



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Instituudi nimetus

**NETATMO SEADMETELE VÄLISE  
TOITELAHENDUSE LOOMINE**

**CREATING A SOLUTION FOR EXTERNAL POWER SUPPLY  
FOR NETATMO DEVICES**

RAKENDUSKÕRGHARIDUSTÖÖ

Üliõpilane: Joonas Selgis

Üliõpilaskood 178423EDTR

Juhendaja: Taavi Kase, insener

Tartu 2021

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"29." mai 2021

Autor: Joonas Selgis

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"29." mai 2021

Juhendaja: Taavi Kase

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

".....".....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees: Helle Hallik

/ allkirjastatud digitaalselt/

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina, Joonas Selgis (sünnikuupäev: 19.07.1998 )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „NETATMO SEADMETELE VÄLISE TOITELAHENDUSE LOOMINE“,

mille juhendaja on Taavi Kase,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

<sup>1</sup>*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

\_\_\_\_\_ (allkiri)

\_\_\_\_\_ (kuupäev)

# TalTech Tartu Kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Joonas Selgis, 178423EDTR

Õppekava, peeriala: EDTR17/17 - Telemaatika ja arukad süsteemid

Juhendaja: insener, Taavi Kase, tel. 53 989 158

### Lõputöö teema:

(eesti keeles) Netatmo seadmetele välise toitelahenduse loomine

(inglise keeles) Creating a solution for external power supply for Netatmo devices

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Netatmo väliste töötavate toitelahenduste loomine;
2. Netatmo väliste toitelahenduste korpuste loomine;
3. Netatmo väliste toitesüsteemide loomine;

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö toitelahenduste korpuste loomine	11.12.2020
2.	Lõputöö toitesüsteemide loomine	18.12.2020
3.	Lõputöö toitelahenduste testimine	12.05.2021

**Töö keel:** Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "31." mai 2021. a

**Üliõpilane:** Joonas Selgis /allkirjastatud digitaalselt/ "29." mai 2021. a

**Juhendaja:** Taavi Kase /allkirjastatud digitaalselt/ "29." mai 2021. a

**Programmijuht:** Helle Hallik /allkirjastatud digitaalselt/ "29." mai 2021. a

# SISUKORD

EESSÕNA .....	7
SISSEJUHATUS .....	8
1 Netatmo ilmajaam .....	9
1.1 Netatmo sisemoodul-NWS01OUT.....	9
1.2 Netatmo vihmamõõtur- NWS02RG .....	11
2 3D-printimine .....	13
2.1 Printimise tehnoloogiad .....	13
2.1.1 Stereolitograafiline printimine .....	13
2.1.2 DLP printimine. ....	14
2.1.3 Laser paagutamise/Laser sulatamise teel printimine .....	15
2.1.4 Ekstrusioon printimine .....	16
2.1.5 Sideaine pihustamise teel printimine.....	17
2.1.6 Materjali pihustamise teel printimine .....	18
2.1.7 SDL printimine.....	19
2.1.8 EBM printimine .....	19
3 Sisemooduli toitekorpus.....	22
3.1 Sisemooduli toitelahenduse korpuse  modelleerimine .....	22
3.2 Prinditava korpuse eeltöötlemine.....	23
3.3 Sisemooduli toitelahenduse korpuse printimine .....	23
3.4 Sisemooduli toitelahenduse korpuse kinnitus .....	29
4 Vihmamõõturi toitekorpus .....	31
4.1 Vihmamõõturi toitelahenduse korpuse modelleerimine .....	31
4.2 Vihmamõõturi toitelahenduse korpuse printimine .....	31
5 Toitelahendus.....	35
5.1 Sisemooduli toitelahendus.....	35
5.2 Vihmamõõturi toitelahendus .....	36
5.3 Toitelahenduste testimine.....	37
KOKKUVÕTE .....	40

SUMMARY .....	41
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	42

## **EESSÕNA**

Lõputöö teema sõnastati Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži Inseneri Taavi Kase ja lektori Ago Rootsi poolt, kellelt pärinevad ka esmased teadmised lõputöö teema osas. Täiendavalt soovin tänada juhendajat Taavi Kase, kes aitas töö koostamisel tekkivate küsimustega ja Tallinna Tehnikaülikooli Tartu kolledži tehnikaringi, kes lubasid kasutada enda õpperuume ja 3D-printerit.

Toitelahendus, ilmajaam, 3D-printer, rakenduskõrgharidustöö.

## **SISSEJUHATUS**

Käesoleva lõputöö teema pakuti välja autorile lõputöö juhendaja poolt. Autoril oli varasem kokkupuude 3D modelleerimis programmidega ja lõputöö teema pakkus väljakutset kasutada varasemalt omandatud modelleerimis oskuseid tegeliku probleemi lahenduseks ja kogemusi päris prototüübi loomiseks. Lisaks võimaldas lõputöö tutvuda 3D-modelleerimis tehnoloogiatega ja tänu sellele printida modelleeritud objekte.

Lõputöö eesmärgiks oli luua töötav väline toitelahendus kahele Netatmo ilmajaama moodulile, milleks olid Netatmo – NWS01OUT ja Netatmo – NWS02RG. Seadmete algne toitelahendus oli patareide põhine ja see tekitas mõningaid probleeme, sest seesugustes seadmetes aeguvad patareid kiiresti ning vajavad pidevat tähelepanu. Lisaks asusid osad seadmed auditooriumites, kus õppetöö käigus patareide vahetamine ei olnud võimalik. Lõputöö käigus loodud erinevate toitelahenduste eesmärgiks oli luua madala hooldusega seadme toitesüsteem ning seeläbi vähendada patareide kulu ning võimalikku seadmete vigastamise ohtu.

Lõputöö tööülesanneteks olid luua ilmajaama moodulitele toitelahenduste korpused ning toitelahendus. Lisaks koguda andmeid kasutades algseid ilmajaama moduleid, mille põhjal luua sobivad toitelahenduste korpused ja toitemetodid vastavalt moodulile.



# 1 Netatmo ilmajaam

Netatmo ilmajaam on ettevõtte Netatmo poolt toodetud targa kodu süsteem. Komplekt on mõeldud kasutamiseks siseruumide ja välisruumide kliima mõõdistamiseks. Netatmo poolt loodud ilmajaama kuulub viis erinevat moodulit, milleks on siseruumide peamoodul, lisa sisemoodul, välismoodul, vihmamõõtur ja anemomeeter. [1]

## 1.1 Netatmo sisemoodul-NWS01OUT

Lõputöö käigus toodeti toitelahendus sisekliima lisamooduli mudelile NWS01OUT. Tegu on siseruumides kasutamiseks mõeldud seadmega.

NWS01OUT võimaldab mõõta temperatuuri, niiskust ja CO<sub>2</sub> sisaldust õhus. Seade töötab temperatuuriskaalas, milleks on 0°C kuni 50°C ja mõõteveaks on  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Niiskuse skaala, milles moodul töötab on 0 kuni 100%. Mõõteviga niiskuse mõõtmise juures on  $\pm 3\%$ . CO<sub>2</sub> skaala milles seade töötab on 0 kuni 5000 ppm ja mõõteveaks skaalal 0 kuni 1000 ppm on  $\pm 50$  ppm ja skaalal 1000 kuni 5000 ppm on mõõteveaks 5% [1]

Siseruumide mooduli toiteallikaks on 4 AAA patareid, mis sisestatakse kahekaupa seadmesse. Seadme alaosas asuvad patareide sisestamisavad (vaata joonis 1.2), mille kasutamiseks tuleb eemaldada seadme kaas. Moodul saab töötamiseks patareidelt pinge 6 volti.

Netatmo seadme poolt mõõdetud andmed edastatakse raadiosidega siseruumi peamoodulile. Peamoodul edastab kogutud andmed Netatmo pilve, kust on kogutud andmed jälgitavad. Moodulite vaheline maksimaalne kaugus võib olla kuni 100 meetrit. [1]



Joonis 1.1: Netatmo NWS01OUT kõlgvaade



Joonis 1.2: Netatmo NWS01OUT põhjavaade ilma kaaneta

## 1.2 Netatmo vihmamõõtur- NWS02RG

Netatmo vihmamõõtur on moodul Netatmo ilmajaamas. Tegu on välisruumides kasutamiseks mõeldud seadmega, mis mõõdab sademe hulka ajavahemiku jooksul. Lõputöö käigus loodi toitelahendus vihmamõõturi mudelile NWS02RG.

Sademehulga mõõtmine toimub kasutades kallutuskoppa, mis asub mõõteseadmes. Kallutuskoppa suurused varieeruvad 0,2 mm/h kuni 150 mm/h. Mooduli mõõtetäpsus on 1 mm/h ja mõõtmise resolutsioon on 0,1 mm/h. Seade on võimeline töötama keskkonnas mille temperatuurid on vahemikus 0°C kuni 50°C. [1]

Vihmamõõturi toiteallikaks on 2 AAA patareid, mis sisestatakse korpuse põhjal asuvasse avadesse (vaata joonis 1.4). Patareide sisestusavad on kaetud plastikust kattega, mida on võimalik kinnitada korpusele kinnituskruvidega. Moodul saab töötamiseks patareidelt pinget 3 volti.

Mooduli poolt mõõdetud andmed edastatakse üle raadioside ilmajaama peamoodulile. Ilmajaam võimaldab kasutada ainult üht vihmamõõturit korraga. Peamoodul edastab andmed Netatmo pilve, kust on kogutud andmed jälgitavad. Maksimaalne ühenduskaugus peamoodulist on 100m. [1]



Joonis 1.3: Netatmo NWS02RG külgvaade



Joonis 1.4: Netatmo NWS02RG sisu mõõte ja toitesüsteem

## 2 3D-printimine

3D-printimine kui tehnoloogia on baasmaterjali kasutades kiht kihi kaupa mudeli ehitamine, kasutades selleks spetsialiseeritud printereid. Printimise meetodeid, materjale ja kasutusvaldkondi on mitmeid. Siduvaks punktiks eri meetodite puhul on viis, kuidas reaalne objekt ehitatakse. [2]

Printimisprotsess saab alguse digitaalse 3D-mudeli loomisega. 3D-mudel kujutab toodetavat objekti digitaalses ruumis. Digitaalne mudel võimaldab luua, muuta ja täiendada enne printimisprotsessi algust objekti ilma lisamaterjali kulutamata. Enim levinud viis mudeli loomisel on 3D CAD, aga leidub mitmeid programme, mida kasutades on võimalik luua 3D-mudel. Teine meetod mudeli loomiseks on 3D-skaneerimine, mis võimaldab kujutada reaalselt keha digitaalselt. [2]

Digitaalse mudeli olemasolul on vajalik printimise eeltöötlemine. See on vajalik, et muuta printitav objekt printerile arusaadavasse keelde ja anda täiendavaid juhiseid. Printitavaks objektiks muutmine kujutab endast mudeli kihtideks lõikamist ja koordinaatide omistamist. Lõikamine võimaldab ladustada materjali kiht kihi haaval ruumis, kasutades määratud koordinaate. Täiendavad juhised võimaldavad isikupärastada printimiskiirust, temperatuure, lisada printimiseks vajalikke tugesid jne. Pärast eeltöötlemist on objekt valmis printimiseks. [3]

Printereid ja materjale millest objekte luua on mitmeid. Enamlevinud printimistehnoloogiad on stereolitograafiline, DLP, laser paagutamine/laser sulatamine, ekstrusioon, pihustamismeetodid (ingl. k. *inkjet*) (jaguneb omakorda materjali pihustamiseks ja sideaine pihustamiseks), SDL ja EBM. Materjalidena kasutatakse plastiku, metalle, keraamilisi materjale, paberit, biomaterjale, toitu jne. Printimismeetodeid ja materjale mida kasutada on palju, aga pole olemas ühte meetodit ja materjali, mis sobiks igaks kasutusvaldkonnaks ja otstarbeks. [2]

### 2.1 Printimise tehnoloogiad

#### 2.1.1 Stereolitograafiline printimine

Stereolitograafilist printimist loetakse esimeseks 3D-printimis tehnoloogiaks. Tegu on laseri põhise tootmisprotsessiga, mis kasutab printimismaterjalina fotopolümeervaiku. Fotopolümeervaik reageerib kokkupuutel laseriga ja taheneb. Protsess toimub printimis keskkonnas, milles asub fotopolümeervaik ja printimisalus (ingl. k. *printing bed*), mida on võimalik liigutada Z telge pidi. Laserit liigutatakse X-Y telge pidi mööda vaigu pinda

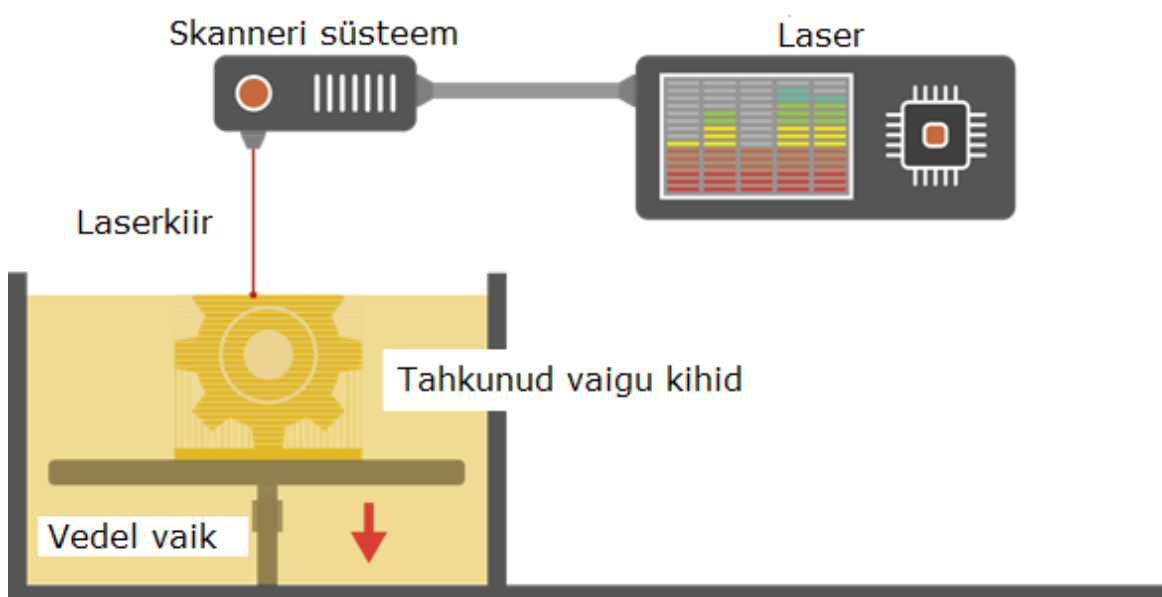
vastavalt 3D-mudeli infole. Protsess toimub kiht kihi haaval ja peale iga kihi loomist liigutatakse alust Z telge pidi alla kuni printimine on lõpetatud. [2]

Stereolitograafilise printimise eelised on:

- kõrge täpsus [2 ja 4]
- kvaliteetsed prinditud pinnad [2 ja 4]

Stereolitograafilise printimise miinusteks on:

- mudeli järeltöötlemise vajadus [2 ja 4]
- tugev vajadus ja materjali enda tugevus aja möödudes, kuna materjal võib muutuda hapraks [2]



Joonis 2.1: Stereolitograafiline printimine [2]

### 2.1.2 DLP printimine.

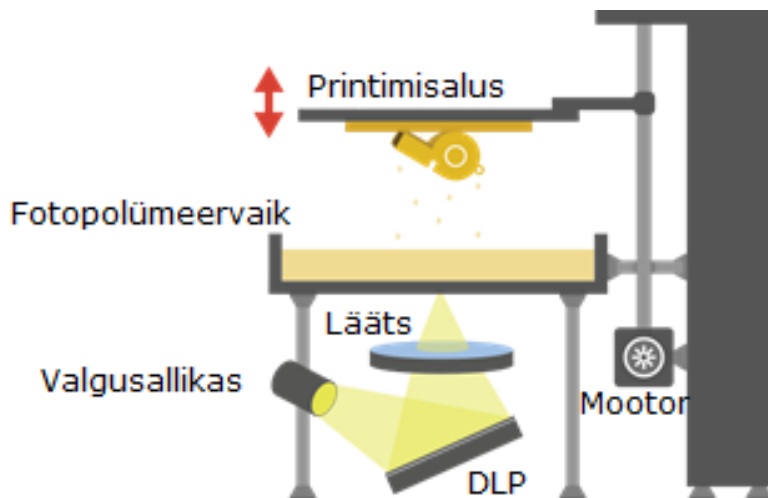
Digitaalse valguse töötlemise teel printimine, ehk DLP, kasutab fotopolümeervaiku printimismaterjalina. Juhtides vaigu pinnale valgust, reageerib materjal printimiskeskkonnas ja taheneb. Valgusallikana kasutatakse kaar lampi koos vedelkristall kuvar paneeliga või deformeeritavat peegel seadet. Printimine toimub kihiti juhtides valgust korruga kogu printimispinnale. Pärast mida liigutatakse printimisalust Z telge pidi kuni kogu prinditud mudel on valmis. Printimine toimub anumus, kus asub fotopolümeerväik ja printimisalus. [2 ja 5]

DLP printimise plussid on:

- printimise kõrge täpsus [2]
- võrreldes stereograafilise printimisega on DLP kiirem [5]

DLP printimise miinusteks on:

- järeltöötlemise vajalikkus [2 ja 5]
- tugevade vajalikkus [2]



Joonis 2.2: DLP printimine. [2]

### 2.1.3 Laser paagutamise/Laser sulatamise teel printimine

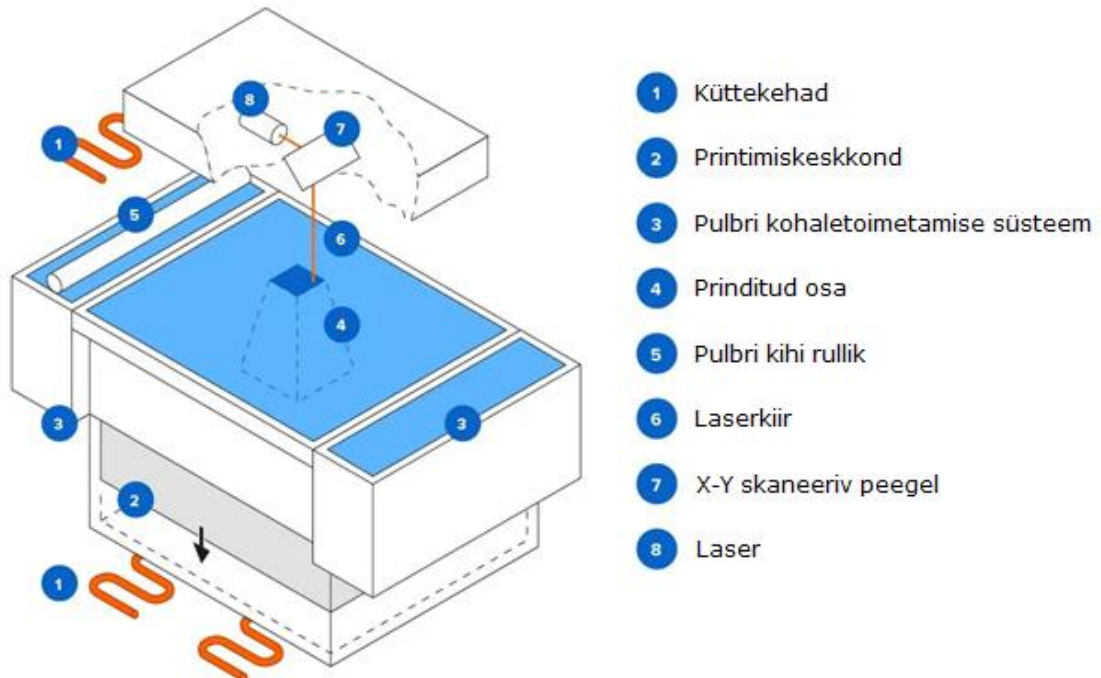
Laser paagutamise meetodil 3D-printimine kasutab laserit ja pulbri kujul olevat printimismaterjali. Printimise käigus juhitakse laserit X-Y telge pidi mööda kokku pressitud pulbri pinda. Laseri kokkupuutel pulbriga ühilduvad pulbri osakesed üksteisega ja toimub tahenemine. Pärast iga prinditava kihi lõpetamist langetatakse alus Z telge pidi ja rullik toob uue pulbri kihi eelmise kihi kohale ja surub selle kokku. Printimise käigus on printimiskeskond suletud, et hoida püsivat temperatuuri. Pärast printimisprotsessi eemaldatakse keha pulbrist ja keskkonnast. [2 ja 6]

Laser paakumis printimise eelisteks on:

- tugevade ebavajalikkus, kuna selle positsiooni täidab printer keskkonna pulber [2 ja 6]
- tänu tugevade ebavajalikkusele on võimalik luua keerulisemaid objekte, mida ei oleks võimalik luua tugevade olemasolul [2 ja 6]
- prinditud tooted on tugevamad kui stereolitograafilisel või digitaalse valguse abil toodetud osad [2 ja 6]

Laser paakumis printimise miinusteks on:

- tugeva laseri vajalikkus, et sulatada osakesed üksteise külge [2]
- pindade kvaliteet ja printimise täpsus ei pruugi olla parim [2]



Joonis 2.3: Laser paakumisel printimine [6]

### 2.1.4 Ekstrusioon printimine

Sulatatud sadestumise modelleerimise teel 3D-printimine, ehk ekstrusioon, kasutab hõõgniiti printimismaterjalina. Printimine toimub hõõgniidi sulatamise teel ja selle ladestamisel kiht kihi haaval printimisalusele. Prindipea (ingl. k *extruderhead*) sulatab hõõgniidi eelnevalt määratud temperatuurile ja asetab X-Y telgedel alusele. Printimisalust liigutatakse Z telge pidi pärast iga kihi ladestamist. Iga kiht ladestatakse sulanud olekus ja taheneb eelneva kihi külge. [2 ja 7]

Sulatatud sadestumise meetodi eelised on:

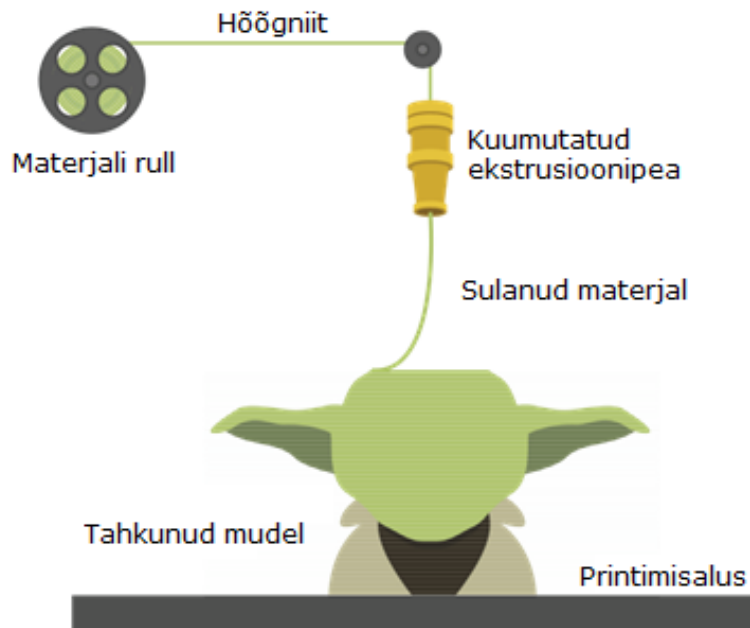
- eri materjalid [2]
- uue kasutaja jaoks sõbralik ja odav võrreldes teiste meetoditega [2]

Sulatatud sadestumise meetodi miinused on :

- tootmisprotsess võib olla aeglane ja kihtide ühilduvus võib kohati osutada problemaatiliseks [2]



- mudelite järeltöötlemine on vajalik, selleks et parandada materjali kvaliteeti ja parandada prinditud mudelite pindade ilmet [2]



Joonis 2.4: Sulatatud sadestamise printimine [2]

### 2.1.5 Sideaine pihustamise teel printimine

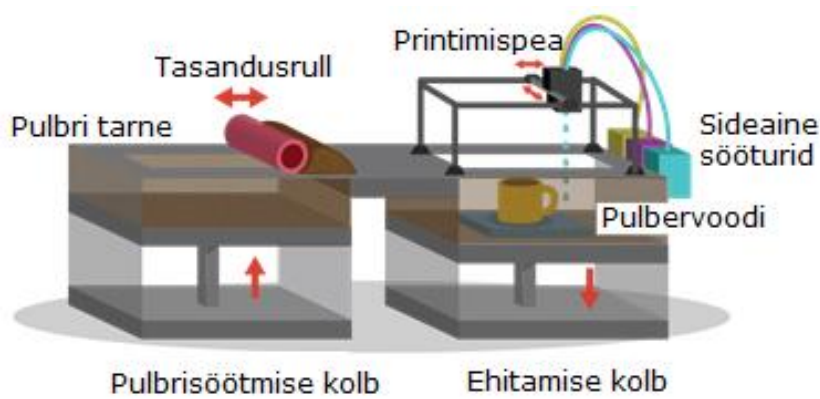
Sideaine pihustamise teel 3D-printimine kasutab pulbri kujul olevat materjali printimismaterjalina. Printeri poolt printimiskeskonda juhitud materjali kasutatakse tootmises siduva aienä, mille eesmärk on siduda materjali kihid omavahel. Prindipead juhatakse X-Y telje suhtes vastavalt programmi poolt antud juhistele ja peale iga kihi koostamist liigutatakse keskkonnas asuvat printimisalust Z telje suhtes. Materjali tuuakse printimiskeskonda juurde pärast iga kihi koostamist tasandamise rullikuga, mis samaaegselt surub materjali kokku. [2]

Sideaine pihustamis meetodi eelisteks on:

- tugede mitte vajalikkus [2]
- paljude eri materjalide kasutusvõimalus [2]
- võimalus luua mitmevärvilisi tooteid [2]

Sideaine pihustamise miinusteks on:

- järeltöötlemise vajalikkus, et tagada prinditud osade vastupidavus [2]



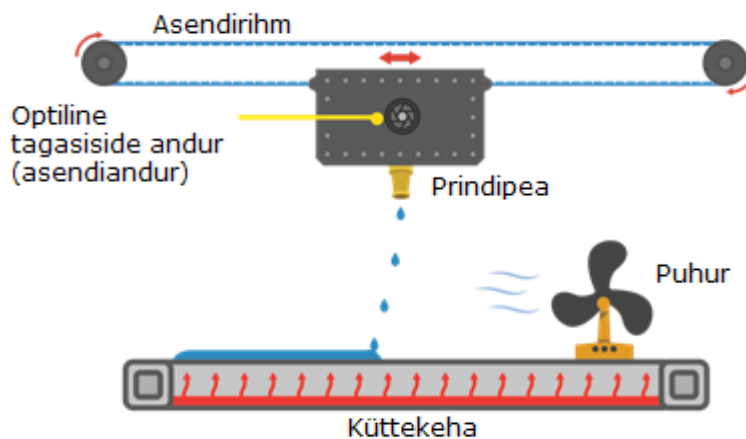
Joonis 2.5: Sideaine pihustamise teel printimine [2]

### 2.1.6 Materjali pihustamise teel printimine

Materjali pihustamine on 3D-printimis tehnoloogia, kus printimismaterjal on vedelas olekus. Printimine toimub kasutades mitut prindipead. Mitme prindipea kasutamisel ühed pead juhivad keskkonda printimismaterjali ja teised lisavad tootele tugesid. Printimismaterjale võib kasutada mitmeid, aga enamasti kasutatakse fotopolümeervaiku, mis taheneb pärast iga kihi asetamist ruumi ja juhtides sellele UV valgust, pärast mida toimub materjalis reaktsioon. Reaktsiooni tagajärjel materjal taheneb. [2]

Materjali pihustamise eelisteks on:

- võimalus kasutada samas tootes mitut eri materjali [2]
- tooted saavad olla väga täpsed ja materjalide lõppilme näeb sile välja [2]



Joonis 2.6: Materjali pihustamise teel printimine [2]

### 2.1.7 SDL printimine

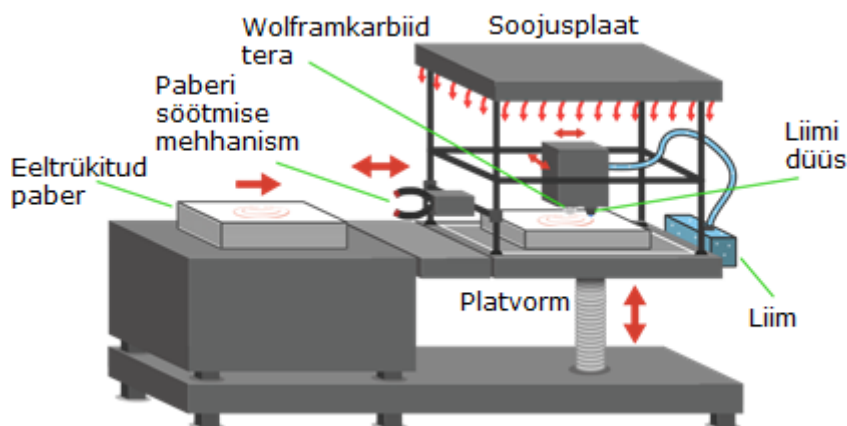
Selektiivne sadestamise lamineerimise meetod (SDL) on tehnoloogia, mis ehitab mudelit kihti kasutades printimismaterjalina tavalist kopeerimispaperit. Kihtide ladustamine üksteise külge toimub kasutades liimi siduvusmaterjalina. Liimi asetuse kihtidele toimub vastavalt printerile esitatud 3D-mudeli infole. Liim ladestatakse kihtidel asukohtadesse, mis saavad osaks mudelist. Liimita jäänud osad hakkavad keskkonnas töötama tugevana. Printipea liigub mööda printimispinna X-Y telgede suhtes vastavalt printerile antud koordinaatidele 3D-mudeli juhiste poolt. Uus kiht lisatakse mudelile peale eelmise kihi loomist printimisalusel, mis liigub Z telje suhtes. Uus kiht tuuakse printimisalusel toitemehhanismiga ja asetatakse mudelile. [2]

SDL eelisteks on:

- mudelit on võimalik toota täielikus värvispektris kasutades CMYK värvi paletti [2]
- kuna kasutatakse printimismaterjalina paperit on mudelid keskkonnasõbralikud [2]
- järeltöötlemine pole vajalik [2]

SDL miinusteks on:

- geomeetriliste keerukuste puudujääk tootmisel [2]
- printitavate mudelite suurus on piiratud [2]



Joonis 2.7: SDL printimine [2]

### 2.1.8 EBM printimine

Elektronilise kiire, ehk EBM, teel printimise tehnoloogia kasutab kõrge temperatuurilist elektronkiirt metallist tehtud mudelite printimiseks. Printimismaterjaliks kasutatakse metallipuru ja mudeli kihte luuakse elektronkiirt juhtides X-Y telge pidi mööda

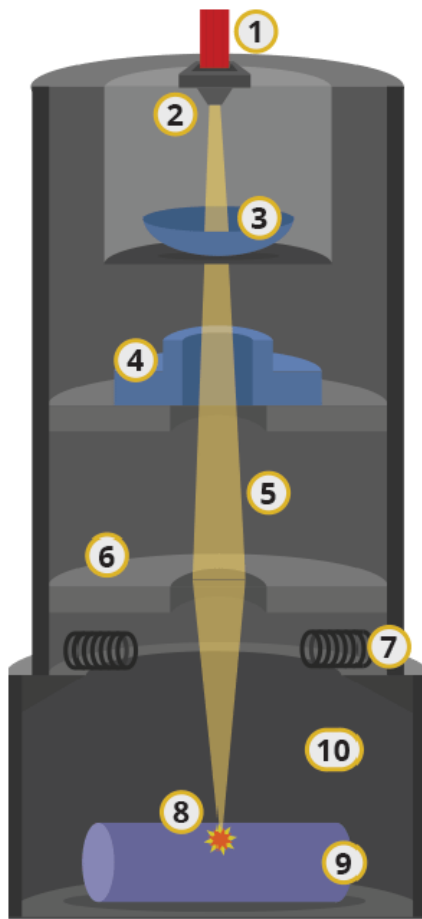
printimiskeskonda. Keskkond on printimise ajal vaakumis. Pärast iga kihi printimist liigutatakse printimisalust Z telge pidi ja tuuakse keskkonda uus kiht materjali. Alus peab olema tootmise käigus soojendatud kõrgetele temperatuuridele vastavalt materjalile, millest toodetakse mudelit. [2 ja 8]

EBM eelisteks on:

- toodetud osade kõrge tihedus ja tugevus, kuna tegu on metallist toodetud kehadega [2 ja 8]
- võimalus taaskasutada printimiskeskonnas olnud materjali mida ei kuumutatud
- vähene tugevde vajadus, printimiskeskonna pulber käitub toena [8]

EBM miinusteks on:

- prinditavad mudelid on väikeste mõõtudega, maksimaalne diameeter 350 mm ja kõrgus 380 mm [8]
- limiteeritud materjalide valik, ainult titaan ja koobalt-kroomi metallisulam [8]
- printerite ja materjalide maksumus [8]
- Tugevde vajalikkus moonutuste vältimiseks [8]



- |  |   |
|--|---|
| 1. Kõrgepingekaabel                                | 2. Hõõgkatood                                   |
| 3. <i>Bias cup</i>                                 | 4. Primaar anood                                |
| 5. Elektronkiir                                    | 6. Fokuseeriv mähis<br>(ingl. k. focusing coil) |
| 7. Kõrvalekalde mähis<br>(ing. k. deflection coil) | 8. Keevituse fookuspunkt                        |
| 9. Tööosa  | 10. Vaakumkamber                                |

Joonis 2.8: EBM printimine [2]

### **3 Sisemooduli toitekorpus**

Enne modelleerimise algust koguti andmed, et leida sobivad mõõdud mudeli loomiseks. Mõõtude kogumine toimus kasutades joonlauda. Joonlauaga mõõdeti seadmetelt komponentide mõõdud ja nende põhjal loodi algsed mudelid edasiseks töötlemiseks.

#### **3.1 Sisemooduli toitelahenduse korpuse modelleerimine**

Lõputöö koostamine algas seadmetele lahenduse modelleerimisega. Modelleerimiseks kasutati programmi AutoCAD 2021. Modelleerimine oli vajalik selleks, et luua töötav lahendus 3D-printimise teel. AutoCAD 2021 ei olnud esimene programm millega modelleeriti 3D-mudel. AutoCAD osutus valituks kättesaadavuse, programmide salvestamise versioonide, kasutusmugavuse ja täpsuse poolest.

Esimese asjana modelleeriti mudeli põhi, mille aluseks võeti olemasolev mooduli osa. Põhja paksuseks oli 2 mm ja põhja laiuseks valiti mõõdud, mis mahuksid mooduli korpuse. 2 mm põhja paksus osutus valituks, et plastik ei oleks liiga paindub ja ei murduks realses olukorras.

Pärast põhja modelleerimist loodi üleulatuvad seinad, et põhjal oleks moodulis kuskile sobituda. Seinade kõrguseks valiti mõõt vastavalt vajadusele, et mahutada juhtmed ja USB port prinditud korpuse.

Järgnevalt põhjakorpuse loomisele modelleeriti ava prinditud korpuse kinnitamiseks mooduli külge, selleks otsustati teha ava põhja keskele, millest oleks võimalik läbi panna kruvi või luua kinnitusmeetod, mis kinnitaks korpuse mooduli külge. Ümber kinnitusava modelleeriti sein. Sein kõrguseks valiti mõõt, mis ulatuks mooduli alusküljeni ja laius osutus valituks selline, mis mahuks ümber seadme kinnitusosa, et elimineerida korpuse liikumine.

Patarei haru loomine algas algse seadme korduv mõõdistusega. Patarei haru asukoha määramine osutus üheks kõige raskemaks modelleerimise ülesandeks täpsuse vajaduse tõttu. Patarei haru kõrguse aluseks võeti AAA patarei kõrgus ja kahe patarei kõrguse kokku liitmine. Peale mida langetati kõrgust paari millimeetri jagu, et teha ruumi toiteosale. Patareiharud jäeti seest tühjaks juhtmete mahutamiseks korpuse ja põhjakorpuse poole tehti ava, mille kaudu on võimalik juhtida USB pesast toitekaabel patarei haru tippu.

Eelnevalt puudusid seadmel olemasolevad kinnituskohad mooduli mõõteruumi paigaldamiseks. Eelnev viis mooduli paigaldamiseks oli ainult seadme asetamine lamedale pinnale. Selleks, et võimaldada teisi kinnitusviise ruumis otsustati lisada prinditavale korpusele kinnituskohad, mis võimaldavad kinnitada seadet seinale või muudele pindadele horisontaalses asendis.

## **3.2 Prinditava korpuse eeltöötlemine**

Eelnev töötlemine enne printimise alustamist on vajalik selleks, et 3D-printer saaks aru, mis moodi kihid asetuvad printimise ruumis. Eeltöötlemiseks kasutati *slicer* programmi Cura, mis osutuks valituks kuna programm on kergesti kättesaadav ja vähekoogenud 3D-printija sõbralik.

## **3.3 Sisemooduli toitelahenduse korpuse printimine**

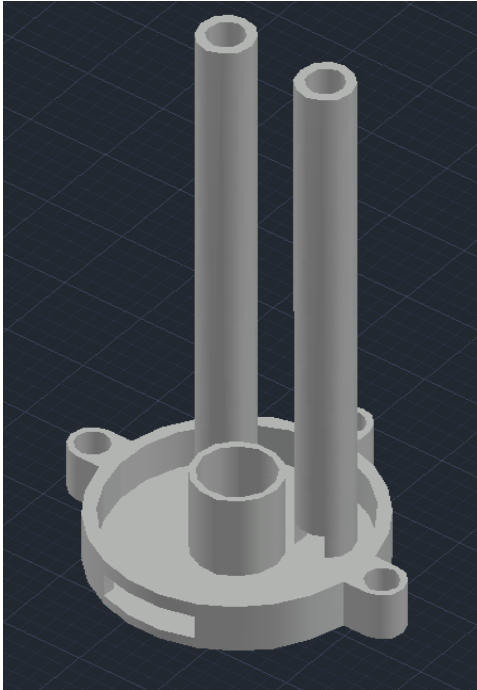
Toitelahenduse korpuste printimine toimus kasutades 3D-printerit Ender-3 Pro. Tegu on hõõgniiti kasutava printeriga, millega on võimalik printida eri materjalidest koosnevaid 3D-objekte. Ender-3 pro võimaldab kasutajal luua mudeleid suuruses kuni 220 x 220 x 250 mm. Sellised suurused olid sobilikud vajalike objektide printimiseks.

Printimise jooksul kasutati kahte erinevat hõõgniidi tüüpi, milleks olid Gembird ABS hõõgniit läbimõõduga 1,75 mm ja Ender PLA hõõgniit läbimõõduga 1,75 mm.

Printimist alustati ABS hõõgniidiga. ABS valiti esmaseks printimismaterjaliks, kuna tegu on plastikuga, mis on mõeldud rohkem tehniliste prototüüpide loomiseks. Materjalist toodetud objektid on vähem temperatuuri tundlikud ja raskemini deformeeruvad soojuse käes. Miinuseks võib tuua printimisprotsessi keerukuse kuna ABS vajab kindlaid temperatuure ja on võimalik, et jupid võivad jahtumisel deformeeruda.

ABS hõõgniiti kasutades katsetati mitmeid kordi printimist kuna prinditav korpus purunes või murdus eri kohtades printimise käigus. Esmased sätted printimise alustamiseks olid võetud internetist.

Esmase prinditava objekti joonis läbis mitmeid muutusi, et objekt oleks vastupidavam ja sobiks kokku reaalse seadmega. Joonisel 3-1 on näha esmane mudel sisemooduli korpuse printimiseks. Kokku tehti 12 katset. Peale igat ebaõnnestunud katset tehti muudatusi mudelis endas või printimise sätetes.



Joonis 3.1: Algne sisemooduli mudel.

Esimene katse ABS-iga printimisel lõppes ebaõnnestumisega. Prinditava korpuse põhi deformeerus printimise käigus ja hakkas objekti enese peale voltima. Ebaõnnestumise põhjuseks võib pidada vale printimisaluse temperatuuri. Printimisaluse temperatuur oli liialt madal ja ei kasutatud vajalikke tugesid, mille tõttu tekkis kihtide jahtumisel liigne temperatuuride erinevus ja deformeerumine.

Teine katsetus ABS-iga korpuse printimisel ebaõnnestus vale printimisresolutsiooni tõttu. Vale resolutsioon põhjustas ladestatavate plastiku kihtide eraldumise, mille tõttu murdus seadmesse ulatuv toitesamm. Peale ebaõnnestumist vähendati katsetamiseks kihi paksust 0,2 mm pealt 0,12 mm peale (vaata joonist 3.2).

Kolmas katsetus sisemooduli toitelahenduse korpuse printimisel ebaõnnestus. Põhjuseks võib pidada seadmesse ulatuvate toitesammaste seinade paksust ja toitejuhtmete sisestamiseks mõeldud ava suurust, mille pärast printimise käigus printipea tõttu tekkinud vibratsioonide mõjul toimus kihtide eraldumine ja toitesamba murdumine. Selle vältimiseks, modelleerimise käigus suurendati seinade paksust 0,5 mm võrra ja vähendati juhtmeava mõõte 1 mm võrra iga külje suhtes (vaata joonist 3.2).

Neljas katse korpuse printimisel ebaõnnestus toitesammaste printimisel tekkivate pragude tõttu. Printimine peatati 70% juures enne toitesamba murdumist. See katse võimaldas vaadata korpuse sobivust sisemooduli seadmega. Seadme sobivuse testimisel selgus, et toitesammaste asukohad ei sobi tegeliku seadme asukohtadega. Selle parandamiseks muudeti sammaste asukohti y telje suhtes liigutades toitesambaid



2,94 mm mudeli keskkohast eemale. Paremad kokkusobivuse saamiseks otsustati vähendada korpuse kinnitusava seinade kõrgust 3 mm võrra (vaata joonist 3.2).

NWS01OUT	Printimise katse			
Andmed	1	2	3	4
Põhja paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Põhja seinade kõrgus	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Põhja seinade paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Kinnitusava diameeter põhi	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
Kinnitusava seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnitusava seinade kõrgus põhjast	17 mm	17 mm	17 mm	17 mm
Kinnitusava seinade ava diameeter	11 mm	11 mm	11 mm	11 mm
Patariharu kõrgus	104 mm	104 mm	104 mm	104 mm
Patariharu ava diameeter	5,5 mm	5,5 mm	5,5 mm	4,5 mm
Patariharu seinade paksus	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	2 mm
Patariharu ava korpuse põhjal, selle kõrgus	5 mm	5 mm	5 mm	4 mm
Patariharu ava korpuse põhjal, selle laius	5mm	5mm	5mm	4 mm
Patariharude kaugus keskkohast x telje suhtes	8,25 mm	8,25 mm	8,25 mm	8,25 mm
Patariharude kaugus y telje suhtes	8,36 mm	8,36 mm	8,36 mm	8,36 mm
Kinnituskohtade ava keskkoha kaugus korpuse keskkohast	24 mm	24 mm	24 mm	24 mm
Kinnituskohtade seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnituskohtade ava diameeter	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
Kinnituskohtade seinade kõrgus	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Korpuse põhjal asuv USB ava kõrgus	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
Korpuse põhjal asuv USB ava laius	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm

Joonis 3.2: Sisemooduli toitelahenduse korpuse printimise katsete 1-4 modelleerimise andmed

Viies katse ABS hõõgniidiga printimisel ebaõnnestus. Esimese kihi ladestumine printimisalusele oli vigane ja viitas printimisaluse paigast liikumisele. Printimisalus korrigeeriti ja tasandati kasutades paberit ja liigutades printimisalust kasutades selleks mõeldud kruvisid.

Kuuenda katse juures hakkas selguma, et ABS vajab ühtlast temperatuuri ruumis ja võib deformeeruda jahtumisel, kui tekib pidev temperatuuri kõikumine ruumis. Katse võimaldas näha, et seade sobib prinditud korpusega. Printimise käigus märgati, et prindipea puutub kokku juba ladestatud kihtidega, mille tõttu tekivad vibratsioonid, mis vähendavad prinditava korpuse tugevust. Vibratsioonide eemaldamiseks hakati kasutama eeltöötlemis programmis sätet zhop, mis väldib prindipea kokkupuudet juba ladestatud kihtidega.

Seitsmes katse ABS-iga printimisel ebaõnnestus USB toiteühenduse kinnituskoha murdumise tõttu. Vea vältimiseks eemaldati murdumiskoht mudelilt modelleerimise teel (vaata joonist 3.3).

Kaheksas print ABS-iga ebaõnnestus kuna toetus toitesammaste juures oli puudulik. Samuti saadi aru, et paremaks kihtide ladustamiseks tuleb vähendada kiirust vastavalt printimisjärgule. Liigse temperatuuri tundlikkuse tõttu vahetati järgmiseks katseks ABS hõõgniit PLA hõõgniidi vastu. ABS hõõgniidiga õnnestuks printimine suletud 3D-printeriga.

NWS01OUT	Printimise katse			
Andmed	5	6	7	8
Põhja paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Põhja seinade kõrgus	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Põhja seinade paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Kinnitusava diameeter põhi	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
Kinnitusava seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnitusava seinade kõrgus põhjast	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm
Kinnitusava seinade ava diameeter	11 mm	11 mm	11 mm	11 mm
Patariharu kõrgus	104 mm	104 mm	104 mm	104 mm
Patariharu ava diameeter	4,5 mm	4,5 mm	4,5 mm	4,5 mm
Patariharu seinade paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Patariharu ava korpuse põhjal, selle kõrgus	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm
Patariharu ava korpuse põhjal, selle laius	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm
Patariharude kaugus keskkohast x telje suhtes	8,25 mm	8,25 mm	8,25 mm	8,25 mm
Patariharude kaugus y telje suhtes	11,31 mm	11,31 mm	11,31 mm	11,31 mm
Kinnituskohtade ava keskkoha kaugus korpuse keskkohast	24 mm	24 mm	24 mm	24 mm
Kinnituskohtade seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnituskohtade ava diameeter	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
Kinnituskohtade seinade kõrgus	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
Korpuse põhjal asuv USB ava kõrgus	5 mm	5 mm	5 mm	8 mm
Korpuse põhjal asuv USB ava laius	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm

Joonis 3.3: Sisemooduli toitekorpuse printimise katsete 5-8 modelleerimise andmed

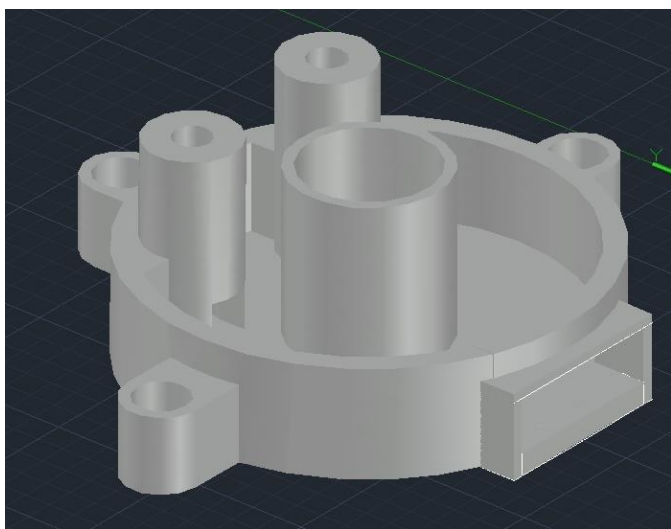
PLA hõõgniit võeti kasutusse, kuna ABS hõõgniit oli liialt temperatuuri tundlik ja püsiva keskkonna saavutamise ideaalseks tulemuseks osutus võimatuks. PLA kasutamine vajab vähem temperatuurikindlat keskkonda ja jahtudes on ladestatud plastikute jahtumine ühtlasem. Jahtumisel on väiksem oht kihtide eraldumisel ja deformeerumisel.

PLA-ga toodetud osad võivad temperatuuri käes deformeeruda, suvel korpuse autosse jätmisega või ruumis pikaajalise kontsentreeritud valguse käes soojenemisega.

Esimene ja teine katse PLA-ga printimisel ebaõnnestus, aga katse andis senini parimad tulemused. Printimisemise käigus ei olnud tekkinud pragusid ja täpsus oli rahuldav. Ebaõnnestumise põhjus seisnes printeris, mis ei suutnud teatud kõrgusest kõrgemale printida masina enda vea tõttu ja hakkas ühele kihile korduvalt ladustama kihte. Otsustati jagada mudel sisemooduli toiteks kolmeks jupiks. Eraldi printides on võimalik vältida vigu ja kiiremini saavutada lõpptulemus.

Peale eraldi prinditud juppide õnnestumist ja sobivuse katsetamist otsustati teha täiendav muudatus korpuse alumisele osale, kuhu asetatakse micro-USB toitepesa ning sellele kinnituvad patarei toitesambad. Muudatusena otsustati lisada üleulatuv osa USB mooduli kohale, et pakkuda paremat kaitset toitemetodi detailidele. Lisaks täiendavale kaitsele võimaldas muudatus parema kinnituse USB pesale toitekorpuses. Täiendusena lisati tagasi üleulatuv osa USB pesa kohale. Täiesti uue muudatusena lisati väljaulatuvad seinad ja põhi. Põhja paksuseks valiti 2 mm ja laiuks 17 mm. USB avast väljaulatuvate seinade paksuseks valiti 1 mm ja kõrguseks põhjast 5 mm. USB ava kohale lisatud katuse paksuseks valiti 0,8 mm ja laius on võrdne põhja laiusega 17 mm. Kõik USB pesa ümbritsevad seinad ulatuvad avast välja 2,9 mm (vaata joonist 3.5) .

Peale muudatuste tegemist ja põhja printimist sobitusid osad omavahel kliima mooduliga. Osade ühenduskohad lihviti kergelt liivapaberiga, et tagada parem osade sobivus ja ühenduvus liimiga. Liimina kasutati Super Attakki. Super Attak osutus valituks kiire toime ja omandusega kergelt sulatada plastikut omakorda luues tugevam ühendus osade vahel.



Joonis 3.4: Sisemooduli põhi peale mudeli osadeks jagamist ja USB ava lisamist

NWS01OUT	Printimise katse			
	9	10	11	12
Andmed	9	10	11	12
Põhja paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Põhja seinade kõrgus	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Põhja seinade paksus	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Kinnitusava diameeter põhi	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
Kinnitusava seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnitusava seinade kõrgus põhjast	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm
Kinnitusava seinade ava diameeter	12 mm	12 mm	12 mm	12 mm
Patareiharu kõrgus	89 mm	89 mm	89 mm	89 mm
Patareiharu ava diameeter	3,5 mm	3,5 mm	3,5 mm	3,5 mm
Patareiharu seinade paksus	2,5 mm	2,5 mm	2,5 mm	2,5 mm
Patareiharu ava korpuse põhjal, selle kõrgus	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm
Patareiharu ava korpuse põhjal, selle laius	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm
Patareiharude kaugus keskkohast x telje suhtes	8,25 mm	8,25 mm	8,25 mm	8,25 mm
Patareiharude kaugus y telje suhtes	11,31 mm	11,31 mm	11,31 mm	11,31 mm
Kinnituskohtade ava keskkoha kaugus korpuse keskkohast	25,5 mm	25,5 mm	25,5 mm	25,5 mm
Kinnituskohtade seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnituskohtade ava diameeter	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
Kinnituskohtade seinade kõrgus	7 mm	7 mm	7 mm	7 mm
Korpuse põhjal asuv USB ava kõrgus	8 mm	8 mm	8 mm	5 mm
Korpuse põhjal asuv USB ava laius	15 mm	15 mm	15 mm	15 mm
USB väljaulatuva osa põhja paksus				2 mm
USB väljaulatuva osa põhja laius				17 mm
USB väljaulatuvate seinade paksus				1 mm
USB väljaulatuva katuse paksus				0,8 mm
USB väljaulatuvate osade kaugus korpusest				2,9 mm

Joonis 3.5: Sisemooduli toitekorpuse printimise katsete 9-12 modelleerimise andmed

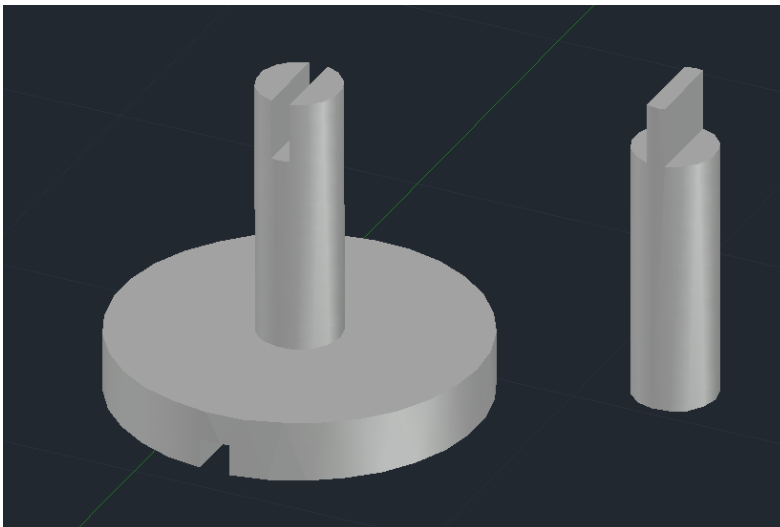
### 3.4 Sisemooduli toitelahenduse korpuse kinnitus

Prinditud toitelahenduse korpuse kinnitumiseks algse sisemooduliga tuli välja mõelda uus lahendus, et võimaldada korpuse kinnitumine. Algne mooduli kinnitus oli põhjale kinnitatud ja selle kasutamine ei olnud uues toitekorpuses võimalik ilma algset seadme kaant kahjustamata.

Uue kinnitusmeetodi loomiseks kaaluti kasutada kergesti kättesaadavaid juppe mida leiduks poes, aga leiti, et kõige kiirem ja paremini sobiv meetod on kinnituse modelleerimine ja loomine. Modelleerimine algas sobivate mõõtude võtmisega originaalselt seadmelt ja toodetud korpusest, et tagada kokkusobivus.

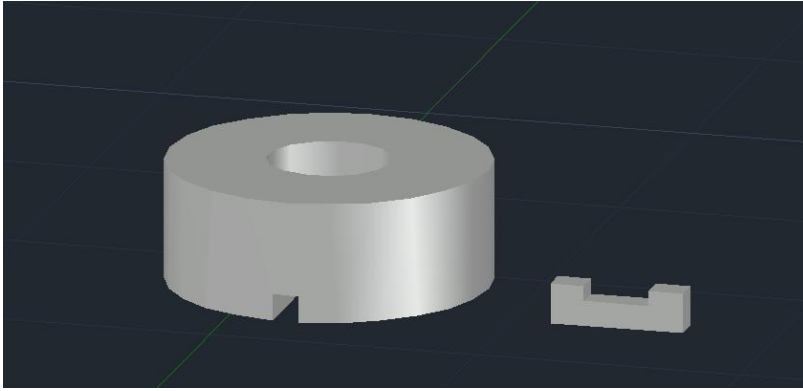
Esmane mudel nägi ette, et kinnitus, mis hoiab prinditud kesta ja seadet ühenduses on prinditud ühes tükis. Katsetused, aga näitasid, et prinditava mudeli mõõtmed on liialt väikesed, et tagada ühtlane tulemus ja liialt väikeste mõõtmete puhul ei suuda printer hõõgniiti piisavalt täpselt ladestada ja tekib toodetud osa deformeerumine.

Teise prototüübina otsustati kinnitus jagada kaheks jupiks, et ladestunud plastikul oleks võimalik kauem jahtuda ja nõnda tõsta printimise täpsust, et vältida deformeerumist (vaata joonist 3.6) . Pärast mitut ebaõnnestunud katset selgus, et mudeli osad on liialt väikse mõõtmelised ja tuleb leida teine meetod edukaks prindiks.



Joonis 3.6: Kinnitusmeetodi kaheks jagamine ja selle mudel

Kolmanda prototüübina otsustati prinditav osa jagada kaheks, aga eemaldada kinnituse samm, mis oli suurimaks murekohaks printimisel (vaata joonist 3.7). Kinnitussamm asendati vasest kruviga ja kinnitati osade külge kasutades liimi. Vasest kruvi pea asetati kinnituskoha põhja avasse ja kruvi tippu liimiti kinnituse pea, mis kinnituse pööramisel liigub risti avaga tagades korpuse kinnitumine mooduliga (vaata joonist 3.8).



Joonis 3.7: Kinnitusmeetodi lõplik mudel



Joonis 3.8: Kinnitusmeetodi lõplik olek

## **4 Vihmamõõduri toitekorpus**

### **4.1 Vihmamõõduri toitelahenduse korpuse modelleerimine**

Esmane 3D-mudel loodi olemasoleva mooduli mõõdistuste põhjal. Muudatused mudeli juures olid vajalikud, et luua toitelahenduse korpus seadme tööks.

Modelleerimine sai alguse luues printitava korpuse põhi. Põhja mudel põhineb mooduli mõõdistustele. Põhja paksus esmasel mudelil oli 4 mm, laiuseks ja pikkuseks valiti mõõdud, mis võimaldaks sobitada printitud korpust olemasolevasse mooduli korpuse.

Peale korpuse põhja loomist oli vajalik luua seinad korpusele, mis ulatuksid ümber seadme toite seinade. Korpuse seinade pakuseks valiti 1 mm ja seinade kõrgus modelleerimisel oli põhjast 9 mm.

Võrreldes teise seadmega ei ole vihmaanduril kinnituste loomine vajalik. Kinnitused printitaval korpusel on algsel mooduli korpusel olemas. Kinnitused modelleeriti algse seadme mõõtude järgi ja kinnituste kaugus korpuse põhja keskkohast on 3,75 mm. Kinnituskohad asuvad peegelpildis üksteisest mõlemal pool korpust. Kinnituskoha seinade paksus modelleerimisel oli 2,45 mm ja kinnituskoha seinade kõrgus oli 13 mm.

Järgnevalt originaalse seadme mõõtude põhjal tehtud mudelile, hakati modelleerima vajalikke täiendusi printitava korpuse kasutuseks vihmaanduri toitena. Täiendustena loodi patarei asendused, mille kõrguseks põhjast valiti 49,2 mm. Kõrguse mõõduks võeti AA patarei mõõtmed, mida kasutatakse originaalseadmes toitena. Patarei sammaste läbimõõt on 9,5 mm ja sisemine raadius, millest juhitakse toitejuhtmeid läbi on 3,25 mm. Juhtmete toomiseks printitavasse korpuse modelleeriti ava patarei sammaste põhja, mille raadius on 2 mm. Juhtmeava läbib kogu printitava korpuse põhja.

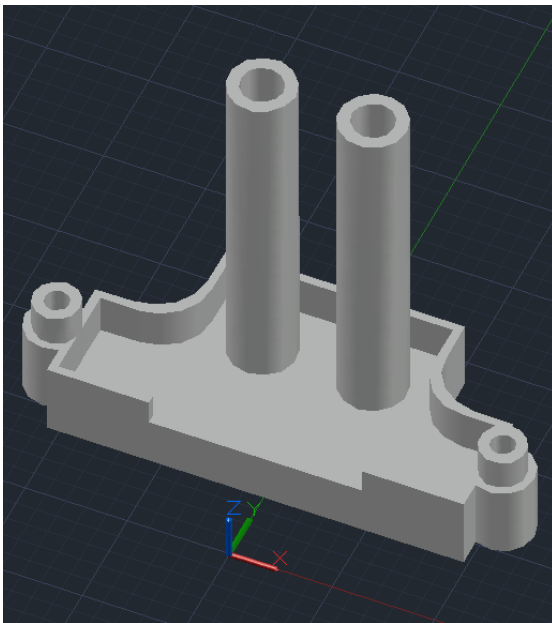
Kõige keerukamaks osaks vihmaanduri toite modelleerimisel osutus algse seadme jäljendamine patarei sammaste ümbruskonnas. Algses seadmes kasutati patarei asukoha ümbruses kumeraid seinu, mida on raske jäljendada puhtalt mõõdistuse teel.

### **4.2 Vihmamõõduri toitelahenduse korpuse printimine**

Esmane vihmaanduri toitekorpus printimine ebaõnnestus valede mõõdistuste tõttu. Printitud korpus oli liialt väike laiuse poolest ja ei mahtunud ümber seadme. Toitesammaste asukohad printitud korpuses olid õiged. Printitud korpust suurendati 1 mm võrra x telje suhtes mõlemalt poolt korpust (vaata joonist 4.3).

Teine vihmaanduri toitekorpuse printimine õnnestus. Tegu oli esimese katsega, kus printer jõudis programmi lõpuni ilma vigadeta. Prinditud korpus oli lõplik, aga ei sobinud esialgse seadmega. Toitesammaste kõrgused olid liialt suured ja kinnituskohad tuli järgmiseks printimiseks tuua lähemale keskkohale. Vähendati sammaste kõrgust 4 mm ja muudeti kinnituskohade asukohti x telje suhtes, tuues kinnituskohad keskpunktile lähemale 1 mm võrra (vaata joonist 4.3).

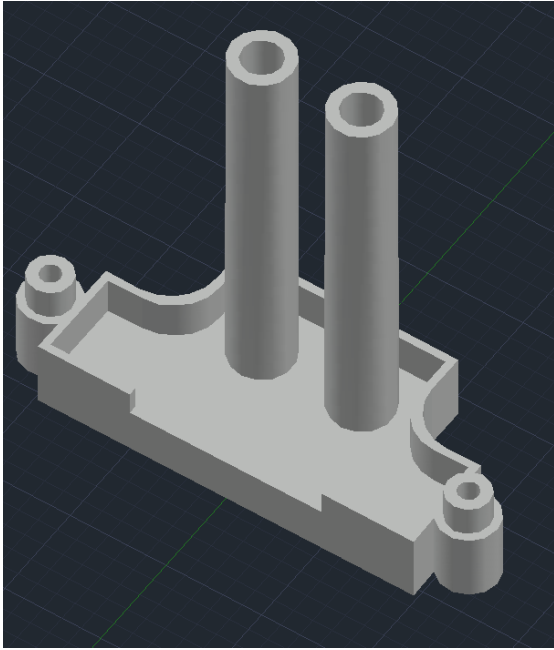
Kolmas vihmaanduri toitekorpuse printimine õnnestus. Programm suutis lõpetada töö õigel kõrgusel ilma vigadeta ja plastiku deformeerumiseta. Korpuse sobivuse testimisel selgus viga modelleerimisel ja kinnituskohade liigutamisel mudelis. Kinnituskohad ei sobinud algse seadmega ja ei võimaldanud sobitada prinditud korpust algse mooduliga. Joonisel 4.1 on näha tekkinud viga kinnituskohade asetusel. Paranduste tegemiseks liigutati kinnituskohad algsele asukohale (vaata joonist 4.3).



Joonis 4.1: Vihmamõõtuuri 3. printimise katse

Neljas vihmaanduri toitekorpuse printimise katse õnnestus. Printimine õnnestus ilma plastiku deformeerumiseta ja programmi lõppemisega. Prinditud korpus sobitus algse seadmega ja oli valmis kasutamiseks reaalseks olukorraks (vaata joonist 4.2).





Joonis 4-2: Vihmamõõduri valmis mudel

NWS02RG	Printimise katse			
Andmed	1	2	3	4
Põhja paksus	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm
Põhja laius	47 mm	49 mm	49 mm	49 mm
Põhja pikkus	11 mm	11 mm	11 mm	11 mm
Põhja seinade paksus	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Põhja seinade kõrgus	9 mm	9 mm	9 mm	9 mm
Kinnituskohtade kaugus põhja keskkohast	27,25 mm	27,25 mm	27,25 mm	27,25 mm
Kinnituskohtade asukoht y telje suhtes mudeli keskpunktist	-5,5 mm	-5,5 mm	-5,5 mm	-5,5 mm
Kinnituskoha seinade paksus 1. tasand	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Kinnituskoha seinade paksus 2. tasand	1,45 mm	1,45 mm	1,45 mm	1,45 mm
Kinnituskoha seinade kõrgus	13 mm	13 mm	13 mm	13 mm
Kinnituskoha ava 1. tasand diameeter	5,5 mm	5,5 mm	5,5 mm	5,5 mm
Kinnituskoha ava 2. tasand diameeter	2,6 mm	2,6 mm	2,6 mm	2,6 mm
Põhja pikkuse 2. tasand patareisammaste sobitumiseks	22 mm	22 mm	22 mm	22 mm
Põhja laiuse 2. tasand patareisammaste sobitumiseks	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Põhja laius 2. tasand siseseina laius x telje suhtes mudeli keskpunktist	13 mm	13 mm	12 mm	13 mm
Patareisammase ava diameeter läbi põhja	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm
Patareisammaste ava diameeter põhjast sammaste tippu	6,5 mm	6,5 mm	6,5 mm	6,5 mm
Patareisammaste seinade paksus	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm
Patareisammaste kõrgus	49,2 mm	49,2 mm	45,2 mm	43,2 mm
Patareisammaste keskpunkti kaugus mudeli keskpunktist y telje suhtes	4,5 mm	4,5 mm	4,5 mm	4,5 mm
Patareisammaste keskpunkti kaugus mudeli keskpunktist x telje suhtes	6,5 mm	6,5 mm	6,5 mm	6,5 mm

Joonis 4.3: vihmamõõduri modelleerimis andmed

## 5 Toitelahendus

Toitelahenduse loomine nõudis planeerimist kuidas ja mis lahendus sobiks kõige paremini prinditud korpustesse ja oleks kergesti jäljendatav. Sisemooduli ja vihmamõõtuuri prinditud korpused on erinevad, aga pinget juhtivate osade lahendus on sisuliselt sama.

Toitelahenduse detailide ühendamiseks kasutati jootmist. Detailide valiku põhjuseks osutusid järgmised kriteeriumid: et detailide külge oleks võimalik joota, kokkupuutel patareiklemmidega ei toimuks metallide vahel reaktsiooni, detailide kulu ja kättesaadavus.

### 5.1 Sisemooduli toitelahendus

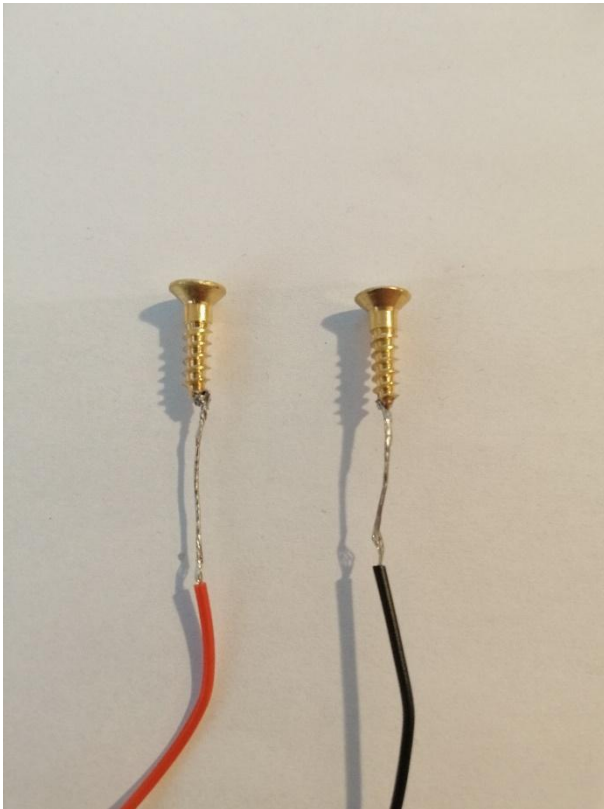
Sisemoodul vajab töötamiseks pinget kuni 6 volti. Kuna seade asub siseruumides ei pea toitelahendus olema niiskuskindel. Selleks, et seadme liigutamine ruumis oleks kergem otsustati kasutada micro-USB adapterit ühe detailina toitesüsteemis. Micro-USB võimaldab edastada pinget 5 volti, mis on piisav seadme tööks. Micro-USB adapter asetati korpuse põhjale ja ühendati joodetud juhtmetega patarei sammastes asuvatesse vasest kruvide külge. Lisaks sobib õige suurusega kruvi prinditud korpusesse, et välistada ühenduskohtade liikumist korpuse sisse ja sellest eemale (vaata joonist 5.1).



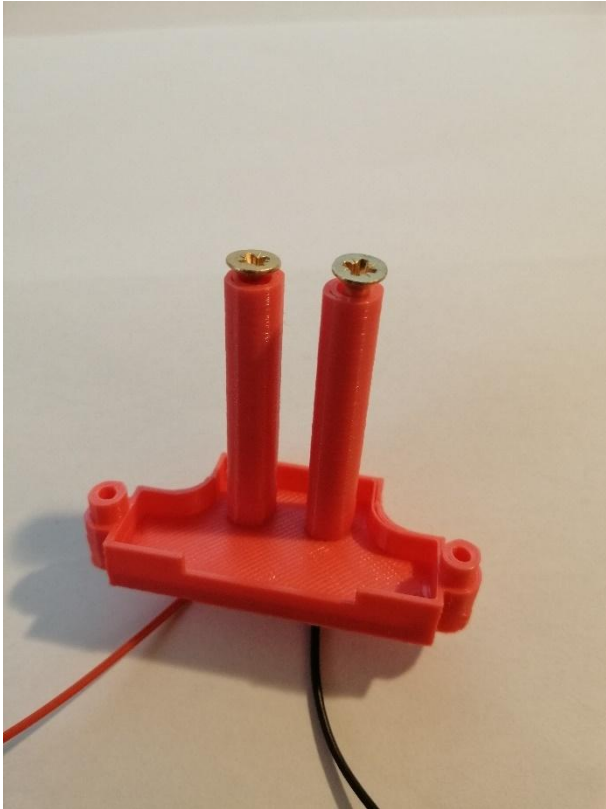
Joonis 5.1: Lõplik sisemooduli lahendus

## 5.2 Vihmamõõture toitelahendus

Vihmamõõture toitelahendus otsustati lahendada sarnaselt sisemooduliga. Vihmamõõture toitelahendus koosneb kruvidest ja nende külge joodetud juhtmetest (vaata joonist 5.2 ja 5.3). Juhtmed viiakse läbi korpuses oleva ava siseruumi ja ühendatakse 3V toiteploki külge. Toiteploki asumine siseruumis tagab parema niiskuskindluse.



Joonis 5.2: Vasest kruvide ja juhtmete kinnitus



Joonis 5.3: Lõplik vihmamõõtuuri lahendus

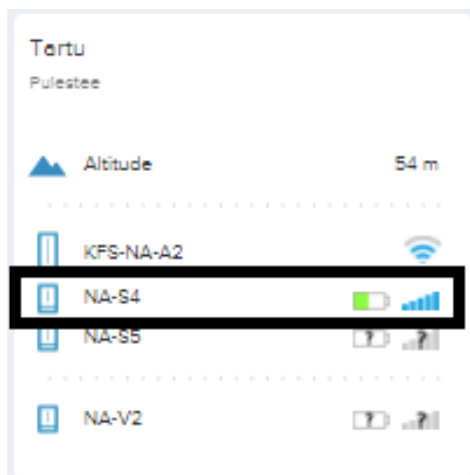
### 5.3 Toitelahenduste testimine

Pärast edukat toitekorpuste loomist ja toitelahenduste konstrueerimist otsustati testida loodud toitelahenduse tööd tegelikus olukorras. Testimine toimus kasutades varasemalt lõputöös kirjeldatud ilmajaama mooduleid. Toitelahendused ühendati ilmajaama seadmete külge ja välisesse voolukontakti. Tulemuste nägemiseks ja seadmete töökindluse tuvastamiseks kasutati Netatmo ilmajaama lehekülge, mis kuvab seadmete mõõdistused ja info seadmete olukorra kohta.

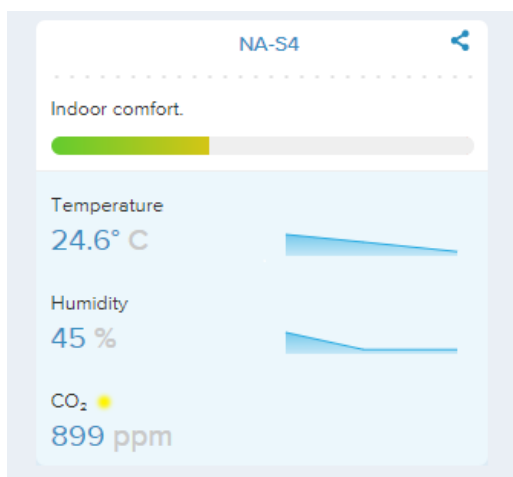
Sisemooduli toitelahenduse tööd testiti kasutades Raspberry Pi 3 toiteplokki. Algne patareidel põhinev toitelahendus andis ilmajaama moodulile pinge 6 volti, aga loodud toitelahendus annab pinge 5.1 volti, mis on piisav seadme tööks ja tänu sellele saab kasutada micro-USB juhtmetele põhinevaid toiteplokkide toiteühenduse loomiseks. Joonisel 5.4 on näha kuidas seade on ühendatud, aga patarei tase on poolik.

Vihmamõõtuuri toitelahenduse tööd testiti kasutades välist toiteallikat, mis võimaldas anda seadmele soovitud pinge, et testida seadme toite info edastust. Algne toitelahendus kasutas patareidelt saadavata pinget 3 volti. Testimiseks anti seadmele pinge 3 volti ja seade töötas ja info ilmus nähtavale Netatmo ilmajaama leheküljel (vaata joonis 5.6).

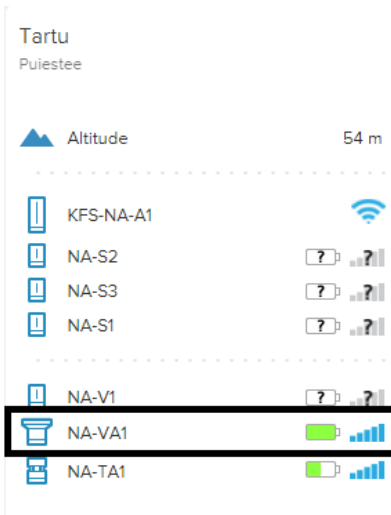
Peale testimist ilmusid mõlemad seadmed nähtavale Netatmo ilmajaama leheküljel ja edastasid soovitud andmeid (vaata joonis 5.5 ja 5.7). Seega võib järeldada, et toitelahendused on töötavad ja testimine oli edukas.



Joonis 5.4: Sisemooduli toitetasel toitelahenduse testimisel



Joonis 5.5: Sisemooduli andmete edastus toitelahenduse testimisel



Joonis 5-6: Vihmamõõduri toitetase toitelahenduse testimisel



Joonis 5.7: Vihmamõõduri andmete edastus toitelahenduse testimisel

## KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli luua töötav väline toitelahendus kahele Netatmo ilmajaama moodulile, milleks olid Netatmo – NWS01OUT ja Netatmo – NWS02RG. Nagu tööst selgus ei olnud varasem toitelahendus piisavalt töökindel ja vajab pidevat tähelepanu, et tagada ühtlane mõõtekvaliteet. Töö käigus loodud lahenduse abil sooviti luua madala hooldusega seadme toitesüsteem ning seeläbi vähendada patareide kulu ning võimaliku seadmete vigastamise ohtu.

Töö käigus koguti infot eri 3D-printimise tehnoloogiate kohta, mis annaks eelnevaid teadmisi, et mõelda milliseid tehnoloogiaid ja materjale kasutada komponentide loomiseks ja millised meetodid oleksid parimad eesmärkide täitmiseks.

Töö käigus loodi töötavad välised toitelahendused Netatmo ilmajaama moodulitele Netatmo – NWS01OUT ja Netatmo – NWS02RG. Toitelahenduse korpused modelleeriti kasutades programmi AutoCAD 2021 ja modelleerimiseks koguti andmeid mõõdistuste teel algsetest kliima moodulitest. Peale komponentide modelleerimist tehti mudelite järeltöötlust kasutades programmi Cura. Cura võimaldas luua sobiva faili, mida saab kasutada 3D-printeris Ender-3 pro. Peale mitmeid katsetusi õnnestus luua sobivad korpused, mida saab kasutada välises toitelahenduses. Viimase osana lõputöös koostati lõplik toitelahendus, ühendades omavahel töö käigus valmistatud korpused ning ilmajaama toitedetailid. Toitelahendused erinesid üksteisest vastavalt ilmajaama moodulile.

Lõputöö lahendus lõi võimaluse kasutada välist toitelahendust ilmajaama moodulites. Lisaks lõi uus lahendus parema seadmete töökindluse, võimaluse kasutada mooduleid rohkem erinevates mõõtekeskkondades, vähendas seadmete vigastada saamise ohtu ja eemaldas patareide vahetuse vajaduse ja kulu mis sellega kaasneb.

Lõputöö tulemuste edasi arendamisel oleks võimalik täiustada loodud komponenti vastupidavust ja printimise kiirust. Täiendavalt võimaldaks edasi arendamine luua täpsemad korpused ja parema komponentide sobivuse algsete mooduli komponentidega, vähendada materjali kulu toitelahenduse korpuse printimiseks ja võimaldada lisa kasutusvõimalusi erinevates mõõtekeskkondades.

Lõputöö autor omandas töö koostamise käigus teadmisi 3D-printimise tehnoloogiate kohta, 3D-printeri kasutamise oskuseid ja omandas praktilisi kogemusi prototüübi loomise kaudu.



## **SUMMARY**

The aim of the final thesis was set to create a working external power supply for two Netatmo modules, which were Netatmo – NWS01OUT and Netatmo – NWS02RG. As the work showed the previous power supply was not reliable enough and needed constant attention to ensure even measurement quality. Using the solution created in the process we wanted to create a low maintenance power supply and thereby eliminate the need for batteries and replace them and the risk of damaging devices.

During the work information was collected about different 3D printing technologies, that would give prior knowledge to figure out which technologies and materials would be the best fit to create components and which methods would be the best to achieve the goals.

During the thesis working external power supply methods were created for Netatmo weather station modules Netatmo – NWS01OUT and Netatmo – NWS02RG. Power supply housings were created by modelling using the program AutoCAD 2021 and information for modelling was collected by measuring original climate modules. After modelling components post-processing was made with program Cura. Cura managed to create a file that can be used in a 3D printer Ender-3 pro. After multiple attempts, the final external power supply housing was created. As the last part of the thesis, the final power supply solution was created by fitting the housing and power supply parts together. Power supplies differed from each other according to weather station modules.

The thesis solution created an opportunity to use an external power supply in weather station modules. Additionally, the new solution created a more reliable device that can be used in more measuring environments, lowered the risk of the device getting damaged and by removing the need of battery replacement and the cost that came with it.

Further development of thesis results would make it possible to increase the durability and printing speed of created components. Additional development would make components more precise and better fitting with original module components, lower the material cost of creating power supply housings and add additional ways that a module can be used in measuring environments.

While writing the thesis author acquired information about 3D printing technologies, 3D printer usage skills and also he acquired practical experience through creating a prototype.

## **KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU**

[1] Smart Home Weather Station's technical specifications [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://www.netatmo.com/en-ca/weather/weatherstation/specifications>

[2] The Free Beginner's Guide [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide>

[3] The additive manufacturing process [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://www.hubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-process/>

[4] Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>

[5] What Is a DLP 3D Printer? – Simply Explained [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://all3dp.com/2/what-is-a-dlp-3d-printer-3d-printing-simply-explained/>

[6] Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

[7] Extrusion 3D Printers [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://www.whiteclouds.com/3DPedia/extrusion.html>

[8] Electron Beam Melting (EBM) – 3D Printing Simply Explained [Online]. Kasutatud 27.05.2021,

<https://all3dp.com/2/electron-beam-melting-ebm-3d-printing-simply-explained/>