

RUDOLF-LAITTEEN UDELLEENSUUNNITTELU

Topias Hannila
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2025
Konetekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

Tekijä: Topias Hannila
Opinnäytetyön otsikko: Rudolf-laitteen uudelleensuunnittelu
Työn ohjaaja: Annukka Tyni
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2025
Sivumäärä: 19 + 1 liite

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella uudelleen Anicare Oy:n kehittämä Rudolf-laite. Uudelleensuunnittelun tarkoituksena oli suunnitella laite siten, että sitä voidaan käyttää pienemmillä eläimillä kuten kissoilla ja koirilla. Lisäksi laite tuli suunnitella siten, että se voidaan irrottaa eläimen pannasta ja ladata.

Projektin alussa tehtiin kilpailija-analyysi olemassa olevista eläinten paikannus- ja aktiivisuudenseurantalaitteista. Kilpailija-analyysissä tutkittiin laitteiden akunkestoa, kokoa ja painoa. Analyysin jälkeen laitteelle valittiin sopiva paristo.

Laitteen suunnittelussa käytettiin SolidWorks-mallinnusohjelmaa. Mallinnuksen lisäksi laitteen versioista 3D-tulostettiin prototyyppkejä. Laitteen suunnittelussa keuhkehtiin erilaisia kiinnitystapoja, joista valittiin se, joka tuo laitteeseen vähiten kokoa.

Tuotekehityksen tuloksena selvisi, että tämänhetkisillä komponenteilla laitetta ei saa enää pienennettyä. Laitetta ei ehditty suunnitella aivan markkinavalmiiksi, mutta siitä saatiin erinomainen aihio jatkokehitystä varten.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Mechanical Engineering
Option of Machine Automation Engineering

Author: Topias Hannila

Title of thesis: Redesigning of the Rudolf Device

Supervisor: Annukka Tyni

Term and year when the thesis was submitted: spring 2025

Number of pages: 19 + 1 appendices

The subject of this thesis was to redesign the Rudolf-device which is a device that Anicare Oy has developed. The purpose of redesigning was to make the device so that it can be used on smaller animals such as cats and dogs. The device needed to be designed so that it can be removed from the animal's collar and that it can be charged.

At the start of the project the competitor analysis was conducted and after the analysis a battery had to be selected for the device.

In the design of the device a modelling software called SolidWorks was used. In addition to the modelling the versions of the device were 3D-printed as prototypes. Different attachment techniques were tried in the design of the device.

Test results indicated that the device is as small as it can be with components that are available today. The device is not yet market ready, but it provides an excellent starting point for further development.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO.....	5
2 MUOVITUOTTEIDEN VALMISTUSMENETELMÄT	6
2.1 Ruiskuvalaminen.....	6
2.2 Ruiskuvalettavan kappaleen suunnittelu	10
2.3 3D-tulostus	10
2.4 3D-tulostettavan kappaleen suunnittelu	11
3 TUOTEKEHITYS	12
3.1 Esisuunnittelu.....	12
3.2 Yksityiskohtainen suunnittelu	12
4 POHDINTA	16
LÄHTEET	17
LIITTEET.....	19

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on uudelleensuunnitella Anicare Oy:n Rudolf-laite. Nykyinen Rudolf-laite on karjataloudessa käytetty paikannuslaite, joka lähettää paikannustietoja kerran viikossa. Paikannuksen lisäksi laite seuraa eläimen terveydentilaa ja sen muutoksia. Nykyinen laite kiinnitetään eläimen korvaan.

Nyt laite suunnitellaan uudelleen siten, että sitä voidaan käyttää pienemmillä eläimillä, kuten kissoilla tai koirilla. Tavoitteena on tehdä laitteesta helposti irrotettava ja kiinnitettävä sekä ladattava. Laite suunnitellaan siten, että se voidaan kiinnittää eläimen pantaan tai valjaisiin.

Uuden laitteen tarkoituksena on seurata pienten lemmikkieläimien liikkumista. Laite lähettää käyttäjälle informaatiota eläimen sijainnista ja tekemisistä neljä kertaa päivässä. Tällä tavoin voidaan myös huomata, jos eläimen liikkuminen tai käyttäytyminen on normaalista poikkeavaa, mikä voi olla merkki terveydellisistä ongelmista.

2 MUOVITUOTTEIDEN VALMISTUSMENETELMÄT

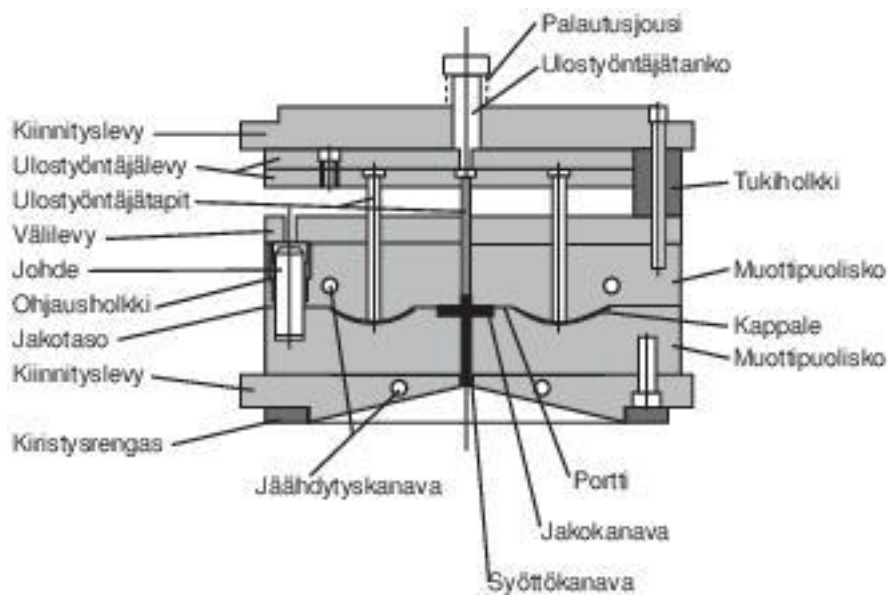
2.1 Ruiskuvalaminen

Ruiskuvalu on yksi yleisimmistä muovituotteiden valmistuksessa käytetyistä valmistusmenetelmistä. Materiaaleina ruiskuvalussa käytetään laajalti kestumuoveja, mutta on myös mahdollista käyttää kertamuoveja. Ruiskuvalu soveltuu parhaiten valmistukseen silloin kun valmistettavan tuotteen kappalemäärä on suuri. Ruiskuvalusta syntyy hyvin vähän materiaali-jätettä, koska suurin osa muovijätteestä voidaan kierrättää takaisin käyttöön. (Leomuovi Group 2025.)

Ruiskuvalumuotin materiaali riippuu yleensä siitä, kuinka monta kappaletta tuotetta aiotaan valmistaa. Muotin materiaalin valinnassa täytyy ottaa huomioon materiaalien kustannukset. Yleisimmät materiaalit muotin valmistuksessa ovat karkeustu teräs ja alumiini. Teräsmuotit maksavat enemmän, mutta ne kestävät suurempia valmistuseriä. Alumiinista valmistetut muotit ovat halvempia ja kestävät vähemmän käyttöä, joten niitä käytetään yleensä prototyyppien ja suurempien kappaleiden valmistuksessa. (3D Systems 2025.)

Ruiskupuristuksen aikana sulan muovin mukana muottiin syntyy myös kaasua. Näiden kaasujen ja muotissa olevan ilman on tärkeää pystyä poistumaan muotista. Jos kaasut eivät pääse poistumaan, osasta voi tulla virheellinen. Kaasunpoisto voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla riippuen valmistettavan osan muodosta ja koosta. Purkautumiskanavat tyypillisesti sijoittuvat jakotasoon tai paikkoihin joihin kaasujen oletetaan jäävän jumiin. (Jiangzhi 2024.)

Ruiskuvalumuotti (kuva 1) koostuu useista eri osista. Jakotason kohdalta muotti voidaan jakaa kahteen puoliskoon, jotka ovat ontelo ja ydin. Ontelo vastaa kappaleen ulkopinnan muotoilusta ja ydin sisäpinnan. Muovisulan ruiskutus muottiin tapahtuu yleensä ontelon puolelta. Jakokanavien avulla muovisula ohjataan kohti portteja, joiden kautta muovisula tunkeutuu varsinaiseen muottiin. Ontelon puolella olevat ohjaustapit pitävät huolen siitä, että muotti sulkeutuu oikein. Ytimen puolella muotissa on ulostyöntömekanismi, joka avausvaiheessa työntää valmiin osan ulos muotista. (Dong Guang Sincere Tech 7.11.2024.)



KUVA 1. Ruiskuvalumuotti (Saarela ym. 2019, luku 5.1)

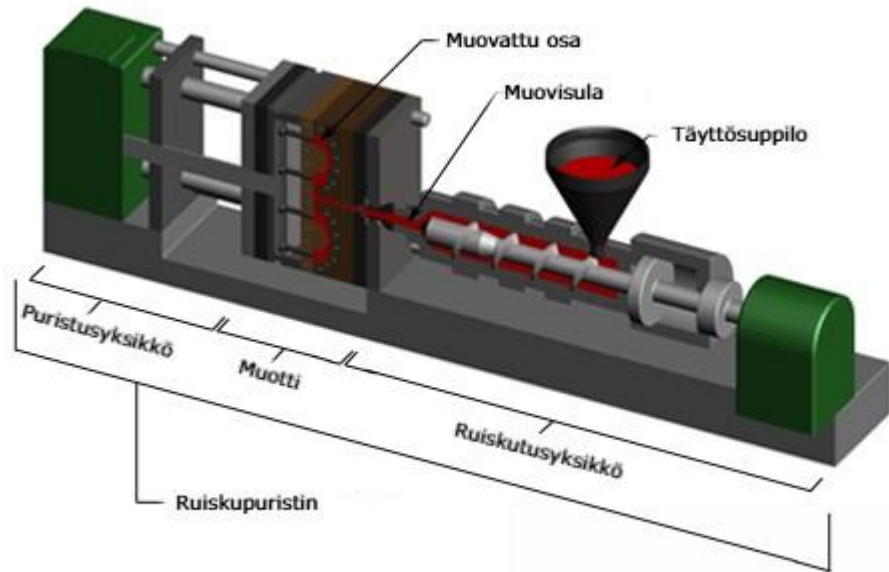
Jäähdytyskanavat muotissa valmistetaan siten, että ne jäähdyttävät tasaisesti valmistettavia osia. Oikeanlainen jäähdytys lyhentää osien jäähtymisaikaa ja parantaa mittatarkkuutta sekä mekaanisia ominaisuuksia. Valmistettavan osan eräko määräittää minkälainen muotin pitää olla. Muotti voidaan valmistaa siten, että yhdestä muotista saadaan useita samanlaisia osia. Tämänlaista muottia kutsutaan moniontelomuotiksi. Yhdellä muotilla on myös mahdollista valmistaa useita erilaisia osia samaan kokoonpanoon. Tätä muottityyppiä kutsutaan perheen muotiksi. Oikeanlaisen muotin valinta lyhentää sykliäikää ja madaltaa kokonaiskustannuksia. (Dong Guang Sincere Tech 7.11.2024.)

Ruiskuvalumuotteja on pääasiassa kahdenlaisia, jotka ovat kuumakanava ja kylmäkanavamuoitit. Kuumakanavamuoiteissa muovisula ruiskutetaan lämmitettyjen jakokanavien kautta. Kuumakanavamuoitissa muovi pysyy sulana koko ruiskutusvaiheen ajan, eikä muoviosaan jää ylimääräistä muovijätettä muottiontelon ulkopuolelle. Kuumakanavien etuna on nopeampi osien sarjatuotanto, sillä muotit eivät tarvitse mitään valmistelua ruiskutusten välillä. Kuumakanava muoteilla saadaan myös valmistettua pinnanlaadultaan parempia osia. (VEM Tooling 2025.) Muottien valmistuskustannukset kuitenkin ovat korkeammat, koska muottiin pitää asentaa lämmitettyjä suuttimia ja jakokanavia sekä lämmönhallinnan ohjaimia.

Lisäksi muotin ylläpito ja huoltokustannukset ovat korkeammat. (Lichtig 30.8.2022.)

Kylmäkanavamuoitit ovat perinteisempiä ja niissä muovin virtauskanavat ovat saman lämpöisiä kuin muotin ontelot. Koska muotin kanavat ovat kylmiä ennen ruiskutusta, muovisula jähmettyy muottiontelon lisäksi myös kanaviin. Muottien valmistuskustannukset ovat alhaisemmat kuin kuumakanavamuoiteissa. Kylmäkanavamuoitit valmistetaan kahden tai kolmen levyn muoteiksi. Kahden levyn muotti on yksikertaisin ja sen valmistuskustannukset ovat alhaisimmat. Kaksilevyisessä muotissa valukanaviin jähmettynyt muovi pitää kuitenkin manuaalisesti poistaa sen jälkeen, kun osa poistetaan muotista. Kolmen levyn muotit ovat joustavampia, sillä niissä on yksi levy pelkästään valukanavia varten. Ne soveltuvat parhaiten monimutkaisien osien valmistukseen ja niiden ovat valmistuskustannukset ovat alhaisemmat kuin kuumakanavamuoiteissa. (Bennet 17.10.2022.) Kolmen levyn muoteissa valukanavien irrotusta osasta ei tarvitse tehdä, koska muotin avautuessa ne katkeavat itsestään. Valukanava alkaa ensimmäisen levyn sisältä ja jatkuu sitten kahden levyn välissä. Jähmettyneet kanavat pitää kuitenkin poistaa muotin sisältä ennen seuraavan ruiskutusyösklin aloittamista. Kolmen levyn muottien huonoja puolia ovat pitkät sykliajat ja siitä syntyy paljon materiaali-jätettä. Lisäksi ne ovat kalliimpia valmistaa, kuin kahden levyn muotit. (Plastic Mold Net 4.1.2023.)

Ruiskuvalukone eli ruiskupuristin (kuva 2) voidaan jakaa kahteen eri yksikköön, jotka ovat puristussyksikkö ja ruiskutusyksikkö. Puristussyksikkö on koneessa liikkuva ja se puristaa muotin kiinni. Ruiskutusyksikössä on täyttösuppilo, johon muovipelletit lisätään. Suppilo ohjaa pelletit lämmityssylinteriin, jossa koneenruuvi ohjaa pellettejä. Pelletit sulavat lämmityksen ja paineen avulla lämmityssylinterissä, minkä jälkeen sula muovimassa ruiskutetaan kovalla paineella muottiin. Kun sula muovi on ruiskutettu muottiin, se alkaa jäähtyä. Jäähtymisaika riippuu käytettävän muovimateriaalin ominaisuuksista ja osan seinämävahvuudesta. Osien jähmetyttyä koneen puristussyksikkö vetäytyy taakse ja puskee osat ulos muotista. Tämän jälkeen osat täytyy jälkikäsitellä, sillä valukanavat ja mahdolliset leviämät pitää poistaa. (CustomPartNet s.a.)



Copyright © 2007 CustomPartNet

KUVA 2. Ruiskupuristin (CustomPartNet s.a.)

Ruiskupuristimen säätö on keskeinen osa ruiskuvaluprosessia onnistuneiden tuotteiden valmistuksessa. Prosessia aloitettaessa säädetään sylinterin, suuttimen ja muotin lämpötilat. Muotin lämpötila vaikuttaa muovisulan jäähtymiseen ja virtaukseen muotin sisällä. Suuttimen lämpötila säädetään yleensä hieman matalammaksi kuin sylinterin lämpötila. Suuttimen lämpötilaa ei kuitenkaan saa säätää liian matalaksi, sillä muovisula alkaa jähmettyä ja tukkii suuttimen. Lämpötila säädetään riippuen materiaalista ja muovattavan osan koosta. Myös ruiskutus- ja plastisointipaine tulee säätää materiaalin ja muotin mukaan. Plastisointipainetta säädellään ruuvien pyörintänopeudella ja paikoituksella. Plastisointipainetta nostettaessa muovisulan lämpötila nousee. Muovisula saadaan plastisointipaineen avulla lämmitettyä tasaiseksi ja siihen voidaan sekoittaa väriainetta. Normaalissa käytössä plastisointipaine tulee kuitenkin säätää mahdollisimman matalaksi tuotteen hyvän laadun varmistamiseksi. Ruiskutus- ja plastisointipaine säädetään siten, että se ylittää muotin virtausvastuksen. (Jide 13.2.2023.) Muotin pitopaine säädetään suoraan ruiskutus- ja plastisointipaineen mukaan. Jos pitopaine on liian alhainen, sula muovimassa voi levitä muottiontelon ulkopuolelle. (Odin Mould 12.11.2020.)

2.2 Ruiskuvalettavan kappaleen suunnittelu

Ruiskuvalettavan kappaleen suunnittelulla on tärkeä merkitys onnistuneiden tuotteiden valmistuksessa. Kappaleen suunnittelussa tärkeimmät periaatteet ovat seinämävahvuus, pyöreät nurkat ja päästöt. Kappaleeseen tulee suunnitella 1–2 asteen päästöt, jotta se irtoaa muotista helpommin. Seinämävahvuuden tulee olla sama kauttaaltaan, jotta vältetään ongelmat jäähdytyksen aikana. Jos kappaleesta pitää saada tukevampi tietystä kohtaa, suunnitellaan siihen ripoja. Ripojen seinämävahvuus tulee olla enintään puolet kappaleen seinämävahvuudesta ja niiden pituus vähemmän kuin kolme kertaa seinämävahvuus. Ripoihin pitää myös suunnitella päästöt, joiden suuruus on vähintään 0,25 astetta. Kappaleen suunnittelussa tulee myös välttää ulokkeita. Ulokkeet kappaleessa vaativat yleensä muottiin ylimääräisiä sivuytimiä, jotka nostavat muotin valmistuskustannuksia. (CustomPartNet s.a.)

2.3 3D-tulostus

Yleisimmät 3D-tulostusmenetelmät ovat filamenttitulostus, stereolitografia eli hartsitulostus ja selektiivinen lasersintraus. 3D-tulostusta käytetään laajalti prototyyppien valmistuksessa, koska se on nopeaa ja helppoa. 3D-tulostuksessa CAD-malli pilkotaan kerroksiksi, jotta tulostin osaa lukea sen ja siten muodostaa kolmiulotteisen kappaleen. (Lohilahti 10.8.2018.)

Filamenttitulostus on näistä yleisin sen helppouden ja edullisten ylläpitokustannuksien vuoksi. Tulostimet ovat kooltaan pieniä ja soveltuvat myös kotikäyttöön. Tulostuslanka eli filamentti on edullista ja sillä on laaja materiaalivalikoima. Filamenttitulostuksessa muovilanka pursotetaan kuumen suuttimen läpi tulostusalustalle, jossa se kovettuu. Materiaalia pursotetaan kerroksittain, kunnes haluttu osa on valmis. Valmis osa saattaa vaatia pintakäsittelyä, sillä kerrosrajat jäävät usein näkyviin tulostuksen jälkeen. (Lohilahti 10.8.2018.)

Stereolitografiassa tulostusalustaa upotetaan nestemäiseen hartsiin. Tulostimessa UV-laser kohdistetaan usean peilin kautta tulostusalustalle. UV-laser kovettaa hartsin alustaan kerroksittain. Tulostuksen jälkeen kappaleet pestään

isopropanolilla, jonka jälkeen niistä voidaan poistaa tukirakenteet. Viimeiseksi kappaleet laitetaan UV-kammioon jälkikovetukseen. Hartsitulostuksella kappaleista saadaan sileitä eivätkä ne tarvitse pintakäsittelyä. (Lohilahti 10.8.2018.)

Selektiivinen lasersintraus on menetelmä, jota käytetään pääasiassa vain teollisuudessa koneen suuren koon ja hinnan vuoksi. Lisäksi koneen käyttö tarvitsee ammattiosaamista. Yleisin materiaali, jota tulostuksessa käytetään, on nylon. Selektiivisessä lasersintrauksessa muovipulveri levitetään rakennekammioon. Tulostin lämmittää pulverin melkein sulamispisteeseen. Lämmityksen jälkeen laser skannaa 3D-mallin ja sulattaa rakennekammiossa olevan pulverin niiltä kohdilta, mihin mallin tulee muodostua. Sulamaton pulveri tukee osaa kerroksittain. Ensimmäisen kerroksen valmistuttua rakennusala laskeutuu kammiossa ja prosessi toistuu, kunnes osa on valmis. Osan valmistuttua sen annetaan jäähtyä ja jäähdytyksen jälkeen osan ympäriltä poistetaan sulamaton pulveri, joka siivilöidään ja käytetään uudestaan. (FacFox 31.12.2021.)

2.4 3D-tulostettavan kappaleen suunnittelu

3D-tulostettavien kappaleiden suunnittelussa täytyy ottaa huomioon millä tulostusmenetelmällä kappale aiotaan valmistaa. Tulostusmenetelmän valinnalla on merkitystä muun muassa seinämävahvuuksien, ominaisuuksien koon ja tulostuskustannuksien kannalta. Tulostettavat kappaleet kannattaa suunnitella tulostustason suuntaisesti. Kappale voidaan myös jakaa osiin, jos suuntaus on muuten haastavaa. (JLC3DP 2024.) Kappaleiden seinämävahvuuden täytyy kestää tulostuksen jälkeinen käsittely ja tukirakenteiden irrotus. Mitä suurempi kappale on, sitä suurempi minimiseinämävahvuuden tulee olla. Jos suunnitellaan onttoja rakenteita, niille täytyy myös suunnitella pakoreikiä, jotta tulostuksessa syntyvä tukimateriaali voidaan poistaa rakenteen sisältä. Pakoreiän minimihalkaisija tulee olla vähintään 2,5 mm ja jos rakenteen halkaisija on alle 3 mm niitä tulee olla useampi. (Rahix' Blog 4.5.2025.) 3D-tulosteiden suunnittelussa pyritään optimoimaan malli siten, että siihen kuluu mahdollisimman vähän materiaalia. Näin saadaan tulostuskustannukset mahdollisimman alhaisiksi. 3D-mallia optimoidaan niin, että siihen jää vain kappaleen toiminnan kannalta olennaisia muotoja. (3D Form Tech s.a.)

3 TUOTEKEHITYS

3.1 Esisuunnittelu

Projektia aloitettaessa tehtiin kilpailija-analyysi, jossa tutkittiin tämänhetkisten eläinten paikantimien ja aktiivisuuden seurantalaitteiden akunkestoa, kokoa ja painoa. Ennen 3D-suunnittelua ja mallintamista tuotteelle piti etsiä ladattava paristo, jonka piikkivirranantokyky tuli olla vähintään 500 mA ja kapasiteetti 100–350 mAh. Vaihtoehtoja mahdollisille paristoille rajasi enimmäkseen niiden koko ja kapasiteetti. Lisäksi laitteelle tuli valita latauskaapeli. Kaapelin valinnassa vertailtiin jo olemassa olevia älykellojen latauskaapeleita.

Laitteen kotelo täytyi suunnitella siten, että se voidaan ruiskuvalaa ABS-PC-muovista. Kotelon seinämävahvuus tulee olla 1,5 mm ja päästöt 3–5 astetta. Lisäksi tiedettiin, että kotelo tullaan ultraäänihitsaamaan, joten koteloon täytyi tehdä sopivat liitoskohdat hitsausta varten.

3.2 Yksityiskohtainen suunnittelu

Kuten luvussa 3.1 mainittiin, paristo rajoitti tuotteen suunnittelua kaikista eniten. Ensimmäinen versio tehtiin LP702030-pariston pohjalta. Pariston kapasiteetti oli 350 mAh ja piikkivirranantokyky 700 mA. Ensimmäisessä versiossa kotelon kiinnitys pantaan oli tarkoitus toteuttaa ruuvikiinnityksellä. Koteloon tehtiin paikat M3-kierreinserteille.

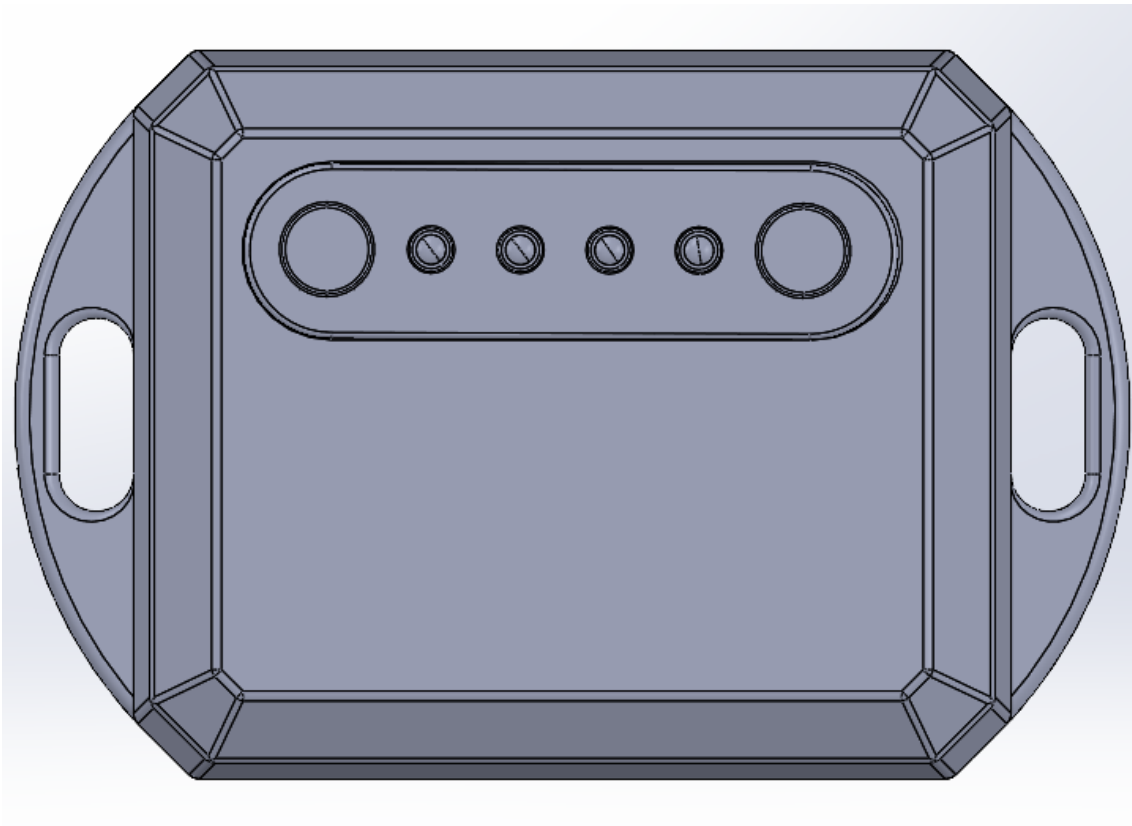
Kuvassa 3 esitellään laitteesta tehdyt prototyypit ja Anicare Oy:n kehittämä Rudolf-laite. Vasemmalla kuvassa on Anicare Oy:n olemassa oleva korvaan kiinnitettävä laite. Keskellä on toinen laitteesta tehty prototyyppi ja oikealla ensimmäinen prototyyppi. Kuten kuvasta nähdään oikealla oleva prototyyppi ei ole pienempi kuin aikaisempi Rudolf-laite vaikka tarkoituksena oli tehdä tilavuudeltaan noin 30 % pienempi. Keskimmainen versio on hieman matalampi kuin alkuperäinen Rudolf-laite. Keskimmaisessä prototyypissä ruuvitornit ovat kuoren sisällä ja kiinnitys pantaan on tarkoitettu pannan alta ruuveilla. Keskimmaisessä versiossa

nähdään myös latauspaikan muoto ja sijainti. Nämä versiot todettiin kuitenkin vielä liian suurikokoisiksi, joten laitteen kiinnitykselle mietittiin vielä muita vaihtoehtoja, koska ruuvitornit vaativat oman seinämävahvuutensa, jotta niihin voidaan asentaa kierreinsertit.



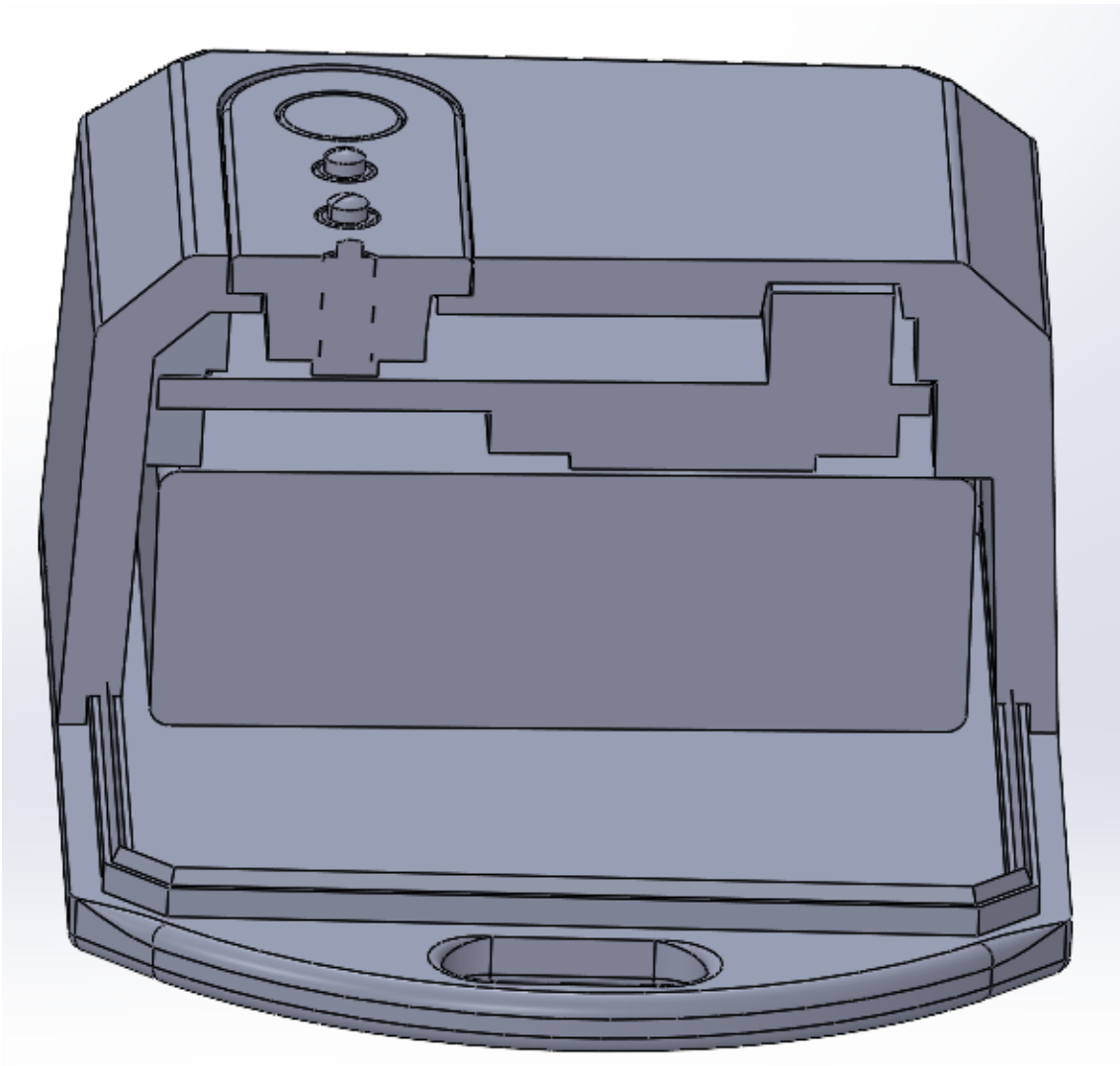
KUVA 3. Prototyypit ja Rudolf-laite

Laitteen viimeiseen versioon (kuva 4) valittiin paristoksi LP652025HP sen pienen koon ja suuren virranantokyvyn takia. Laite tullaan kiinnittämään eläimen pantaan nippusiteillä laitteen pohjalevyssä olevien reikien kautta. Latausportiksi valittiin 4-pinninen älykellon magneettinen latausportti.



KUVA 4. Laitteen valmis versio

Poikkileikkaukuksesta (kuva 5) nähdään miten paristo ja piirilevy asettuvat kuoren sisään. Piirilevylle on suunniteltu syvennys laitteen kuoreen, jotta antenni saadaan mahtumaan laitteeseen. Piirilevyn paksuudeksi valittiin 0,8 mm. Pariston ja piirilevyn komponenttien väliin tullaan asentamaan kaksipuolinen teippi, jotta ne eivät ole kosketuksissa toisiinsa ja pysyvät kiinteästi kasassa kotelon sisällä. Pohjalevyssä näkyy ultraäänihitsausta varten suunniteltu sauma. Kokoonpanopiirustuksessa (liite 1) laitteen komponentit näkyvät kokonaisuudessaan.



KUVA 5. Poikkileikkaus

4 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uudelleen Anicare Oy:n kehittämä Rudolf-laite. Laitteen uudelleensuunnittelun tarkoituksena oli suunnitella laite ladattavaksi ja kissoille ja koirille. Uusi laite pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman pienikokoiseksi.

Suunnittelu aloitettiin valitsemalla laitteelle sopiva paristo. Pariston valinnassa käytettiin olemassa olevia vaihtoehtoja, eikä laitteelle alettu teettämään erikseen paristoa. Pariston valintaan vaikuttivat sen koko, paino ja piikkivirranantokyky. Suunnittelua aloitettaessa tiedettiin myös mitä komponentteja piirilevyllä pitää saada. Haastavin osuus suunnittelussa oli laitteen kiinnitystapa. Lopulta päädyttiin yksinkertaiseen nippusidekiinnitykseen ja niille suunniteltiin laitteen pohjalevyyn reiät.

Nyky aikaisten komponenttien puitteissa laitteesta ei ole mahdollista tehdä pienempää. Laitteelle oli tarkoituksena lisätä myös merkkivalo. Kuitenkaan ajanpuutteen vuoksi merkkivaloa ei saatu lopulliseen versioon. Ajanpuutteen vuoksi myös laitteen testaus jäi toteuttamatta. Vaikka laite ei tullut tämän projektin aikana markkinavalmiiksi, siitä saatiin todella hyvä aihio jatkokehitystä varten. Jatkokehityksenä laitteen kiinnitystapaa voisi vielä miettiä uudelleen.

LÄHTEET

3D Form Tech s.a. 3D-mallinnus vaatii optimointia ja uudenlaista ajattelua. Luettavissa: <https://3dformtech.fi/blogi/3d-mallinnus-vaatii-optimointia-ja-uudenlaista-ajattelua/>. Luettu: 10.5.2025.

3D Systems 2025. Basics of Injection Molding Design. Luettavissa: <https://www.3dsystems.com/quickparts/learning-center/injection-molding-basics#suitablePolymers>. Luettu: 3.4.2025.

Bennet, L. 17.10.2022. Hot Runner vs Cold Runner Injection Mold: Key Differences You Need to Know. Rapid Direct. Luettavissa: <https://www.rapiddirect.com/blog/hot-runner-vs-cold-runner-injection-mold/>. Luettu: 15.5.2025.

CustomPartNet s.a. Injection Molding. Luettavissa: <https://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>. Luettu: 14.4.2025.

Jiangzhi 30.8.2024. The Essential Guide to Effective Venting in Injection Molding. Luettavissa: <https://www.swcpu.com/blog/venting-in-injection-molding/>. Luettu: 5.4.2025.

JLC3DP 26.12.2024. 3D Printing Design Guideline. Luettavissa: <https://jlc3dp.com/help/article/3D-Printing-Design-Guideline>. Luettu: 9.5.2025.

Dong Guan Sincere Tech 4.1.2023. 3 Plate Injection Mold. Luettavissa: <https://www.plasticmold.net/3-plate-injection-mold/>. Luettu 15.5.2025.

Dong Guan Sincere Tech 7.11.2024. Mikä on muovin ruiskuvalumuotti. Luettavissa: https://plas.co/fi/mika-on-muovin-ruiskuvalumuotti/#Injection_Mold_Cooling_Channels. Luettu: 7.4.2025.

FacFox. 31.12.2021. Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing - FacFox 3D Printing Service. Luettavissa: <https://www.facfox3d.com/info/guide-to-selective-laser-sintering-sls-3d-pr-69134634.html>. Luettu: 24.5.2025.

Jide. 13.2.2023. How to Make the Injection Molding Machine Process Stable Production? Luettavissa: <https://www.jidemachinery.com/info/how-to-make-the-injection-molding-machine-proc-80007861.html>. Luettu: 7.5.2025.

Leomuovi Group 2025. Muovin ruiskuvalu. Luettavissa: <https://leomuovi.fi/palvelut/ruiskuvalu>. Luettu: 31.3.2025.

Lichtig, A. 30.8.2022. The Ultimate Guide to Hot and Cold Running Molds. Xometry. Luettavissa: <https://www.xometry.com/resources/injection-molding/hot-runner-vs-cold-runner/>. Luettu: 14.5.2025.

Lohilahti, J. 10.8.2018. Vertailussa FDM-, SLA-, ja SLS teknologiat. Maker 3D. Luettavissa: <https://www.3d-tulostus.fi/uutiset/Vertailussa-FDM-SLA-ja-SLS-teknologiat>. Luettu: 24.4.2025.

Naoum, K. 27.8.2023. An Overview of Hot Running Injection Molding Systems. Xometry. <https://www.xometry.com/resources/injection-molding/overview-of-hot-running-injection-molding-system/>. Luettu: 14.5.2025.

Odin Mould 12.11.2020. How to Adjust the Injection Molding Process Parameters? Luettavissa: <https://www.plasticomould.com/info/how-to-adjust-the-injection-molding-process-pa-51223757.html>. Luettu:7.5.2025.

Rahix' Blog 4.5.2025. Design for 3D-printing. Luettavissa: <https://blog.rahix.de/design-for-3d-printing/#2-manufacturing-tolerance-and-part-finish>. Luettu: 10.5.2025.

Saarela, O., Airasmaa, I., Kokko, J., Skrifvars, M. & Komppa, V. 2019. Komposiittirakenteet. Luettavissa: <https://www.lujitemuovi.fi/>. Luettu: 5.4.2025.

VEM Tooling 2025. Hot Runner Systems. Luettavissa: https://www.vem-tooling.com/hot-runner-systems/#elementor-toc_heading-anchor-3. Luettu: 14.5.2025.

LIITTEET

Liite 1 Kokoonpanopiirustus

5	Paljely				1
4	Latausportti	J25C-351016-35-0401			1
3	Poljipilevy				1
2	Paneli	LP050205HP			1
1	Kotelo				1

Qas Item	Nimitys Description	Qasnumero PART NUMBER	Tekninen Nelo, nimeke PART NAME	Huomiot Remarks	Kpl Qty
	Mittaus / Measure	Yksikokirjasto / General tolerances	Suunnittaja / Designed	Pvm / Date	
	kg	ISO 2768-m	TH	24.5.2025	
	Mittakaava / Scale	Arkkityyppi / Asetustyyppi / Document Type	Hyvalksy / Approved By	Pvm / Date	
	A4 2:1	1/1 Kokoonpanopiirustus			
		Nimitys / Description			Rev
		Rudolf 2.0			
		Piirustusanero / Drawing number			A

3D-mallin leikkaus - hajotettu rjeyty