



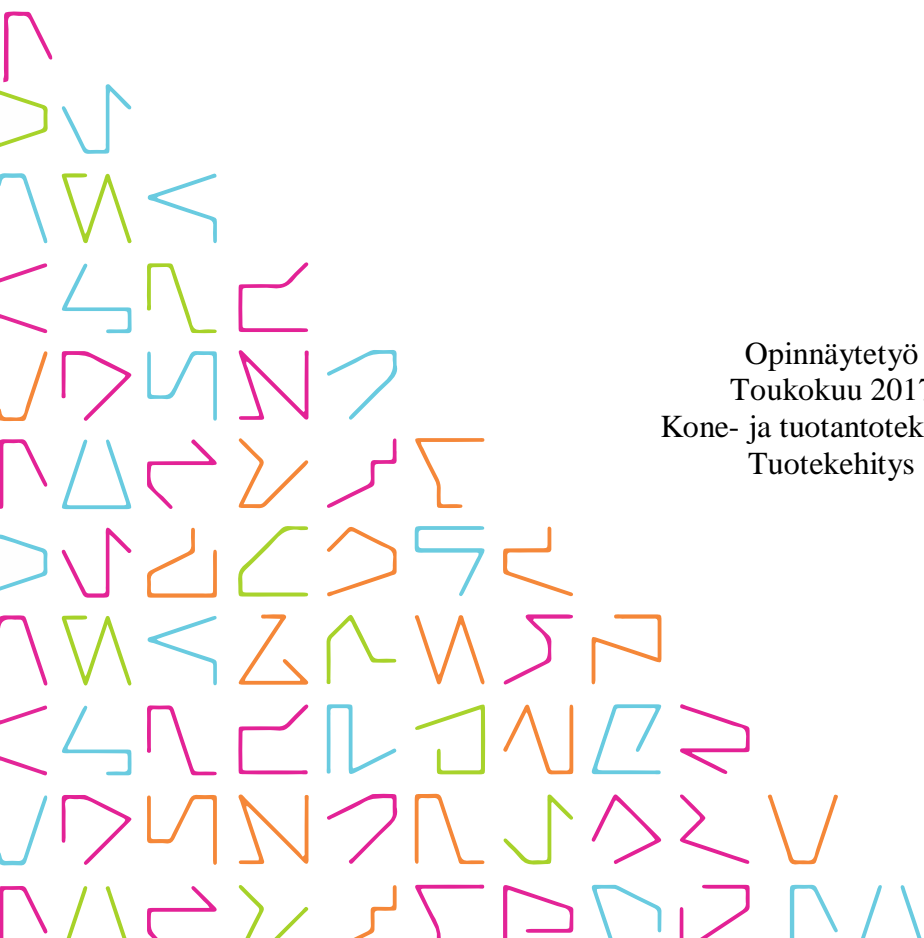
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KÄYTTÖOPPAAN LAATIMINEN

3D-tulostaminen ja Simplify3D

Markus Vehmaa

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

VEHMAA, MARKUS:
Käyttöoppaan laatiminen
3D-tulostaminen ja Simplify3D

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2017

Opinnäytetyön työsuutena laadittiin suomenkielinen käyttöopas Simplify3D-ohjelmasta, jota käytetään 3D-tulostamiseen. Työn toimeksiantajana oli 3D-tulostimia valmistava yritys Prenta Oy. Tavoitteena oli laatia selkeä, havainnollinen ja englanninkielisen terminologian selittämiseen keskittyvä käyttöopas. Kyseisestä tulostusohjelmasta ei ole aiemmin tehty suomenkielistä käyttöopasta. Oppaan tarkoitus oli täydentää yrityksessä myytäviä 3D-tulostinpaketteja, jotka pitivät sisällään yrityksen oman 3D-tulostimen ja ohjelmallisenssin Simplify3D-ohjelmaan. Käyttöoppaan laatimisprosessin kuvaamisen lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi 3D-tulostamisen eri menetelmät sekä erilaisten materiaalien tulostamista.

Käyttöoppaan laatiminen ja tulostusohjelmaan perehtyminen oli itsenäistä etättyötä. Oppaan laadinnassa käytettiin valmista asiakirjapohjaa, ja se toteutettiin Microsoft Office Word -ohjelmalla. Oppaan havainnollistavat kuvat otettiin Print Screen:llä ja kuvankaappaus-ohjelmalla, ja niitä muokattiin Microsoft Paint- ja Word -ohjelmilla. Englanninkielisen sanaston kääntämisessä ja selittämisessä käytettiin tukena MOT:n sanakirjoja ja suomenkielisiä artikkeleita sekä ohjelman omia www-sivuja ja YouTubessa olevia opetusvideoita.

Opinnäytetyön lopputuloksena oli toimeksiantajan toiveiden ja tarpeiden mukainen käyttöopas, jonka mahdollinen muokkaaminen jäi yrityksen vastuulle. Materiaalia lisäävästä valmistuksesta on laadittu suomen kielinen eurooppalainen standardi, joka tulevaisuudessa vaikuttaa suomenkielisen terminologian vakiintumiseen 3D-tulostamisessa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

VEHMAA, MARKUS:
Creating User's Guide
3D Printing and Simplify3D

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 1 page
May 2017

The purpose of this thesis was to create a guide for users of Simplify3D. Simplify3D is a program designed for 3D printing. The guide was made for Prenta Oy, a company that sells Simplify3D software license together with their 3D printers. Prenta Oy manufactures 3D printers that use the material extrusion method. They wanted to provide a more inclusive package for Finnish speaking customers when selling their printers with the Simplify3D software license. In addition to a description of the guide writing process, a discussion of the various methods of 3D printing and the printing of various materials is also given here.

The guide was written in Finnish, with the aim of teaching beginners how to get started with 3D printing using Simplify3D. The guide was made using a Microsoft Office Word template. Demonstrative pictures taken from the printing software were created by using Print Screen and Snipping Tool. They were edited with Microsoft Paint and Word.

The aim was to write a guide in Finnish to describe and demonstrate the features and functions of Simplify3D for users. All the terminology used in the program was not translated directly into Finnish; instead, they were explained. A new standard has recently been published for Finnish vocabulary to be used in additive manufacturing, which will probably standardize Finnish terminology in 3D printing in the future.

Key words: creating a user manual, 3d printing, 3d printer, translating

SISÄLLYS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 5 |
| 2 | KÄYTTÖOPPAAN SUUNNITTELU | 6 |
| | 2.1. Käyttöoppaan määrittely | 6 |
| | 2.2. Prenta Oy | 8 |
| | 2.2.1 Asiakastarve | 9 |
| | 2.2.2 Toimeksianto | 10 |
| 3 | 3D-TULOSTAMINEN | 11 |
| | 3.1. 3D-tulostamisen mahdollisuudet | 11 |
| | 3.2. Tulostustekniikat | 12 |
| | 3.2.1 Muovin tulostaminen | 20 |
| | 3.2.2 Metallin tulostaminen | 22 |
| | 3.2.3 Komposiitin tulostaminen | 22 |
| | 3.2.4 Keraamin tulostaminen | 23 |
| | 3.3. 3D-Tulostimet | 24 |
| | 3.3.1 Tulostimen valinta käyttötarpeen mukaan | 24 |
| | 3.3.2 Prenta Oy:n valmistamat tulostimet | 25 |
| | 3.4. Simplify3D | 26 |
| 4 | KÄYTTÖOPPAAN TOTEUTUS | 28 |
| | 4.1. Tulostusohjelma | 28 |
| | 4.2. Käyttöopas | 28 |
| | 4.2.1 Käyttöohjeen ulkoasun ja tekstin suunnittelu | 29 |
| | 4.2.2 Tekniset ongelmat | 30 |
| | 4.2.3 Suomentaminen | 30 |
| | 4.2.4 Käyttötarkoitus | 31 |
| 5 | POHDINTA | 32 |
| | LÄHTEET | 34 |
| | LIITTEET | 36 |
| | Liite 1. Kuva Simplify3D-ohjelman käyttöoppaasta | 36 |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia aloitteleville käyttäjille käyttöopas, jonka avulla ohjelman käyttöönotto on helppoa. Käyttöopas laaditaan Simplify3D-ohjelmasta, jota käytetään 3D-tulostamisessa. Ohjelmaa käytetään työstöratojen ja tulostusprosessien laatimiseen, sekä simuloimiseen. Käyttöoppaassa havainnollistetaan ja kuvataan ohjelmassa esiintyviä englanninkielisiä käsitteitä ja toimintoja suomen kielellä.

Tästä opinnäytetyöstä hyötyvät toimeksiantajan lisäksi ne henkilöt, jotka suunnittelevat käyttöoppaan laatimista. Opinnäytetyöstä voivat myös hyötyä ne, jotka haluavat perehtyä 3D-tulostamiseen ja miettivät 3D-tulostimen ja ohjelman hankintaa.

Opinnäytetyössä lähteinä käytettiin toimeksiantajan omia www-sivuja, tulostusohjelman laatijan www-sivuja ja opetusvideoita sekä 3D-tulostamisesta kertovia artikkeleita ja esitysvideoita. Hyvän käyttöoppaan laatimisen lähteinä käytettiin useita erilaisia digitaalisia ohjeita.

Opinnäytteen toimeksiantaja on vuonna 2014 perustettu Prenta Oy, jonka toimipiste on Kangasalla. Yrityksen toimintaan kuuluu 3D-tulostimien valmistuksen lisäksi muun muassa 3D-tarvike- ja varaosamyynti, 3D-tulostimien huoltopalvelut, 3D-laitteiston ylläpito ja 3D-tulostuksen koulutuspalvelut

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin suomenkielinen käyttöopas Simplify3D-ohjelmasta aloitteleville käyttäjille. Käyttöopas toteutettiin yhteistyössä yrityksen toimitusjohtajan kanssa. Valmistuneen käyttöoppaan ylläpito ja päivittäminen on yrityksen vastuulla.

2 KÄYTTÖOPPAAN SUUNNITTELU

2.1. Käyttöoppaan määrittely

Käyttöopas on kirjallinen dokumentti, joka ohjeiden lisäksi voi sisältää asian havainnollistamiseen tarkoitettuja kuvia. Käyttöopas voi olla sähköinen tai paperinen. Sopiva muoto julkaisulle valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Käyttöoppaan tavoitteena on antaa ohjeita siitä, miten tehdä tai käyttää jotakin uutta tekniikkaa, järjestelmää, konetta tai muuta vastaavaa. Lisäksi siihen voidaan koota menettelytapaohjeita virhetilanteisiin. (Kathy 2007 ; Klariti ; Siltanen 2009, 9–14)

Käyttöopasta laatiessa on tärkeää ensin luoda käyttäjäprofiili. Suunnitteluvaiheessa määritellään tehdäänkö käyttöopas aloittelijoille vai kokeneemmille henkilöille sekä valitaan käsiteltävät asiat. On tärkeää miettiä, missä ympäristössä sitä käytetään. Alussa tulee kuvata ne asiat, joita käyttäjä tarvitsee ensimmäisenä käyttöönottoaiheessa. Hyvänä pohjana suunnittelulle toimii käyttöoppaan sisällysluettelo, jota voidaan muokata toivotunlaiseksi kokonaisuuden hahmottuessa. Oppaassa on määriteltävä siinä käytetyt ammattitermit selkokielellä. (Kathy 2007 ; Klariti ; Siltanen 2009, 9–14)

Käyttöoppaan alussa on kansilehti, jossa on sisältöä kuvaava otsikko, mahdolliset merkinnät tekijänoikeuksista, käyttöoikeuksista ja referensseistä sekä sisällysluettelo. Varsinaiset ohjeet luokitellaan selkeiksi asiakokonaisuuksiksi. Asiasisältö voidaan luokitella esimerkiksi koodein siten, että lukija löytää tiedon helpommin. Siinä voidaan käyttää kuvia ja muita graafisia elementtejä havainnollistamaan ohjeita. Hyvässä käyttöoppaassa on helposti luettava fontti ja riittävä fontin koko sekä selkeä ulkoasu ja tyyli. Oppaan lopussa voi olla hakemisto, liitteet ja lähteet. (Kathy 2007 ; Klariti ; Siltanen 2009, 9–14)

Ian Sommerville (2001, 5–6) luokittelee viisi erilaista käyttöopasta käyttötarkoituksen mukaan. Järjestelmän toiminnalliseen kuvaukseen keskittyvässä käyttöoppaassa määritellään järjestelmän vaatimukset ja kerrotaan lyhyesti tarjotuista palveluista. Tämän dokumentin tulee sisältää järjestelmän yleiskuvaus. Käyttäjän pitää kyetä lukemaan tätä dokumenttia käyttöönottoon tarkoitettun oppaan avulla sekä päättämään onko järjestelmä toivotunlainen.

Järjestelmän käyttöopas on tarkoitettu järjestelmänvalvojalle. Se pitää sisällään yksityiskohtaiset järjestelmän asennusohjeet tietyssä ympäristössä. Sen tulee sisältää kuvaus järjestelmän tiedostoista ja laitteiston teknisten tietojen vähimmäisvaatimuksista. Siinä on järjestelmänvalvojalle tietoa asennusongelmien löytämiseen ja ratkaisuun. Automatisoidut asennusohjelmat ovat vähentäneet tämänkaltaisen ohjeistuksen tarvetta. (Sommerville 2001, 5–6)

Käyttöönottoon tarkoitettussa käyttöoppaassa tulee olla helposti ymmärrettävä kuvaus järjestelmästä, jossa kuvataan sen tavanomaista käyttötarkoitusta. Siinä kuvataan, mitä tehdään aloitusvaiheessa, ja kuinka loppukäyttäjät hyödyntävät yleisiä järjestelmän ominaisuuksia. Siinä tulee olla havainnollistavia esimerkkejä. Huolimatta käyttäjien taustasta tai kokemuksesta aloittelevat käyttäjät tekevät yleensä virheitä. Helposti löydettävä tieto siitä, kuinka selvittää virheistä, on olennainen osa opasta. (Sommerville 2001, 5–6)

Järjestelmän käyttöoppaassa kuvataan järjestelmän ominaisuudet ja sen käyttö. Siinä tulisi olla täydellinen luettelo virheilmoituksista, ja siitä, miten niistä selvittää. Oppaassa voi käyttää kuvailevia tekniikoita. (Sommerville 2001, 5–6)

Järjestelmänvalvojan käyttöoppaassa tulee olla kuvauksia komennoista ja ohjausjärjestelmästä. Siinä tulee olla kuvaus niistä viesteistä, joita tulee vuorovaikutuksessa muiden järjestelmien kanssa ja siitä, kuinka näihin viesteihin tulee reagoida. Se voi sisältää myös ohjeita laitteiston ylläpidolle. (Sommerville, 2001, 5–6)

Tukesin (Tukes 2016, 7) mukaan käyttöoppaan laadinnassa on otettava huomioon tuotteen käyttötarkoituksen ja teknisten ominaisuuksien hyvä tuntemus. Hyvin laadittu käyttöopas lisää asiakastyytyväisyyttä. Hyvät käyttöohjeet ovat myös helppolukuisia ja ymmärrettäviä. Tätä tavoitetta edesauttavat seuraavat tekijät:

- tiedon esittäminen yksinkertaisella ja ymmärrettävällä tavalla
- erikoisterminologian välttäminen
- käytettyjen erikoistermien selittäminen
- yksiselitteisten termien ja kielen käyttäminen
- lyhyiden ja yksinkertaisten lauseiden käyttäminen

- vain yhden asian sisällyttäminen yhteen lauseeseen
- aktiivimuotojen käyttäminen passiivimuotojen sijaan
- turhien ohjeiden välttäminen
- oman ohjeen tekeminen kullekin laitemallille
- värien ja kontrastien, kuvituksen, selkeän asettelun sekä erilaisten kirjainkokojen ja -tyylien käyttäminen.

Puutteet ohjeistuksessa voidaan jakaa neljään lajityyppiin:

1. Ohjeet puuttuvat kokonaan
2. Suomen- ja/tai ruotsinkieliset ohjeet puuttuvat
3. Ohjeista tehty käännös on niin huono, ettei siitä ole apua tuotteen käyttäjälle
4. Ohjeet ovat epätäydelliset/epäselvät (esim. teksti on liian pientä). (Tukes 2016, 4)

Käyttöohjeiden toimittamista tuotteiden mukana ei Suomessa ole jätetty vapaaehtoisuuden varaan. Käyttöohjeiden sisällöllisistä vaatimuksista sekä siitä, että käyttöohjeet on oltava suomeksi ja ruotsiksi, on säädetty useissa laeissa ja asetuksissa. Tällaisia tuoteryhmiä ovat muun muassa koneet, henkilönsuojaimet, lelut ja sähkölaitteet. Tämän opinnäytetyön käyttöopas ei kuulu viranomaisten markkinavalvonnan piiriin (Tukes, 2016, s. 2–7).

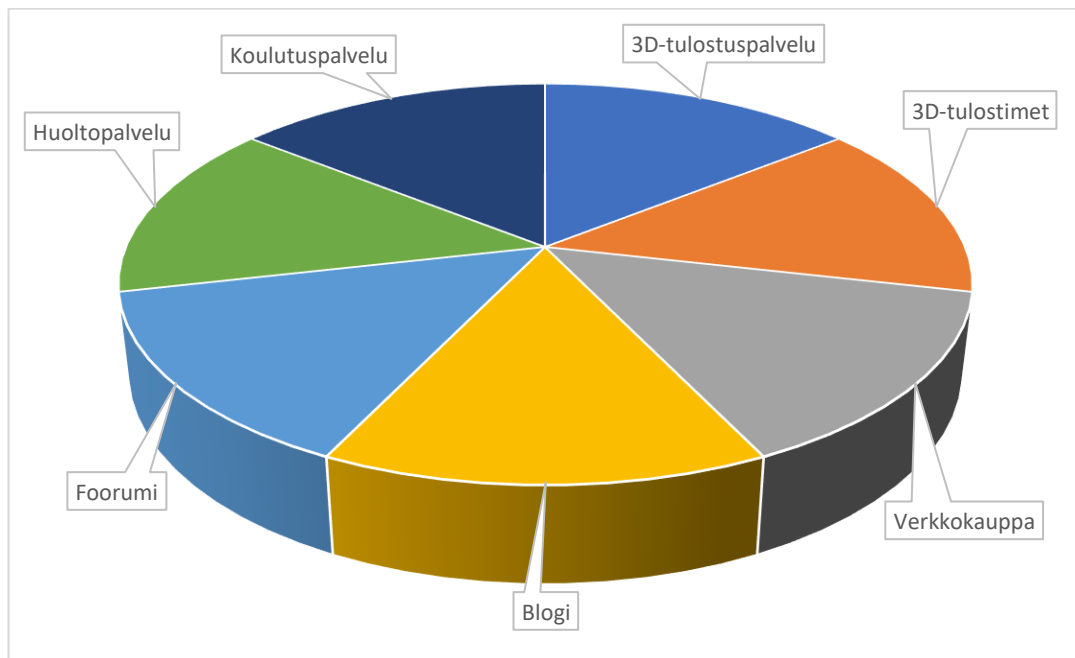
Kuluttajansuojalain perusteella asiakas voi vedota asentamisesta tai puutteellisista ohjeista johtuvaan virheeseen. Tavarassa on virhe, jos sen yhteydessä ei luovuteta ostajalle sellaisia ohjeita, jotka ovat tarpeen tavaran asentamista, kokoonpanoa, käyttöä, hoitoa tai säilytystä varten. Ostaja ei kuitenkaan saa virheenä vedota seikkaan, josta hänen täytyy olettaa tienneen kauppaa tehtäessä. (Finlex, Kuluttajansuojalaki, 12 §)

2.2. Prenta Oy

Vuonna 2014 perustetun, Kangasalla toimivan yrityksen liikevaihto oli 200 000 euroa vuonna 2015. Yritys myy kolmea valmistamaansa 3D-tulostinta, jotka käyttävät teollisuuden muovipursotustekniikkaa. Nämä tulostimet suunnitellaan ja valmistetaan kokonaan käsityönä Suomessa. Nämä kahden suuttimen 3D-tulostimet Prenta Duo ja Prenta Duo XL ovat suunniteltu etenkin pienyrityksille ja oppilaitoksille. Lisäksi

yrityksen valikoimaan kuuluu tällä hetkellä suurin suomalainen 3D-tulostin Prenta Duo XL SE. (Prenta Oy, 2015)

Yrityksen palveluihin (kuvio 1) kuuluu 3D-tulostus-, huolto- ja koulutuspalvelut. Sen tulostuspalvelussa piirretään, mallinnetaan ja tulostetaan 3D-tulosteita. Palvelua saa myös kappaleiden ideoinnissa ja suunnittelussa. Tulostuspalvelun 3D-tulostimet ovat Suomen suurimpia. Niillä voidaan tulostaa jopa metrin kokoisia esineitä. Huoltopalveluihin kuuluu määräaikaishuollot, ylläpito ja käyttötuki sekä käyttöopastus. Koulutuspalveluihin kuuluu mallinnuskoulukset, laitteistojen käyttökoulutukset ja konsultointi. (Prenta Oy, 2015)



KUVIO 1. Prenta Oy:n palveluvalikoima

Yrityksen verkkokaupassa on myynnissä 3D-tulostustarvikkeita ja -varaosia. Se ylläpitää www-sivuillaan blogi-sivustoa, jossa kuvataan asiakkaiden käyttökokemuksia. Blogissa on runsaasti kuvia tulostetuista kappaleista. Lisäksi yritys ylläpitää foorumia rekisteröidyille jäsenille. (Prenta Oy, 2015)

2.2.1 Asiakastarve

Opinnäytteen idea tuli Prenta Oy:ltä. Yrityksen myymään englanninkieliseen 3D-tulostusohjelmaan, Simplify3D:hen, ei oltu laadittu suomenkielistä käyttöopasta.

Tavoitteena oli selittää englanninkielistä terminologiaa suomen kielellä ja havainnollistaa toimintoja kuvin ja esimerkein. Prenta Oy:n tulostimia myydään Suomessa oppilaitoksille ja niillä oli tarve suomenkieliselle oppaalle. Opinnäytetyösopimuksen saamiseen vaikutti oma aktiivisuus ja aiempi kokemus yrityksen tulostimen kokoamisesta. Suomenkielisen oppaan avulla pyritään vauhdittamaan ohjelman jälleenmyyntiä.

2.2.2 Toimeksianto

Alkupalaverissa toimeksiantajan kanssa käytiin läpi käyttöoppaalle asetettuja tavoitteita. Tavoitteena oli kirjoittaa selkeä, havainnollinen ja englanninkieliseen terminologian selittämiseen keskittyvä käyttöopas. Perehdyttäminen yrityksen tulostimiin tapahtui yrityksen tiloissa ja varsinainen opas tehtiin etätöinä. Kirjoittamisen apuna toimi omalle koneelle asennettu Simplify3D-tulostusohjelma.

3 3D-TULOSTAMINEN

3.1. 3D-tulostamisen mahdollisuudet

Kolmiulotteisen tulostamisen teknologia on ollut käytössä jo noin 30 vuoden ajan. Ala on lähtenyt voimakkaaseen nousuun sen myötä, kun keksittiin kotikäyttöön soveltuvat 3D-tulostimet. 3D-tulostimilla tehdään digitaalisista malleista fyysisiä esineitä. Materiaaleina voidaan käyttää muovia ja muita materiaaleja (Evans 2012, xxiii).

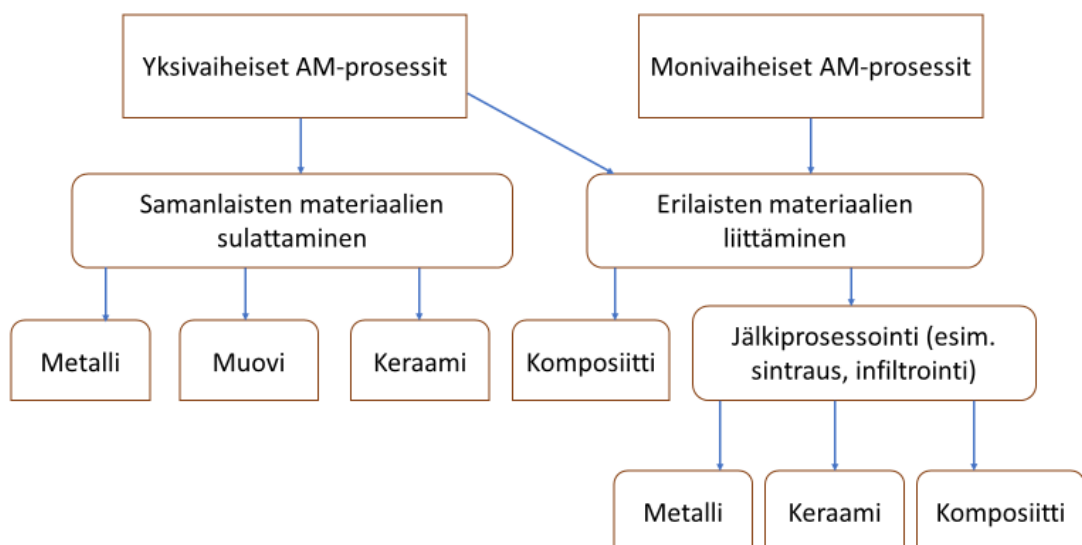
3D-tulostaminen on alkanut nestemäisen muovin valokovetuksesta. Menetelmien ja laitteiden kehittyessä 3D-tulostettavien materiaalien valikoima on laajentunut. 3D-tulostamisen etuna on se, että sen avulla voidaan tulostaa kappaleita, joita ei muilla valmistustekniikoilla voida valmistaa. 3D-tulostamista voidaan hyödyntää esimerkiksi lääketieteessä tulostamalla prototyyppejä, joiden avulla valmistaudutaan vaikeaan leikkaukseen. Sitä on myös käytetty tekoraajojen ja muiden ihmisten varaosien valmistuksessa. Tuotantomenetelmänä 3D-tulostus on usein kustannustehokkaampaa ja nopeampaa kuin perinteiset valmistusmenetelmät, erityisesti valmistettaessa prototyyppejä ja piensarjoja. Sen avulla on mahdollista tulostaa sisäkkäisiä muotoja, kuten salibandyballon sisälle pienempi pallo, jota ei saada pallon sisältä ulos hajottamatta isompaa palloa. Esineet voidaan tuottaa käyttövalmiina, eikä niitä tarvitse tuottaa osista.

Yhdysvaltalaiset tutkijat valmistivat 3D-bioprintterillä luuta, rustoa ja lihasta. He kykenivät valmistamaan biologisia varaosia, jotka pysyivät elävinä eläimissä. Varaosiin lisättiin suonia muistuttavia mikrokanavia, jotka huolehtivat hapen ja ravinnon perillemenosta, kunnes kudoksiin ehti kehittyä oma verisuonisto (Heikkinen 2016). Kiinalainen yritys WinSun Decoration Design Engineerin Co. tulosti päivän aikana 10 taloa kierrätetyistä materiaaleista (Karyne 2014).

3D-tulostustekniikoiden kehittyminen lyhentää tuotekehitysaikaa, mahdollistaa yksilöidyt monimutkaiset tuotteet, yksinkertaistaa kokoonpanoa ja keventää tuotteiden rakenteita. Tuotekustannukset on myös helpompi määrittää, koska tulostusohjelma laskee tuotteen tulostusajan ja materiaalin kulutuksen.

3.2. Tulostustekniikat

3D-tulostaminen luokitellaan englanninkielisen termin Additive Manufacturing (AM) alle. Se viittaa prosessiin, jolla luodaan kerroksittain kolmiulotteisia kappaleita tietokoneella ohjattuna. Materiaalia lisäävä valmistusmenetelmä on termin additive manufacturing suomenkielinen vastine. SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017 on eurooppalainen standardi, jonka tarkoituksena on vakiinnuttaa ja määritellä materiaalia lisäävien valmistusmenetelmien (Additive Manufacturing, AM) yhteydessä käytettävät termit. Näillä tarkoitetaan lisäävillä menetelmillä valmistettavia kolmiulotteisia fyysisiä kappaleita, 3D-malleja, tuottavia tekniikoita. Materiaalin lisäys tarkoittaa raaka-aineen ainesosien tuomista yhteen ja liittämällä (eli sulattamalla tai sidostamalla) yleensä kerroksittain. Materiaalia lisäävät valmistusprosessit luokitellaan yksi- ja monivaiheiseksi prosesseiksi (kuvio 2). Yksivaiheisessa prosessissa kappale saa perusgeometriansa ja tavoitellut materiaaliominaisuudet yhdessä prosessivaiheessa. Monivaiheisessa prosessissa kappale voi saada geometriansa ensimmäisessä prosessivaiheessa ja sen jälkeen materiaaliominaisuutensa (esim. metallin ominaisuudet) toisessa prosessivaiheessa. (SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 6, 16-17)



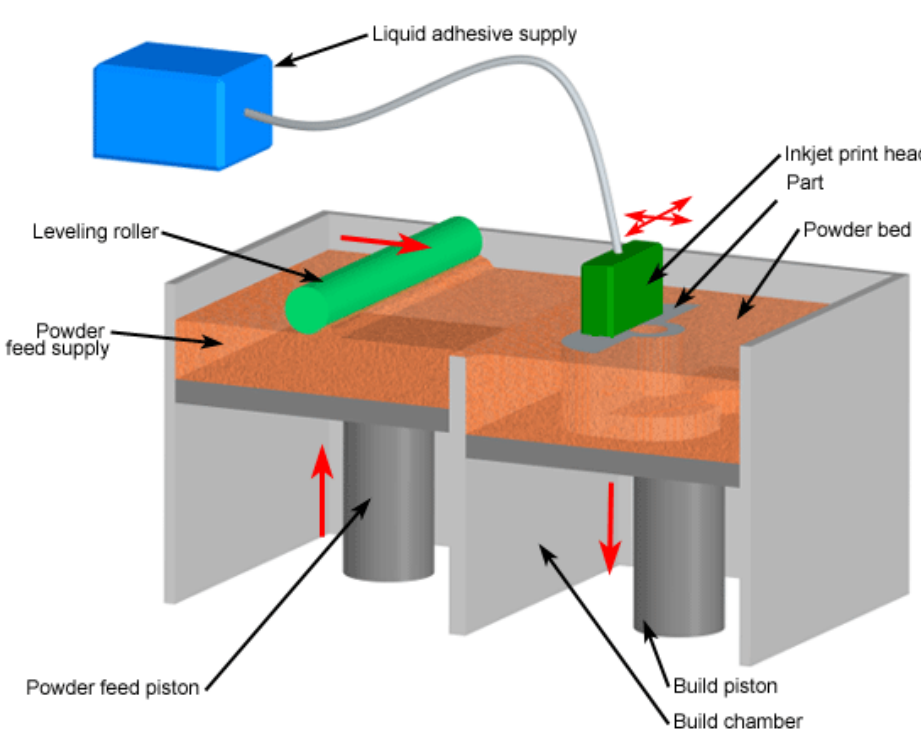
KUVIO 2. Materiaalia lisäävä valmistus (AM)

Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat ovat sideaineen suihkutusta, suorakerrostusta, pursotusta, materiaalin suihkutusta, jauhepetisulatus, kerroslaminointi ja valokovetus altaassa.

Materiaalia lisäävässä prosessissa materiaalit voidaan liittää yhteen eri sidostyypeillä ja liittämisooperaatio vaihtelee riippuen siitä, missä muodossa ja kuinka materiaali toimitetaan järjestelmään. Eri materiaalit liittyvät toisiinsa atomisidoksilla. Metallimateriaalit pysyvät koossa metallisidoksilla, polymeerimolekyylit tyypillisesti kovalenttisilla sidoksilla, keraamiset materiaalit tyypillisesti ioni- ja/tai kovalenttisilla sidoksilla ja komposiittimateriaalit jollain näiden yhdistelmällä. (SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 17)

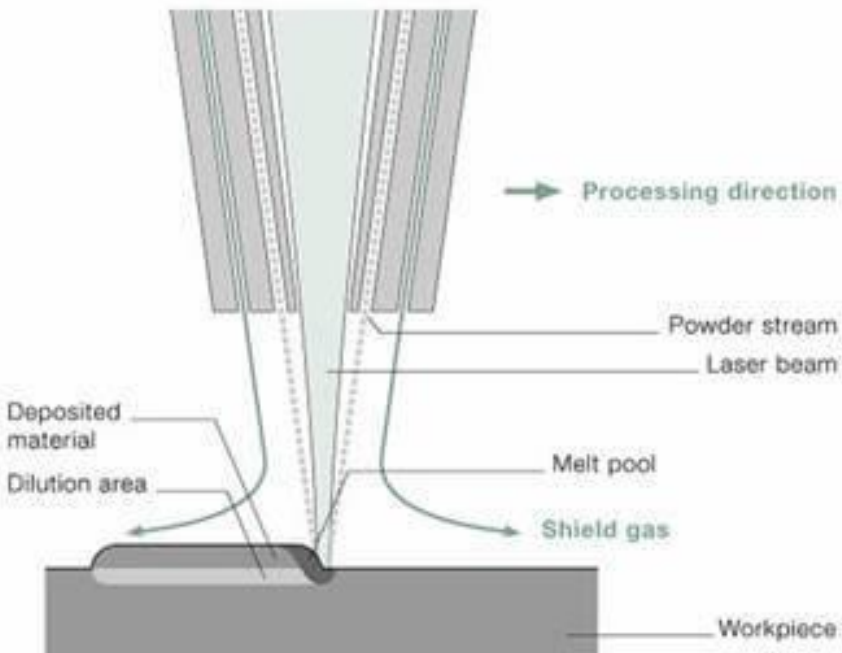
Sideaineen suihkutuksessa kappale rakentuu jauhemaiseen aineeseen, johon ruiskutetaan perusmateriaalin kanssa reagoivaa nestemäistä sideainetta. Sideaine jää aina osaksi kappaletta. Vaikka sideaine reagoi huoneenlämmössä, jauheen pitää jäähmettyä muutamia tunteja ennen kappaleiden irrottamista. (FIRPA) (taulukko 1)

TAULUKKO 1. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: sideaineen suihkutus (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)

| | |
|---|---|
| Sideaineen suihkutus (Binder Jetting) | Nestemäinen sideaine kohdistetaan valittuihin kohtiin jauheen liittämiseksi |
|  <p>The diagram illustrates the Binder Jetting process. A blue liquid adhesive supply is connected to a green inkjet print head. The print head is positioned above a brown powder bed. A green leveling roller moves across the powder bed, and a green powder feed supply is also shown. The build chamber contains a grey powder feed piston and a grey build piston. The diagram shows the process of depositing adhesive onto the powder bed to form a part.</p> <p>Copyright © 2008 CustomPartNet</p> | |

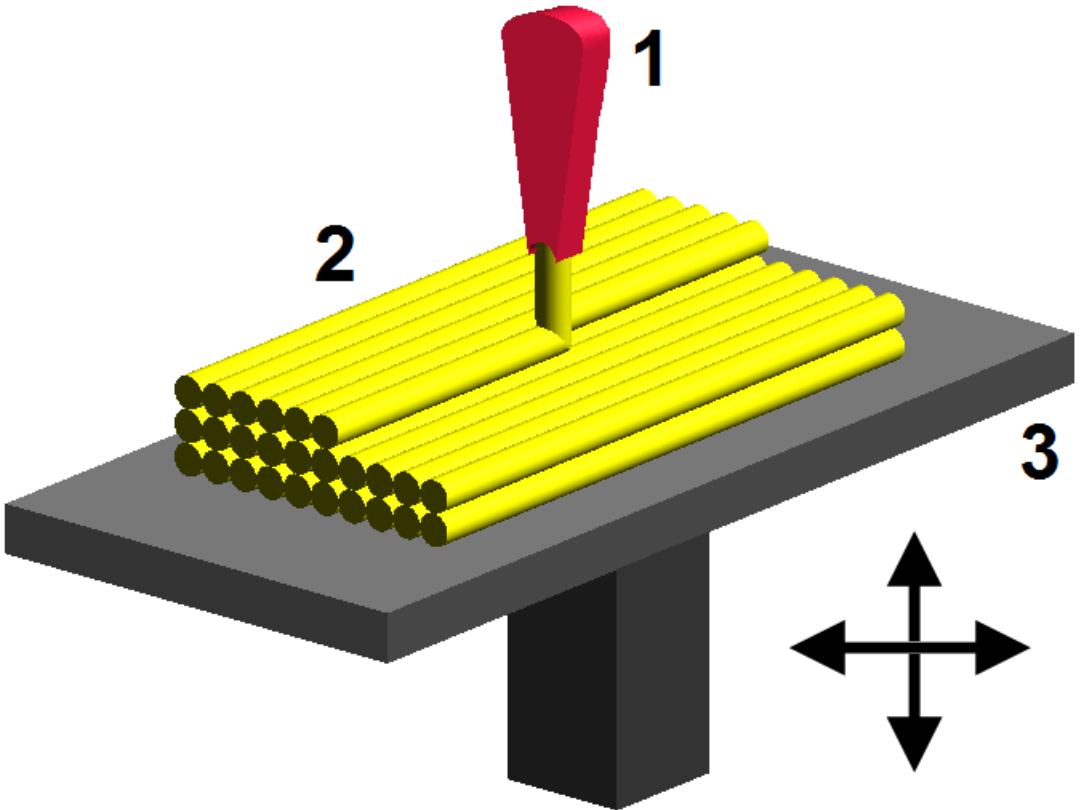
Suorakerroksuksessa lämpö suunnataan uuden materiaalikerroksen lisäämisen yhteydessä yhteen kohdistuspisteeseen. Usein lämmönlähteenä on lasersäde ja materiaalina käytetään metallijauheita. Materiaalisuutin ja lämmönlähde voivat olla erillisiä tai integroituja. Useimmissa laitteissa on 4- tai 5-akselinen ohjaus tai robottikäsi tulostuspään siirtämiseen, joten menetelmä ei rajoitu kerroksittaiseen rakentamiseen. (FIRPA) (taulukko 2)

TAULUKKO 2. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: suorakerrostus (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)

| | |
|---|---|
| Suorakerrostus (Directed Energy Deposition) | Kohdennettua lämpöenergiaa (esim. laser, elektronisuihku tai plasma) käytetään sulattamaan ja liittämään materiaali kohdennetusti |
|  | |

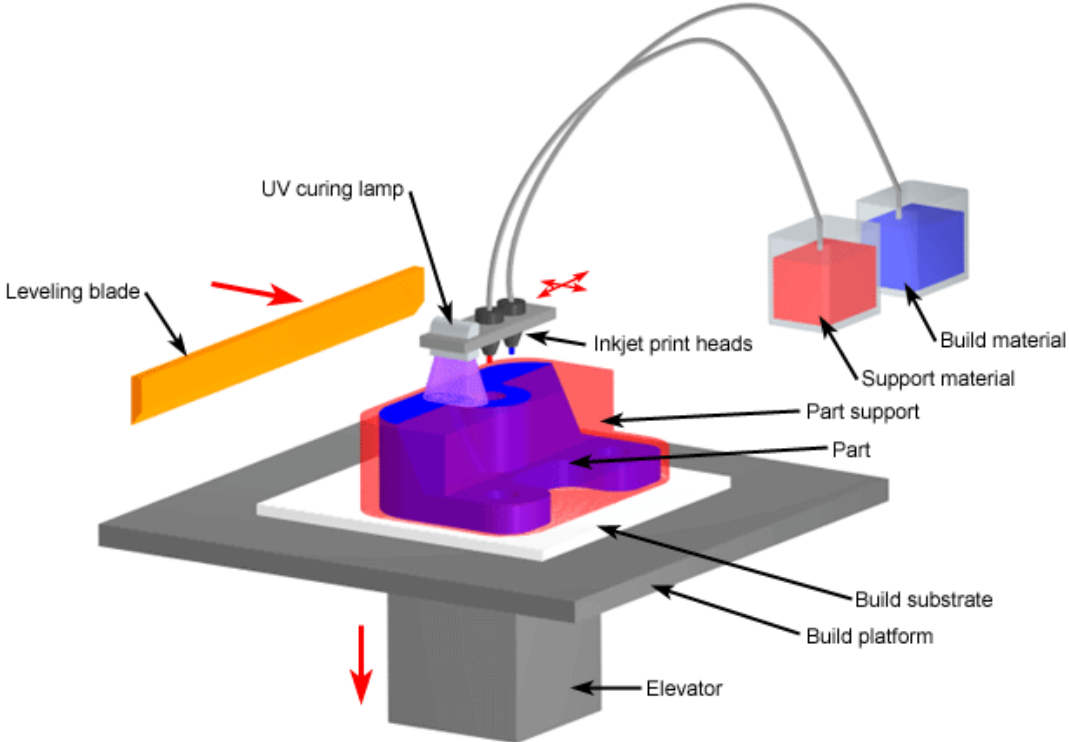
Pursotuksessa sulatettua materiaalia pursotetaan suuttimen läpi valmistuspinnalle kerroksittain. Materiaalina voi olla muovinauhaa, tai kasetilta tai putkistoa pitkin annosteltavaa massaa. Menetelmässä tarvitaan tukirakenteita. (FIRPA) (taulukko 3)

TAULUKKO 3. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: pursotus (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)

| | |
|---|--|
| Pursotus (Material Extrusion) | Materiaali annostellaan kohdennetusti suuttimen tai reiän läpi |
|  <p>The diagram illustrates the material extrusion process. A red extruder nozzle (1) is positioned above a grey platform (3). Yellow material is being extruded from the nozzle onto the platform, forming a layer (2). A crosshair symbol with four arrows indicates the direction of material flow or the extrusion path.</p> | |

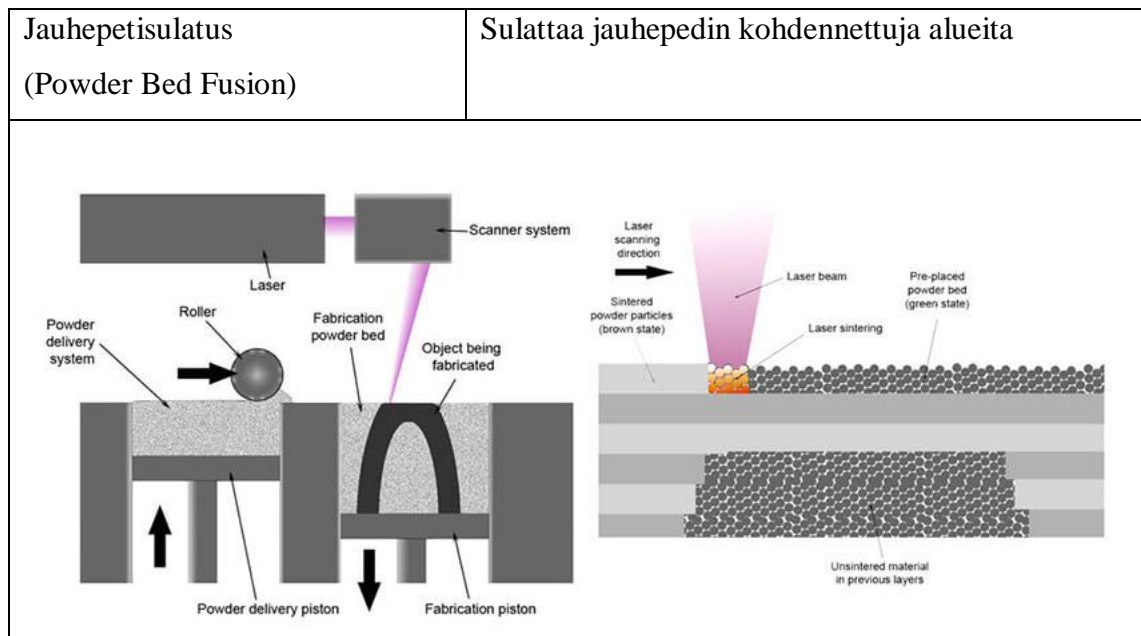
Materiaalin suihkutuksessa materiaalipisaroita ruiskutetaan määriteltyihin kohtiin valmistuspinnalle. Pisaroiden ruiskuttamiseen käytetään yhtä tai useampaa tulostuspäätä, jotka liikkuvat valmistusalustan yläpuolella. Materiaalina käytetään yleisimmin kasetilta syötettävää valokovettuvaa polymeeriä tai vahaa. (FIRPA) (taulukko 4)

TAULUKKO 4. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: materiaalin suihkutus (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)

| | |
|--|--|
| Materiaalin suihkutus (Material Jetting) | Raaka-ainepisarat kovetetaan kohdennetusti |
|  <p>The diagram illustrates the Material Jetting process. It shows a cross-section of the printing head assembly, including a leveling blade (orange) that moves across the surface of the build substrate. Below the blade, inkjet print heads (purple) are shown depositing droplets of build material (red) and support material (blue) onto the build substrate. A UV curing lamp (yellow) is positioned above the print heads to cure the material. The build substrate is supported by a build platform, which is mounted on an elevator that can move vertically. The diagram also shows two reservoirs for build material and support material, connected to the print heads by tubes. Labels include: Leveling blade, UV curing lamp, Inkjet print heads, Build material, Support material, Part support, Part, Build substrate, Build platform, and Elevator. Copyright © 2008 CustomPartNet.</p> | |

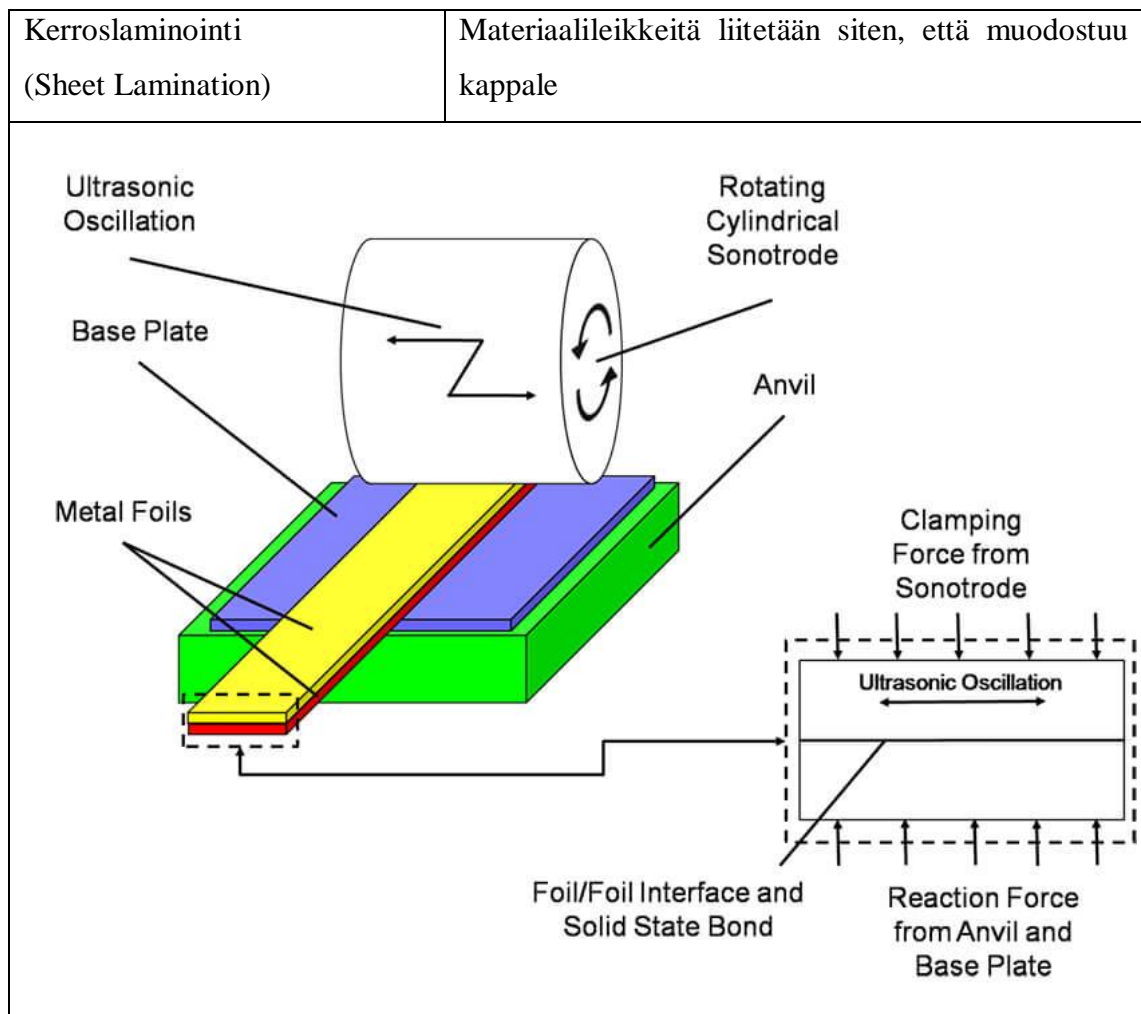
Jauhepetisulatuksessa kohdistetaan lämpöä sulatettaviin kohtiin jauhepedillä. Jauhetta lisätään kerroksittain ja pinta tasoitetaan kerroksien välillä. Sulattamaton jauhe voi tukea kappaletta valmistuksen ajan, jolloin ei tarvita tukirakenteita. (FIRPA) (taulukko 5)

TAULUKKO 5. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: jauhepetisulatus (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)



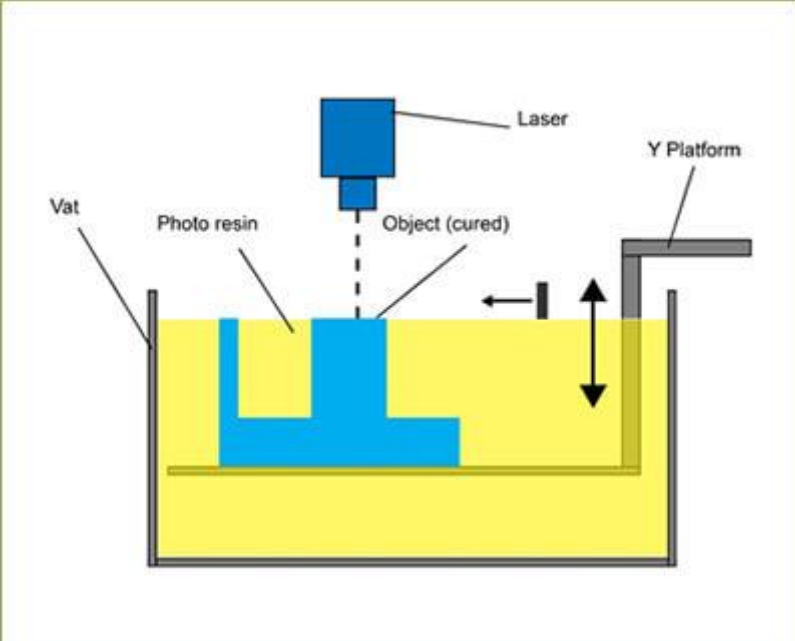
Kerroslaminoinnissa materiaalia liitetään ohuina levymäisinä kerroksina päällekkäin. Levymäinen sideaineella pinnoitettu materiaali laminoidaan kiinni edelliseen kerrokseen kuumennetun rullan avulla. Levymäinen materiaali syötetään joko rullilta tai valmiina arkkeina. Kappaleen muoto saadaan levykerrokseen leikkaamalla. (FIRPA) (taulukko 6)

TAULUKKO 6. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: kerroslaminointi (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7–8)



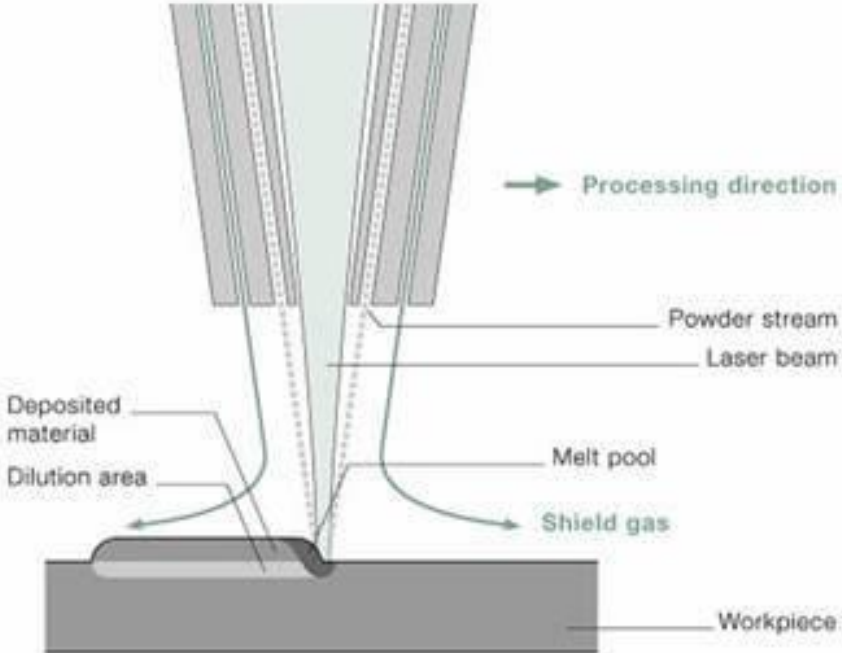
Valokovetuksessa polymeerialtaan valmistuspinnalle kohdistettu näkyvä tai UV-valo valokovettaa pyyhkäisemänsä kohdan. (FIRPA) (taulukko 7)

TAULUKKO 7. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: valokovetus altaassa (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)

| | |
|---|--|
| Valokovetus altaassa (Vat Photopolymerization) | Nestemäinen muovi kovetetaan kohdennetusti käyttäen valoaktiivista polymerointia |
|  <p>The diagram illustrates the Vat Photopolymerization process. A blue laser beam is directed through a lens onto a yellow vat containing photo resin. The laser focuses on a specific point on the resin surface, curing it into a blue 'Object (cured)'. A grey 'Y Platform' is positioned at the bottom of the vat, and a vertical double-headed arrow indicates its movement. A horizontal arrow points to the left, suggesting the platform's lateral movement. The vat is labeled 'Vat' and the resin is labeled 'Photo resin'.</p> | |

Suorakerrostuksessa lämpö suunnataan uuden materiaalikerroksen lisäämisen yhteydessä yhteen kohdistuspisteeseen. Usein lämmönlähteenä on lasersäde ja materiaalina käytetään metallijauheita. Materiaalisuutin ja lämmönlähde voivat olla erillisiä tai integroitua. Useimmissa laitteissa on 4- tai 5-akselinen ohjaus tai robottikäsi tulostuspään siirtämiseen, joten menetelmä ei rajoitu kerroksittaiseen rakentamiseen. (FIRPA) (taulukko 8)

TAULUKKO 8. Materiaalia lisäävän valmistuksen menetelmäluokat: suorakerrostus (3Dprinting.com, 2017; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 7-8)

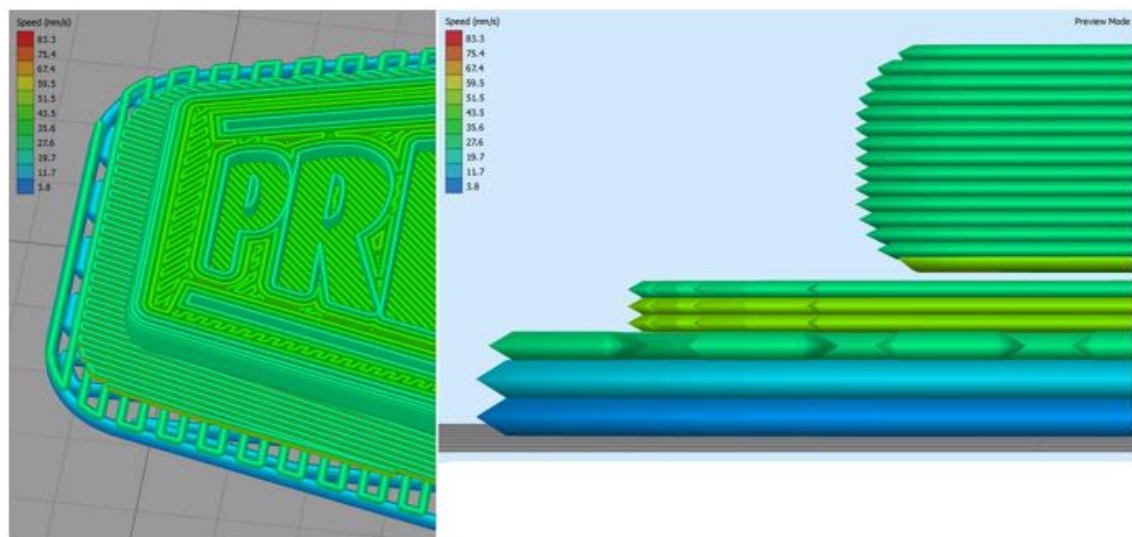
| | |
|---|---|
| Suorakerrostus (Directed Energy Deposition) | Kohdennettua lämpöenergiaa (esim. laser, elektronisuihku tai plasma) käytetään sulattamaan ja liittämään materiaali kohdennetusti |
|  <p>The diagram illustrates the Directed Energy Deposition (DED) process. A laser beam and a powder stream are directed onto a workpiece. The laser beam creates a melt pool, and the powder stream is deposited into it. Shield gas surrounds the melt pool. Deposited material and dilution area are shown. Processing direction is indicated by an arrow.</p> | |

3.2.1 Muovin tulostaminen

Muovin yksivaiheisessa AM-prosessissa materiaali voidaan liittää lämpö- tai kemiallisella reaktiolla ja raaka-aine voi olla muodoltaan nestemäistä, sulaa, jauhetta, levyä tai nauhaa. Lämpöreaktiolla liittämässä käytetään pursotusta, materiaalin suihkutusta ja jauhepetisulatusta. Pursotusta käytettäessä sula materiaali pursotetaan kerrostussuuttimella. Materiaalin suihkutuksessa käytetään tulostuspään montaa suutinta materiaalin ruiskuttamiseen. Jauhepetisulatusta käytettäessä kohdennettu materiaali

liitetään jauhepedissä. Kemiallisella reaktiolla liitettäessä käytetään sideaineen suihkutusta, materiaalin suihkutusta, valokovetusta altaassa ja kerroslaminointia. Sideaineen suihkutuksessa menetelmänä on reaktiivinen kovetus ja materiaalin syöttö tapahtuu tulostuspäästä. Valokovettuvan materiaalin kovettamisessa käytetään materiaalin suihkutusta tulostuspäästä tai valokovetusta altaassa. Kerroslaminoinnissa käytetään levyjä, ja pinotut levyt liitetään yhteen. (SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 19)

Lankatulostimella (kuva 1) tulostaessa ohjelmalla on myös mahdollista luoda tukirakenteita kappaleen ympärille, jotka kannattelevat kappaleen ulokkeita. Kappaleen täyttämisen tukirakenne määrittelee kappaleen kestävyuden, mutta harvemmin muovia tulostaessa tarvitaan umpinaisia kappaleita.



2. LAUTTA (Raft), Luo kappaleen alle lautan, joka auttaa tulostusmateriaalin tarttumista ja vakauttaa kappaletta jolla on pienet jalat. Käytetään pääasiassa ABS-muovin kanssa. Jos tulostusmateriaalin tarttumisen on ainoa haitta, niin kannattaa käyttää mieluummin *Brim* -vaihtoehtoa, koska se kuluttaa vähemmän materiaalia ja tulostuu nopeammin.

KUVA 1. Havainnollistava esimerkki muovin tulostamisesta kerroksittain Simplify3D-käyttöoppaasta

Tulostimeen ladataan haluttu tulostusmateriaali, mutta ennen tulostamisen aloittamista tarvitsee tulostimen suutin ja valmistusalusta esilämmittää. Tämä estää muovin tukkeutumisen suuttimeen ja edistää muovin tarttumista valmistuspintaan. Muovin tulostamisessa tulostusmateriaali lämmitetään suuttimen avulla ja pursotetaan valmistusalustalle kerroksittain. Tulostamisen työkierrössä on otettava huomioon, että kappale ehtii jäähtymään, muuten tulosteella ei ole tarpeeksi aikaa jäähmettyä ja se jää roikkumaan suuttimesta. Tulostamisen loputtua tulosteet irrotetaan valmistusalustasta,

jonka jälkeen ne voidaan pintakäsitellä tai viimeistellä. (Evans 2012, 17–7; Kirjaston kaupunkiverstas)

Muovien 3D-jauhetulostamisessa voidaan käyttää SLS-tekniikkaa (Selective Laser Sintering). Kyseisessä menetelmässä 3D-tulostimen pohjalle levitetään muovijauhetta kerros kerrallaan ja jokaisella kerroksella laser sulattaa kyseisen kerroksen geometrian muoviin. Tulostamisen valmistuttua kappaleen ympärillä oleva muovijauhe poistetaan kappaleen ympäriltä ja irroitetaan kappale tulostinpöydästä. Sintraamalla valmistetut kappaleet ovat hyviä pinnanlaadultaan sekä tarkkuudeltaan. SLS-tekniikalla tulostetut kappaleet voidaan pintakäsitellä esimerkiksi maalaamalla. Prosessi mahdollistaa termoplastisten muoviosien valmistuksen teollisessa mittaluokassa. (Järvitalo 2015)

3.2.2 Metallin tulostaminen

3D-metallitulostin tekee kappaleita ja rakenteita, jollaisia ei voi jyrsiä, sorvata tai valaa. Metallien 3D-tulostus kiinnostaa esimerkiksi lentokoneiden ja autojen valmistajia. (Vanhalakka 2016)

Metallin yksivaiheisessa AM-prosessissa voidaan materiaali liittää sulassa tai kiinteässä tilassa ja raaka-aine voi olla muodoltaan jauhetta, levyä tai nauhaa. Suorakerrostulostuksessa ruiskutus päätä käytettäessä materiaali syötetään kohdennetusti kerrostamalla valmistusalustalle. Jauhepetisulatusta käytettäessä kohdennettu materiaali sulatetaan jauhepedissä. Kerroslaminoinnissa käytetään levyjä, ja pinotut levyt liitetään yhteen. Liitosmenetelmän energialähteinä käytetään elektronisuihkua, laseria tai ultraääntä. (SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 18)

Metallin tulostamisessa voidaan käyttää materiaaleina esimerkiksi titaania, kultaa, ruostumatonta terästä, kobolttikromia, hopeaa ja maraging-terästä (Prenta Oy 2015).

3.2.3 Komposiitin tulostaminen

Komposiitti on kahden tai useamman materiaalin yhdistelmä, jossa materiaalit toimivat yhdessä, mutta eivät ole lienneet tai sulautuneet toisiinsa. Komposiitin

materiaaliominaisuuksiin kuuluu esim. keveys, lujuus, hyvä korroosionkestävyys ja muokattavuus. (Myllymaa & Vesterbacka, 2005)

Kun kappaleita valmistetaan kahdessa tai useammassa vaiheessa, ensimmäinen vaihe tuottaa perusgeometrian ja seuraavat vaiheet lujittavat kappaleen perusmateriaalinominaisuudet. Jos prosessi lopetetaan ensimmäiseen vaiheeseen tulokseksi saadaan yhteen liitetty komposiittimateriaali. Kerroslaminoinnissa materiaalia liitetään ohuina levymäisinä kerroksina päällekkäin. Sideaineella pinnoitettu materiaali laminoidaan kiinni edelliseen kerrokseen. (FIRPA; SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 20)

3.2.4 Keraamin tulostaminen

Keraamiset materiaalit ovat epäorgaanisia epämetallisia yhdisteitä. Keraamiset materiaalit voidaan jakaa kuuteen ryhmään: lasit, perinteinen keramiikka (savitavara, posliini), erikoiskeraamit, sementti ja betoni sekä kivet ja mineraalit. (Tampereen teknillinen yliopisto, 2005) Keraamisia materiaaleja voidaan käyttää esimerkiksi astioiden, ruokailuvälineiden ja koriste-esineiden tulostamisessa.

Keraamisen kappaleen yksivaiheisessa AM-prosessissa materiaali voidaan liittää jauhepetisulatuksessa joko kiinteänä tai sulana. Raaka-aineena käytetään joko jauhetta ja/tai nestemäistä sideainetta. Partikkeleiden kohdennettu liittäminen tapahtuu joko jauhepedissä tai se tiivistetään materiaalin esiasteeksi. (SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017, 19)

Lasin tulostamisessa haasteellisinta on se, että edellyttää hyvin korkeaa lämpötilaa, sillä lasimassa valuu suuttimesta vain lämpötilan ylittäessä yli tuhat astetta Celciusta (Orcutt 2015). Lasia on jo aiemmin korvattu esimerkiksi näyteikkunoissa polykarbonaattimuovilla. Polykarbonaatin käyttökohteet ovat: erityistä kestävyyttä tarvitsevat tuotteet ja korkea lämpötilan kesto vaativat tuotteet. Materiaalin käsittely vaatii kuitenkin 3D-tulostimen, jolla on mahdollista lämmittää materiaali 270 Celcius-asteeseen. (MAKER3D Oy)

3.3. 3D-Tulostimet

3D-tulostin on kone, joka valmistaa tuotteen 3D-mallista käyttäen erilaisia materiaaleja ja tekniikoita. 3D-tulostimet ovat erilaisia johtuen siitä, mitä tulostustekniikkaa ne käyttävät. Tulosteen laatuun vaikuttavat esimerkiksi tulostimen ja materiaalin ominaisuudet sekä tulostustekniikka. Siihen vaikuttaa myös tulostusohjelma ja siinä tehtävät tulostusasetukset työstöradoille. Tulostimen osia valmistetaan eri materiaaleista kestäväksi eri työstölämpötiloja. Riippuen tulostettavasta materiaalista ja pinta-alasta kerrosta kohti on mahdollista, että tarvitaan erillistä jäähdyttämistä kerrosten tulostamisen välillä. Ominaisuuksiltaan erilaiset materiaalit edellyttävät tulostimilta erilaisia lämmönkestävyysominaisuuksia.

Tulostamista varten tehdään 3D-malli CAD-ohjelmalla, jonka jälkeen kyseinen malli tuodaan CAM-ohjelmaan. CAM-ohjelmalla luodaan mallille työstörata, eli polku, jota pitkin tulostin tulostaa kerroksittain. 3D-tulostaminen on siis 2D-tulostamista useaan kertaan päällekkäin (TED 2015).

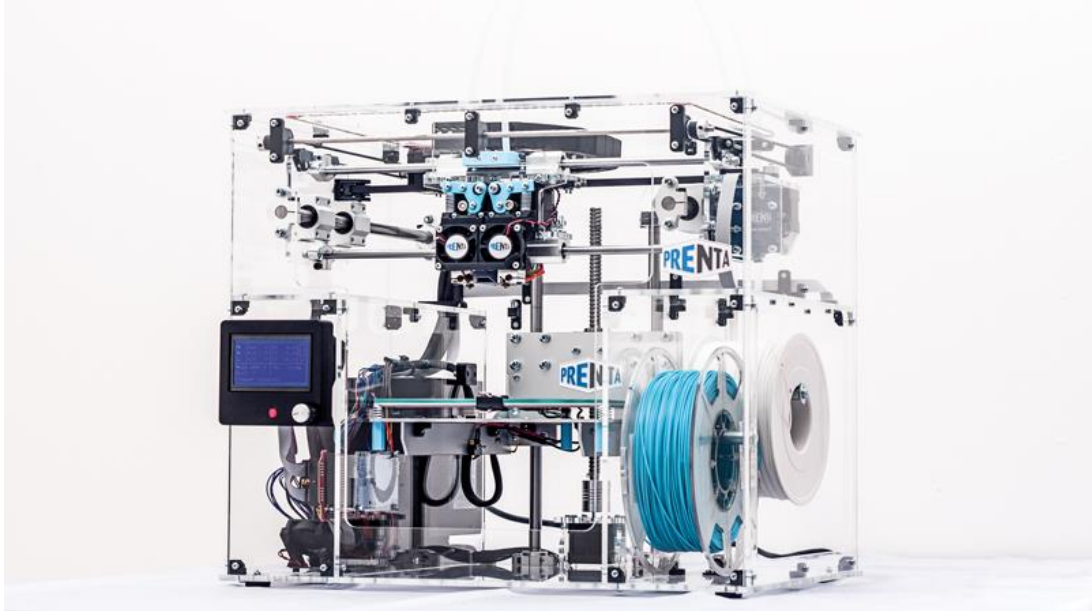
CAD-ohjelmien lisenssit ovat usein liian kalliita yksityiskäyttöön hankittaviksi, sillä ne ovat tarkoitettu ammattikäyttöön. On olemassa myös ilmaisia CAD-ohjelmia, mutta näissä ohjelmissa on usein haasteita 3D-malleja luotaessa. Valmiita ilmaisia 3D-malleja voi ladata esimerkiksi <http://www.thingiverse.com/> ja <https://grabcad.com/> -sivuilta.

3.3.1 Tulostimen valinta käyttötarpeen mukaan

3D-tulostimen koko on suoraan verrannollinen tulostettavan kappaleen kokoon ja tulostuksessa käytettävään menetelmään. 3D-tulostimia valmistetaan sekä teolliseen että kotikäyttöön. Ne voivat olla pöytämalleja tai suuria työstökoneita. Halvimpien, harrastuskäyttöön soveltuvien yhden materiaalin ja pienten kappaleiden tulostamiseen soveltuvien pöytäkoneiden hinnat alkavat muutamasta sadasta eurosta. Useita materiaaleja tulostavien pöytätulostimien hinnat vaihtelevat noin 1000–10000 euron välillä. Metallitulostimia käytetään pääosin teollisuudessa, koska tulostuksessa käytettävä hieno metallipöly vaatii asianmukaisia suojausta ja eristämistä. Esimerkiksi nestemäistä hartsia käyttävien tulostimien hinnat ovat korkeat, eivätkä näin sovellu harrastekäyttöön.

3.3.2 Prenta Oy:n valmistamat tulostimet

Prenta Oy tekee 3D-tulostimia teollisuudelle, yrityksille, oppilaitoksille ja yksityishenkilöille. Sillä on tällä hetkellä myynnissä kolme tulostinmallia, Prenta Duo (kuva 2), Prenta Duo XL ja Prenta Duo XL SE.



KUVA 2. Prenta Oy:n 3D-tulostin Prenta Duo (Prenta Oy, 2015)

Lankatulostuksessa menetelmänä käytetään pursotusta. Tulostettaessa materiaali annostellaan kohdennetusti suuttimen läpi. Prenta Oy:n markkinoilla oleviin lankatulostimien materiaalivalikoimiin kuuluvat kaikki muovitulostimiin tarkoitetut tulostusmateriaalit; PLA, ABS, PVA. Muita soveltuvia materiaaleja ovat mm. Petg, Flex-filamentit, puukuitufilamentit, metalliseosfilamentit, hiilikuituseokset, grafeenifilamentit ym. (Prenta Oy 2015).

Laiteohjelmistona tulostimissa on avoimen lähdekoodin Repetier-Firmware Arduino Mega2560-alustalla. Prenta Duossa on etulevyssä vakiona käyttöpaneeli sekä SD-muistikortinlukija. Tietokoneen pitäminen laitteessa kiinni ei siis ole välttämätöntä tulostuksen aikana (Prenta Oy 2015).

3.4. Simplify3D

Simplify3D Printing Slicing Software on tietokoneohjelma, jota käytetään 3D-tulosteiden työstörajojen laatimiseen ja tulostusprosessin simuloimiseen. Ohjelmalla muutetaan digitaalisia tiedostoja kiinteiksi 3D-malleiksi. Ohjelmisto soveltuu lähes kaikkiin 3D-pöytämallin tulostimiin, ja on ladattavissa maailmanlaajuisesti verkosta. Ohjelma toimii Windows, Mac ja Linux käyttöjärjestelmissä. (Simplify3D)

Ohjelma käyttää useita eri tiedostopäätteitä: .stl, .fff, .gcode, .factory, jne. Kappaleen tuonti 3D-mallina ohjelmaan toimii päätteillä .stl ja .obj. Tiedostopäätteellä .gcode tuodaan ohjelman työstörataan koodattavia aliohjelmia, jotka suorittavat halutun toiminnon. Ohjelman .fff tiedostopäätteellä tuodaan profiili, joka määrittelee tulostimen teknisiä tietoja, simuloitavan valmistusalustan koon ja laitteen aksiaaliset mitat. Tätä profiilia hyödynnetään oletusasetuksien määrittelyssä tulostettaville materiaaleille ja se pitää sisällään asetuksia pursottimelle, kerroksille, täytölle, lämpötiloille, tukirakenteille jne. (Simplify3D)

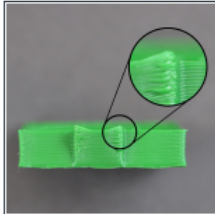
Jokaiselle prosessille määritellään omat asetukset ja yksittäinen kappale voi pitää sisällään useampia prosesseja. Prosesseilla määritellään tulostetaanko materiaalia useasta pursottimesta ja halutaanko kappaleen jokin kohta tulostaa tarkemmilla asetuksilla. Ohjelma tallentaa automaattisesti viimeksi käytetyt asetukset, joihin on helppo tehdä muutoksia. Asetuksiin voi tehdä muutoksia korkeuteen, tulostusnopeuteen tai täytön määrään. (Simplify3D)

G-koodi on numeerisen ohjauksen kieli, jolla tulostimen työstöradat määritellään. 3D-tulostusohjelmalla luodaan tulostettavaan tiedostoon koodia 3D-mallista, jonka lisäksi ohjelma lisää määritellyt asetukset tiedostoon. G-koodi kertoo tietokoneeseen yhdistetylle koneelle minne mennä, kuinka nopeasti ja mitä polkua pitkin. Näitä toimintoja yhdessä kutsutaan työstöradaksi. Ohjelman esikatselussa voi tarkastella ja simuloida työstörataa. Työstöradan voi tallentaa tietokoneelle myöhempää käyttöä varten tai tulostamisen voi aloittaa heti USB-portin välityksellä. Myöhempää käyttöä varten voidaan myös tallentaa kaikki tulostamisessa tarvittava tieto yhteen tiedostoon, jossa on 3D-malli, työstörata, sijainti valmistusalustalla, lisätyt tukirakenteet sekä määritellyt asetukset. (Simplify3D)

Simplify3D:n nettisivun vianetsinnän tukisivusto on erittäin kattava, yksityiskohtainen ja teoreettinen paikka etsiä ongelmiinsa ratkaisuja (kuva 3). Ohjelman käyttäjäkunnan yhteisö on yrityksen foorumilla hyvin avuliasta ja aktiivista.



Curling or Rough Corners



If you are seeing curling issues later on in your print, it typically points to overheating issues. The plastic is extruded at a very hot temperature, and if it does not cool quickly, it may change shape over time. Curling can be prevented by rapidly cooling each layer so that it does not have time to deform before it has solidified. Please read the [Overheating](#) section for a more detailed description of this issue and how to resolve it. If you are noticing the curling at the very beginning of your print, please see the [Print Not Sticking to the Bed](#) section to address first layer issues.

KUVA 3. Esimerkki Simplify3D:n www-sivuilta vianetsintään (Simplify3D, 2017)

4 KÄYTTÖOPPAAN TOTEUTUS

4.1. Tulostusohjelma

Simplify3D on vuonna 2013 perustettu, maailmanlaajuisesti toimiva 3D-tulostusohjelmaa myyvä yritys. Prenta Oy:n tulostimet ja Simplify3D-ohjelma ovat keskenään yhteensopivia. Prenta Oy jälleenmyy Simplify3D-ohjelman lisenssejä.

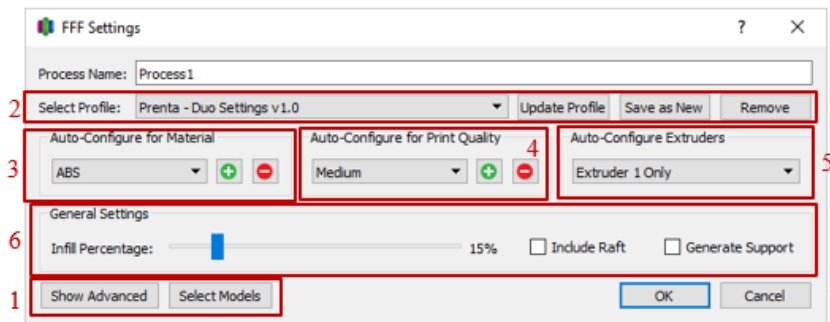
Simplify3D:n www-sivustolla on runsaasti ohjemateriaalia jaossa julkisesti. Sieltä löytää aloitusoppaan, asennusohjeita eri valmistajien tulostimille sekä tukimateriaalia aina 3D-mallin hankkimisesta, tuomisesta ja käsittelystä usealla pursottimella pursottamiseen. Englanninkielinen ohjeistus on hyvin kattavaa ja yksityiskohtaista. Ohjelmasta löytyi opetusvideoita ohjelman käyttämiseen yrityksen omalta YouTube-kanavalta sekä myös muilta kanavilta. Simplify3D:llä on myös oma foorumi, josta saa tietoa muiden käyttäjien kokemuksista, ja josta voi kysyä ohjeita.

Käyttöoppaan laatiminen edellytti sitä, että käytössä oli Simplify3D-ohjelman lisenssi. Prenta Oy:ltä saadun .fff-tiedoston avulla oli mahdollista määritellä Prenta Duo 3D-tulostimen oletusasetukset tulostusohjelmaan. Tulostusohjelman kotisivuilla on helppokäyttöinen pikaopas sekä ohjelman käyttöönottoa ja käyttöä kuvaavia YouTube-opetusvideoita. Internetistä voi ladata ilmaisia CAD-malleja ja tuoda ne tulostusohjelmaan. Ne helpottavat ohjelmaan tutustumista ja ohjelmalla voi luoda ja muokata työstöratioja malleille sekä simuloida ne.

4.2. Käyttöopas

Laadittu 22-sivuinen käyttöopas (liite 1) on lähinnä Sommervillen (2001, 5–6) kuvaamaa käyttöönottoon tarkoitettua opasta. Siinä ei kuitenkaan kuvata ollenkaan virhetilanteita eikä sitä, kuinka ne ratkaistaan. Koska käyttöopas laadittiin aloitteleville käyttäjille, oppaan alussa kuvattiin niitä näkymiä, jotka avautuvat ohjelmaa käynnistettäessä. Tämän jälkeen oppaassa käydään läpi ohjelman toimintoja yleisellä tasolla (kuva 4) ennen syvällisempää perehtymistä niihin. Oppaassa käydään läpi mm. pursottimien asetuksia ja

Tulostusasetuksien hallinnointi tapahtuu tuplaklikkaamalla tahdottavan prosessin nimeä, josta valitaan tulostimen omat asetukset oletus-profiiliksi:



1. Vaativimmat asetukset / Valitse kappaleet
2. Valitse profiili / Päivitä profiili / Tallenna uutena / Poista
3. Oletusasetukset eri materiaaleille
4. Oletusasetukset tulosteen laadulle (matala/keski/korkea)
5. Oletusasetukset suuttimille (1 / 2 / 1&2)
6. Yleisasetukset / Sisätäytön % / Käytä lauttoja / Luo tukirakenteita

KUVA 5. Toimintojen havainnollistaminen numeroin ja punaisten laatikoiden avulla

4.2.2 Tekniset ongelmat

Käyttöopasta Wordillä laatiessa ilmeni ongelmia ohjelman käyttöliittymän kanssa. Wordiin tuotuihin kuviin lisättiin punaisia laatikoita, nuolia ja numeroita. Näitä muotoja oli vaikeata kohdistaa siten, että ne olisivat pysyneet oikeassa kohdassa kuvaa. Käyttöoppaan tekninen toteuttaminen olisi ollut helpompaa, jos kuvat olisi käsitelty ennen Wordiin tuomista valmiiksi kuvankäsittelyohjelmalla.

4.2.3 Suomentaminen

Ohjelmaan ja englanninkieliseen terminologiaan perehtymisessä käytettiin apuna YouTube:ssa olevia opetusvideoita, Simplify3D:n www-sivuja ja foorumia. Suomentamisessa käytettiin tukena MOT:n sanakirjoja. Kaikille ohjelmistossa esiintyvillä termeille ei vielä löydy suomenkielistä vastinetta. Nämä termit pyrittiin selittämään suomen kielellä kääntämättä itse termejä suomen kielisiksi.

4.2.4 Käyttötarkoitus

Käyttöopas toimitettiin toimeksiantajalle Microsoft Word Document (.docx) -tiedostona sähköpostitse. Tässä vaiheessa ei ollut vielä päätetty toimitetaanko se sähköisenä vai kirjallisena dokumenttina asiakkaille. Toimeksiantajan kanssa puhuttiin, että käyttöoppaan taitto annettaisiin ammattilaisten tehtäväksi. Prenta Oy räätälöi asiakastarpeen mukaisen paketin, johon voi kuulua sopiva laitteisto, huoltosopimus, koulutuspaketti ja tulostusohjelma Simplify3D:n lisenssi. Käyttöohje on tarkoitettu niille asiakkaille, jotka valitsevat pakettiin kyseisen tulostusohjelman.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Prenta Oy:lle käyttöopas Simplify3D-ohjelmasta. Käyttöoppaan haluttiin selittävän ohjelman keskeisiä toimintoja ja englanninkielisen terminologiaa suomen kielellä. Opinnäytetyössä kuvataan lisäksi 3D-tulostamisen menetelmiä ja erilaisten materiaalien tulostamista.

Opinnäytetyön tuloksena oli selkeä ja havainnollistava käyttöopas aloitteleville käyttäjille. Kun asiakas ostaa Prenta Oy:n tulostimen ja siihen yhteensopivan Simplify3D-ohjelmaliisenssin, hän saa mukana suomenkielisen käyttöoppaan. 22-sivuisen käyttöoppaan käyttöoikeudet jäivät yritykselle, eikä tässä vaiheessa oltu tehty päätöstä siitä annetaanko oppaan taitto ammattilaiselle.

Valmistustekniikkana 3D-tulostus on suhteellisen uusi, eivätkä suomenkieliset käsitteet ole vakiintuneet. Tulostusohjelmat ovat englanninkielisiä, joten todennäköisesti englanninkieliset tekniset termit ja käsitteet säilyvät suomenkielisten käsitteiden rinnalla, sillä niiden opettelu helpottaa tulostusohjelmiin perehtymistä ja ohjelmien käyttöönottoa. Käyttöoppaan laatimisen ajankohtana ei vielä ollut käytettävissä viimeisintä standardia; Materiaalia lisäävä valmistus. Yleiset periaatteet. Terminologia. (SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017). Se pyrkii vakiinnuttamaan suomenkieliset vastineet englanninkieliselle terminologialle. Käyttöoppaassa käytetyt termit eivät ole kaikelta osin kyseisen standardin mukaisia. Opinnäytetyössä käytetään standardin mukaisia käsitteitä.

3D-tulostamisen kehittymismahdollisuudet ovat lähes rajattomat, kun tulostukseen liittyvät tekniset ongelmat saadaan ratkaistua. Sen käyttömahdollisuudet tulevat lisääntymään sekä teollisessa mittakaavassa, että yksityiskäytössä ja tulostinten hinnat laskevat. 3D-tulostaminen muokkaa tulevaisuudessa radikaalisti tuotantomenetelmiä. Menetelmä mahdollistaa sen, että esineet voidaan tulostaa yhtenä kappaleena. Valmistustekniikan kehittyessä perinteisten työstömenetelmien, kuten lastuavan työstön, merkitys ja käyttö vähenee. Se mahdollistaa myös sisäkkäisten muotojen valmistamisen mikä ei perinteisillä menetelmillä ole mahdollista.

Internetin foorumeilla 3D-tulostamisesta kiinnostuneet harrastelijat ja ammattiosaajat ovat luoneet yhteisöjä, joissa keskustellaan ja jaetaan kokemuksia tulostamisesta, -tulostimista ja -tulostusohjelmista. Nämä foorumit toimivat heille tiedonlähteenä ja

vertaistukena. YouTube:sta löytää myös opetusvideoita ohjelmistojen käytöstä, ja joita myös tässä opinnäytetyössä käytettiin apuna. Yritykset ja yhteisöt ovat myös luoneet www-sivustoja, joissa jaetaan käyttäjien omia, sivustolle lataamia ilmaisia 3D-malleja. Näiden merkitys tiedonlähteenä kasvaa käyttöoppaiden rinnalla.

LÄHTEET

3DPrinting.com, 2017. What is 3D printing? <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

Evans, B. 2012. Practical 3D Printers. The Science and Art of 3D Printing. 1. painos. New York: Apress.

Finlex, Kuluttajansuojalaki, 20.1.1978/38

FIRPA, Suomen Pikavalmistusyhdystys Ry. <http://www.firpa.fi/html/sanasto.html>

Heikkinen, K. Tulostettuihin ihmisen kehonosiin kasvoi verisuonisto. Helsingin Sanomat. Julkaistu 17.02.2016, Päivitetty 22.02.2016. <http://www.hs.fi/tiede/art-2000002886503.html>

Järvitalo, T. Yritys ja palvelut, 3D Formtech. Julkaistu 1.6.2015. http://www.hamk.fi/tyoelamalle/taydennys-ja-jatkokoulutus/opetus-ja-ohjaustaidot/kone-ja-metallialan-opetuksen-kehittamisseminaari/Documents/3D-Formtech-esitys_KOME_20150602.pdf

Kathy, The best user manuals EVER. Julkaistu 01.03.2007. http://headrush.typepad.com/creating_passionate_users/2007/03/the_best_user_t.html

Kirjaston kaupunkiverstas, 3D-tulostin, Helsingin kaupunginkirjasto <http://www.kaupunkiverstas.fi/3d-tulostus/>

Klariti, User Guide Tutorial <http://klariti.com/technical-writing/User-Guides-Tutorial.shtml>

Levy, K. A Chinese Company 3-D Printed 10 Houses In A Day. Business Insider. Julkaistu 14.04.2014. <http://www.businessinsider.com/a-chinese-company-3d-printed-10-houses-in-a-day-2014-4?r=US&IR=T&IR=T>

MAKER3D Oy, Plastic2Print Polykarbonaatti filamentti <http://www.3d-tulostus.fi/175mm-Polykarbonaattikuitunauha-050kg>

Myllymaa, H. ja Vesterbacka, P. Julkaistu 2005. Komposiitit. Kemia yhteiskunnassa-kurssi, Helsingin yliopisto, Kemian laitos

Orcutt, M. 3-D Printing Breaks the Glass Barrier. Technology review. Julkaistu 03.09.2015. <https://www.technologyreview.com/s/540926/3-d-printing-breaks-the-glass-barrier/>

Prenta Oy, 2015. <http://www.prenta.fi/>

SFS-EN ISO/ASTM 52900:2017. Materiaalia lisäävä valmistus. Yleiset periaatteet. Terminologia. Julkaistu 28.03.2017. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS Verkkokauppa. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/5/480362.html.stx>

Siltanen, S. 2009. Ohjelmistotuotteen käyttöohjeiden laatiminen ja haasteet, Case: INNOFACTOR® Prime™. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Laurea-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3356/Suvi%20Siltanen.pdf?sequence=1>

Simplify3D, 2017. <https://www.simplify3d.com/>

Simplify3D. Infill Pattern Basics | Simplify3D. YouTube. Julkaistu 03.11.2015.
<https://www.youtube.com/watch?v=BMWTK2ZgJCM>

Sommerville, I. Software Documentation. Lancaster University, UK. Julkaistu 07.11.2001. <http://www.literateprogramming.com/documentation.pdf>

Tampereen teknillinen yliopisto. Keraamit. Julkaistu 2005. Materiaaliopin laitos.
http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_3.php

TED. What if 3D printing was 100x faster? | Joseph DeSimone. YouTube. Julkaistu 19.03.2015. <https://www.youtube.com/watch?v=ihR9SX7dgRo>

Tukes, 2016, Tuotteiden käyttöohjeet ja turvallista käyttöä koskevat merkinnät
http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/Tuotteiden_kaytto-ohjeet_opas.pdf

Vanhalakka, V. Tämä 3D-tulostin tekee lähes ihmeitä - Tulostaa metallista melkein mitä vaan. Aamulehti. Julkaistu 29.09.2016. <http://www.aamulehti.fi/kotimaa/tama-3d-tulostin-tekee-lahes-ihmeita-tulostaa-metallista-melkein-mita-vaan-23951934/>

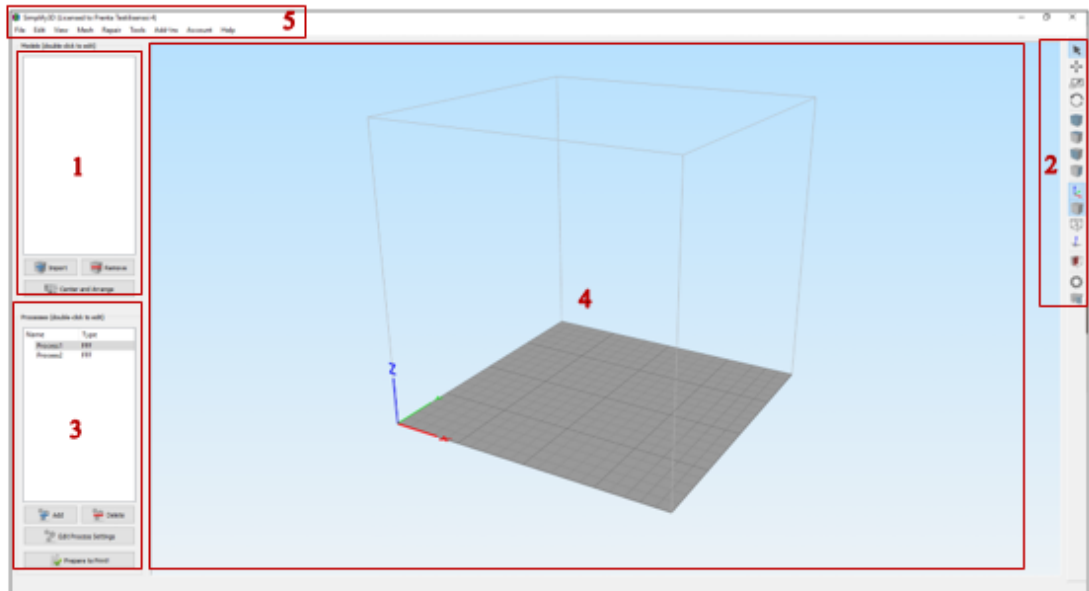
Vihinen, J. 3D-tulostekniikat. Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaistu 17.09.2015.
http://www.vtt.fi/files/services/mav/3D%20-tulostustekniikat_Vihinen.pdf

LIITTEET

Liite 1. Kuva Simplify3D-ohjelman käyttöoppaasta

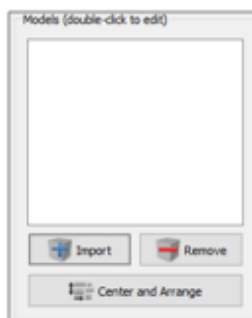
4

2 ALOITUSNÄYTTÖ



1. Mallikappaleen tuonti/hallinnointi
2. Työkalupalkki yleisille toimintoille
3. Tulostusasetusten hallinnointi
4. Tulostuspöydän näkymä
5. Ohjelmavalikko, josta löydät kaikki ohjelman toiminnot

2.1 Mallikappaleen tuonti/hallinnointi



”Import”

- Tuo mallikappaleen ”Models”-listaan ja tulostuspöydälle
- Ohjelma tukee tiedostotyyppisiä .STL ja .OBJ

”Center and Arrange”

- Keskittää kappaleet tulostuspöydälle ja järjestelee päällekkäin olevat kappaleet

”Remove”

- Poistaa valitun kappaleen listalta ja pöydältä

Mallikappaleen skaalausta, asemaa ja kulmaa työpöydällä voidaan muuttaa tuplaklikkaamalla kappaletta tai sen nimeä listalta.