

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2024

Tuomas Myllymäki

Muovisen painikeavustimen tuotekehitys ja valmistus



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2024 | 31 sivua

Tuomas Myllymäki

Muovisen painikeavustimen tuotekehitys ja valmistus

Opinnäytetyön asiakkaana toimi Everon Oy. Työn tavoitteena oli kehittää heidän henkilökohtaiselle hälytyspainikkeellensa tarkoitettua painikeavustinta, suunnitella parempi tuote ja löytää sille valmistaja. Työssä käydään läpi yksinkertaisen tuotekehitysprosessin eri vaiheet käytännössä ideoinnista aina valmiiseen tuotteeseen asti.

Painikeavustimen tärkeimmät tarvittavat toiminnot ovat suurentaa painettavaa pinta-alaa ja keventää painamiseen vaadittavaa voimaa. Painikeavustin pitää myös saada ripustettua kaulalle nauhan avulla ja siinä pitää olla mahdollisuus seinä- tai pöytäkiinnitykselle.

Everonin oma painikeavustin oli valmistettu läpinäkyvästä akryylimuovista ja siinä oli liimattuja osia. Tuotteen ongelmat olivat sen karkea ulkomuoto, liimattujen osien irtoaminen ja sen suuri koko.

Työn tuloksena saimme kehitettyä toimivan tuotteen, ja löysimme sille valmistajan.

Asiasanat:

tuotekehitys, suunnittelu, valmistus, 3D-tulostus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2024 | 31 pages

Tuomas Myllymäki

Product development and manufacturing of a plastic button assistant

The objective of the thesis was to develop a button assistant intended for an emergency alarm button, design a better product and find a manufacturer for it. This thesis was commissioned by Everon Oy. The thesis includes a number of different stages of a simple product development process, from ideation to the finished product.

The most important and necessary functions of the button assistant are to increase the pressed area and to reduce the force required for pressing the button. The button assistant must also be able to be hung around the neck with a strap and it must have the option of wall or table mounting.

Everon's own button assistant was made of transparent acrylic plastic and had glued parts. The product's problems were its rough appearance, the loosening of glued parts and its large size.

As the result, a functioning product was developed, and a manufacturer for producing it was found.

Keywords:

product development, design, manufacturing, 3D-printing

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 3D-tulostus ja työssä käytetyt tulostusmenetelmät	8
2.1 3D-tulostus	8
2.2 FDM	8
2.3 SLS (Jauhepetitulostus)	9
2.4 SLA	10
3 Tuotekehitys	11
3.1 Kehitettävä tuote	11
3.2 Ideointi	13
3.3 Konseptointi	14
3.4 Prototyypointi	19
3.5 Valmistajan löytäminen	26
4 Työn tulokset	30
Lähteet	31

Kuvat

Kuva 1 Havainnollistava kuva, jossa nähdään miten jauhepetitulostin toimii. (3D Printing.)	9
Kuva 2 Formlabsin esimerkki SLA-tulostimen toiminnasta. (Formlabs.)	10
Kuva 3 Everonin hälytinnappi.	11
Kuva 4 Everonin valmistama painikeavustin.	12
Kuva 5 Kiinnitys 1.	15
Kuva 6 Kiinnitys 2.	15

Kuva 7 Kiinnitys 3.	16
Kuva 8 Liitokset.	17
Kuva 9 Ensimmäiset tulosteet. Kiinnitys 1 (ylävasen). Kiinnitys 2 (yläoikea). Kiinnitys 3 (alavasen). Lohenpyrstöliitos(alaoikea).	17
Kuva 10 Ensimmäinen kokonainen konsepti.	18
Kuva 11 Prototyyppi 1.	19
Kuva 12 Prototyyppi 2.	20
Kuva 13 Lenkki kaularipustusta varten.	20
Kuva 14 Prototyyppi 3.	21
Kuva 15 Nestetulostimella valmistettu testikappale.	22
Kuva 16 Prototyyppi 4.	23
Kuva 17 Prototyyppi 5.	25
Kuva 18 Lopullinen malli.	25
Kuva 19 3D Printing Farmin valmistama ensimmäinen prototyyppi.	26
Kuva 20 3D Printing Farmin valmistama toinen prototyyppi.	27
Kuva 21 Konseptikuva uudesta kiinnitystavasta.	28
Kuva 22 Xometryn valmistama jauhepetitulostettu prototyyppi.	29

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

3D	Kolmiulotteisuus
FDM	3D-tulostusmenetelmä. Lyhenne tulee menetelmän englanninkielisestä nimestä Fused Deposition Modeling.
SLS	3D-tulostusmenetelmä. Lyhenne tulee menetelmän englanninkielisestä nimestä Selective Laser Sintering. Tunnetaan suomessa myös nimellä jauhepetitulostus.
SLA	3D-tulostusmenetelmä. Lyhenne tulee menetelmän englanninkielisestä nimestä Stereolitography.
PLA	FDM-tulostuksessa käytetty tulostusmateriaali.
ABS	FDM-tulostuksessa käytetty tulostusmateriaali.
Raft	FDM-tulostuksessa yleisesti käytettävä levy, joka tulostetaan varsinaisen tulosteen alapuolelle. Levy auttaa tulostettavaa kappaletta pysymään paikallaan tulostuksen aikana.
Warppaus	Ilmiö, jossa 3D-tulostettu kappale vääristyy esimerkiksi lämpötilan tai tulostusalustasta irtoamisen vaikutuksesta.

1 Johdanto

Työn tilaajana toimi Everon Oy, joka on turkulainen hyvinvointitekologiaan erikoistunut yritys. Yksi heidän tuotteistaan on hälytyspainike, jolle haluttiin valmistaa painamista helpottava painikeavustin. Painikeavustin on hälytinnapin ympärille asetettava laite, joka lisää painettavaa pinta-alaa ja keventää napin painamiseen tarvittavaa voimaa.

Tämä opinnäytetyö antoi hienon mahdollisuuden käydä läpi tuotekehitysprosessi alusta loppuun ja suunnitella toimiva tuote, joka menee lopulta valmistukseen.

Everonin suunnittelema painikeavustin oli toimiva, mutta siinä oli vielä kehitettävää. Opinnäytetyön tavoitteena oli siis suunnitella uusi versio painikeavustimesta ja löytää sille valmistaja.

Työn alussa käydään lyhyesti läpi, mitä on 3D-tulostaminen, ja mitä tulostusmenetelmiä työssä tehdyssä tuotekehityksessä on käytetty.

Työssä käsitellään painikeavustimen tuotekehitysprosessia vaiheittain aina ideoinnista valmiiseen tuotteeseen asti. Tuotteen suunnittelu toteutettiin käyttämällä Siemens NX 3D-mallinnusohjelmaa. Käydään läpi suunnitteluvaiheen aikana tehtyjen 3D-mallien kehitystä ja nähdään, miten ne muuttuivat projektin edetessä. Työssä esitellään mihin valmistusmenetelmään päädyttiin ja prototypointivaiheessa valmistetut kappaleet.

Selvitetään, miten tuotteelle löydettiin sopiva valmistaja ja lopuksi esitellään valmis tuote.

2 3D-tulostus ja työssä käytetyt tulostusmenetelmät

Tässä opinnäytetyössä käsitellään 3D-tulostusta, joten tässä kappaleessa selitetään lyhyesti, mitä 3D-tulostus tarkoittaa, sekä mitä tulostusmenetelmiä tässä työssä on käytetty.

2.1 3D-tulostus

3D-tulostus, tunnetaan myös nimellä ainetta lisäävä valmistus, on prosessi, jossa digitaalisen tiedoston avulla valmistetaan kolmiulotteinen kiinteä kappale. 3D-tulostusprosessissa tulostettavat kappaleet muodostuvat kerroksista, jotka yhdistyvät hyvinkin monimutkaisiksi kappaleiksi. (Spiceworks 2022.) Aikaisemmin 3D-tulostusta käytettiin pelkästään prototyyppien valmistamiseen, mutta nykyajan tulostimilla voidaan valmistaa kappaleita, jotka olisivat mahdottomia valmistaa perinteisillä menetelmillä. (RankRed 2024.) 3D-tulostus voidaan toteuttaa monilla eri menetelmillä, ja tässä työssä käsitellään FDM, SLA ja STL tulostusmenetelmiä.

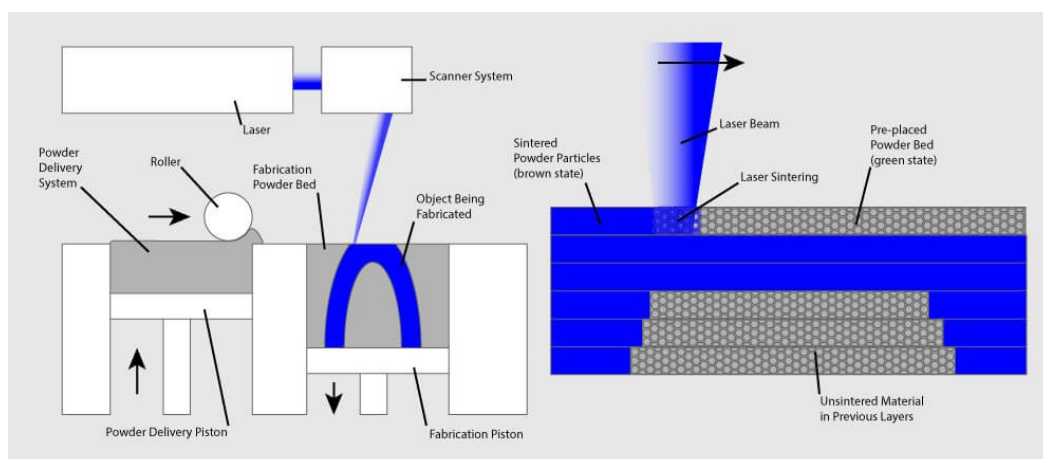
2.2 FDM

FDM, eli Fused Deposition Modeling menetelmässä muovinen filamentti pursotetaan lämmitetyn suuttimen läpi. Suutin sulattaa materiaalin ja pursottaa sen kerroksittain haluttuun muotoon. Tulostettava materiaali kovettuu heti pursotuksen jälkeen, tuottaen kiinteän kappaleen. (3D Printing.) FDM-tulostuksessa voidaan käyttää kahta erilaista materiaalia, varsinaista tulostusmateriaalia, joka muodostaa lopullisen kappaleen, sekä tukimateriaalia, joka tukee tulostettavaa kappaletta tulostuksen aikana. (Live Science 2013.) FDM-tulostimissa voi olla useampi suutin, jonka ansiosta voidaan käyttää kahta tai useampaa materiaalia samassa tulosteessa. Tukimateriaali tulostetaan yleensä eri suuttimella, kuin varsinainen tulostusmateriaali. Tulostuksen jälkeen tukimateriaali voidaan poistaa kappaleesta repäisemällä, tai liuottamalla se esimerkiksi veteen. (Maker 3D 2018.)

FDM-tulostus on hyvin kustannustehokas valmistusmenetelmä, mutta sillä on myös omat heikkoutensa. Muihin menetelmiin verrattuna tulosteiden tarkkuus voi olla puutteellinen, ja tasainen tulostusjälki saattaa vaatia jälkikäsittelyä. (Spiceworks 2022.) Kappaleen tulostussuunta ja kerrosten tarttuminen toisiinsa vaikuttaa huomattavasti kappaleen mekaaniseen lujuuteen. (Maker 3D 2018.)

2.3 SLS (Jauhepetitulostus)

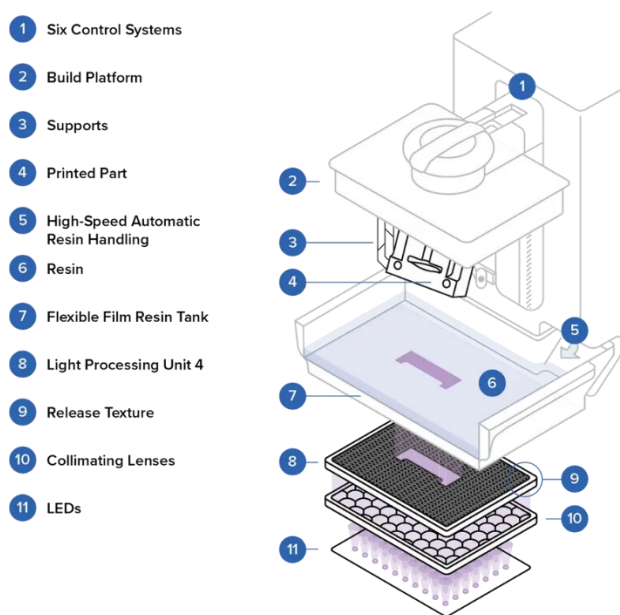
SLS, eli Selective Laser Sintering menetelmässä jauhemaisen tulostusmateriaalin hiukkaset yhdistetään toisiinsa sulattamalla ne tehokkaan laserin avulla, muodostaen kolmiulotteisen kappaleen. (3D Printing.) Tulostus tapahtuu kerroksittain, ja kun yksi kerros on sulatettu, jauhepeti lasketaan kerroksen verran alas. Tulostin levittää tulosteen pintaan lisää jauhetta, joka muodostaa seuraavan kerroksen. (Maker 3D 2018.) Jauhepetitulostuksessa ei tarvita erillistä tukimateriaalia, koska kovettamaton jauhe tukee varsinaista tulostetta. (Formlabs.) SLS-tulosteet ovat yksityiskohdiltaan hyvin tarkkoja. Tämä johtuu laserin hyvin pienestä polttopisteestä. SLS-tulostus on myös hyvin nopeaa muihin tulostusmenetelmiin verrattuna, koska jokainen kerros voidaan valmistaa melkein välittömästi. SLS-tulostuksessa yleisimmin käytetyt tulostusmateriaalit ovat erilaiset nailonit, polystyreeni sekä kumimainen TPU elastomeeri. (Xometry 2020.)



Kuva 1 Havainnollistava kuva, jossa nähdään miten jauhepetitulostin toimii. (3D Printing.)

2.4 SLA

SLA, eli Stereolitografia on 3D-tulostusprosessi, jossa nestemäinen ftopolymerihartsin kiinnitetään kerroksittain ultraviolettilaserin avulla kiinteäksi kappaleeksi. Monissa nykyajan SLA-tulostimissa tulostus tapahtuu ylösalaisin (Kuva 2). Tulostushartsin sijaitsee vasemmalla, johon tulostusalusta upotetaan. Tulostin heijastaa kerroksen mallisen ultraviolettivalon vasemman pohjan läpi tulostusalustalle. Valo kovettaa hartsin kiinteäksi ja prosessi toistetaan kerroksittain, kunnes kappale on valmis. Tulostuksen jälkeen kappale puhdistetaan ylijäämähartsista alkoholin avulla. Joissain kappale saatetaan jättää tulostuksen aikana osittain kovettamattomaksi, ja lopullinen kovetus hoidetaan jälkikäsitteilynä. (Formlabs.)



Kuva 2 Formlabsin esimerkki SLA-tulostimen toiminnasta. (Formlabs.)

SLA-tulostus on hyvä vaihtoehto tilanteissa, joissa halutaan luoda monimutkaisia kappaleita, joissa on tarkkoja yksityiskohtia. Mutta tulosteet tarvitsevat lähes aina tukirakenteita, joka lisää materiaalin menekkiä. Tulostusmateriaalien hinta on yleensä myös muita tulostusmenetelmiä kalliimpi, ja niillä on rajattu käyttöaika. (Maker 3D.)

3 Tuotekehitys

3.1 Kehitettävä tuote

Aloitetaan työn toiminnallinen osuus esittelemällä itse nappi, jota varten painikeavustin halutaan valmistaa. Nappia voidaan käyttää ranteessa, kaulassa, tai kiinteänä painikkeena pöydän alla tai seinässä. Nappi on liitetty sille tarkoitettuun tukiasemaan ja painettaessa se lähettää hälytysignaalin tukiaseman kautta Everonin järjestelmään. Hälytykset voidaan kuitata Everonin portalista, tai sovelluksesta. Nappi tarjoaa erilaisia hälytysvaihtoehtoja esim. Kaatumishälytys, joka hälyttää käyttäjän kaatuessa, kun hänellä on nappi ranteessa, tai kaulassa. Liikkumattomuushälytys, joka hälyttää käyttäjän ollessa liikkumatta tietyn määrän aikaa ja paristot vähissä hälytys. Nappi myös paikantaa käyttäjää käyttäen lähellä olevia tukiasemia. Näin saadaan käyttäjän sijainti selville hälytyksen sattuessa. Nappi seuraa myös käyttäjän aktiivisuutta, josta voidaan todeta poikkeamia käyttäjän toiminnoissa. Napilla on IP67 luokitus, ja on siten vesi ja pölytiivis.

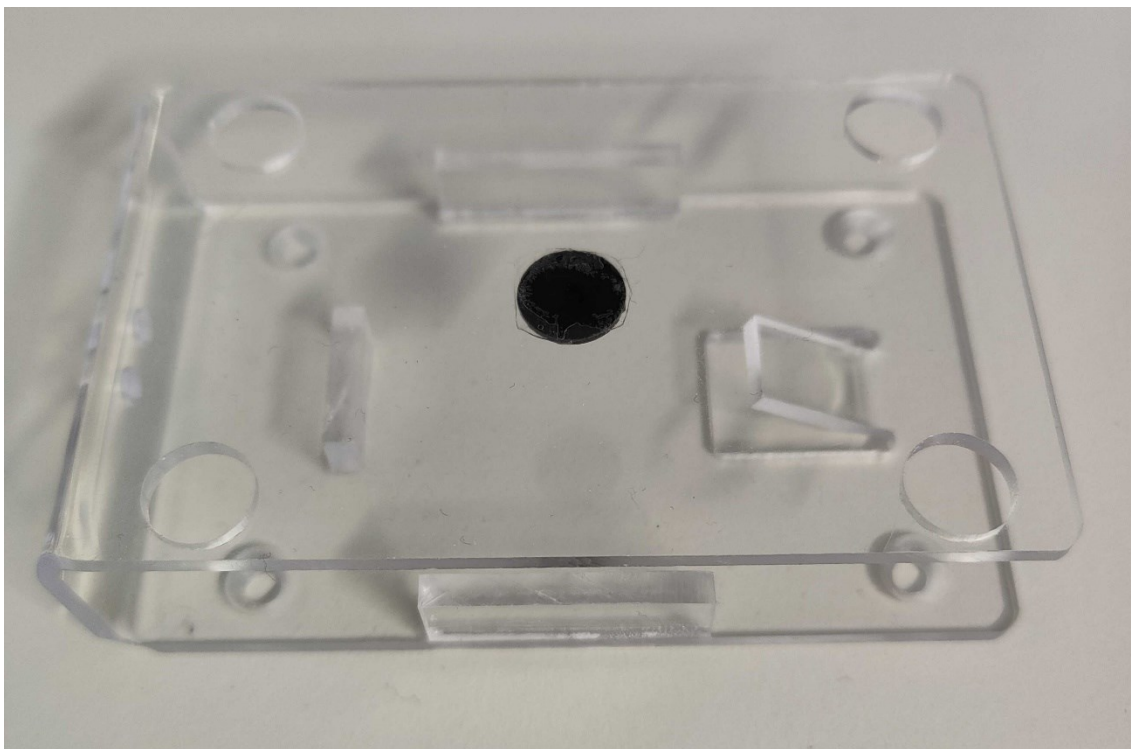


Kuva 3 Everonin hälytinnappi.

Napin painamista halutaan avustaa valmistamalla adapteri, joka suurentaa painettavaa pinta-alaa ja keventää painamiseen tarvittavaa voimaa. Tämä on

etenkin hyödyllinen tuote esimerkiksi vanhuksille, joilla ei välttämättä ole tarvittavaa sormivoimaa painaa nappia ilman adapteria. Everon oli tehnyt oman versionsa painikeavustimesta, mutta siinä oli vielä kehitettävää.

Työ alkoi tutkimalla Everonin valmistamaa tuotetta ja selvittämällä mitä halutaan tehdä paremmin. Tuote, jota lähdettiin kehittämään, oli läpinäkyvästä akryylistä valmistettu kappale, joka oli taivutettu haluttuun muotoon. Siihen oli liimattu samasta materiaalista palasia, jotka pitävät napin paikallaan. Yksi iso ongelma tuotteessa oli liimattavien osien tarve ja niiden irtoaminen. Napin painamista varten siihen on myös pitänyt liimata kuminen nyppylä, joka saattaa irrota käytettäessä, eikä oikein sovi tuotteen läpinäkyvään ulkomuotoon. Tuotteen nurkissa on reiät ruuveille seinä- tai pöytäkiinnitystä varten.



Kuva 4 Everonin valmistama painikeavustin.

3.2 Ideointi

Aluksi selvitetään tuotteelle halutut toiminnot. Tuotteen tärkeimmät ominaisuudet ovat painikkeen painamisen helpottaminen suurentamalla painettavaa pinta-alaa ja samalla keventämällä painamiseen tarvittavaa voimaa. Tuotteessa pitää myös olla mahdollisuus kaularipustukseen ja seinä- tai pöytäkiinnitykseen. Tuotteen pitää myös olla kooltaan alkuperäistä versiota pienempi ja yksinkertaisempi valmistaa. Täytyi myös miettiä millä menetelmällä tuote olisi järkevä valmistaa. Materiaalin tulisi olla muovi, mutta muovikappaleita voidaan valmistaa monella eri tavalla. Alkuperäinen tuote oli valmistettu läpinäkyvästä akryylistä. Tämän menetelmän ongelmana oli kuitenkin liimattavien osien tarve ja niiden irtoaminen. Täytyi siis miettiä vaihtoehtoisia menetelmiä. Yksi yleisimmistä muovikappaleiden valmistusmenetelmistä on ruiskuvalu. Tämä on suurien erien sarjatuotannossa pitkällä aikavälillä hyvin käytännöllinen ja kustannustehokas menetelmä, mutta valumuotin valmistus on kallista, eikä täten ole tälle tuotteelle paras ratkaisu. Yksi nopeasti kehittyvä muovin valmistustapa on 3D-tulostus. Tämä on hieno menetelmä prototyyppien valmistukseen ja nykyään tulostettujen kappaleiden laatu on tarpeeksi hyvä jopa lopputuotteisiin. Turun Ammattikorkeakoulun EduCityn kampuksella on opiskelijoiden käytävissä olevat 3D-tulostimet, joten niitä hyödyntämällä voisi tätä projektia varten valmistaa myöhemmin prototyypit. Päätimme siis lähteä kehittämään 3D-tulostettua tuotetta.

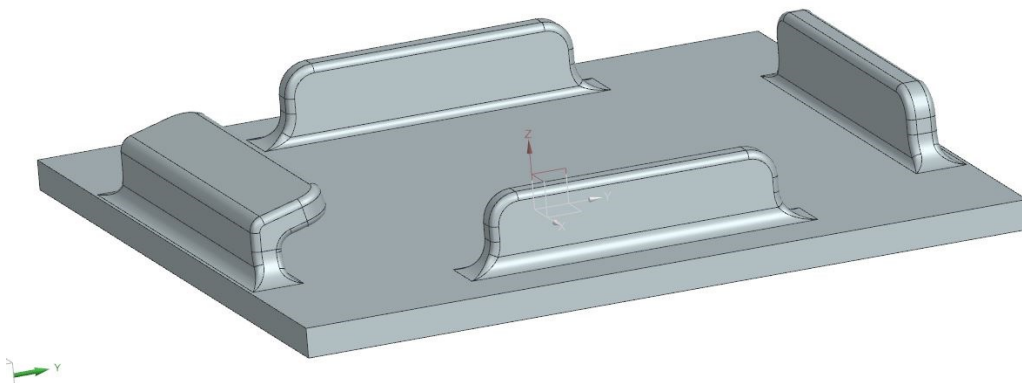
Seuraavana pitää miettiä uuden tuotteen muotoilua. Tuotteen yksi käyttökohde oli kaularipustus. Tätä varten painikeavustimen tulisi olla suhteellisen kevyt, jotta sen käyttö olisi mahdollisimman miellyttävää. Kun tuotteesta tehdään kevyt, säästetään samalla materiaalia ja näin myös pienennetään sen valmistuskustannuksia. Alkuperäisen tuotteen muotoilu oli siinä mielessä hyvä, että se oli yksinkertainen. Siinä oli vain napin kiinnityksen lisäksi kansi ja pohja, jotka olivat yhdistetty toisiinsa tuotteen yläosasta. Muotoilu oli avonainen ja siinä ei ollut mitään ylimääräistä. Pidimme tästä konseptista ja halusimme käyttää sitä tässä projektissa.

Alkuperäisen mallin seinäkiinnitysmahdollisuus oli toteutettu neljällä ruuvilla, jotka sijaitsivat tuotteen nurkissa. Kappale on kuitenkin niin kevyt, että neljä ruuvia vaikutti liian monelta. Ruuvien vähentäminen mahdollistaisi myös tuotteen lopullisen koon pienentämisen. Siitä saataisiin sirompi ja miellyttävämpi katsoa ja käyttää. Kiinnitys voitaisiin toteuttaa kahdella ruuvilla, jotka sijaitsevat napin ylä- ja alapuolella.

Mietimme myös sitä, että onko tuote pakko tehdä yhdestä kappaleesta. Jos kansi ja pohja olisivat esimerkiksi kiinnitetty toisiinsa jonkinlaisella liitoksella tuotteen yläosasta, voitaisiin kannesta poistaa ruuveja varten olevat reiät, ja kannesta saataisiin tasainen. Liitoksena voitaisiin käyttää puutöissä yleisesti käytettyä lohenpyrstöliitosta. Liitos pitäisi olla valmistettavissa 3D-tulostamalla, ja sopivalla mitoituksella siitä voitaisiin saada sopivan tiukka, että se pysyy paikallaan käytön aikana, mutta palat voitaisiin tarpeen tullessa irrottaa toisistaan. Tässä vaiheessa halusimme saada ideoista visuaalisen mallin, jonka avulla voimme lähteä kehittämään muotoilua pidemmälle.

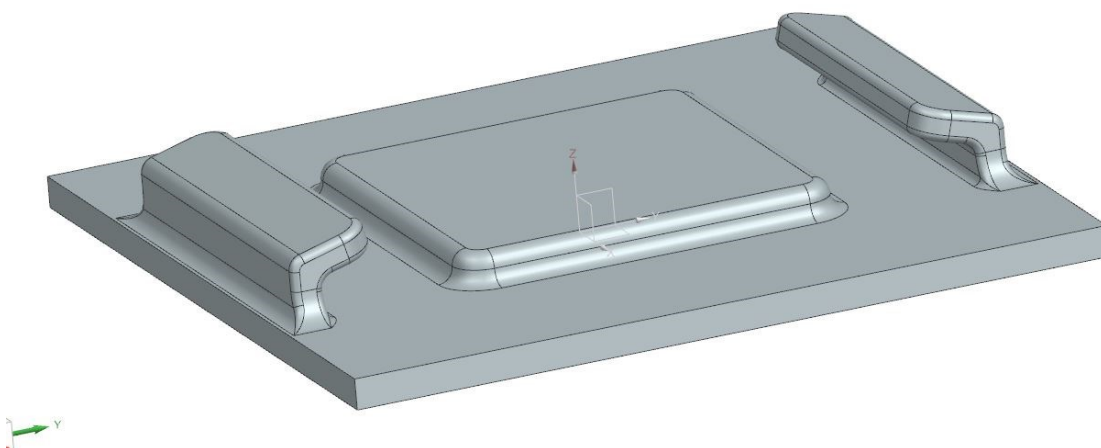
3.3 Konseptointi

Aloitimme ideoinnin ohella konseptoinnin. Halusimme ensimmäisenä lähteä liikkeelle napin kiinnityksestä. Lähdimme tekemään kiinnityksestä erilaisia mahdollisia 3D-malleja käyttäen Siemens NX 3D- suunnitteluohjelmaa. Napista ei ollut tarjolla mitään teknisiä piirustuksia, joten mittasimme sen itse työntömitan avulla. Teimme kiinnityksestä kolme eri versiota, sijoitimme ne 50x50x2mm levyille ja myöhemmin tulostimme ne 3D-tulostimella. Pystyimme näin kokeilla niitä suoraan napin kanssa ja näimme, olivatko ne oikein mitoitettu.



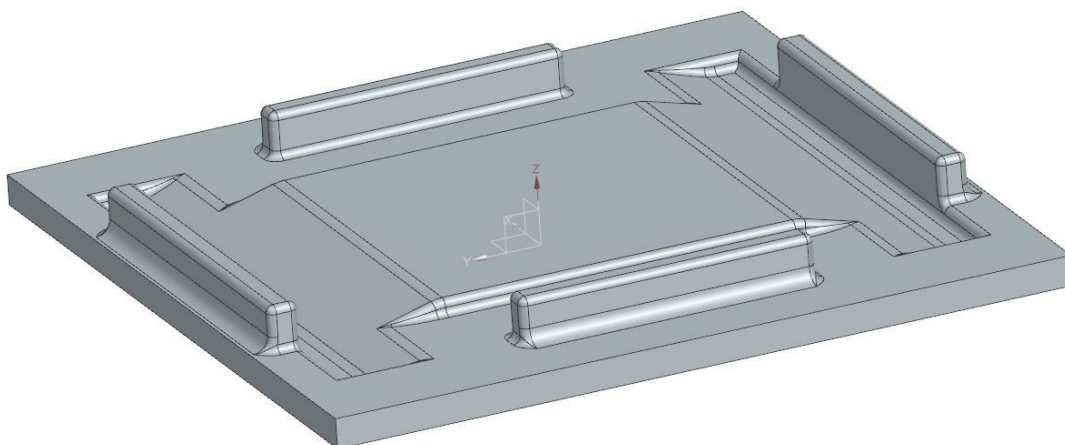
Kuva 5 Kiinnitys 1.

Kiinnityksen ensimmäinen versio oli hyvin samanlainen alkuperäiseen tuotteeseen verrattuna (Kuva 3). Vasemman puolen uloke sijoittuu napin siivekkeen päälle estäen nappia nousemasta ylös paikaltaan. Muut ulokkeet sijoittuvat napin joka sivulle estäen nappia liikkumasta sivuttaissuunnassa.



Kuva 6 Kiinnitys 2.

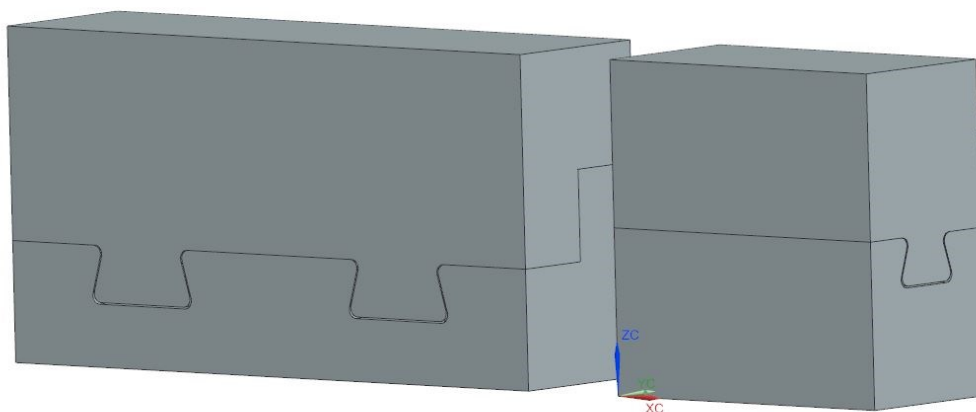
Toisen kiinnityksen reunoilla olevat ulokkeet painavat napin siivekkeitä alaspäin samalla tavalla kuin ensimmäisen kiinnityksen vasen uloke (Kuva 4). Kiinnityksen keskellä on korotettu pohja, joka painaa nappia ylöspäin. Nappi on näin puristettu molemmista suunnista paikalleen ja se voidaan sopivalla voimalla liu'uttaa paikalleen ja pois kiinnityksestä.



Kuva 7 Kiinnitys 3.

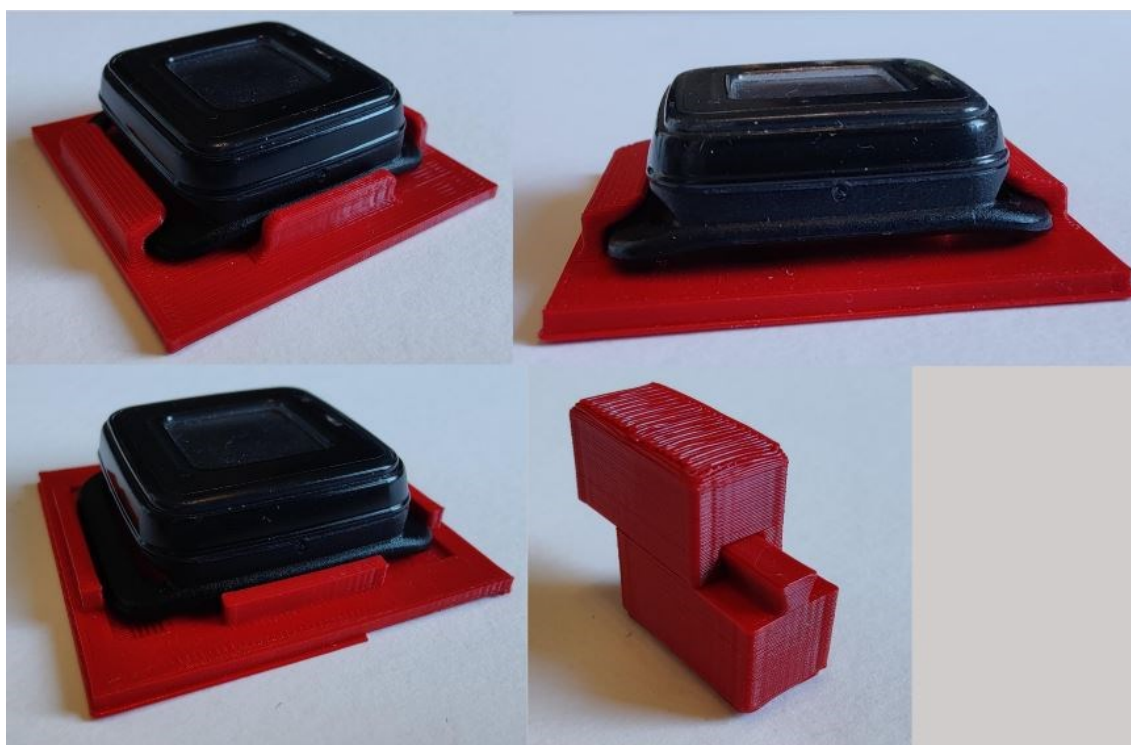
Kolmannessa mallissa nappi on upotettu hieman levyn pohjaan (Kuva 5). Tällä tavalla voitaisiin lopullisesta kappaleesta tehdä hieman matalampi. Muuten tässä mallissa nappi on yksinkertaisesti painettu ulokkeiden väliin, ja ulokkeet puristavat nappia tiukasti joka suunnasta.

Teimme myös mallit kahdesta eri liitoksesta, joita voitaisiin hyödyntää kannen ja pohjan liittämisesssä toisiinsa. Vasemmalla olevassa mallissa kappaleet ovat liitetty toisiinsa neljällä pienellä lohenpystöliitoksella, kaksi kappaleen molemmilla puolilla (Kuva 6). Liitos ei kuitenkaan ollut kovinkaan pitävä ja hylkäsimme tämän konseptin hyvin nopeasti. Oikealla puolella oleva liitos oli pitävämpi. Siinä on yksi pitkä lohenpystöliitos kappaleen läpi, ja sopivalla toleranssilla siitä saatiin sopivan tiukka, että se ei irtoa vahingossa, mutta osat pystytään silti irrottaa toisistaan ilman apuvälineitä. Kun mallit olivat valmiit, halusimme koittaa tulostaa ne 3D-tulostimella.



Kuva 8 Liitokset.

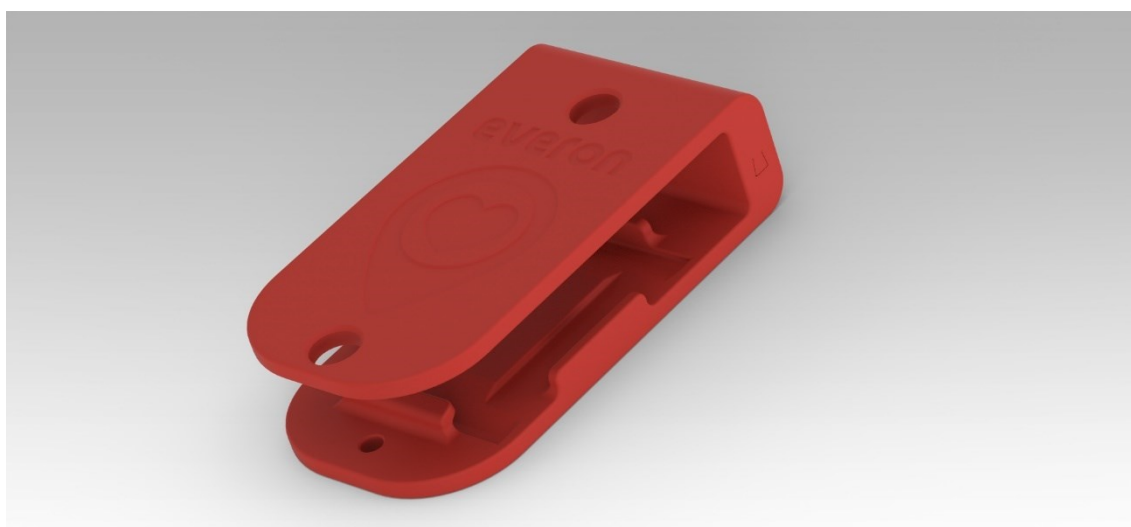
Tulostimme kappaleet Makerbot Replicator+ 3D-tulostimella. Tulostin käyttää FDM- tulostusmenetelmää ja tulostusmateriaalina toimi PLA.



Kuva 9 Ensimmäiset tulosteet. Kiinnitys 1 (ylävasen). Kiinnitys 2 (yläoikea). Kiinnitys 3 (alavasen). Lohenpyrstöliitos(alaoikea).

Tulosteet onnistuivat suhteellisen hyvin. Kiinnitykset olivat tiukat ja nappi pysyi niiden varassa hyvin paikallaan. Lohenpyrstöliitos onnistui myös odotettua paremmin. Mitoituksessa oli kuitenkin pientä hienosäädön varaa, jotta se olisi tarpeeksi tiukka pysyäkseen paikallaan käytön aikana.

Tulosteiden onnistuttua aloimme mallintamaan ensimmäistä kokonaista konseptia (Kuva 8). Konseptissa käytimme kiinnityksen 1 ja 3 yhdistelmää, sekä lohenpyrstöliitosta kannen ja pohjan kiinnitykseen. Konseptin kansi ja pohja ovat 2 mm paksut. Kannessa on kaksi reikää ruuveille ja ne ovat halkaisijaltaan 9 mm, jotta ruuvin kanta ja ruuvimeisseli, tai muu ruuvien asennuksessa käytetty työkalu mahtuu niistä läpi. Pohjassa on kipsilevyruuveja varten mitoitettu kaksi reikää kiinnitystä varten. Kanteen lisäsimme Everonin logon. Esittelimme palaverissa uuden konseptin Everonin tiimille ja he olivat siihen tyytyväisiä. Saimme luvan siirtyä prototyyppivaiheeseen.



Kuva 10 Ensimmäinen kokonainen konsepti.

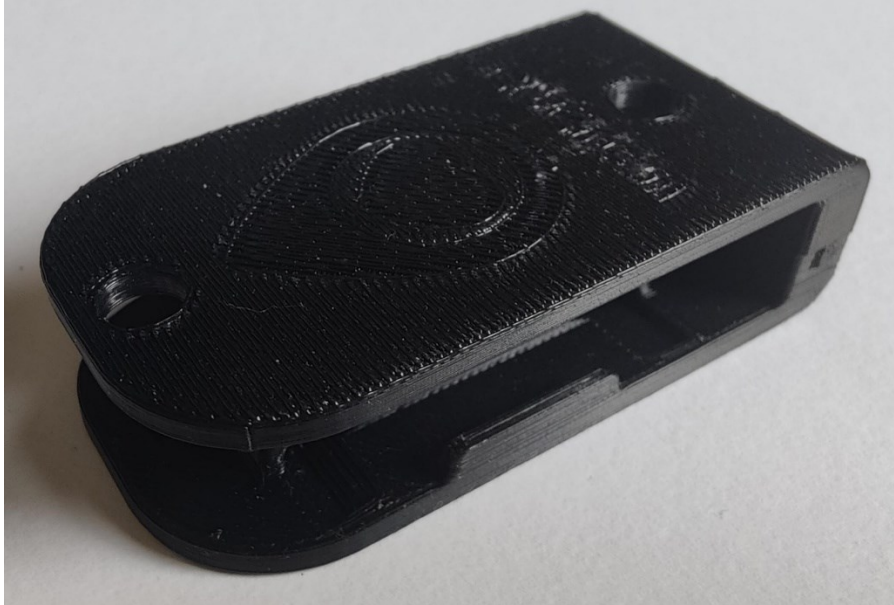
3.4 Prototyypointi

Päätimme tulostaa ensimmäisen prototyypin Makerbot Method X tulostimella ABS-muovista. Tulostimme kappaleet samaan aikaan vierekkäin kansi ja pohja tulostustasoa vasten. Käytimme tulostuksessa raftia, joka oli Makerbotin vesiliukoista RapidRinse materiaalia. Tulostus ei kuitenkaan onnistunut toivotulla tavalla, ja raftin materiaali jostain syystä sulautui tulosteeseen kiinni tuottaen hiekkapaperimaisen pinnan (kuva 9). Tulostuksessa kesti yli neljä tuntia, joka on liian pitkä aika sarjatuotantoa varten. Totesimme myös, että kannen ja pohjan paksuus ei ollut sopiva, joten muutimme malliin niiden paksuudeksi 3 mm.

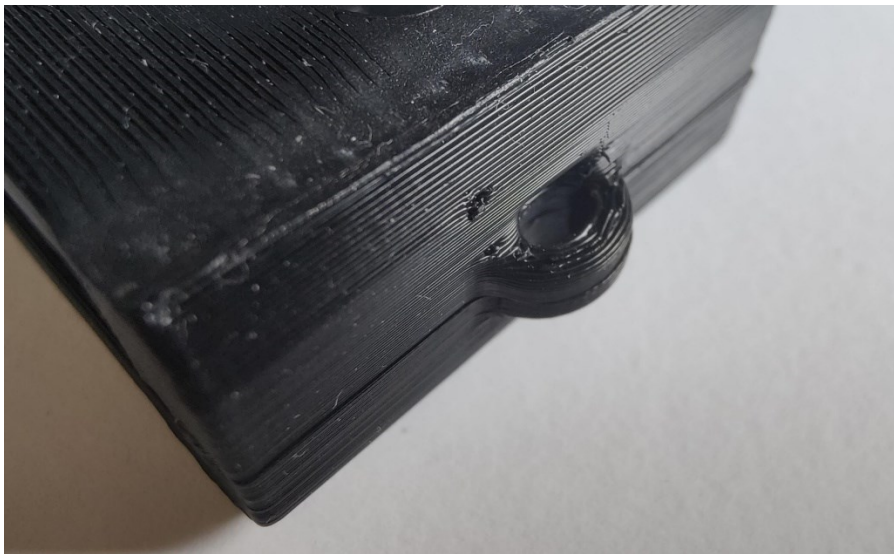


Kuva 11 Prototyyppi 1.

Seuraava prototyyppi oli jo lupaavampi (kuva 10). Kokeilimme käyttää tulosteen raftissa RapidRinse sijasta ABS-muovia. Tulostettava kappale ja raft olivat siis valmistettu samasta materiaalista. Tämä paransi tulosteen laatua huomattavasti ja vähensi tulostusaikaa melkein kaksi tuntia. Totesimme myös aikaisemmin, että emme olleet muistaneet tehdä malliin kaularipustusta varten mitään ratkaisua, joten teimme kappaleen yläosaan lenkin kaulanauhaa varten (kuva 11).



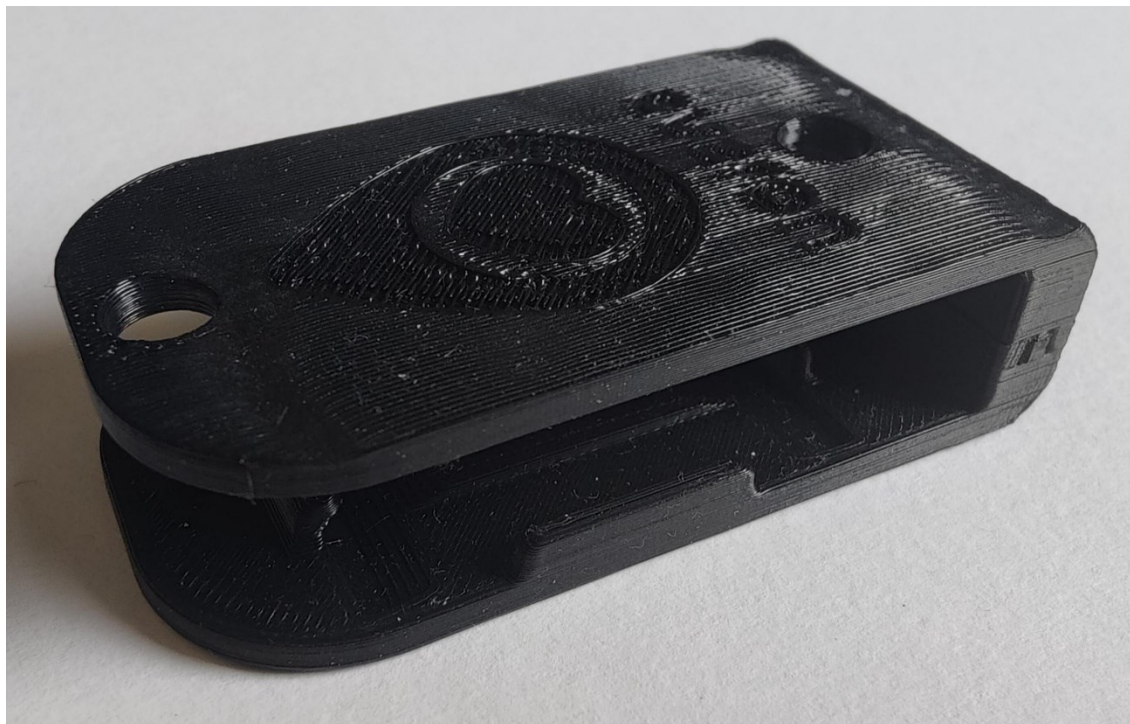
Kuva 12 Prototyyppi 2.



Kuva 13 Lenkki kaularipustusta varten.

Toisen prototyypin pinta oli kuitenkin hieman karhea ja logon kuvio ei näkynyt tarpeeksi selvästi. Päätimme siis tehdä vielä samalla mallilla uuden tulosteen. tällä kertaa ilman raftia. Tuloste tapahtui siis suoraan tulostusalustaa vasten. Tämä lisää tulosteen irtoamisen riskiä, mutta saattaa parantaa sen ulkonäköä. Kolmas prototyyppi oli pinnanlaadultaan hieman tasaisempi, mutta totesimme siinä uuden ongelman (kuva 12). Makerbot Method X tulostimessa on

lämmitettävä tulostusalusta, jonka vaikutuksesta uuden tulosteen pinnassa tapahtui warppausta. Pinta oli siis aaltoileva ja tulostusalustan lämpö pehmensi tulostusmateriaalia, muuttaen sen muotoa tulostuksen aikana.



Kuva 14 Prototyyppi 3.

Tässä vaiheessa totesimme, että tällä menetelmällä pinnanlaatua ei saada tarpeeksi hyväksi. Virtuaalisuunnittelulaboratoriossa on myös nestetulostin, joka ei ole normaalisti oppilaiden käytössä. Halusimme kuitenkin kokeilla, miltä tuloste näyttäisi nestetulostimella. Otimme yhteyttä koulumme 3D-tulostukseen erikoistuvaan opettajaan, ja saimme hänen kanssaan tulostettua testikappaleen painikeavustimen kannesta (Kuva 13). Tulosteen laatu oli huomattavasti FDM-tulosteita parempi, mutta tulostusprosessi ja jälkikäsittely oli liian vaativa, ettei se sovellu sarjatuotantoon. Tulostuksessa käytetystä tukimateriaalista jäi kannen alapuolelle kymmeniä pieniä jälkiä, jotka jouduttaisiin poistaa jollain tavalla joka kappaleesta, jos tätä menetelmää käytettäisiin tuotteen valmistuksessa. Täytyi siis miettiä muita ratkaisuja.



Kuva 15 Nestetulostimella valmistettu testikappale.

Nestetulostuksen jälkeen päätimme palata takaisin FDM-tulostukseen, mutta tällä kertaa muuttaa kappaleen tulostussuuntaa. Sen sijaan, että tulostaisimme kappaleet kansi alaspäin, käännsimme kappaleet kyljelleen. Aikaisemmissa FDM-tulostetuissa malleissa lohenpyrstöliitos oli toimiva, mutta se oli tulostussuunnan takia hauras ja katkesi helposti. Tulostussuuntaa vaihtamalla tuote voitaisiin tulostaa helpommin yhdestä kappaleesta, joten poistimme mallista lohenpyrstöliitoksen kokonaan ja yhdistimme kannen ja pohjan yhdeksi malliksi. Tämä oli oikea ratkaisu. Uudella tulostustavalla kerrokset kulkevat koko kappaleen läpi, tuottaen paljon aikaisempaa kestävämmän kappaleen. Tulostussuuntaa vaihtaessa tuli tarve käyttää tulosteessa hieman

tukimateriaalia napin kiinnitystä tulostaessa, mutta materiaalia kului silti aikaisempaa vähemmän, koska raft oli pienempi. Lisäsimme malliin myös napin valoa varten kanteen reiän. Teimme uudella tulostustavalla kaksi uutta prototyyppiä (Kuva 14). Punainen kappale on valmistettu PLA-muovista ja musta ABS-muovista.



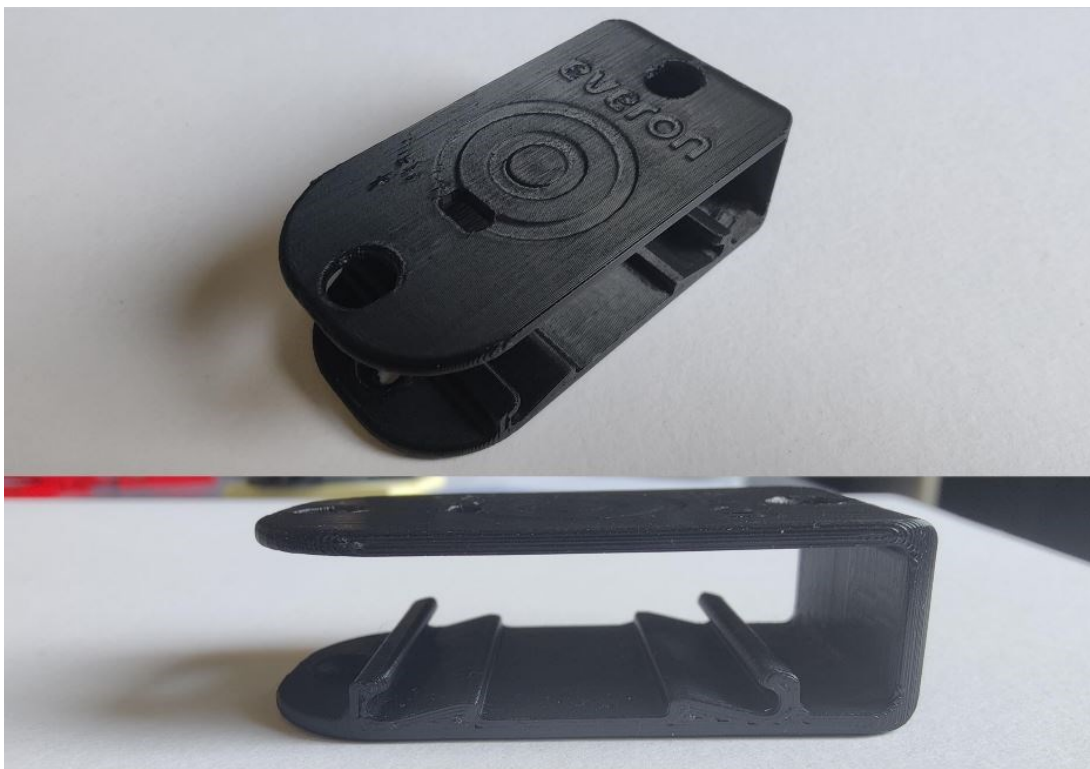
Kuva 16 Prototyyppi 4.

Huomasimme materiaalien jäykkyydessä pieniä eroja. ABS-vaikutti olevan aikaisempaa jäykempi, ja napin kanssa painettaessa oli jopa hieman liian jäykkä. Päätimme muuttaa malliin kannen ja pohjan paksuudeksi 2,5 mm.

Tässä vaiheessa pidettiin uusi palaveri Everonin kanssa, jossa esittelimme tulostamamme prototyypit. He olivat pääosin hyvin tyytyväisiä tulosteisiin, mutta halusivat vielä tehdä joitain muutoksia. Logon kuviota haluttiin muuttaa. Teksti pysyi ennallaan, mutta sydän kuvion sijasta napin kohdalle haluttiin ympyrä. Napin kiinnityksestä haluttiin myös poistaa sivutuet ja uudesta kiinnityksestä enemmän aikaisemmin tulostamamme kiinnitys 2 prototyypin mukainen (Kuva 4). Näin seuraavasta prototyypistä saataisiin vielä hieman kapeampi. Uuteen malliin haluttiin myös lisää pyöristyksiä kappaleen yläosaan. Ruuvien reikiä varten haluttiin kokeilla tulostaa ohut kalvo tai irrotettava nappi, joka voitaisiin poistaa haluttaessa. Kaikki asiakkaat eivät välttämättä tarvitse seinäkiinnitysmahdollisuutta, joten jos reiät ovat peitetty, tuote näyttäisi paremmalta. Päätimme myös tehdä pohjan ruuvien reikien ympärille pienen korotuksen, jotta kiinnitys olisi kestävämpi. Korotuksiin teimme 45 asteen kulman uppokantaruuveja varten.

Teimme halutut muutokset malliin ja se alkoi näyttämään jo paremmalta (Kuva 15). Ainut ongelma oli ruuvien reikien peittäminen. Makerbotin tulostimilla kalvon tekeminen reikien päälle ei onnistunut. Siitä joko tuli aaltoileva tai se ei onnistunut ollenkaan. Kokeilimme tehdä malliin reikien kohdalle napit, jotka ovat vain sivuilta kiinni itse kappaleessa. Kerroksien suunnan ansiosta ne voitaisiin napsauttaa irti painamalla niitä tarpeeksi kovaa. Kuvan prototyypistä napit on irrotettu ja jäljellä on aikaisempia malleja muistuttavat reiät.

Hälytysnappi asennetaan paikalleen liu'uttamalla se sivultapäin kuvassa näkyviin uriin ja kiinnitys puristaa sitä tiukasti. Kiinnityksestä tuli tarpeeksi tiukka, että nappi ei irtoa vahingossa käytön aikana. Uusi kiinnitysratkaisu on myös tulostettavuuden kannalta aiempaa parempi, koska sen tulostuksessa ei tarvitse käyttää tukimateriaalia.



Kuva 17 Prototyyppi 5.

Esittelin päivitetyn prototyypin Everonille ja malliin tehtiin vielä kaksi pientä muutosta. Hälytinnapin valon reikä siirrettiin ympyräkuvion yläpuolelle ja kuviosta poistettiin ulompi ympyrä. Lopullinen malli näytti tältä (kuva 16).



Kuva 18 Lopullinen malli.

3.5 Valmistajan löytäminen

Kun kaikki osapuolet olivat tyytyväisiä tuotteeseen, oli aika etsiä sille valmistaja. Aloimme etsimään netistä 3D-tulostuspalveluita, jotka tarjoavat FDM-tulostusta. Palveluiden joukosta löytyi 3D Printing Farm, joka vaikutti lupaavalta vaihtoehdolta. Teimme heille tarjouspyynnön prototyypistä. Tarjous oli hinnaltaan meille sopiva, joten tilasimme heiltä prototyypin. Heillä kuitenkin ilmeni ongelmia prototyypin tulostuksessa. Mallin alaosan pyörityksiä ei saatu tehtyä halutulla tavalla ja he tulostivat yhden kappaleen, jossa pyöritykset olivat poistettu (Kuva 17). Pyöritykset ilmeisesti vaikuttivat tulostuksen laatuun huomattavasti. Ruuvien reikien päällä olevat tulpat eivät onnistuneet haluamallamme tavalla, joten päätimme poistaa ne kokonaan seuraavasta mallista. Napin kiinnitys oli myös aikaisempia tulosteita löysempi, joten sitä piti hieman muokata tiukemmaksi.



Kuva 19 3D Printing Farmin valmistama ensimmäinen prototyyppi.

Teimme tarvittavat muutokset malliin. Päätimme poistaa uudesta mallista myös yläosan pyöristykset, jotta se olisi yhtenäisemmän näköinen alaosan kanssa. Seuraava tilaus onnistui jo hieman paremmin. Napin kiinnitys on nyt sopivan tiukka, ja nappi pysyy varmasti paikallaan käytön aikana. Mutta huomasimme uuden ongelman. Kappaleen pinnassa olevat ruuvien reiät tuottavat reikien reunoille tulosteen kerrosten väliin viivat, jotka vaikuttavat kappaleen ulkonäköön (Kuva 18). Viivojen koko ja vahvuus vaihtelivat kappaleiden välillä ja laatu ei ollut tasainen. Tämä tulisi olemaan ongelma sarjatuotannossa. Reikien kohdalla näemme myös, että FDM-tulostuksessa kannattaisi käyttää tukimateriaalia, jotta saadaan paras lopputulos. Tässä tulosteessa ei ole käytetty tukimateriaalia, joten reikien reuna on tulostussuunnasta katsottuna yläreunasta laadultaan hieman karkea.



Kuva 20 3D Printing Farmin valmistama toinen prototyyppi.

Päätimme antaa FDM-tulostukselle vielä yhden mahdollisuuden ja poistimme mallistamme ruuvien reiät kokonaan. Saimme idean hoitaa seinä- ja pöytäkiinnityksen erillisellä lisäosalla, joka sijoitettaisiin napin alapuolelle. Lisäosasta lähtisi sivulle siivekkeet, joissa olisi ruuveja varten reiät. Teinme lisäosasta 3D-mallin ja kiinnitettynä tuotteemme näyttäisi nyt tältä (kuva 19).



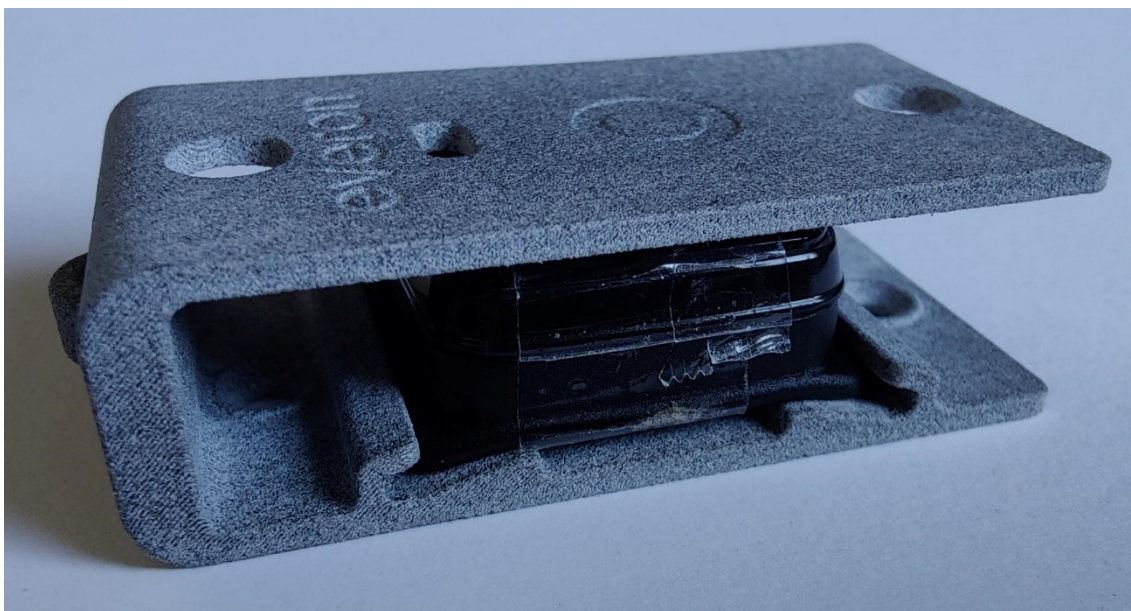
Kuva 21 Konseptikuva uudesta kiinnitystavasta.

Olimme Everonin kanssa uuteen ratkaisuun tyytyväisiä, ja tilasimme vielä yhden prototyypin 3D Printing Farmilta. Uudessa tulosteessa kuitenkin ilmeni sama ongelma valolle tarkoitetun reiän kohdalla. Reiän reunojen kohdalle jäi viivat tulosteen kerrosten väliin. Tuote ei siis vieläkään ollut myyntikelpoinen. Tätä

reikää emme kuitenkaan voi poistaa, joten aloimme harkitsemaan muita tulostusmenetelmiä.

Kävimme läpi aikaisemmin löytämiämme valmistajia. Parhaimmaksi vaihtoehdoksi valitsimme Xometry nimisen yhtiön, joka valmisti muun muassa jauhepetitulostettuja muovituotteita. Jauhepetitulostus on hieman kalliimpi valmistusmenetelmä FDM-tulostukseen verrattuna, mutta tulosteiden laatu on huomattavasti parempi. Päätimme lähettää heille tarjouspyynnön käyttäen viimeisintä mallia, jossa oli vielä reiät ruuveja varten. Saimme sopivan hintaisen tarjouksen ja tilasimme heiltä prototyypin.

Prototyyppi saapui perille ja huomasimme heti, että tämä on meidän lopullinen tuotteemme. Jauhepetitulostettujen kappaleiden pinta oli hyvin tasainen, ja niistä ei edes huomaa samaa kerroskuviota mitä näimme FDM-tulosteissa (Kuva 20). Reiät eivät aiheuttaneet ongelmia, ja kappaleissa ei näkynyt mitään valmistusvikoja. Napin kiinnitys oli täydellinen. Nappi liukui paikalleen hyvin sulavasti, mutta oli samalla tarpeeksi tiukka, että nappi pysyi varmasti paikallaan käytön aikana. Kaikki osapuolet olivat prototyyppeihin tyytyväisiä, ja tämä oli lopullinen tuotteemme.



Kuva 22 Xometryn valmistama jauhepetitulostettu prototyyppi.

4 Työn tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uusi myyntikelpoinen tuote vanhan prototyypin tilalle, ja löytää sille valmistaja. Työn lopputuloksena saimme suunniteltua ja valmistettua Everonille uuden tuotteen, joka toivottavasti auttaa monia käyttäjiä, kun he ovat avun tarpeessa. Tuotteelle löydettiin valmistaja, Xometry Europe, jonka kanssa tuotteestamme tehtiin 200 kappaleen tilaus. Saimme Everonille uuden yhteistyökumppanin, jonka kanssa he voivat mahdollisesti tulevaisuudessa valmistaa muitakin 3D- tulostettuja tuotteita.

Työtä tehdessä opimme ymmärtämään paremmin tuotekehitysprosessin eri vaiheita. Ymmärrämme nyt paremmin, mitä täytyy ottaa huomioon, kun suunnitellaan 3D-tulostettuja tuotteita. Saimme myös hyödyllistä kokemusta kommunikoinnista eri valmistajien kanssa.

Lähteet

3D Printing. What is 3D Printing. Viitattu 8.5.2024. <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

Formlabs. Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing. Viitattu 8.5.2024. <https://formlabs.com/eu/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

Formlabs. Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing. Viitattu 9.5.2024 <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>

Live Science 2013. Fused Deposition Modeling: Most Common 3D Printing Method. Viitattu 8.5.2024. <https://www.livescience.com/39810-fused-deposition-modeling.html>

Maker 3D 2018. Vertailussa FDM-, SLA- ja SLS- teknologiat. Viitattu 8.5.2024. <https://www.3d-tulostus.fi/uutiset/Vertailussa-FDM-SLA-ja-SLS-teknologiat>

RankRed 2024. What Is 3D Printing? Working Principle | Types | Applications. Viitattu 8.5.2024. <https://www.rankred.com/what-is-3d-printing-working-principle-types-applications/>

Spiceworks 2022. What is 3D Printing? Working, Software, and Applications. Viitattu 8.5.2024. <https://www.spiceworks.com/tech/devops/articles/what-is-3d-printing/>

Xometry 2020. All About Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing. Viitattu 8.5.2024. <https://www.xometry.com/resources/3d-printing/selective-laser-sintering-sls/>