



Mark Kolomainen

FDM 3D -tulostus kotiolosuhteissa, Pika-opas

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

20.9.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Mark Kolomainen
Otsikko: FMD 3D -tulostus kotiolosuhteissa, Pika-opas
Sivumäärä: 38 sivua
Aika: 20.9.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Automaatio
Ohjaajat: Lehtori Timo Tuominen

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi FDM-tulostukseen liittyvät aiheet, jotka on hyvä tietää ennen ensimmäisen mallin tulostusta. Kohteena on käyttäjän oma asunto, jossa tulosteet tehdään. Tavoitteena on perehdyttää uusia käyttäjiä tulostusteknologian käyttöön ja antaa vihjeitä kokeneille tulostimen käyttäjille, myös suomennoksena sekä tiivistelmänä suuresta määrästä englanninkielisestä materiaalista. Aineistona työssä on käytetty verkosta saatavia nettisivustoja, joita olen lukenut marraskuun 2020 ja syyskuun 2021 välisenä aikana.

Opinnäytetyössä on ollut käytössä oma FDM-tulostin, jota käytettiin lopputyössä esitettyjen mallien tulostukseen sekä vikojen aiheuttamiseen ja ratkaisuun. Ohjeen käyttäjällä on oltava käytössä FDM-tulostin. Ohjelmat, joilla mallit on tehtävä eivät ole pakollisia. Mallit on saatavilla ilmaiseksi verkosta.

Ensimmäisenä otetaan esille, mikä FDM-tulostusteknologia on ja miten se käytännössä toimii ja mitä käyttäjän on huomioitavaa tietyn tulostusteknologian käytössä. Jotta mallien laatuun liittyvät viat saadaan selville, on lukijan ymmärrettävä, miten mallit muodostuvat, jotta viat voidaan paikantaa ja ratkaista. Tulostuksessa on käytettävä materiaalia, joista tulosteet muodostetaan. Niillä on omat ominaisuudet, jotka lukijan on huomioitava sen käytössä sekä säilytyksessä.

Ohjeessa on myös esitetty ohjelma, joilla 3D-mallit muutettiin tulostimen luettavaksi tiedostoksi, joka mahdollistaa tulostimen liikkeen haluttuun liikeradan mukaan. Ohjelmassa on monia asetuksia, jotka vaikuttavat mallin laatuun ja niiden säätö on tarpeen, jotta mallit eivät pelkästään ole haluttua laatua, mutta myös onnistuvat kokonaan. Lopulta on esitetty tilanteet, joissa mallit ovat viallisia ja niiden tulostus on epäonnistunut, sekä miten mahdolliset vikatilanteet on mahdollista estää tai korjata. Tulostimen huollossa on esitetty turvallisuuden liittyvät huomiot sekä mahdolliset turvallisuus varusteet. Turvallisuus on huomioitu ensimmäisenä, jonka jälkeen on selitetty tulostimen huoltotoimenpiteet.

Avainsanat: 3D-tulostus, FDM-tulostin, kotitulostus

Abstract

Author: Mark Kolomainen
Title: Guide to FDM 3D-printing in Home Conditions
Number of Pages: 38 pages
Date: 20 September 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Instructors: Timo Tuominen, Senior Lecturer

The thesis will go through FDM-printing technology matters that is good to know before printing a first model. Location where printing is taking place is assumed to be the user's own home. The goal of this thesis is to inform new users of the FDM-printing technology use and to function as a list of tips for more experienced users. Also, due to the overwhelming amount of English material regarding the printing technology, it also serves as a Finnish summary translation for Finnish people. Information available through the internet was used as the source for this thesis.

An FDM-printer was in use during the writing of the thesis. The printer was used to print showcased models and also to create malfunctions and to clarify how to solve them. For the guide to be of use to the reader it is required for the user to have access to an FDM-printer. Programs used to create 3D models are not required and the models are freely available on the internet.

First, the meaning of FDM-printing and how its functions and what the user should pay attention to in using such a printer is clarified. So that the reason to models' disfiguration is known, the user should understand how models are created for the malfunctions to be recognized and removed. There are certain materials used during printing from which models are made of, and the reader should be aware of their properties and storing methods.

The instruction also shows the use of programs used for formatting 3D models into code which the printer can read, allowing the possibility of printer movement in desired pattern. The program has available extended setting which must be adjusted properly for models to be printed of desired quality and so that the printing succeeds in the first place. In the end, demonstrated possible malfunctions and mistakes in model printing and what such scenarios require from the user to solve these depicted. In the part concerning maintenance, safety measures that should be applied and methods to maintain the printer are explained.

Keywords: 3D-printing, FDM-printer, home printing

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tulostimen toiminta ja teoria	2
2.1	FDM-tulostusteknologia	2
2.2	Suutin	5
2.3	Alusta	7
2.4	Muut osat	8
3	Tulostimen käyttö	11
3.1	Ennen tulostimen käyttöä	11
3.2	Tulostuksen aikana	11
3.3	Tulostuksen jälkeen	12
4	Materiaalit	13
4.1	Filamentit	13
4.2	Työkalut	20
4.3	Ohjelmat	21
5	Jälkiprosessointi	27
5.1	Hionta	27
5.2	Maalaus	28
5.3	Muut tavat	29
6	Huolto	29
6.1	Turvallisuus	29
6.2	Tulostimen Huolto	30
7	Tulostuksessa esiintyvät viat	32
	Lähteet	37

Lyhenteet

FDM: Fused Deposition Modeling – Tulostusteknologia, jossa muodostetaan mallin tulostamalla materiaalia kerros kerrallaan.

PLA: Polylactic acid – Kestomuovi.

ABS: Acrylonitrile butadiene styrene – Kestomuovi.

3D: Three Dimensional – Kolmiulotteinen.

STL: Tiedosto tyyppi, jossa tarkoitetaan 3D-mallin tiedostoa.

G-code: Ohjelmakieli, jonka tarkoituksena on ohjastaa laitteen ohjausta.

ESD: Electrostatic Discharge – Staattisen sähkövarauksen purkaus.

1 Johdanto

Tässä dokumentissa käydään läpi tarvittavat toimenpiteet 3D-tulostuksessa kotiolosuhteissa. Dokumentin on tarkoitus olla avustavana oppaana niille henkilöille, jotka ovat 3D-tulostuksen alkuvaiheessa ja toivovat opastusta printterin käytöstä. Dokumentti on myös hyödyllinen kokeneille 3D-tulostimien käyttäjille.

Kyseessä on FDM 3D-tulostusteknologia, ja tässä dokumentissa on käytetty tulostinta Creality Ender 3. Tämä ohje pätee myös muihin tulostimiin, jotka käyttävät samaa tulostusteknologiaa mallien tulostukseen. Tulostimien hoito-ohjeet ovat yleisesti samat, mutta varmuuden vuoksi on tarkistettava tulostimen valmistajalta tarvittavat toimenpiteet huollon aikana.

Luvuissa käydään läpi tulostimeen liittyvät toiminnot ennen, aikana ja jälkeen tulostuksen, kuten myös tulostimeen liittyvä hoito ja muut tarvittavat materiaalit. Lisäksi mainitaan suositeltavat tulostimeen tehtävät muutokset ja se, miten muutos vaikuttaa tulostukseen tai malliin, myös käytettyihin työkaluihin ja muihin materiaaliin.

3D-mallinnuksen ohjelmana on käytetty Solidworks 2020 -ohjelmaa ja tulostimelle luettavaksi tiedoston kääntäjänä Ultimaker Cura 4.8.0:aa 3D-mallien kääntäjät ovat laajasti ilmaisia ohjelmia, mutta ohjeessa käytetty Solidworks 2020 -ohjelma on maksullinen. Kumminkin löytyy ilmaisia ohjelmia 3D-mallinnukseen kuten Blender-ohjelma. 3D-mallinnus ei kumminkaan ole tarpeellinen tulostimen käyttöön, sillä 3D-malleja löytyy verkosta valmiiksi tulostettavaksi. Esimerkkikappaleina on käytetty muutamia malleja, joita voi saada vapaasti verkosta.

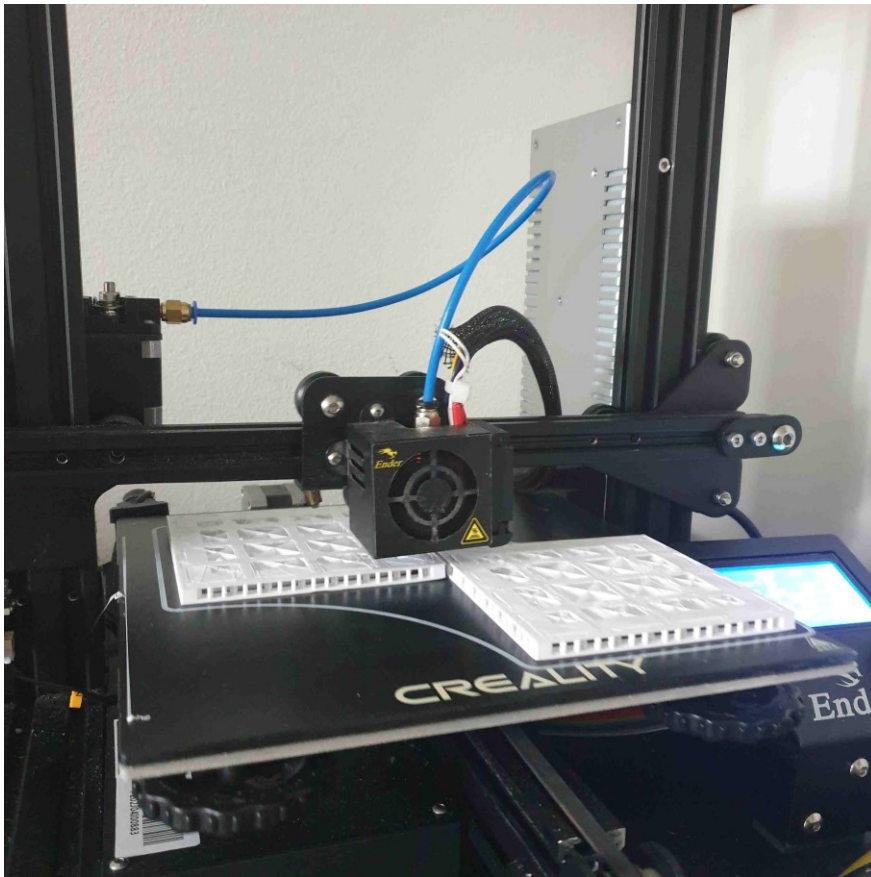
3D-tulostuksessa kannattaa ottaa huomioon, että ensimmäiset tulostetut mallit todennäköisesti epäonnistuvat tai ovat viallisia, ja paras keino parantaa työtä on tulostaminen, kunnes mallit alkavat olla toivotun laadun mukaisia. Tämä ohje

auttaa käyttäjää ymmärtämään, mitä tulostimessa on huomioitavaa ja miten tiettyt viat voi estää.

2 Tulostimen teoria

2.1 FDM-tulostusteknologia

FDM-tulostusteknologia on yleisin ja sitä on helppo käyttää. Tästä syystä monet 3D-tulostuksen harrastajat käyttävät samaa tulostusteknologiaa käyttäviä tulostimia. FDM on lyhenne Fused Deposition Modelingista. On myös käytössä lyhenne FFF (Fused Filament Fabrication), joka tarkoittaa samaa tulostusteknologiaa. Nämä lyhenteet suomeksi tarkoittavat tulostustapaa, jossa filamentti lämmitetään niiden sulamispisteeseen ja tulostetaan alustaan kerros kerrallaan. Kuva 1 esittää FDM-tulostuksen kerrostulostamisen toimintaa.



Kuva 1. FDM-tulostimen toiminta

Tulosteilla on monia parametreja, jotka vaikuttavat sen laatuun, tarkkuuteen ja kestävyteen. Nämä ovat tulostimen alustan tulostusalue, kerroksien korkeus, mallin täyttö, mallin vääntyvyys ja mallin tarttuvuus. Tulostusalue on tulostimen mallin oma rajoite, johon on vaikeata vaikuttaa. Kerroksien korkeus vaikuttaa siihen, montako kerrosta tulostetaan malliin. Pienempi etäisyys tarkoittaa suurempaa tarkkuutta, mutta myös tulostukseen käytettävä aika nousee. Mallin täyttö vaikuttaa mallin kestävyteen. Suuremmalla täytöllä saa kestävämpiä malleja ja liian pienillä täytöillä malli saattaa epäonnistua. Mallin vääntyvyys riippuu käytössä olevasta filamentin käytöstä, sillä eri materiaaleilla on eri lämpöominaisuudet. Vääntymisellä tarkoitetaan mallin jäähtymistä edellisissä kerroksissa, jossa malli ehtii lämpötilalaajenemisen takia muuttua muotoa ennen kuin

malli valmistuu. Tämän pystyy estämään alustan lämmityksellä. Mallin on pysytävä paikoillaan koko tulostuksen ajan. Kumminkin huonolla tarttuvuudella malli saattaa irrota, ja tulostus tämän vuoksi epäonnistuu. Liimalla tai alustan lämmittämällä sen voi estää.

Jotta tulostus onnistuu, tulostin lukee ohjelmassa tallennetun G-koodin. G-koodi on 3D-mallista tehty koodi, joka kertoo tulostimelle tien tulostukselle ja miten jokainen kerros pitäisi tulostaa alustalle. G-koodin luomisesta kerrotaan lisää luvussa 4.3. sivulla 20. 3D-mallit on oltava yleisesti STL-muodossa, ja mallit ovat saatavilla verkossa, ellei itse halua mallia luoda.

Tulostimessa on suutinkokoelma, alusta, tietokone, näyttö, hihnat ja moottorit, jotka sallivat XYZ-liikkeen. Nämä ovat tärkeimmät osat tulostimelle, mutta tulostin voi muokata saadakseen paremman laadun malleille, kuten tuulettimen, kotelon, eri alustat ja muut muokkaukset. Tulostuksessa on monia tekijöitä, jotka vaikuttavat mallin laatuun kuten ilmankosteus, filamentin säilytys, tulostimen kunto ja muut tekijät.

2.2 Suutin

Suutin on tärkein osa tulostimessa, ja monet tulostukset riippuvat siitä, minkälainen on käytössä, sillä suuttimia on monenlaisia, ja niiden halkaisija, materiaali ja pituus eroavat toisistaan ja saavat aikaiseksi erilaiset tulokset malleihin. Tämä myös vaikuttaa sen kestävyYTEEN. Kuva 2 esittää visuaalisesti suuttimien eroja väriltään, muodoltaan ja pituudeltaan.



Kuva 2. Tulostimen suuttimet. Vasemmalla messinkisuutin, keskellä rubiinisuutin, oikealla karkaistu teräs.

Suutin lämmitetään lämmityselementin kautta, ja tämä saa filamentin sulamaan ja työnnettyä suuttimesta läpi halutulla virrannopeudella. Tulostuksen onnistuminen riippuu suuttimen etäisyydestä alustasta, joka pitäisi tasata oikein. Jos suutin on liian kaukana alustasta, tulostus todennäköisesti epäonnistuu, sillä malli ei ole hyvin kiinnittynyt alustaan. Liian lähelle säädetylle suuttimelle tulee ongelmana filamentin tulostus, ja tulostuksen alku jää kokonaan pois. Vaarana on myös suuttimen vaurioituminen. Tukkeutuminen tulee olemaan yleistä suuttimille, jotka ovat liian lähelle säädettyjä, mikä johtaa yleisempään huoltotyöhön.

Halkaisija muuttaa muutaman parametrin tulostuksen G-koodissa ja pienempi halkaisija tarkoittaa suurempaa tarkkuutta, mutta on herkempi tukkeutumaan. Isommalla halkaisijalla saa nopeamman tulostuksen, ja malli on kovempi, mutta yksityiskohdat jäävät pois pienemmillä malleilla.

Messinki

Messingillä on erittäin hyvä lämmönjohtavuus ja sitä on helposti saatavilla alhaisten hintojen vuoksi. Messingin pehmeiden vuoksi se ei kumminkaan kestä kulutusta hyvin ja filamentit, jotka aiheuttavat hiomista, on vältettävä. Se on hyvä valinta yleisesti käytettyjen filamenttien varten, kuten PLA, ABS.

Teräs

Teräksellä tarkoitetaan molempia vaihtoehtoja: karkaistua terästä ja ruostumaton terästä. Nämä eroavat kestävyydeltään. Ruostumaton teräs kestävä kulutusta paremmin kuin messinki ja pitää suutinta puhtaana. Sillä pystyy käyttämään filamentteja, jotka aiheuttavat hankautumia, mutta joita ei kumminkaan ole sille tarkoitettu.

Karkaistua teräs on kestävämpi kuin ruostumaton teräs ja on tarkoitettu niiden mallien tulostukseen, joissa filamentit aiheuttavat suuttimelle kulutusta ja hankautumia. Karkaistusta teräksestä tehtyjä suuttimia on vaikeampi lämmittää, ja niiden lämmönjohtavuus on heikompi, mikä vaikuttaa tulostuksen nopeuteen ja muihin asetuksiin.

Rubiinisuitin

Rubiinisuitin on suutinkokonaisuus, jossa on muutamia osia. Tässä tilanteessa suuttimen pääty on rubiiniosa, joka on kiinnitetty yleisesti messingistä tehtyyn suuttimeen. Suutin on tarkoitettu hankaavien filamenttien käyttöön tai sellaiseen

käyttöön, joissa käytetään suuria lämpötiloja. Se on tarkoitettu kovaan kulutukseen ja kestämaan sitä hyvin. Hinta suuttimelle on suuri ja kotikäyttö tarkoitukseen on selkeä ylilyönti.

2.3 Alusta

Onnistuneen mallin tulostuksesta päättää alusta, sillä moni asia riippuu suoraan alustan tilanteesta ja siitä, millainen alusta on käytössä. Alustan tärkein kohta on estää mallin siirtymistä, jota pystyy estämään käyttämällä eri menetelmiä. Hyvänä ratkaisuna toimii alustassa oleva lämmitys, jos sellainen on asennettuna. Tämä estää mallin siirtymistä ja lämmöstä johtuvia lämpölaajenemisen muutoksia. Lisäksi pystyy käyttämään kulutustavaraa kuten liimapuikkoa tai hiussuihketta pitämään mallia paikalla, mutta tämä johtaa yleisempään alustan puhdistukseen.

Eri alustoilla tulee erilaiset jäljet mallin pohjaan. Lasialustalla saa hienon sileän pohjan, mutta se vaatii enemmän huomiota, jotta malli pysyy paikalla. Muovi karkeapintaisella alustalla saa mallin pidettyä paikallaan, mutta se myös tarkoittaa karkeaa pintaa. Parempi pitävyys myös tarkoittaa vaikeampaa mallin irrottamista, mutta jos on käytössä lämmitetty alusta, niin lämpötilalaajenemisen takia malli voi mahdollisesti itse irrota alustasta tulostuksen jälkeen tai ainakin helpottaa sitä. Tämä johtuu siitä, kun tulostuksen aikana käytetyt korkeat lämpötilat tippuvat ja mallin jäähtyessä se pienenee. Jos on tulostamassa malleja, joissa ulottuvuusmittojen on oltava mahdollisimman tarkkoja, kannattaa tämä ilmiö pitää mielessä.

Alustan tasoitus on myös huomioitava, sillä suurin osa mallien aloituksesta alkaa alustan päältä. Epätasainen alusta johtaa virheelliseen tulostukseen, ja tulostus pitää suorittaa uudestaan. Hyvin tasattu alusta tarkoittaa mallin hyvästä aloituksesta ja 3D-tulostuksessa mallin onnistuneesta tulostuksesta päättävät ensimmäiseen mallin ensimmäiset kerrokset. Jos ensimmäiset kerrokset ovat onnistuneet täydellisesti, niin myös muut kerrokset seuraavat samaan tyyliin. Toisin

sanoen ensimmäisen kerroksen virheet kantautuvat toisiin kerroksiin. Alustan tasausta kannattaa tehdä ensimmäisen käytöstä lähtien usein. Kunnes mallit alkavat tulostua halutun laadun mukaisesti ja kun on jo valmiina muutama onnistunut tulostus, niin silloin vasta voi vähentää alustan tasauksen lukumäärää.

2.4 Muut osat

Suutin ja alusta ovat ne osat, joita säädetään eniten tulostimen käytön aikana. Tietenkin suutin ja alusta ovat vain muutama osa koko tulostimesta, vaikka niiden tehtävät ovat tärkeitä. Niiden säädökset ovat turhia, jos tulostin kokonaisuudessaan ei ole toiminnallinen. Tässä luvussa käydään läpi suutinosan kokoonpano ja muut tulostimen toimintaan vaikuttavat tekijät. Tietämys näistä saattaa olla avuksi niille, joilla on ongelmia tulostuksissa ja syy on epäselvä ja varsinkin niille henkilöille, jotka aikovat muokata tulostintaan tarpeiden mukaisiksi.

Suutinkokoonpanolla tarkoitetaan sitä kokonaisuutta, jossa on mukana suuttimen lisäksi syöttöputki ja näiden välissä olevat osat. Kokoonpano on asennettava oikein, sillä suurin osa tukoksista todennäköisesti johtuu pienistä tekijöistä tämän kokonaisuuden sisällä, jonka takia muovia kertyy putkistoon ja eikä suuttimen pääse työntää filamenttia asetuksen mukaisesti.

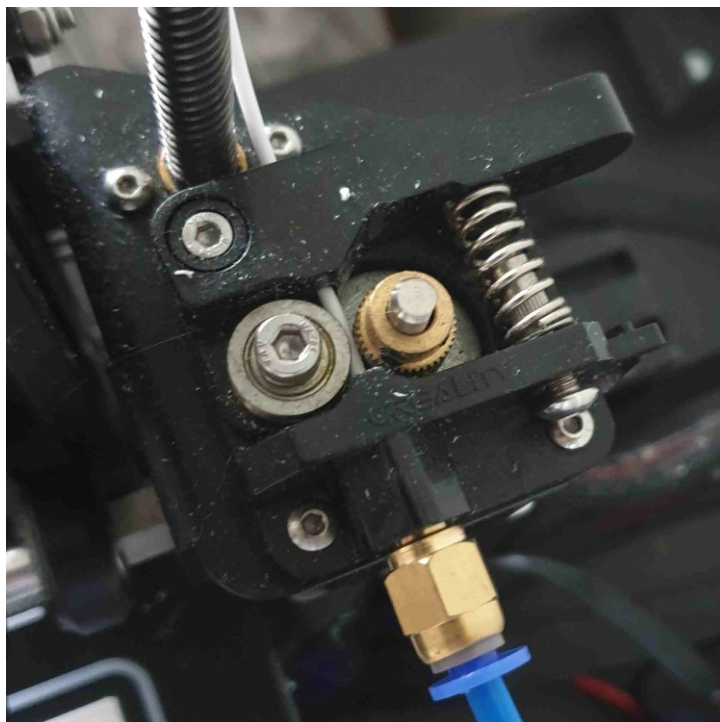
Suuttimen ja elementissä olevan putken väli on tukkeutumisen tekijä, jossa filamentti pääsee kertymään ja lopulta tukkeuttaa suuttimen ja tulostus epäonnistuu, sillä filamentti ei pääse kulkemaan halutulla virrannopeudella. Suutinkokoonpanossa on mahdollisuus vielä toiselle välille, joka sijaitsee suuttimen putken ja filamentin syöttöputken välissä. Tämä väli syntyy epätasaisesta silikoni-putken päädyistä, jos sitä ei leikkaa tasaiseksi. Filamentti päätyy väliin, jolloin tulee tukos. 3D-tulostuksessa tukkeutumiset ovat yleisimmät viat tulostuksen aikana, ja tämän kanssa tullaan taistelemaan monia kertoja. Mutta jos ottaa huomioon nämä tekijät, tukkeutumisten lukumäärää pystyy vähentämään.

Piirilevy

Piirilevy on vastuussa tulostimen antureista, liikkeestä ja toiminnasta. Jos elektroniikan kanssa ei ole paljon kokemusta, tämän kanssa ei todennäköisesti olla tekemisissä paljon. Kumminkin on tilanteita, joissa kumminkin piirilevyn kanssa on pakko riehua. Jos tavoitteena on tulostimen pitkäaikainen käyttö, niin piirilevyyn olisi hyvä tutustua. Piirilevyyn menevät johdot lämpötilaantureista, lämmittimistä, moottorien rajakytkimistä, moottoreista, näytöstä, virtajohdoista ja tuulettimista. Piirilevyjä on monia eri versioita ja on syytä varmistaa, mikä piirilevy menee mihinkin tulostimen malliin, sillä eri tulostimissa käytetään eri levyjä. Pidettävänä huomiona on piirilevyn versio, joissa on päivitetty mahdolliset ohjelmointiin liittyvät viat ja lisätty ominaisuuksia, kuten hiljainen moottoreiden toiminta.

Filamentin syöttö

Materiaalien syöttömoottori on hyvä mainita, sillä siinä voi tapahtua filamentin hiomista, josta syntyy pölyä syöttökokonaisuuden ympärille. Tämä ei kumminkaan aiheuta suuria häiriöitä, mutta on hyvä pitää mielessä. Tulostimien malleilla on näille eri sijainnit, jotka ovat yleisesti suuttimen kokonaisuuden syöttökohdassa tai tulostimen Z-suunnassa liikkuvan palkin kohdalla. Syöttömoottorin käyttäytymisellä pystyy kertomaan tulostuksen häiriötekijät, jos mallit epäonnistuvat. Yleisin on tukkeutumisen tilanteessa aiheutuvat napsahdusäänet, jossa rattaat liukuvat tai ohittavat vaiheen. Kuva 3 esittää napsahdusäänien kohteen ja rattaat, jotka sitä aiheuttavat.



Kuva 3. Filamentin syöttö suuttimeen. Vikatilanteissa rattaat saattavat hinkata filamenttia ja vaurioittaa sitä.

3 Tulostimen käyttö

3.1 Ennen tulostimen käyttöä

Ennen tulostusta pitäisi ottaa huomioon tulostimen ympäristö. Lämpö, ilmankosteus ja tasainen lattiapinta kaikki vaikuttavat tulostukseen (Vaikka vaikutus on heikko, suurilla eroilla mallin laatu kärsii). Hyvänä ratkaisuna kaikkiin ympäristöön liittyvistä ongelmista on sulkea 3D-tulostin omalla kotelolla. Kotelon teossa menee aikaa ja resursseja, ja eikä sen teko ole vaatimus onnistuneisiin tulostuksiin, mutta kumminkin sen teko on suositeltavaa. Myös filamentin säilytys kannattaa tehdä suljetussa tilassa, jossa on kuivaa. Kostealla filamentilla tulostaminen aiheuttaa mallin olevan ”klönttimäinen” ja epämuodostunut.

Tulostusta aloittaessa on hyvä varmistaa tulostimen alustan tasauksesta ja varmistaa, onko haluttu filamentti ja suutin käytössä. On tehtävä tulostimelle mallista G-koodi, jotta tulostuksen pystyy suorittamaan. Jos tulostuksessa käytössä oleva filamentti on hyvin venyvä, on hyvä olla alustassa liimapinta, jotta mallin tarttuvuus on hyvä. Kannattaa ottaa huomioon, miten paljon rullassa on filamenttia jäljellä ja verrata sitä malliin tarvittavaan materiaalin määrään.

3.2 Tulostuksen aikana

Tulostuksen aikana ei tarvitse tulostimen kanssa olla paljon tekemisissä, sillä pitää vain odottaa mallin valmistumista. Tietenkin tulostamista pitäisi valvoa, sillä silloin pääsee korjaamaan tulostuksen, jos vika sattuu, ja joskus se voi pelastaa koko tulostuksen. Valvottavana on filamentin saatavuus ja sujuuko sen syöttö ongelmitta ja ilman estoja. Myös itse mallin kerroksien tulostus ja pysyykö ne kiinni alustassa ja onko malli haluttua muotoa, suuttimen liike ja filamentin virrannopeus. Virallisesti ohjeet sanovat, että tulostinta ei saisi jättää ilman valvomista, mutta jos tulostukset ovat onnistuneet muutaman kerran tai tulostus kestää kaksi päivää, itse jättäisin valvonnan pois.

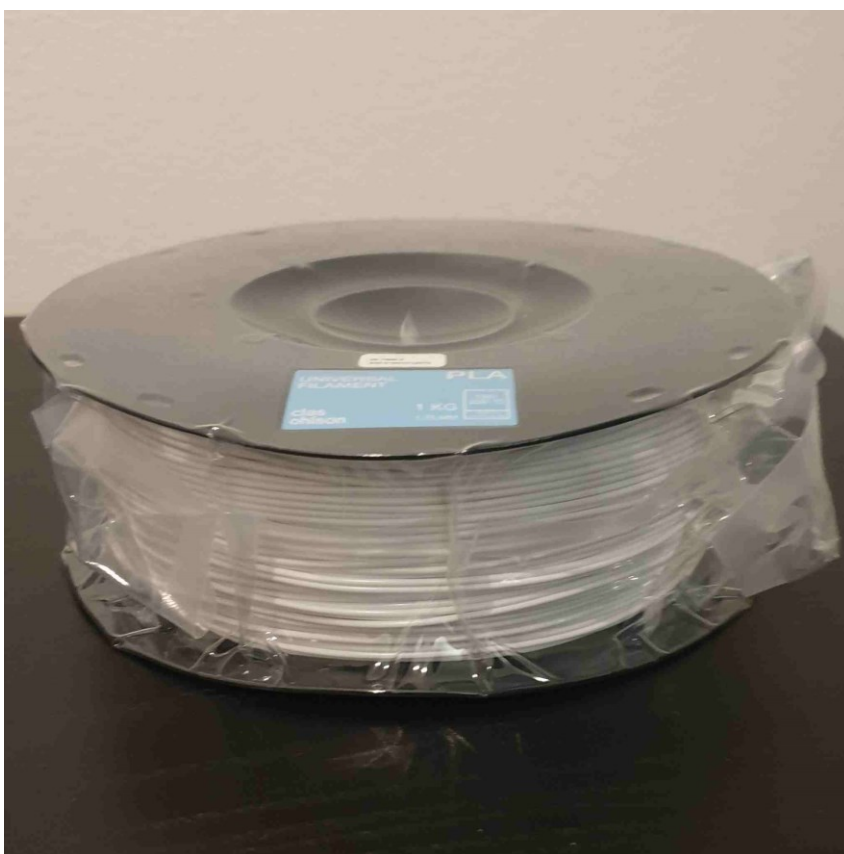
3.3 Tulostuksen jälkeen

Tulostuksen jälkeen on hyvä varmistaa, että filamentti on syötetty hyvin tulostuksen aikana ja on ehjänä syöttöputkessa ja miten paljon materiaalia on jäljellä. Ennen mallin poistamista on suositeltavaa odottaa tulostimen jäähtymistä ja varmistaa mallin tulostumista. Mallin poistaminen alustasta kannattaa suorittaa huolellisesti kiinnittäen huomiota alustaan ja sen pinnastaan, mutta myös malliin. Irrottamisessa on vältettävä alustan naarmuttamista lastan kulmalla ja ottaa huomioon mallin herkkyys, jos tulostaminen on suoritettu pienillä täytteillä. Poistamisen jälkeen on varmistettava alustan pinta ja sen puhtaus. Jos alusta jää puhdistamatta pitkillä aikaväleillä, tulostumisen aikana tulee esiintymään ongelmia suuremmalla todennäköisyydellä.

4 Materiaalit

4.1 Filamentit

Jotta mallien tulostus onnistuu, pitäisi olla materiaali, josta tuloste tehdään. Filamentti on pääkulutustavara 3D-tulostuksessa ja eri filamenteilla on eri ominaisuudet, jotka vaikuttavat mallin ulkonäköön, koostumukseen ja kestävyYTEEN. Filamentilla tarkoitetaan kestumuovia, joka ei pala vaan sulaa suuttimessa ja saadaan tulostettua alustaan halutulla tavalla haluttuun muotoon. Filamentti on säilytettävä suljetussa tilassa ilmankosteuden takia. Tiedetyt filamentit reagoivat ilman kosteuteen enemmän kuin muut. Kuva 4 esittää filamenttirullan ja sen pakkauksen.



Kuva 4. Filamenttirulla. Rulla on pakattu, jotta ei tulisi ilmankosteutta.

Se, mikä materiaali on käytössä, myös päättää muutaman tulostuksen arvoihin, kuten lämpötilaan ja nopeuteen. Filamenttien omien ominaisuuksien takia myös jälkiprosessi tulostuksen jälkeen saattaa muuttua tai muuten mahdollistaa monipuolisen jälkikäsittelyn. Ennen filamentin käyttöä on hyvä varmistaa sen tiedot itse rullasta. Kuva 5 esittää filamentin tietotarran, jossa näkyvät sen mitat ja käyttölämpötila. Tässä luvussa käydään läpi muutamia yleisiä filamentteja ja myös muutamia erikoisia filamentteja.



Kuva 5. Janbex vihreä PLA -filamentti. Filamenteissa on tiedot niiden mitoista ja käyttölämpötilat.

PLA

Käyttölämpötila: 180°C – 230°C

Suosittelun alustan lämpötila: 60°C (Voi tulostaa myös ilman alustan lämmitystä)

Hyvä filamentti yleiseen käyttöön alhaisella sulamispisteellä ja helposti saatavilla. Mallit tulostettu tällä muovilla ovat jäykkiä ja muovi on saatavilla monilla väreillä. Kumminkaan tämä filamentti ei ole hyvä sellaiseen käyttöön, missä malli rasittuu paljon. Alhainen sulamispiste myös rajaa sen käyttöpaikoissa, joissa lämpötila saattaa nousta korkeiksi. PLA-mallit ovat myös helposti särkyviä.

ABS

Käyttölämpötila: 210°C – 250°C

Suosittelun alustan lämpötila: 80°C – 110°C

Voimakkaampi ja yhtä hyvin saatavilla kuin PLA. Kestää hyvin kulumista ja lämpöä. Tällöin on hyvä ulkokäyttöön tarkoitettuihin osiin. Yleisesti kannattaa käyttää tulostettaessa kotelon kanssa, sillä lämpötila on hyvä pitää korkeana koko kappaleessa, mutta myös auttaa hajun eristämiseen. ABS-filamentilla on tapana venyä, jos alustaa ei lämmitä tulostuksen aikana ja tulostuksen lopussa mallit kutistuvat. Tämä tekee sen käytön vaikeampaa kuin PLA.

PETG

Käyttölämpötila: 220°C – 250°C

Suosittelun alustan lämpötila: 50°C – 90°C

PETG on kestävämpi materiaali kuin PLA ja helpompi tulostaa kuin ABS, joka on hyvä valinta näiden välistä. Materiaalit, jotka ovat tulostettuja tästä materiaalista, saavat sileän pinnan. PETG kestää hyvin iskuja ja tämän vuoksi siitä saa hyviä toiminnalliseen käyttöön tarkoitettuja osia.

TPE

Käyttölämpötila: 225°C – 245°C

Suosittelun alustan lämpötila: 30°C – 60°C (Voi tulostaa myös ilman alustan lämmitystä)

Joustava materiaali, jolla on kumimaiset ominaisuudet. Tämä materiaali on hyvin venyvä ja kestää kulutusta paremmin kuin PLA tai ABS. Sen venyvyys sallii tulostuksen sellaisille osille, joiden pitäisi kestää iskua tai venymistä kuten esimerkiksi renkaita tai puhelinkuoria. TPE-filamentin tulostaminen on kuitenkin vaikeata, ja tulostusnopeus on suositeltavaa asettaa alhaiseksi.

Nylon

Käyttölämpötila: 225°C – 260°C

Suosittelun alustan lämpötila: 70°C – 90°C

Nylon-filamentilla on suuri kestävyys ja hyvä vahvuus. Myös mallit pystyvät venymään hieman. Sillä on hyvä tulostaa työkaluja ja osia, joiden pitää kestää kulutusta paljon. Korkeat lämpötilat vaikeuttavat materiaalin käyttöä, sillä saattaa olla, että tulostin ei saavuta tavoitettua lämpötilaa turvallisesti. Materiaalilla on myös tapana imeä kosteutta ilmasta, joten sen säilytys on tehtävä kuivissa tiloissa.

Polykarbonaatti

Käyttölämpötila: 270°C – 310°C

Suosittelun alustan lämpötila: 90°C – 120°C

Voimakkain materiaali tässä listassa samoin lämmönkestävyys. Tämä materiaali on vaikeata tulostaa sen tulostuslämpötilan vaatimuksien vuoksi. Sillä saa hyviä malleja, joiden pitää kestää kovia iskuja, kuten esimerkiksi kypäriä. Tämä materiaali on myös hygroskooppinen kuten nylon ja imee kosteutta ilmasta hyvin, joten säilytys on tehtävä kuivissa tiloissa.

Puu-filamentit

Käyttölämpötila: 190°C – 220°C

Suosittelun alustan lämpötila: 45°C – 60°C (Voi tulostaa myös ilman alustan lämmitystä)

Yleisesti puujauhetta sekaisin PLA-filamentissa, jolla on puumainen tunne ja esteettinen käyttötarkoitus. Malli on todennäköisesti pehmeä ja filamentin käyttö on helppoa, mutta kumminkin sen pehmeys saattaa aiheuttaa useita tukoksia. Tämän takia suuttimella on hyvä olla suurempi halkaisija. Yleisesti voi kohdella kuten PLA:ta, mutta kumminkin on tarkistettava tuotteen ominaisuudet pakkauksesta.

Metalliseos-filamentit

Käyttölämpötila: 190°C – 220°C

Suosittelun alustan lämpötila: 45°C – 60°C (Voi tulostaa myös ilman alustan lämmitystä)

Filamentti, jossa on metallijauhetta mukana ja luo kappaleelle metallisen tekstuurin. Ei saa sekoittaa niiden filamenttien kanssa, joilla on vain metallinen väri. Kappaleet tulostettuna metallifilamenteista ovat huomattavasti painavampia kuin muovista tehdyt ja filamentissa oleva jauhe hankaa suutinta ja nopeuttaa sen kulumista.

Tästä syystä on suositeltavaa käyttää kulutusta kestäviä suuttimia kuten teräksestä tehtyjä suuttimia. Koska mallit omistavat metalliset ominaisuudet, niitä pystyy käyttämään esteettiseen käyttöön ja toiminnalliseen käyttöön.

Johde-filamentit

Käyttölämpötila: 215°C – 230°C

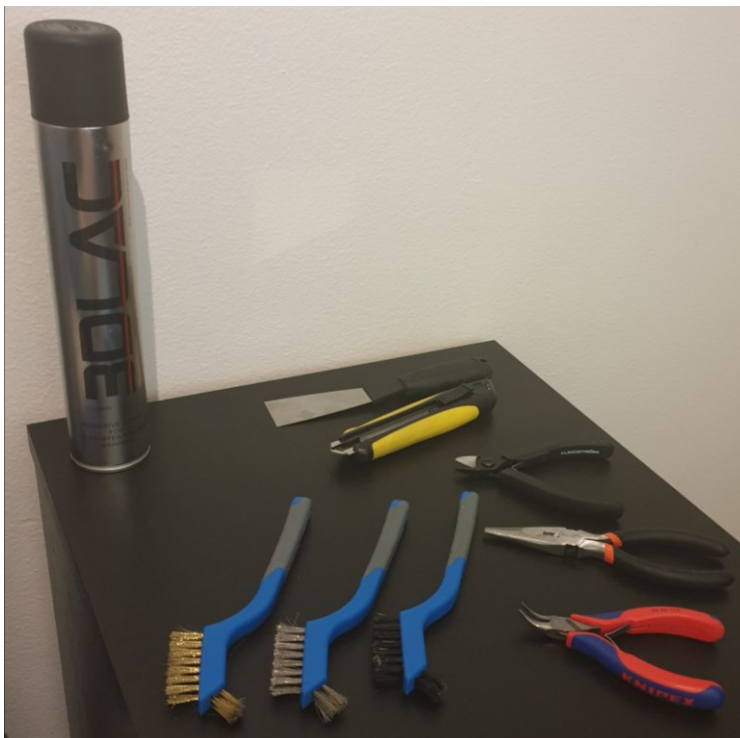
Suosittelun alustan lämpötila: 50°C – 60°C (Voi tulostaa myös ilman alustan lämmitystä)

Pienjännitteiden tarpeessa on mahdollisuus käyttää materiaalia, jonka tarkoituksena on juuri sähkönjohtavuus. Materiaalissa on sähkönjohtavia hiukkasia, mutta tämän filamentin käyttö vaatii tuplasuuttimen käytön. Valikoima on rajallinen ja vaatii muutaman yrityksen ja erehdyksen kertoja.

4.2 Työkalut

3D-tulostimen käyttöön sekä huoltoon olisi hyvä olla niille tarkoitukseen tilattuja työkaluja, sillä ilman työkaluja käyttö ja huolto tulee olemaan vaikeata. Yleensä tulostimien mukana tulee muutama työkalu paketissa, jotta tulostimen käyttö onnistuu heti. On kumminkin sellaisia työvälineitä, joita ei saa, mutta ne kannattaisi olla, kuten Kuva 6 esittää.

Suojavarusteet ovat sellaisia, joita ei tulostimen mukana tule ja nämä kannattaa hankkia pian, sillä turvallisuus on asia, joka pitää ottaa huomioon heti, itsensä ja muiden vuoksi. Tulostimessa on kuumia pintoja ja muutenkin suuttimen huollossa olisi hyvä olla hanskat, jotka kestävät korkeita lämpötiloja. Suojalasit kannattaa olla mukana. Filamentin käytössä ja vaihdossa saattaa käydä niin, että filamentti joustaa silmiin. Jos aikoo tehdä piirilevyyn muutoksia, niin pitäisi olla työlle sopiva varustus ja tehdä asianmukaisia toimenpiteitä.



Kuva 6. Käytetyt työkalut. Melko kaikki työkalut on ostettava erikseen.

Mallien poistoon alustasta auttaa paljon mattoveitsi ja lasta, mutta kannattaa huomioida alustan vaurioituminen sen käytössä. Mallien tukien poistoon auttaa paljon kärkipihdit, sivuleikkurit tai pinsetit. Jälkiprosessointiin työkaluina tulee maalaamiseen ja hiomiseen tarvittavat tavarat eli hiomapaperit/viilat ja pensselit. Huoltoon käytetään suuttimeen puhdistukseen tarkoitettuja välineitä eli harja ja puhdistusneula. On myös mahdollisuus saada puhdistuspora vaikeimmille tukoksille, mutta se pystyy helposti vaurioittamaan suuttimen. Kuvassa 6 esitetään puhdistukselle tarkoitettuja harjoja, jotka ovat eri materiaalia kuten myös muut työkalut, joita käytetään pitävyyden parantamiseksi, mallin alustasta poistoon ja mallin tukien poistoon.

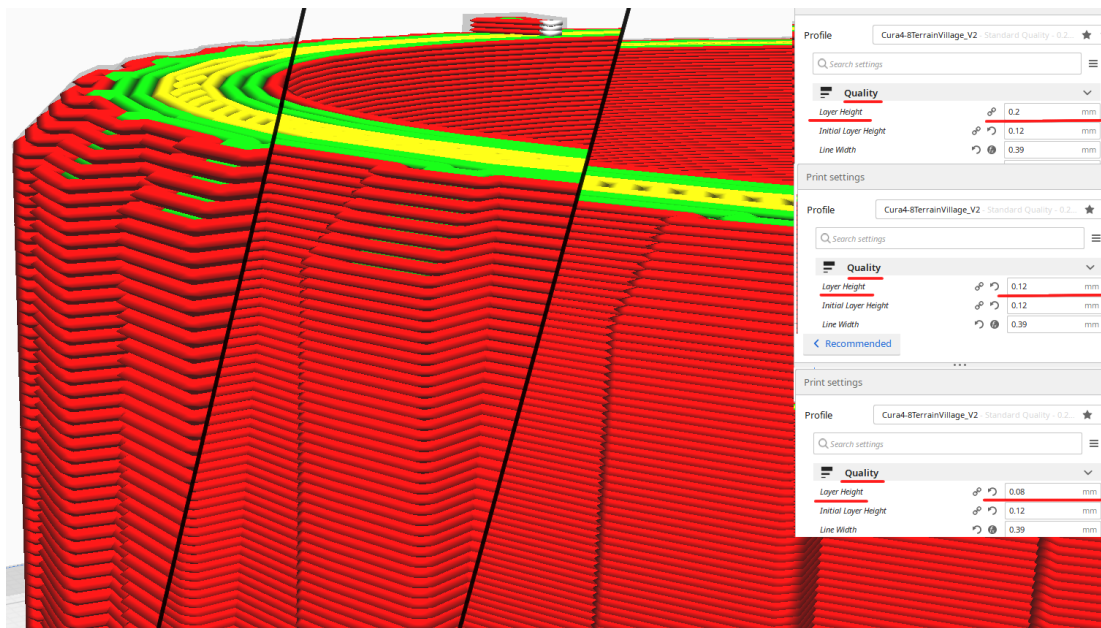
4.3 Ohjelmat

G-code

Tulostuksen reitin luominen, eli G-koodin luominen tapahtuu niille tarkoitetuilla ohjelmilla. Nämä ohjelmat ovat yleisesti ilmaisia ja tulostimien kehittäjiltä tarjottuja ohjelmia. Reitin luomiseen on tarvittava 3D-malli STL-muodossa. Lopputyössä käytössä oleva ohjelma on Ultimaker-tekijöiden kehittämä ohjelma Cura 4.8.0. Sen käyttö on suhteellisen helppoa, ellei halua mennä yksityiskohtaisemmin tulostuksen reitin asetuksiin. Suurin osa asetuksista määräytyy tulostimen ominaisuuksiin, kuten suuttimen kokoon, tulostusalueeseen, alustan lämmitykseen, tuulettimen kierrosnopeuteen ja tulostusnopeuteen. Eli lyhyesti tällä ohjelmalla pääsee käyttämään tulostimessa käytössä olevia laitteita. Kumminkin on muutamia asetuksia, joista on hyvä tietää tarkemmin, jotka auttavat mallien laadukkaasti tulostukseen. Tässä ei käydä läpi G-koodin käyttöä ohjelmointia varten.

Kerroksien korkeus

Kerroksien korkeudella tarkoitetaan etäisyyttä kerroksien välissä. Pienempi väli tuottaa laadukkaamman tuloksen malliin luomalla sileämmän pinnan ja poistaa kerroksien rajoja näkyvistä paremmin. Kuvassa 7 näkyy kerroksien määrä ja se, miten niiden luku näkyy mallissa.



Kuva 7. Kerroksien korkeusasetukset. Kuvassa kolme kerroskorkeuden asetusta, jotka ovat 0,2 mm (vasen), 0,12 mm (keskellä) ja 0,08 mm (oikea).

Etäisyys määräytyy suuttimen halkaisijasta ja mallin tarkoituksesta. Mallit, joiden tarkoituksena on esteettinen kohde, olisi hyvä olla pienempi väli, jotta yksityiskohdat tulostuvat hyvin ja eivätkä kerroksien välit ole näkyvissä. Isommalla etäisyydellä kerroksien paksuus on suurempi, ja mallit tällöin ovat kestävämpiä kulutukseen.

Lämpötila

Lämpötilalla tarkoitetaan alustan ja suuttimen lämpötilaa, sillä molempia voi säätää ohjelmassa. Suuttimen lämpötila-arvot vaikuttavat mallin tulokseen ja sen säätö on hyvä saada kohdalleen eri filamenteilla muutaman testitulostuksen avulla. Alustan lämpötila on pidettävä korkeana niiden filamenttien käytössä, joilla on tapana venyä ja taipua tulostuksen aikana eli materiaalit, joilla on suuret lämpölaajenemisen ominaisuudet.

Vinkkinä suuttimen lämpötilan määrittämiseksi voi käyttää suuttimen pituutta ja materiaalia avuksi, sillä nämä ovat suurimmat tekijät suuttimen lämmönjohtavuudesta. On pidettävä mielessä, että lämpötilan ollessa liian pieni, materiaali ei saavu haluttuun sulamispisteeseen ja eikä filamenttia tule suuttimesta ulos. Tämä voi aiheuttaa filamentin vaurioitumisen tai suuttimen tukoksen. Mallit tulostettuna liian korkeissa lämpötiloissa aiheuttavat malliin sulaneen muodon, jolloin malli on epämuodostunut tai pilalla. Korkeissa lämpötiloissa on myös riskinä filamentin poltto suuttimeen kiinni, mikä aiheuttaa tukoksen ja estää filamentin virran.

Nopeus

Tulostusnopeus vaikuttaa nimen mukaan mallin tulostamisen nopeuteen. Nopeus on hyvä pitää monimutkaisissa kappaleissa alhaisena, jotta kerrokset muodostuvat tasaisesti ja ehtivät jäätymään toiseen kerrokseen kiinni. Suurilla nopeuksilla on tapana jättää tulostettava filamentti pois tulostusalueelta ja siirtyä muualle, mikä aiheuttaa mallin epäonnistumiseen. Hitailta vauhdeilla on parempi tulostamisen tarkkuus ja hyvä luotettavuus mallin onnistumiseen, mutta käytetty aika tulostamiseen nousee ja liian pienillä nopeuksilla kasvaa mahdollisuus suuttimen tukkeutumiselle, jos virrannopeudella on suuri ero tulostusnopeudelle.

Virrannopeutta pystyy säätämään myös, mikä vaikuttaa mallin kerroksien lujuuteen ja täyttöön. Tämän asetuksen säätö kannattaa suorittaa rajallisesti, koska

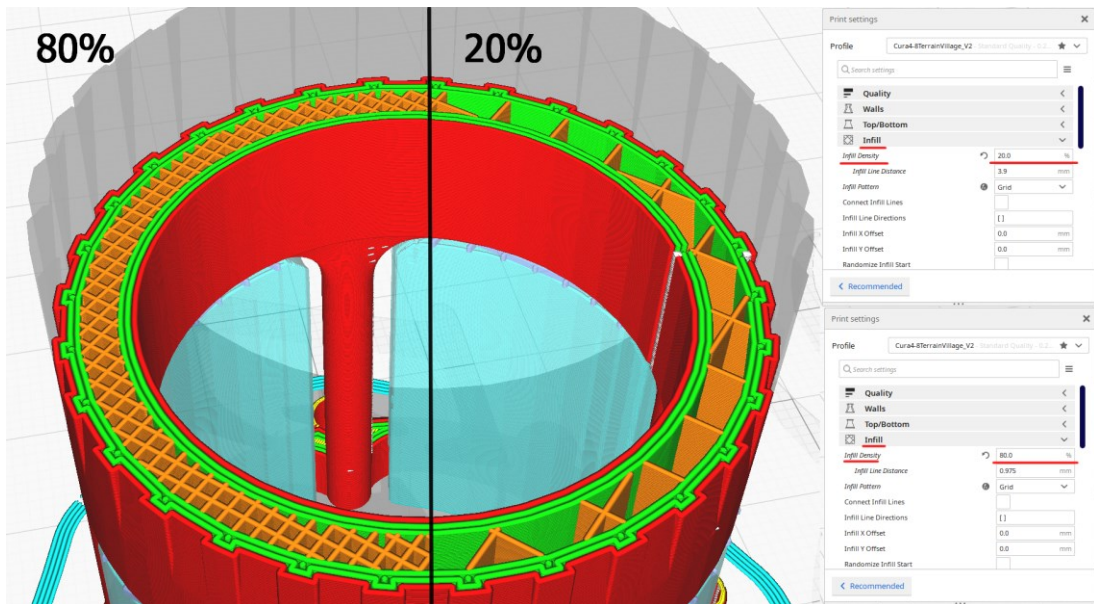
sillä on tapana saada mallit joko liian särkyviksi ja heikoiksi tai käyttää tarpeettoman paljon filamenttia niissä alueissa, joissa sitä ei vaadita. Esimerkkinä voi käyttää mallissa olevia reikiä, joita voisi käyttää ruuvien kiinnitykseen, jolloin kolot jäävät kokonaan pois. Myös virrannopeuden väärillä arvoilla voi aiheuttaa suuttimen tukoksen.

Vetäytyminen

Vetäytymisellä tarkoitetaan suuttimen liikettä Z-suunnassa ennen uuteen pisteeseen liikkumista, jolla on tehtävänä yrittää ”leikata” filamentti tulostetusta kohteesta ja estää lankojen muodostuminen malliin. Vetäytymisellä on muutama asetus, joita on hyvä pitää mielessä. Ne ovat etäisyys ja nopeus. Etäisyys poistaa lankojen muodostumista tehokkaasti, mutta etäisyyden asettaminen liian suureksi aiheuttaa suuttimeen tukoksen, joten sen arvon määrittämiseksi menee muutama kokeilukerta. Nopeus määrittää, miten nopeasti vetäytyminen tehdään määritettyyn etäisyyteen. Se säästää aikaa tulostuksessa ja estää suuttimeen filamentin kertymisen, mikä aiheuttaa tukoksen. Liian korkeilla arvoilla voi aiheuttaa filamenttiin vaurion.

Täyttö

Mallin tulostukseen liittyy myös mallin sisäpuolen täyttö ja tällä asetuksella määritetään, miten paljon mallia pitäisi täyttää. Täytteen määrittäminen riippuu kappaleen käyttökohteesta. Jos mallin on kestävä kovaa kulutusta tai odottaa monia iskuja, on syytä täyttää malli kokonaan filamentilla, jotta se ei mene rikki. On mahdollista jättää täyttö kokonaan pois, mutta on pidettävä mielessä, että mallin tulostaminen vaatii filamentille pinnan, johon tulostua. Tämän asetuksen käyttö on vapaa ja eikä vaikuta suuresti mallin laatuun, mutta vaikuttaa sen tulostamiseen käytettävään aikaan ja materiaalin käytön määrään. Kuva 8 esittää, miten mallin täyttö käytännössä toimii ja miten se vaikuttaa malliin.

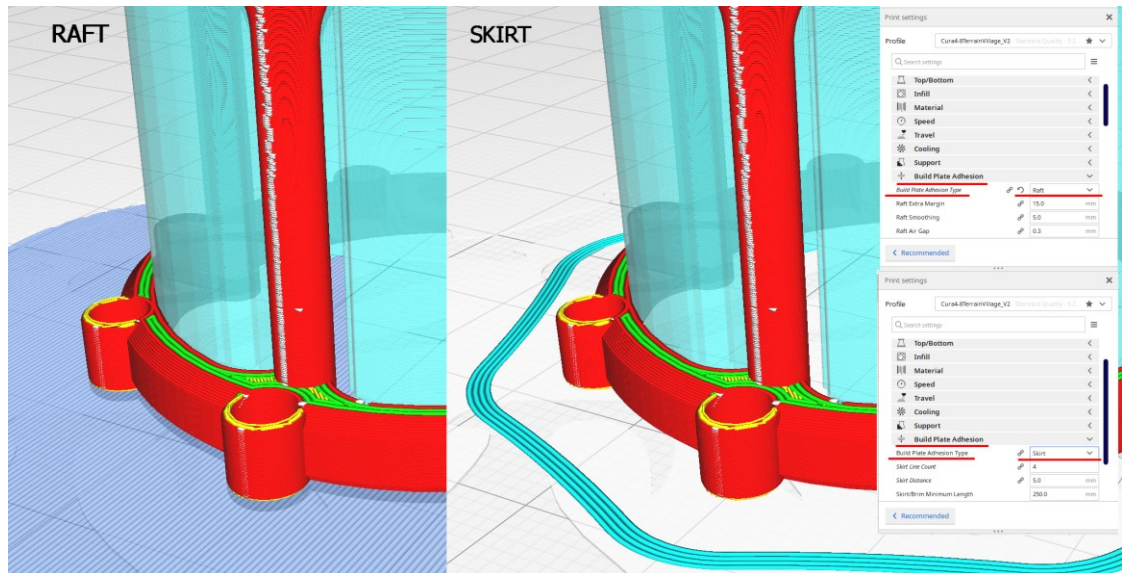


Kuva 8. Mallin täyttö. Kuvassa esitetään mallin täyttö 80 % (vasen) ja 20 % (oikea).

Pohjan tarttuvuus

Ohjelmissa on mahdollisuus vaikuttaa mallin ensimmäisiin tulostuskerroksiin ja siihen, miten ne pitäisi suorittaa. Niille pystyy määrittämään oman nopeuden ja tavan, miten se tulostetaan. On myös mahdollista luoda mallille oma pohja, johon kiinnittyä. Tämän kanssa on hyvä tehdä kokeilukertoja ja katsoa, mikä tapa

pitää mallia hyvin kiinni alustassa ja jääkö mallin pohjaan suurta jälkeä. Kuva 9 esittää kahta eri tyyppiä pohjan alkukerroksiin.



Kuva 9. Pohjan alkukerrokset. Kuvassa esitetään pohjan tarttuvuuden auttavia asetuksia. Raft- (vasen) ja Skirt (oikea) -tyypit.

STL-mallit

STL-mallien teko on ihan toinen prosessi, ja näiden tekeminen on työlästä ja vaatii ohjelmia, joissa tämä onnistuu ja niiden käyttö on vaikeata. Tässä työssä ei käydä enempää mallein suunnittelua, sillä tulostimen käyttö ei vaadi 3D-mallintamisen osaamista. Kun on tilanne, jossa 3D-mallintamista ei pysty tekemään, on mahdollista löytää verkosta ilmaiseksi ladattavia malleja, joilla on rajoittuneet käyttöoikeudet. On myös vaihtoehtona ostaa palveluita verkosta, jossa tehdään haluttu malli maksusta.

Tulostuksessa mallien pitää olla STL-muodossa, jotta näistä pystyisi tekemään G-koodin, jotta tulostin pystyy tietämään tulostusreitit. Monet ohjelmat, jossa 3D-mallinnus on mahdollista, tarjoaa myös mahdollisuuden muuttaa 3D-tiedostot STL-muotoiseksi.

5 Jälkiprosessointi

Mallin tulostuksen jälkeen useimmiten mallia pitää prosessoida, jotta se on halutun mallin mukainen. Prosessoinnilla tarkoitetaan mallin hienosäätöön menevää aikaa kuten tukien poistoa, maalausta, hiontaa jne. Tässä luvussa käydään läpi muutamia yleisesti käytettyjä keinoja. Tietenkin jos on tarkoituksena saada osat mahdollisimman pian tulostettua ja käyttöön, voi prosessointiaikaa vähentää tai jättää kokonaan pois, jos tulostuksen asetukset on asetettu oikein eikä malliin ole käytettävä tukia. Kuvassa 10 esitetään mallin prosessi tulostuksen jälkeen ja sen lopputulos. Mallina on käytetty Star Warsin iskusotilaan kypärää verkkosivulta "MyMiniFactory". [14.]



Kuva 10. Mallin jälkiprosessointi. Kuvassa näkyy mallin näkymä eri prosessivaiheissa.

5.1 Hionta

Melkein aina tulostuksen jälkeen kappale on hiottava jälkiprosessin aikana. Näin saadaan kerrosten rajat hiottua ja näkymään vähemmän. Hiomisella myös voi hioa epäpuhtaudet mallista pois ja parantaa muun jälkiprosessin toimintaa. Hiomisessa kannattaa muistaa mallin seinämien paksuus, mikäli täyttö ei ole 100 %, sillä jos hioo mallia liikaa, siihen tulee reikä. Hiontaa on suositeltava tehdä aina tulostuksen jälkeen, sillä se myös helpottaa muiden metodien käyttöä.

5.2 Maalaus

Maalaaminen tuo väriä malliin ja peittää mahdolliset viat näkyvistä. Tämä prosessi on hyvä peittämään malliin tulleita kerrosjälkiä ja maalin saatavuus on hyvä. Malliin on tehtävä ensimmäinen pohjakerros, jonka päälle voi lisätä vielä muutaman kerroksen maalia. Tällöin saadaan mallille hyvät värit ja peitetään suurimman osan malliin tulleita pieniä vikoja ja kerroksien näkyvyyttä. Kuvassa 11 esitetään maalatut mallit, jotka on ruuvattu toisiinsa kiinni messinkiruuveilla.



Kuva 11. Maalatut tulostetut mallit. Mallit on ruuvattu kiinni toisiinsa, ja ne suojaavat dekatron-komponentin.

Esitetyissä osissa on käytetty kahta erityyppistä maalia: emalimaalia ja akryyli-maalia. Maaleja on erilaisia ja niistä tulee erilaiset jäljet ja niiden helppokäyttöisyys eroaa. Maalit, joita oli helpointa käyttää tässä lopputyössä, ovat olleet akryylimaaleja.

5.3 Muut tavat

Mallin prosessointiin löytyvät monia erilaisia tapoja, kuten esimerkiksi mallien liimaus toisiinsa tai hitsaaminen. Jos malli on tehty tietyistä filamentista, joka voi reagoida asetonin kanssa, mallia voi prosessoida asetonikammiossa, jossa asetonihöyry sulauttaa mallin pinnan sileäksi ja hienoksi. Tässä tavassa on hyvä pitää mallia silmällä, sillä pidemmälle ajalle jätetty malli sulaa liikaa ja siitä johtuu mallin epämuodostuminen. Jos kyseinen malli on tarkoitettu käyttöön-otettavaksi, on huomioitava mittojen muutokset sulamisen yhteydessä. Mallit voi prosessoida tarpeiden mukaan, ja jos on työkalut tai laitteet saatavilla, mitä voisi käyttää mallien prosessointiin, ne on mahdollista käyttää vapaamuotoisesti.

6 Huolto

6.1 Turvallisuus

Tulostimen huollossa kannattaa käyttää muutamia suojausvälineitä kuten suojalaseja ja hanskoja. Nämä auttavat estämään monta huollon aikana esiintyvää vaaraa. Filamentti rulla on joustava ja ponnistelee yllättävän paljon. Suojalasit auttavat tilanteeseen aika hyvin. Suuttimen huollossa lämpötilat pidetään korkeina, varsinkin suuttimen irrottamisessa. Suojahanskat auttavat palovammoilta suojamiseen, ESD-hanskat auttavat piirin käsittelyssä. Jos on kyseessä piirilevyn tai muun elektroniikan huolto tulostimessa, laite on irrotettava pistorasiasta. Varmuuden vuoksi voi katsoa jännitemittarin avulla, onko tulostimeen jäänyt varausta.

6.2 Tulostimen huolto

Tulostimen huollossa tarkoitetaan koko tulostimen huoltoa. Alustan ja suuttimen huolto tapahtuu useimmiten, mutta tulostinta kannattaa huoltaa. Muuten tulee vikoja, joissa saattaa olla tarpeen osien vaihto. Kun tulostin on käynnissä ja on suorittamassa mallin tulostuksen, moottorit ovat ne osat, jotka tekevät suurimman osan työstä, sillä ne mahdollistavat tulostimen liikettä. Näitä kannattaa katsoa läpi silloin tällöin ja puhdistaa liasta, jotta toimintaa ei estetä, varsinkin rattaissa ja moottorifilamentin syöttökokoelmassa, sillä pöly tai muu vika voi jäädä filamenttiin kiinni ja päätyä suuttimeen, mikä taas aiheuttaa tukoksen ja tulostus epäonnistuu. Rajakytkimet kertovat tulostimelle sen nollapisteen. Niiden huolto ei ole niin yleistä, mutta mitä kannattaa pitää silmällä.

Piirilevyn huolto kannattaa tehdä yleisemmin, jos sille ei ole suoja ja pölyä pääsee kertymään sen päälle. Pölyn kertyessä ja piirilevyn huollon lakkauttaminen saattavat aiheuttaa oikosulun ja tällöin vaurioittaa jonkin osan. Tietenkin tulostin kokonaisuudessa olisi parasta pitää puhtaana. Kotelo on otettava irti huollon aikana ja huoltaa se erikseen.

Suuttimen huolto tulee olemaan yleisin huolto, jota joudutaan tekemään, sillä tukkeutuminen on suurin syy moniin mallin tulostuksen epäonnistumisiin, ja suuttimen tukkeutuminen ei ole harvinainen tapahtuma. Suuttimen tukkeutumisen tunnistaminen käydään läpi seuraavassa luvussa. Suuttimen tukoksen poistamiseksi on monia työkaluja saatavilla ja erilaisia keinoja. Kaikissa keinoissa on lämmitettävä suutin käytettyjen filamenttien käyttölämpötilaan. Tämän jälkeen on poistettava filamentti suuttimesta ja syöttöputken irrottaminen. Tämän jälkeen on vaihtoehtoja, miten suutin puhdistetaan.

Yleensä tulostimien kanssa tulee oma puhdistustikku, jota voi työntää suuttimesta läpi ja poistaa tukoksen. Tämä ei kumminkaan auta poistamaan mahdollisia jäänteitä, jotka ovat palanneet kiinni suuttimen sivuille, mutta poistaa kumminkin kaikki lyhytaikaiset tukokset tehokkaasti. Jos tukos on vakava ja eikä sitä saa puhdistuslangalla puhtaaksi, on mahdollista tilata volframiset porat, joilla

saa kaikki vakavimmat tukokset pois. Tämän käyttö on vaikeampaa, sillä sen käytössä on mahdollisuus vaurioittaa suuttimen aukkoa ja suurentaa sitä, mikä aiheuttaa epätarkkuuksia tulostuksiin. Nämä menetöt eivät ole suositettavia käyttää rubiinisuuttimiin, sillä nämä särkevät rubiinin suuttimesta.[1.] Toinen tapa on syöttää suuttimesta puhdistusfilamenttia läpi, mikä poistaa kaikki epäpuhtaudet.

FDM tulostimien käyttäjillä on myös käytössä niin sanottu "Atomicin metodi", jolla saadaan tukokset poistettua, mikä ei vaadi ylimääräistä työkaluja. Tämä on myös mahdollista käyttää suuttimilla, joilla on muita osia käytössä kuten rubiinisuutin. Tässä metodissa on tarkoituksena käyttää filamenttia puhdistajana ja lämpötilan säätöjä. Tarkoituksena on tuoda käytettävä puhdistusfilamentti, yleisesti nylon, sillä se kestää rasitusta eniten ja lämmittää käytetyn filamentin sulamispisteeseen. Kun suutin on lämmitetty sulamispisteeseen, se on jäädytettävä noin 90°C:een ja jäähtymisen aikana pitää filamentti suuttimen kohdalle ja tuoda sille pieni paino pitämään suuttimen ja filamentin väliä mahdollisimman pienenä. Tämä on sitä varten, että suuttimen ja filamentin välillä ei ole ilmaa, sillä metodin tarkoituksena on saada epäpuhtaudet filamenttiin kiinni paine-erojen avulla. Kun suutin on jäähtynyt tiettyyn asteeseen, filamentti on vedettävä ulos ja toivottavasti sen mukana kaikki epäpuhtaudet. Metodin onnistuminen tunnistaa filamentin päädyn olevan suuttimen muotoinen ja siinä mahdolliset epäpuhtaudet. Tämä metodi toistetaan muutaman kerran, kunnes suutin on puhdas.

Alustan puhdistus ei ole yhtä yleistä, kun tukos suuttimessa on, mutta kummin-kin jos alusta on likainen ja epätasainen, mallit epäonnistuvat enemmän. Alustan puhdistus on yksinkertaisempi kuin suuttimen puhdistus, sillä siinä on vain pinnan puhdistaminen vaikkapa rätillä ja sen tasaaminen.

7 Tulostuksessa esiintyvät viat

Tulostimen käytössä tulee vastaan monia vikoja ja niistä saa lisää tietoja verkosta ja todennäköisesti englanniksi. Jos englannin kieli on tuttu ja sen tekstin lukeminen sujuu ongelmitta, niin voi löytää hyvin paljon tietoa helposti. Hyvä sivusto vikojen ratkaisemiseksi on <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/> tai <https://rigid.ink/pages/ultimate-troubleshooting-guide>. Näissä sivustoissa on listattu melkein kaikki ongelmat, jotka tulevat esille tulostuksen aikana ja jälkeen.

Kumminkin vaikka verkossa on monia ratkaisuja ja apuja ongelmille tulostuksen aikana, tähän listataan muutamat syyt suomeksi.

Malli heikko

Vika: Malli särkyä helposti tai menee rikki helposta puristuksesta ja mallin täyttö pieni.

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Suutin tukossa – Suutin ei syötä haluttua määrää filamentti malliin tällöin malli on herkkä materiaalin puutteen takia.
- Filamentin virta pieni – Virta on pieni ja nopeus korkea, jolloin materiaali ei pääse tulostumaan haluttua määrää.
- Täytön asetukset eivät ole kohdallaan – Täyttö liian pieni tai täytön tyyppi ei tue mallia hyvin sisältä.

Mallissa epämuodostumat

Vika: Mallissa epämuodostunut pinta/seinämissä klönttejä/aaltomaiset jäljet

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Liian nopea tulostusnopeus – Tulostin tulostaa mallia liian nopeasti ja filamentti ei ehdi tulostua/tarttua malliin hyvin.
- Mekaaninen vika – Tulostimessa on jonkin osa huonosti kiinnitetty tai vaurioitunut, tämä syy on harvinaisin.
- Suuri tulostuslämpötila – Tulostimen suuttimen lämpötila liian korkea ja sulauttaa tason, johon tulostetaan hieman ja vaikuttaa mallin pitempään tulostukseen tai jäähdytys/tuuletus liian pieni.
- Suuri tulostusvirta – Malliin tulostetaan enemmän filamenttia, kun on tarpeen ja muodostaa malliin ylimääräisiä muotoja.

Huono tarttuvuus

Vika: Malli ei tartu alustaan tulostuksen aikana

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Suutin liian kaukana alustasta – Suutin aloittaa ensimmäisen kerroksen tulostuksen kaukana alustasta ja tällöin filamentti ei kiinnity hyvin alustalle.
- Alusta epätasainen – Alusta ei ole tasainen ja filamentti ei tulostu alustalle halutulla korkeudella.
- Ensimmäisen kerroksen tulostus liian nopea – Suutin tulostaa ensimmäistä kerrosta liian nopeasti eikä filamentti kerkeää tarttua alustaan.
- Lämpötila ja jäähdytys asetukset eivät ole kohdallaan – Lämpötilalaajenemisen takia malli irtoaa alustasta, jolloin se vaatii alustan lämmittämistä tai muita tartuntaan auttavia keinoja.

Mallin reunat nousseet

Vika: Malli taipuu tulostuksen jälkeen/aikana

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Alustan lämmitys ei ole käytössä – Alustan lämmitys on tietyissä filamentteissa pakollista onnistuneisiin mallien tulostukseen.
- Tuuletus ensimmäisten kerroksien tulostuksessa – Tuuletin joskus jäähdyttää mallit liian tehokkaasti malleissa, joissa käytetään filamentteja, jotka taipuvat lämpölaajenemisessa. Korjauksena asettaa tuuletin olla pois käytöstä tietyn mallin tulostuksessa.

Suutin tukossa

Vika: Suutin tukossa eikä tulosta haluttua määrä filamenttia tai ollenkaan

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Filamenttia jumissa suuttimessa – Filamentti ei pääse vapaasti virtamaan suuttimesta ulos. On hyvä varmistaa syöttöputken olevan hyvin kiinni ja poistamaan tukos.
- Filamenttia palanut suuttimeen – Filamentti ei pääse tulostumaan pala-
neen filamentin tukoksen takia. Suutin on vapauttava tukoksesta.

Huomio: Heikoimmat tukokset on poistettavissa filamentin vaihdossa tai filamentin manuaalisesta syötöstä. On myös tilanteita, kun suutin kokonaisuudessa on puhdistettava.

Yksityiskohdat ei tulostettuna

Vika: Pienet kohdat mallista eivät tulostu

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Mallin tulostettava kohde liian pieni suuttimen koolle – Suuttimen koko on liian suuri, jotta voisi tulostaa kyseistä osaa. Tarvitaan pienempää suuttimen halkaisijaa.
- Asetuksissa pienet seinämät ovat pois käytöstä – Tulostamisen asetuksissa on asetettu yhden linjan seinämien tulostaminen pois käytöstä.
- Kappale liian pieni tulostamista varten – Tulostettava malli on asetettu liian pieneksi ja pitäisi joko suunnitella suuremmaksi tai suurentaa ohjelmassa.

Filamenttia ei tule tulostuksen aikana

Vika: Tulostamisen aikana suutin lopettaa filamentin tulostamisen

Mahdolliset syyt ja korjaukset:

- Filamentti on loppunut – Tulostamisen aikana on loppunut materiaali, jolla tulostaa. On hyvä varmistaa filamentin määrää jokaisen tulostuksen alussa.
- Suutin tukossa – Yleisin syy tälle vialle. Suutin on tukkeutunut tulostuksen aikana eikä pääse syöttämään filamenttia malliin. Suutin tukos on poistettava.
- Filamentti hankautunut ja katkennut syötössä – Tulostuksen aikana filamentti on vaurioitunut ja katkennut filamentin syötön kohdalla. Korjauksena filamentin uudelleen syöttö. Huomiona syöttöputkeen jäänyt filamentti on poistettava.

Lähteet

1. 3DVerkstan. Verkkoaineisto. <https://support.3dverkstan.se/article/66-the-olsson-ruby-instructions-for-use>. Luettu 24.8.2021.
2. All3DP. Verkkoaineisto. <https://all3dp.com/pro/>. Luettu 15.9.2021.
3. HUBS A protolabs company. Verkkoaineisto. 3D Tulostus-osio. <https://www.hubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing/> Luettu 11.12.2020.
4. Creality 3D Ender 3 Manuaali. Verkkoaineisto. <https://manuals.plus/creality/creality-ender-3-3d-printer-manual>. Luettu 20.12.2020.
5. Fictiv 3D Printing. Verkkoaineisto. <https://www.fictiv.com/articles/ultimate-guide-to-finishing-3d-printed-parts>. Luettu 10.9.2021.
6. Muoviyhdistys. Verkkoaineisto. <https://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/23/osa-21-ainetta-lisaavat-valmistusmenetelmat-additive-manufacturing/>. Luettu 4.4.2021.
7. Simplify3D. Verkkoaineisto. <https://www.simplify3d.com/https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>. Luettu 10.9.2021.
8. MatterHackers. Verkkoaineisto. <https://www.matterhackers.com/news/3d-printer-nozzle-comparison-guide>. Luettu 10.9.2021.
9. PCMag 3D Printer Filaments Explained. Verkkoaineisto. <https://uk.pcmag.com/3d-printers/95041/3d-printer-filaments-explained>. Luettu 10.9.2021.

10. 3DInsider. Verkkoaineisto. <https://3dinsider.com/3d-printing-materials/>.
Luettu 15.9.2020.
11. Rigid.ink. Verkkoaineisto. <https://rigid.ink/pages/ultimate-troubleshooting-guide>. Luettu 23.5.2021.
12. 3DPrinterly. Verkkoaineisto. <https://3dprinterly.com/8-ways-how-to-fix-a-clicking-slipping-extruder-on-a-3d-printer/>. Luettu 10.9.2021.
13. Instructables Workshop. Verkkoaineisto. <https://www.instructables.com/Best-Support-Settings-for-3D-Printing/>. Luettu 15.9.2021.
14. MyMiniFactory StarWars:in iskusotilaan kypärä. Verkkotiedosto.
<https://www.myminifactory.com/object/3d-print-stormtrooper-helmet-65368>. Luettu 1.6.2021.