTagille sopiva lovi.

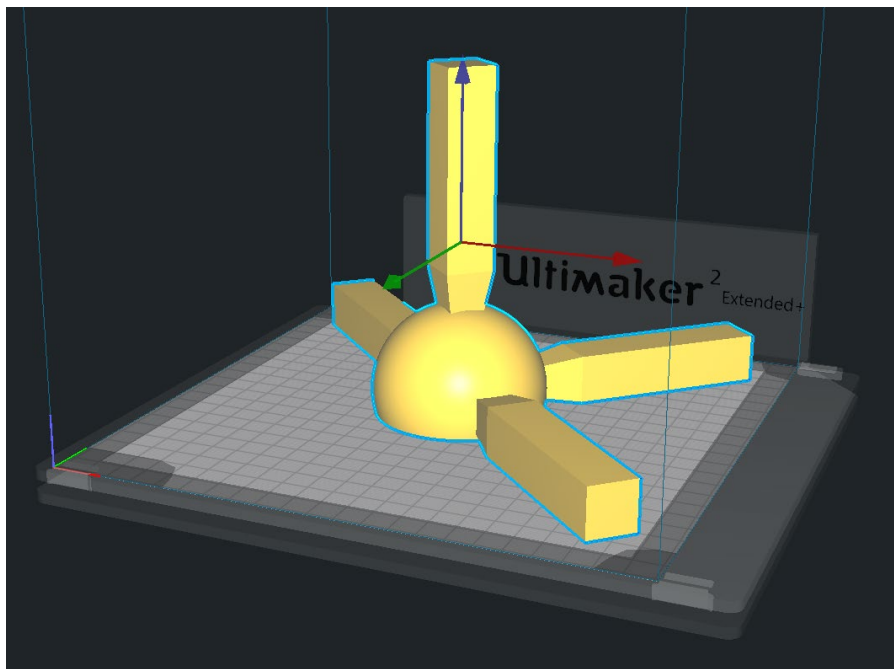
Ohjaimen kahvat vaativat myös testausta, jotta niille saadaan määritettyä jonkinlainen sopiva koko ja muoto. On tärkeää, että kahva on riittävän pitkä, jotta se sopii vaivattomasti käteen. Myös kahvan paksuus on merkittävä asia tämän kaltaisessa sovelluksessa.

Osien oikean koon määrittämisen lisäksi osien testitulostus on tärkeää, jotta saadaan määritettyä oikeanlainen muotoilu tulostustekniikkaa silmällä pitäen. Tulosteen lopulliseen laatuun ja ulkonäköön vaikuttaa paljon se, miten päin esine tulostetaan. Testitulostuksen avulla pystytään määrittämään sopivimman muotoilun lisäksi optimaalisin koko sekä tulostuksen suunta. Esimerkiksi kahvojen ensimmäiseksi versioksi valikoitui läpileikkaukseltaan neliön mallinen muoto (Kuva 13).



Kuva 13. Ensimmäinen kahvan muoto.

Lopullisen tulosteen kokoon vaikuttaa merkittävästi myös pedin tulostusala. Ohjaimen käytettävyyden optimoimiseksi kahvojen pituus ja keskiön halkaisija piti maksimoida, mutta samalla saada malli mahtumaan tulostusalalle (Kuva 14). Keskiötä ei voi kasvattaa liiaksi, koska se vie kahvoilta pituutta. Lisäksi kahvojen ja keskiön koon tulee olla sopivassa suhteessa, jotta ohjaimen ulkonäkö on mahdollisimman luonnollinen. Monien testausten jälkeen on saavutettu optimaalinen koko ja prototyypin valmistus voidaan aloittaa.



Kuva 14. Mallin sovitus tulostusalueelle.

5.2 Prototyypin tulostus

Tarvittavien kalibrointien, määritysten ja testausten jälkeen tulostetaan ensimmäinen kokonainen prototyyppi (Kuva 15). Valmistunut ohjain vastaa toiveita muodoltaan ja käyttöominaisuuksiltaan. Tulosteen koko vastaa varsin hyvin tarpeita. Kahvoihin on helppo tarttua sekä pienellä että isolla kädellä ja SensorTagin asennus ja poistaminen sujuu vaivattomasti.



Kuva 15. Ensimmäinen valmis ohjain.

5.3 Palaute pelikokemuksista ja prototyypin kehittäminen edelleen

Prototyypin valmistuttua se otetaan mukaan, kun hyötypelejä käydään esittelemässä eri sidosryhmille. Sidosryhmien edustajat myös kokeilevat ohjainta pelin kanssa. Varsinaisia käyttäjäkokemuksia ei kerätä, mutta asiantuntijat auttavat ja tarkkailevat eri lailla esteellisten henkilöiden pelaamista ja kirjaavat havaintojaan ylös. Näiden havaintojen pohjalta ohjaimen ominaisuuksia tarpeen mukaan muutetaan.

Ensimmäinen muutoskohde ovat kahvat. Neliön mallinen muoto ei sovellu hyvin käteeseen, joten kahvat muutetaan pyöreiksi (Kuva 16). Lisäksi osa pelaajista saattaa kärsiä oireista, jotka aiheuttavat raajojen nykimistä, jolloin on vaarana ohjaimen sinkoutuminen kädestä. Tätä varten suunnitellaan käyttäjää kohti suunnattuun kahvaan renkas, josta voidaan pujottaa naru, joka sitten voidaan kiinnittää esimerkiksi pelaajan vyöhön (Kuva 16). Näin pelaaja saa otteen kirvottua helposti ohjaimen uudestaan käteensä, eivätkä ohjain tai SensorTag iskeydy lattiaan.



Kuva 16. Seuraavan mallin pyöreät kahvat ja kiinnityslenkki.

Näiden korjausten jälkeen ohjain kiertää testikäytössä hieman pidempään, näin siihen liittyen saadaan kerättyä riittävästi käyttökokemuksia, jotta mallin kehittäminen edelleen on mahdollista.

6 TUOTTEEN KEHITYKSEN KAARI

Ohjaimen kehittämisessä noudatetaan rapid prototyping -periaatetta. Kyse on prosessista, jota toistetaan prototyyppien suunnittelua ja toteutusta varten. Prototyyppejä voi valmistaa monella eri tavalla, tässä työssä tehdään fyysinen malli testausta ja käyttöä varten. Se on prosessin ensimmäinen vaihe. Tämän jälkeen malli esitellään käyttäjille ja he arvioivat sen soveltuvuutta tarpeisiinsa. Lopulta saadun palautteen perusteella mallia parannetaan. Tätä prosessia toistetaan niin monta kertaa kuin on tarpeen. (Dam & Siang 2018; Jain n.d.)

6.1 Ensimmäinen versio

Ohjaimen ensimmäisessä versiossa pyritään toteuttamaan annetut vaatimukset. Ohjaimelle päätetään jokin muoto, josta lähdetään liikkeelle. Osatulostusten jälkeen on vuorossa koko ohjaimen tulostus, jonka jälkeen se lähtee käyttäjien testaukseen.

6.2 Ohjaimessa havaittuja puutteita

Ensimmäisten testausten jälkeen ilmeni, että suunnitellut nelikulmaiset kahvat eivät sovi hyvin käyttäjille. Lisäksi ongelmana ovat käyttäjien mahdolliset pakkoliikkeet tai muut kättä epävakauttavat ongelmat, joiden vuoksi ohjain pitäisi saada kiinnitettyä käyttäjään. Kahvat muunnetaan siis pyynnön mukaan pyöreiksi ja käyttäjän suuntaan olevaan kahvaan lisätään päähän lenkki, josta sen voi esimerkiksi sitoa kiinni käyttäjän vyöhön. Tämän jälkeen ohjain pääsee uudelleen testaukseen.

6.3 Käyttö ja kuljetus

Pyöreät kahvat tuntuvat sopivan paremmin käyttäjille. Ohjaimeen ja kahvoihin liittyen havaitaan kuitenkin uusi ongelma. Kaikki kahvat ovat ohjaimessa kiinteästi kiinni, joten se on hankalan muotoinen kuljetusta ajatellen. Lisäksi ohjaimen tiputtua muutamana kerran lattialle, havaittiin, että kahvat saattavat mennä helposti poikki (Kuva 17). Pyydettiin siis toteuttamaan ohjain, josta kahvat voisi irrottaa kuljetusta varten ja josta katkenneen kahvan voisi helposti korvata ehjällä.



Kuva 17. Kahva on katkennut tyvestä.

6.3.1 Ohjaimesta tulee modulaarinen

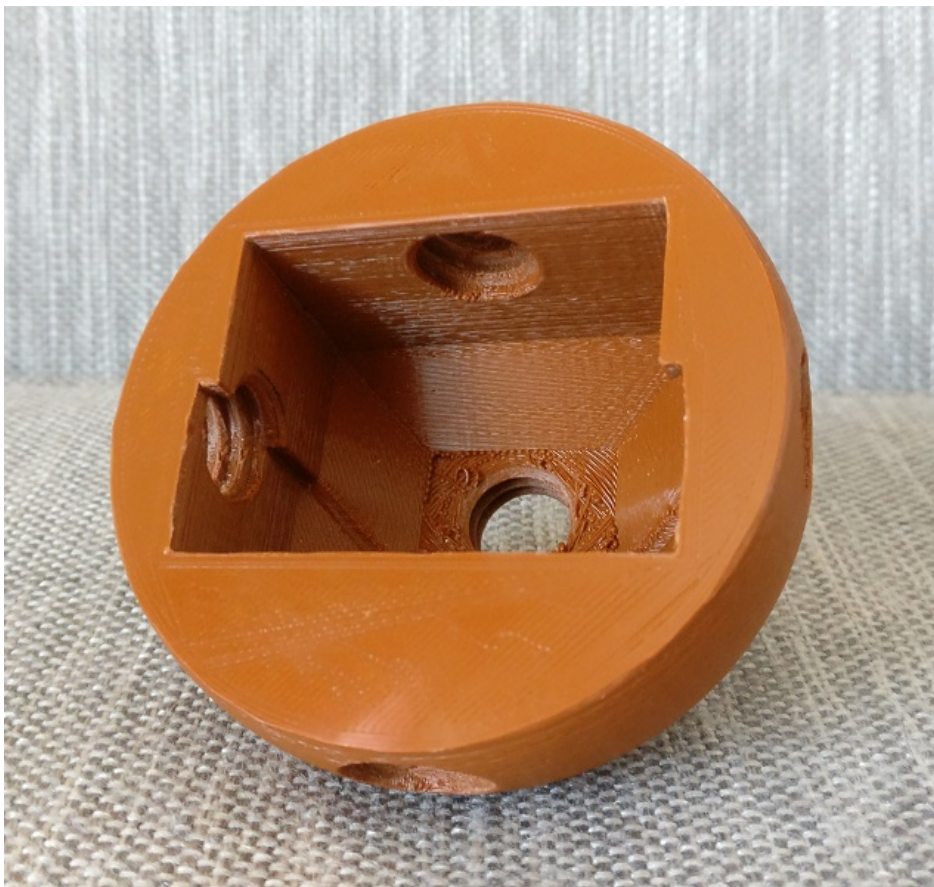
Irrotettavat kahvat aiheuttavat melko suuria muutoksia ohjaimeen. Pohdinta kahvojen kiinnitystavasta johti päätökseen kierteistä (Kuva 18). Kierteet on melko helppo toteuttaa 3D-tulostaen, mutta ne vievät jonkin verran tilaa. Kierteen etuna on myös se, että kahvan mahdollisesti löystyessä käytössä, se ei irtoa saman tien. Erilaisten salpojen suunnitteleminen tähän tarkoitukseen on hankalaa ja usein niihin tulee ohuita osia, jotka ovat alttiita hajoamaan.



Kuva 18. Irrotettava kahva kierteillä.

Kahvojen ja keskiön tulostaminen tuo kuitenkin mahdollisuuksia mittojen muuntamiseen. Enää ei tarvitse pohtia tulostusalan kokoa, vaan osia voidaan muokata mieleisiksi ja tulostaa ne vaikka yksi kerrallaan.

Jotta kierteet saadaan mahtumaan keskiöön, pitää keskiötä suurentaa. Tämä antaa mahdollisuuden myös siirtää SensorTagin sijaintia, jolloin kahvoille jää entistä enemmän tilaa. SensorTagin lovea syvennetään, jotta se painuu alemmas keskiössä (Kuva 19). Näin saadaan lisättyä vielä yksi kahvan paikka, pois päin käyttäjästä. Näillä muutoksilla ohjain lähtee taas seuraavalle testikierrokselle.



Kuva 19. SensorTagin lovea on syvennetty ja kahvoja varten tehty kierteet.

6.4 Modulaarisuus tuo lisää mahdollisuuksia

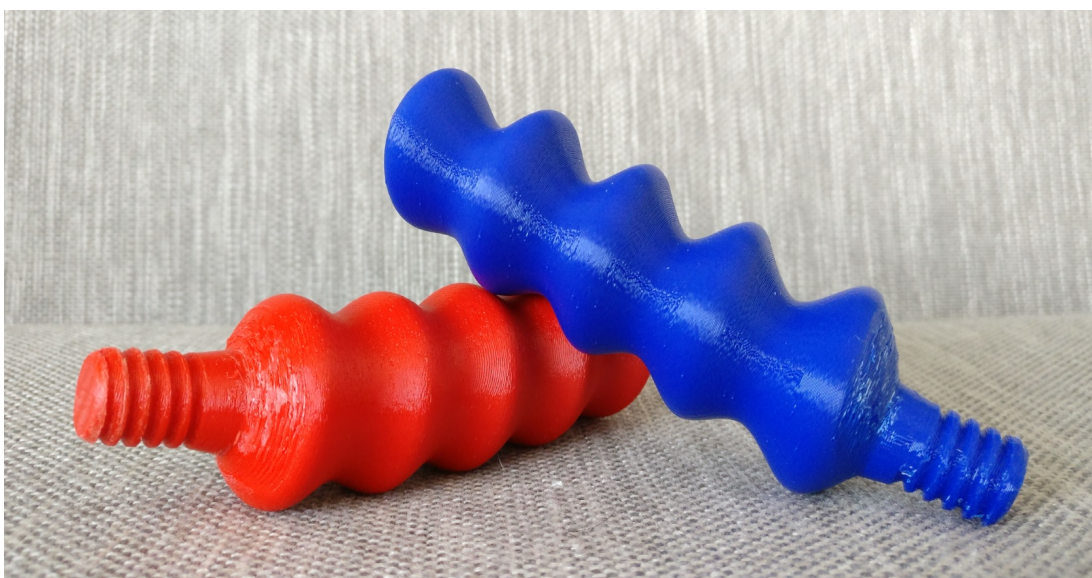
Käytännössä havaittu kahvojen helppo irrotus ja kiinnitys herätti toiveita eri muotoisista kahvoista. Kahvojen tulostaminen keskiöstä erikseen tuo myöskin ulottuville uusia mahdollisuuksia tulostusteknisesti.

Toiveena oli saada eri muotoisia kahvoja, jotka helpottavat tarttumista. Esimerkiksi kahvikupin korvaa jäljittelevä tai pallon muotoinen kahva (Kuva 20). Näiden kahvojen testikäytössä havaittiin, että tarttumisen helpottamisen lisäksi eri muotoiset ja väriset kahvat, joita voit itse vaihdella halutessaan, toivat lisää iloa pelin pelaamiseen.



Kuva 20. Pieni ja iso pallo, sekä kahvikupin korva.

Käyttäjille entistä paremmin sopivien kahvojen luomiseksi tehdään yhteistyötä fysioterapeutti Anja Poberznikin kanssa. Hänen erikoisosaamisensa kohderyhmän haasteista auttaa paremmin luomaan kahvoja. Yhteistyön tuloksena syntyivät paksummat, hieman kaarevat kahvat, joissa on ohuempia ja paksumpia kohtia tarttumisen helpottamiseksi (Kuva 21). Testikäytössä nämä kahvat toimivat myös hyvin.



Kuva 21. Yhteistyössä suunnitellut kahvat.

Modulaarisuus toi myös mieleen yhden kehityskohdan. Jos keskiön tulostaisi täysin pallon muotoisena, siihen saisi lisättyä vielä kahvan myös ylöspäin. Tällainen versio tehtiin ja se osoittautui toimivaksi (Kuva 22). Ohjain on tällä tavoin myös helpokäyttöisempi, koska SensorTagia ei tarvitse saada loveensa oikein päin vaan sen voi sujauttaa paikoilleen ja kääntää ohjaimen kädessään oikeaan asentoon.



Kuva 22. Viimeinen kehitysversio erilaisine kahvoineen.

6.5 Mahdollisuudet ohjaimen jatkokehitykseen

Modulaarisen rakenteensa ansiosta ohjain sallii kenen tahansa mallintaa ja tulostaa haluamansa kahvat ohjaimeen. Kriittisin kohta on kierre, jonka on oltava oikeanlainen, jotta yhdistäminen onnistuu. Myös keskiötä voi muokata haluamallaan tavalla, lisätä esimerkiksi kahvoille reiän haluamaansa kohtaan.

7 YHTEENVETO

Materiaali lisäävä valmistus on mielenkiintoinen tapa tuottaa toiminnallisia prototyyppisiä. Valmistustapa on jo lähes kaikkien saatavilla, joten luodut 3D-mallit on helppo tulostaa fyysisiksi esineiksi. Prototyypin valmistamisessa nopea valmistustapa on eduksi, uudet iteraatiot saadaan nopeasti ja edullisesti testaukseen.

Modulaarinen 3D-tulostettu peliohjain luo valtavasti mahdollisuuksia. Ohjaimen kahvat voidaan suunnitella kullekin tarvitsijalle yksilöllisesti. Kappaleet voidaan tulostaa melkein millä tahansa värillä, joka voidaan tarvittaessa valita tarkoituksenmukaisesti. Materiaalia lisäävä valmistus onnistuu myös muusta kuin muovimateriaalista. On olemassa monenlaisia sekoitemateriaaleja, joiden käyttö ohjaimen osissa voisi tuoda käyttäjälle lisäarvoa. Lisäksi eri materiaalit tuottavat erilaisen tartuntapinnan, joka sekin saattaa hyödyttää joitakin pelin käyttäjiä.

3D-mallintamisessa vain taivas on rajana. Kahvoja ja niiden pintoja voidaan suunnitella yhtä monta erilaista kuin käyttäjiäkin on. Tämä opinnäytetyö esittelee kuitenkin vain yhdenlaisen ratkaisun esteettömäksi peliohjaimeksi. 3D-suunnittelu ja -tulostus avaavat lähes rajattomat mahdollisuudet erilaisten ohjaimeksi soveltuvien esineiden valmistamiseksi. Esineiden kokoa, muotoa, ulokkeita ja syvennyksiä voidaan luoda ja muokata, yksilöidä, niin paljon kuin on tarpeen. Tulostaminen saattaa tuottaa joitakin rajoitteita suunnitteluun, mutta materiaalit ja tulostuslaitteet kehittyvät jatkuvasti.

Tuotteen kehitys edelleen olisi ollut mahdollista, mutta työssä esitettyjen iteraatioiden jälkeen tuote on tarkoituksenmukainen ja käytettävyydeltään hyvä. Näin ollen tälle opinnäytetyölle asetetut tavoitteet on saavutettu.

LÄHTEET

- 3DInsider. 2018a. Best ABS 3D Printing Filaments of 2017. Viitattu 10.11.2018. <https://3dinsider.com/abs-3d-printing-filaments/>
- 3DInsider. 2018b. Best PLA 3D Printing Filaments of 2018. Viitattu 10.11.2018. <https://3dinsider.com/pla-3d-printing-filaments/>
- All3DP. 2018. Best 3D Design/3D Modeling Software 2018. Viitattu 25.10.2018. <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/>
- Benenato, R. 2013. How do I learn SolidWorks? Viitattu 28.10.2018. <https://blogs.solidworks.com/solidworksblog/2013/12/how-do-i-learn-solidworks.html>
- Brockotter, R. 2018. Key design considerations for 3D Printing. Viitattu 29.10.2018. <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/key-design-considerations-3d-printing>
- Cain, P. 2018. The impact of layer height on a 3D Print. Viitattu 13.11.2018. <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/impact-layer-height-3d-print>
- Dam, R. & Siang, T. 2018. Prototyping: Learn Eight Common Methods and Best Practices. Viitattu 14.11.2018. <https://www.interaction-design.org/literature/article/prototyping-learn-eight-common-methods-and-best-practices>
- Flynt, J. 2018a. Best Polycarbonate Filament, How to Use Them, and Where to Buy. Viitattu 10.11.2018. <https://3dinsider.com/polycarbonate-filament/>
- Flynt, J. 2018b. Durable Nylon Filament: Properties, How to Use, and Best Brands. Viitattu 10.11.2018. <https://3dinsider.com/nylon-filament/>
- Flynt, J. 2018c. PETG Filament: Properties, How to Use, and Best Brands. Viitattu 10.11.2018. <https://3dinsider.com/petg-filament/>
- Flynt, J. 2018d. The Properties of Flexible TPU Filament, How to Work with it, and Best Brands. Viitattu 10.11.2018. <https://3dinsider.com/tpu-filament/>
- Genovese, R. 2017. Build an Arduino 101 Data Logger with the TI SensorTag. Viitattu 15.11.2018. <https://www.allaboutcircuits.com/projects/build-a-full-featured-ble-multi-sensor-data-logger/>
- Invalidiliitto. 2018. Esteettömyys. Viitattu 19.9.2018. <https://www.invalidiliitto.fi/tietoa/liikkumisen-tuen-palvelut/esteettomyys>
- Jain, A. N.d. A Beginner's Guide to Rapid Prototyping. Viitattu 14.11.2018. <https://medium.freecodecamp.org/a-beginners-guide-to-rapid-prototyping-71e8722c17df>

Kaziunas, A. 2013. Top Ten Tips: Designing Models For 3D Printing. Viitattu 29.10.2018. <https://makezine.com/2013/12/11/top-ten-tips-designing-models-for-3d-printing/>

Kuntoutuskeskus Kankaanpää. 2018. Kuntoutus. Viitattu 3.10.2018. <https://www.kuntke.fi/kuntoutus/>

MatterHackers Inc. 2018. How To Use Support Material: Part 2. Viitattu 15.11.2018. <https://www.matterhackers.com/news/how-to-use-support-material:-part-2>

Merilampi, S. 2018. Tekniikan tohtori, Satakunnan ammattikorkeakoulu. Pori. Haastattelu 24.9.2018. Haastattelijana Suvi Nikula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Parviainen, J. 2018. Apu- ja liikuntavälineet. Viitattu 19.9.2018. <https://www.vammaisurheilu.fi/palvelut/esteettomyys/apu-ja-liikuntavälineet>

Pinshape. 2016. Top 5 Design Tips for 3D printing. Viitattu 29.10.2018. <https://www.onshape.com/cad-blog/top-5-tips-for-designing-for-3d-printing>

Poberznik, A. 2018. Fysioterapeutti, Satakunnan ammattikorkeakoulu. Pori. Haastattelu 29.10.2018. Haastattelijana Suvi Nikula. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Redwood, B. 2018. Dimensional accuracy of 3D printed parts. Viitattu 13.11.2018. <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/dimensional-accuracy-3d-printed-parts>

Rohringer, S. 2018. 2018 3D Printer Filament Guide – All You Need to Know. Viitattu 10.11.2018. <https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/>

SAMK Automaation tutkimusryhmä. 2018. SAMKista löytyvät 3D-tulostimet. Viitattu 10.11.2018. https://automaatio.samk.fi/?page_id=415

Simplify3D. 2018. Print Quality Troubleshooting Guide. Viitattu 15.11.2018. <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

Texas Instruments. 2018a. Teardown. Viitattu 25.10.2018. http://www.ti.com/ww/en/wireless_connectivity/sensortag/tearDown.html

Texas Instruments. 2018b. TI SensorTag kit for IoT development. Viitattu 25.10.2018. <http://www.ti.com/tools-software/sensortag.html?keyMatch=sensortag&tisearch=Search-EN-Everything>

Tom. 2018. Things you should know about PETG. Viitattu 15.11.2018. <https://toms3d.org/2018/02/05/things-know-petg/>

Ultimaker. 2018a. Professional 3D printing made accessible. Viitattu 15.11.2018. <https://ultimaker.com/>

Ultimaker. 2018b. Ultimaker 2+ Specifications. Viitattu 10.11.2018. <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-2-plus/specifications>

Ultimaker. 2018c. Ultimaker 3 Specifications. Viitattu 10.11.2018.
<https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-3/specifications3>

Wikipedia. 2018. SolidWorks. Viitattu 28.10.2018.
<https://en.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>