

Risto Peura

3D-tulostaminen ja sen soveltaminen rakentamiseen

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Risto Peura

Työn nimi: 3D-tulostaminen ja sen soveltaminen rakentamiseen

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2017 Sivumäärä: 31 Liitteiden lukumäärä: 0

3D-tulostaminen on kasvava trendi monella eri alalla ja sitä sovelletaan erilaisiin tulostustarkoituksiin. Tässä opinnäytetyössä käsitellään 3D-tulostuksen perusteita ja 3D-tulostamisen soveltamista rakennusalaan. Tavoitteena on lisätä yleistietoa 3D-tulostamisesta ja sen hyödyntämisestä rakennusalalla.

Opinnäytetyössä selvitetään, miten 3D-tulostaminen toimii ja millaisen prosessin se vaatii. Tulostusprosessista saa käsityksen, kuinka tulostimet toimivat ja kuinka niitä voidaan mahdollisesti käyttää eri aloilla ja erilaisiin kohteisiin. Kaikki 3D-tulostimet eivät käytä samaa tekniikkaa.

Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään 3D-tulostamista rakennusalalla. Rakennusalalla tulostamista voidaan hyödyntää monella eri tavalla. Tulostustekniikkana käytetään suurimmaksi osaksi samaa tekniikkaa, jota pienemmät 3D-tulostimet käyttävät. Rakennusalalle 3D-tulostus tuo paljon uusia mahdollisuuksia.

Avainsanat: 3D-tulostus, rakennusteollisuus, soveltaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Risto Peura

Title of thesis: 3D-printing and its application in construction

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2017 Number of pages: 31 Number of appendices: 0

3D-printing is a fast-growing trend in many industries, and it is being used for many different applications. The main point of the thesis was to give the reader some basic knowledge of 3D-printing and its application in construction, and how it was already used.

The first main goal of the thesis was how 3D-printing worked and what kind of process it would take to make a virtual object into a real one. A printing process gave the idea of how a printer worked and what the applications were where it could be used. All 3D-printers do not use the same technology and it is important to know that there are many other techniques to print an object.

The second main aim was how 3D-printing could be and was implemented in construction industry. 3D-printing in construction industry uses mainly the same technique as smaller 3D-printers do.

Keywords: 3D-printing, process, construction, combine

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 Johdanto.....	7
2 3D-TULOSTAMINEN	8
2.1 Mitä 3D-tulostaminen on	8
2.2 3D-tulostamisen prosessi.....	8
2.3 Historia ja nykypäivä	9
3 TULOSTIMET JA TEKNIIKAT	12
3.1 Materiaalin pursotus.....	12
3.2 Jauhe- ja nestemateriaalin kovetus.....	13
3.2.1 Powder Bed Fusion.....	13
3.2.2 Material Jetting ja Binder Jetting	15
3.2.3 VAT Photopolymerisation.....	16
3.3 Muut tekniikat.....	17
3.3.1 Sheet Lamination	17
3.3.2 Directed Energy Deposition	18
4 RAKENNUSTEN 3D-TULOSTAMINEN	19
4.1 3D-tulostamisen soveltaminen rakentamiseen.....	19
4.2 Rakennuksen ja rakenteiden tulostustavat.....	19
4.2.1 Kerros kerrokselta.....	19
4.2.2 Moduuli	23
4.2.3 Vapaa muoto.....	25
4.3 Rakennusten tulostaminen käytännössä.....	26
4.4 Tulevaisuus.....	29
5 YHTEENVETO.....	31
LÄHTEET	32

Kuva- ja kuvioluettelo

Kuva 1. Minifactory 3D-tulostin (Minifactory).....	10
Kuva 2 Terässillan tulostus (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)	26
Kuva 3 WinSun-yrityksen 3D-tulostettu asuinkerrostalo (Starr 19.1.2015)	27
Kuva 4. HuaShang-yrityksen 3D-tulostettu rakennus (Scott 16.6.2016)	28
Kuva 5 Apis Cor-yrityksen rakennus tulostusvaiheessa (Rainisto 6.3.2017)	29
Kuvio 1 FDM-tulostus (3Dprinting)	13
Kuvio 2. SLS-tulostus (3Dprinting)	14
Kuvio 3. SLS-tulostus (3Dprinting)	14
Kuvio 4 Material Jetting (3Dprinting)	15
Kuvio 5 Binder Jetting (3Dprinting)	16
Kuvio 6 SLA-tulostus (3Dprinting)	17
Kuvio 7 Sheet Lamination (3Dprinting)	18
Kuvio 8. Rakennuksen 3D-tulostinrakennelma (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)	20

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D	3D tulee englannin kielen sanasta three dimensional, mikä suomeksi tarkoittaa kolmiulotteista.
AM	AM tulee englannin kielen sanoista additive manufacturing. Tätä nykyään kutsutaan 3D-tulostamiseksi.
RP	RP tulee englannin kielen sanoista rapid prototyping, mikä suomeksi tarkoittaa nopeaa prototyyppien valmistusta.
FDM	FDM tulee englannin kielen sanoista fused deposition modeling ja on yleisin 3D-tulostustekniikka. FDM tarkoittaa myös samaa 3D-tulostusprosessia kuin FFF.
FFF	FFF tulee englannin kielen sanoista fused filament fabrication ja tarkoittaa samaa prosessia kuin FDM.
ABS	ABS on muovilaji, mitä käytetään hyvin yleisesti ja myös 3D-tulostamisessa
PLA	PLA eli polyaktidi on muovilaji, jota käytetään 3D-tulostamisessa.
SLS	SLS tulee englannin kielen sanoista selective laser sintering, mikä tarkoittaa valikoivaa lasersintrausta. SLS on yksi 3D-tulostusmenetelmistä.
SLA	SLA on lyhenne englannin kielen sanasta stereolithography ja on yksi 3D-tulostusmenetelmistä.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on 3D-tulostaminen ja rakennusten 3D-tulostaminen. 3D-tulostaminen on nopeasti kehittyvä ja ajankohtainen ala. Tulevaisuuden suunnitelmat yrityksien ja aiheesta laadittujen kirjoitusten mukaan ovat todella massiivisia ja tämän teknologian kehitys on hyvin nopeaa. Opinnäytetyön päätavoitteena on antaa perustietoa siitä, mitä 3D-tulostaminen on, miten eri tulostusmenetelmät toimivat ja kuinka näitä menetelmiä voidaan hyödyntää ja on hyödynnetty rakentamisessa. Työ keskittyy suurimmaksi osaksi FDM-tulostusmenetelmään, mikä on yleisin menetelmä tulostaa ja muistuttaa hyvin paljon rakentamisessa ja metalliteollisuudessa käytettävää liukuvalua.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa lukijalle tietoa 3D-tulostamisesta ja sen soveltamisesta rakentamiseen. Tietoa aiheesta on hyvin niukasti suomen kielellä. Aihe on myös hieman syrjässä massavirran mediasta, minkä vuoksi se ei ole kovin paljoa esillä.

Työssä hyödynnetään opiskeluaikana opittuja perustietoja rakentamisesta ja sovelletaan niitä 3D-tulostamiseen ja 3D-rakentamiseen. Esimerkiksi rakennuselementtien valmistus ja liukuvalu ovat hyvin tärkeässä asemassa tässä opinnäytetyössä. 3D-tulostaminen on kehittyvä ala ja tulevaisuudessa prosesseja voidaan parantaa ja nopeuttaa, mikä mahdollistaa nopeamman rakentamisen. Oman ammatin kannalta työstä on hyötyä tulevaisuudessa, jos tulostaminen yleistyy ja tarvitsee perustietoa siitä, mitä 3D-tulostaminen on.

Opinnäytetyö käsittelee 3D-tulostamisen prosessia ja erilaisia tulostusmenetelmiä. Työssä käsitellään lisäksi 3D-tulostamisen soveltamista rakentamisessa. Tärkeimmät lähteet ovat internet-artikkelit. Aihe on hyvin uusi, eikä siitä ole paljoa tietoa suomeksi ja rajallisesti myös englanniksi.

2 3D-TULOSTAMINEN

2.1 Mitä 3D-tulostaminen on

Kolmiulotteinen tulostaminen on virtuaalisten mallien tulostamista fyysisiksi objekteiksi. Kolmiulotteinen objekti tulostetaan 3D-tulostimella, mikä käyttää tiettyjä materiaaleja tulostuksessa. Tulostin luo objektin virtuaalisen mallin mukaan tulostaen sen yksi kerros kerrallaan, kunnes se on valmis. Virtuaalinen malli on jaettu moneen eri kerrokseen, joiden mukaan tulostin tulostaa. Tulostimesta riippuen menetelmä voi olla erilainen, mutta edellä mainittu tapa on yksi yleisimmistä 3D-tulostusmenetelmistä. (3Dprinting)

2.2 3D-tulostamisen prosessi

3D-tulostuksen kokonaisprosessissa otetaan huomioon kappaleen suunnittelu, mallinnus, tulostus ja jälkityöt. Kaikki vaiheet on tehtävä huolella, jotta itse tulostusprosessi sujuu ongelmitta. Jos tulostuksen aikana ilmenee ongelmia, ne on korjattava ja jatkettava tulostusta vasta korjauksien jälkeen. Pahimmassa tapauksessa tulostus on aloitettava alusta, jolloin aikaa ja materiaalia menee hukkaan.

Kolmiulotteisen kappaleen tulostaminen alkaa suunnittelulla. Ensin on suunniteltava mitä tulostetaan. Tulostettava objekti voi olla mitä tahansa pienistä malliesineistä jopa toimiviin prototyypeihin asti. Objektin monimutkaisuus taas määrää, montako osaa on valmistettava ja kuinka tarkasti suunnittelu on toteutettava.

Mallinnukseen voidaan käyttää lukuisia eri 3D-mallinnusohjelmia tai skannata fyysinen objekti, josta saadaan virtuaalinen 3D-malli. Yleisimmin käytettyjä 3D-mallinnusohjelmia ovat Autodesk 3ds Max ja AutoCAD. 3ds Max on hyvin monipuolinen 3D-mallinnusohjelma ja sitä käytetäänkin hyvin laajalti monella eri alalla. AutoCAD taas puolestaan on enemmän koneistuksessa käytettävä mallinnusohjelma, mutta sen laajennuttua 2D-mallinnuksesta 3D-mallinnukseen on sillä mahdollista tehdä myös

monipuolista mallinnusta. Rakennusalalla taas ArchiCAD on ollut parempi vaihtoehto rakennusten suunnitteluun. Jokainen ohjelma on kuitenkin hyvin hintava ja on yksityiselle suurempi hankinta kuin isolle yritykselle.

Skannaus on myös vaihtoehto piirtämiselle. Objektien skannaus voi käyttää eri teknologiaa 3D-mallia mallintaessa. Tällöin joitakin muutoksia tulee tehdä mallinnusohjelmalla. Skannaus on myös yleistymässä, esimerkiksi Microsoft ja Google ovat mahdollistaneet omissa tuotteissaan objektien skannauksen. Microsoftin Xboxpeli-konsolin Kinect on yksi yleisistä esimerkeistä, mikä on normaalin kuluttajan saatavilla. Näillä näkymin skannaukset voidaan kohta suorittaa päivittäin käytettävillä laitteilla, esimerkiksi älypuhelimilla.

Ennen tulostusta tulostusohjelma tai 3D-mallinnusohjelma jakaa mallin sadoiksi tai tuhansiksi kerroksiksi. Tämä sen takia, koska tulostin tulostaa ohuella muovautuvaksi lämmitetyllä nauhalla objektia kerros kerrokselta.

Viimeisenä vaiheena on tulostaminen ja viimeistely. Tulostimia ja tekniikoita on erilaisia, jolloin voidaan valita sopiva tulostin tulostettavalle kappaleelle. Tulostimesta riippuen, manuaalista kappaleen viimeistelyä voidaan tarvita joko enemmän tai vähemmän.

2.3 Historia ja nykypäivä

3D-tulostuksen teknologia kehitettiin vuonna 1984. Tällöin tekniikka ei ollut nykyisen 3D-tulostuksen tasolla ja sitä kutsuttiin rapid prototyping (RP) eli nopeaksi prototyyppien valmistukseksi. Tekniikka oli ensimmäinen additive manufacturing (AM)-tyyppinen objektin valmistustapa. AM-valmistusta kutsutaan nykyään yleisesti 3D-tulostukseksi. RP-valmistus mahdollisti prototyyppien tarkastelun ennen, jälkeen ja valmistamisen aikana. Kappale valmistui yleensä päivissä tai tunneissa, riippuen kappaleesta. Kappaleen valmistuessa nopeasti oli mahdollisuus muokata useammin sitä paremmaksi ja tehdä se uudestaan. Tämä nopeutti itse lopullisen kappaleen valmistumista. (Crawford 1.3.2011)

Tekniikka patentointiin 1986 ja tuli julkisesti saataville vuonna 1988. Ensimmäiset halvat mallit tulivat markkinoille vuonna 1990. Vasta vuonna 1996 aloitettiin termin

”3D-tulostin” käyttö. Vuonna 2006 kehitettiin ensimmäinen itsemonistava 3D-tulostin, mikä julkaistiin markkinoille vuonna 2008. 3D-tulostuksessa käytettävä tekniikka ei ole kovinkaan uutta, mutta nykypäivän kehitys tekee tulostuksesta tehokkaampaa ja monipuolisempaa. (3Dprinting)

3D-tulostimet yksityiskäytössä ovat pääasiassa harrastelijoilla, ja ne ovat lisääntyneet vuodesta 2011 lähtien harrastelijoiden keskuudessa (Kuva 1). Tulostimien nopea kehitys on tehnyt vanhemmista tulostinmalleista halvempia. Tämä on mahdollistanut enemmän harrastetoimintaa yksityisille ja myös opetusta oppilaitoksille.

Tulostimia voi myös tilata osina ja koota itse. Tämä voi valmistajasta ja myyjästä riippuen tulla halvemmaksi kuin valmiiksi kootut tulostimet, mikä on myös auttanut harrastelijoita. Tulevaisuudessa useammalla henkilöllä voi olla henkilökohtainen 3D-tulostin, jolla voidaan tulostaa esimerkiksi varaosia laitteisiin, koristeita, koruja, tarvikkeita ym. hyödykkeitä, joita tavallisesti ostettaisiin kaupasta.



Kuva 1. Minifactory 3D-tulostin (Minifactory).

Materiaalin valmistajat ovat ennustaneet, että 3D-tulostus voi muuttaa kaupankäyntiä monella eri alalla. Yksityiset voivat tehdä paljon tarvikkeita ja esineitä omin avuin tulostimilla. Yrityksien ja kauppojen tuotteet eivät välttämättä tämän takia mene kovin hyvin kaupaksi. Kaupankäynti voi enemmänkin kohdistua hyvin suunniteltuihin objektien virtuaalisiin malleihin. 3D-mallinnus voi näin olla myös tulevaisuuden kasvava työtoimenkuva.

3D-tulostamisessa eri värien ja materiaalien käyttö on jo mahdollista, ja teknologian kehittyessä voidaan yhä monimutkaisempia tulostettuja kappaleita ja tuotteita laittaa markkinoille. Energian käyttö, materiaalihukan väheneminen, 3D-mallien muokaus, saatavuus, lääketiede, taide, tiede ja rakentaminen ovat mahdollisesti vaikutusvaltaisimpia 3D-tulostamisessa.

3 TULOSTIMET JA TEKNIIKAT

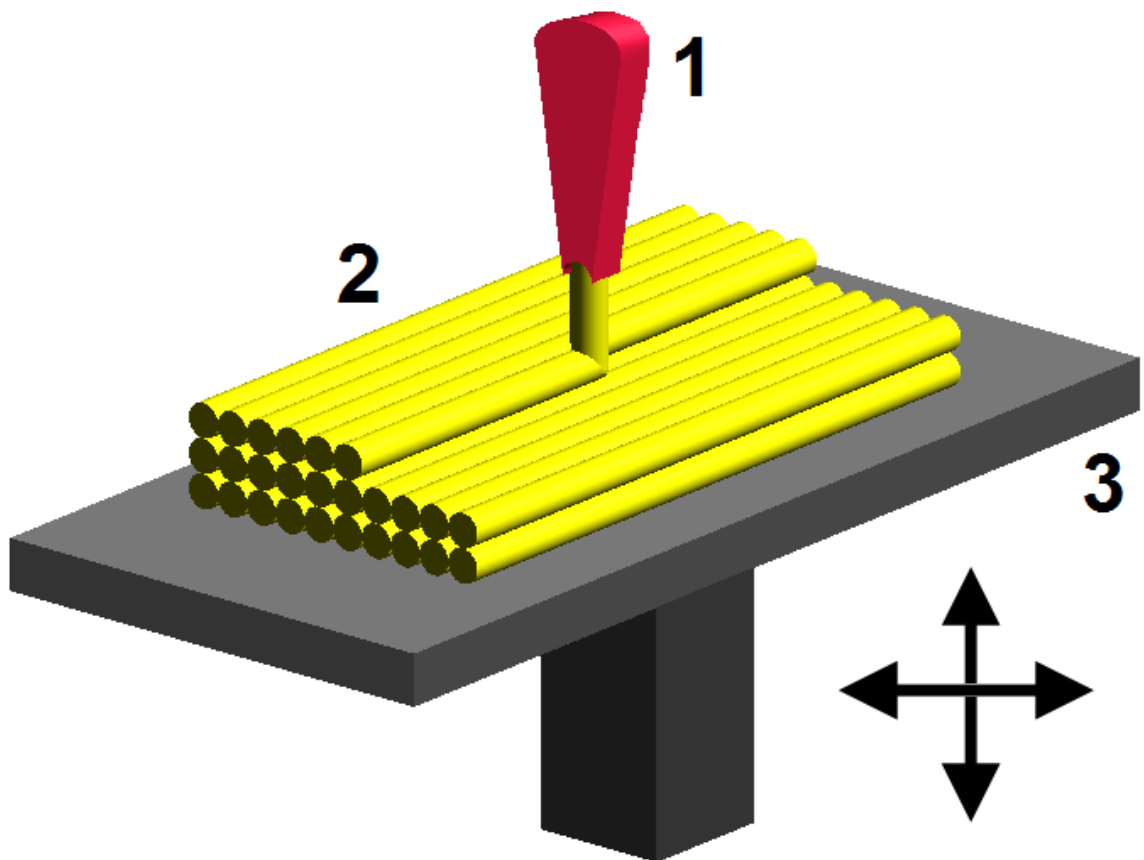
3D-tulostimia on erilaisia ja kaikki tulostimet eivät käytä samanlaisia tulostustekniikoita. Objekti saadaan tulostettua monella eri tavalla, mutta lopputulos voi vaihdella prosessista ja materiaaleista riippuen. Yleisimmin lopputulos on hyvin samanlainen, pieniä yksityiskohtia lukuun ottamatta. Objektin tulostamisprosessi on kuitenkin yleisin, mikä erottaa tulostimet toisistaan. Tulostuksessa vaihtelee, miten kerrokset muodostuvat, miten valmis kappale syntyy ja millainen on lopputulos. Tulostimesta riippuen voidaan käyttää erilaisia materiaaleja. Materiaalit ja tulostimen tapa käsitellä kyseisiä materiaaleja myös määräävät, mitä tulostinta voidaan käyttää tulostamisprosessissa. Esimerkiksi FDM-tulostimessa, jossa materiaali pursotetaan suuttimesta, käytetään yleisimmin ABS- ja PLA-muoveja. Taas SLS-tulostimilla käsitellään yleisemmin metalleja. Tulostimien materiaalin käsittely vaikuttaa hyvin paljon siihen, millaisia kappaleita voidaan valmistaa ja mihin tarkoitukseen.

3.1 Materiaalin pursotus

Materiaalin tulostaminen pursottamalla on yleisin keino tulostaa objekteja. Tämä on myös yleisin tulostusmuoto, joka on esillä mediassa ja kotikäyttöisissä tulostimissa. Materiaalin pursotuksessa käytetään kahta eri nimitystä samalle tekniikalle: Fused Deposition Modeling (FDM) ja Fused Filament Fabrication (FFF). (3Dprinting)

FDM-tulostus on yleisin 3D-tulostusmenetelmä (Kuvio 1). FDM-menetelmä käyttää tulostuksessa muovista tai metallista lankaa. Lanka purkautuu kelasta tulostimen tarpeen mukaan ja syöttää langan suuttimelle, joka kulkee mallin mukaista reittiä. Suutin sulattaa materiaalin ja pystyy liikkumaan vertikaalisesti ja horisontaalisesti määrätyillä koordinaateilla x-,y-,z-akselistossa. Objekti luodaan tulostamalla kerros kerrokselta sulatetulla langalla. Materiaali yleensä kovettuu heti, kun suutin on syöttänyt sen paikalleen. Tämän tyyppisessä tulostuksessa yleisimmät käytetyt materiaalit ovat termoplastiset muovit kuten ABS- ja PLA-muovit, ja myös eutektiset metalliseokset käyvät materiaaleista. FDM-tulostuksessa objekti tarvitsee tukirakenteita, jotta kappale pysyy pystyssä. Tämän tulostusmenetelmän patentoinut keksijän kehittämä ohjelma hoitaa tukien muodostamisen automaattisesti. FDM-tulostuksen

kehitti Scott Crump 1980-luvun loppupuolella. Patentoinnin jälkeen hän perusti Stratasys-yrityksen vuonna 1988. (3Dprinting; FDM Technology)



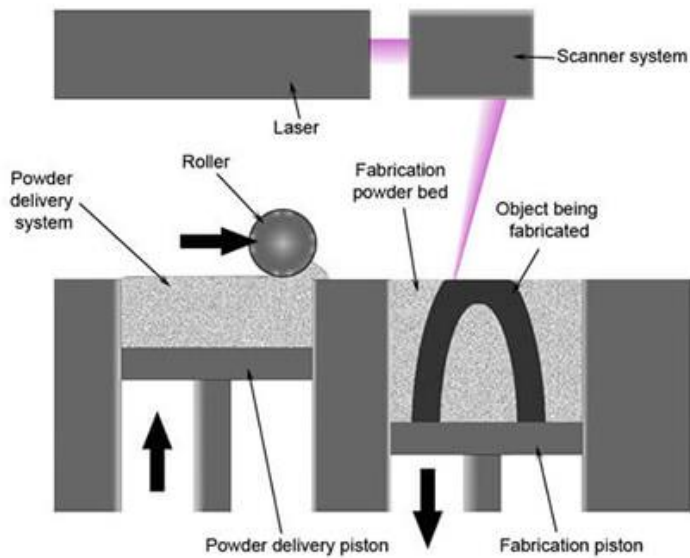
Kuvio 1 FDM-tulostus (3Dprinting)

3.2 Jauhe- ja nestemateriaalin kovetus

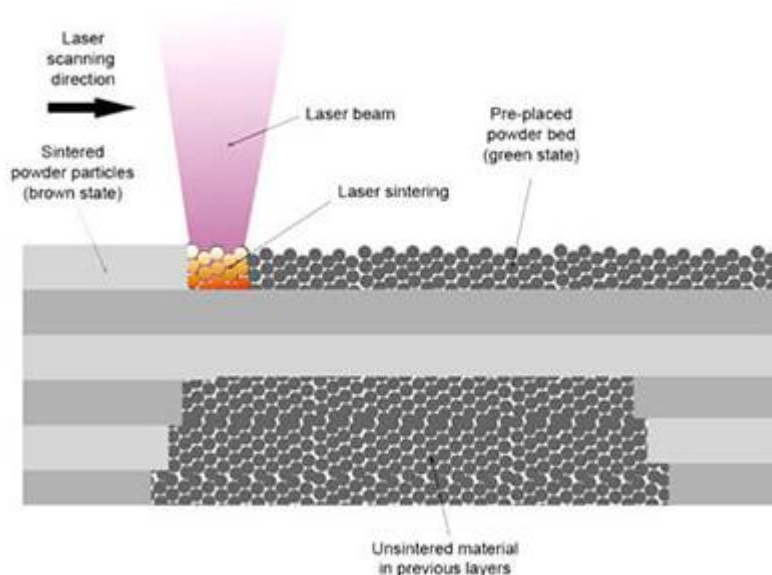
3.2.1 Powder Bed Fusion

Selective laser sintering-(SLS) -menetelmässä käytetään tehokasta laseria, jonka avulla sulatetaan pienet hiukkaset kiinteäksi massaksi (Kuviot 2 ja 3). Materiaalina voidaan käyttää muovisia, metallisia, keraamisia tai lasisia jauheita. Jauhetta laitetaan yhden kerroksen verran, minkä jälkeen laser kulkee koko materiaalin läpi. Laser sulattaa valikoivasti materiaalin siirtymällä eteenpäin kerroksessa ohjelman tekemän mallinnuksen mukaan. Sen jälkeen uusi kerros lisätään edellisen päälle ja tämä prosessi toistetaan, kunnes objekti on valmis. (3Dprinting)

Ympärille jäävä materiaali jää tukemaan kappaletta, mikä toimii etuna tulostuksessa. Tulostettava objekti jää koskemattoman materiaalin keskelle, jolloin ylimääräinen materiaali poistetaan ja valmis objekti nostetaan esille. Koskematon materiaali voidaan käyttää seuraavissa tulostuksissa uudelleen, jolloin materiaalihukka vähenee. Tämän tulostusmenetelmän on kehittänyt ja patentoinut Tri. Carl Deckard jo 1980-luvun puolivälissä. (3Dprinting)



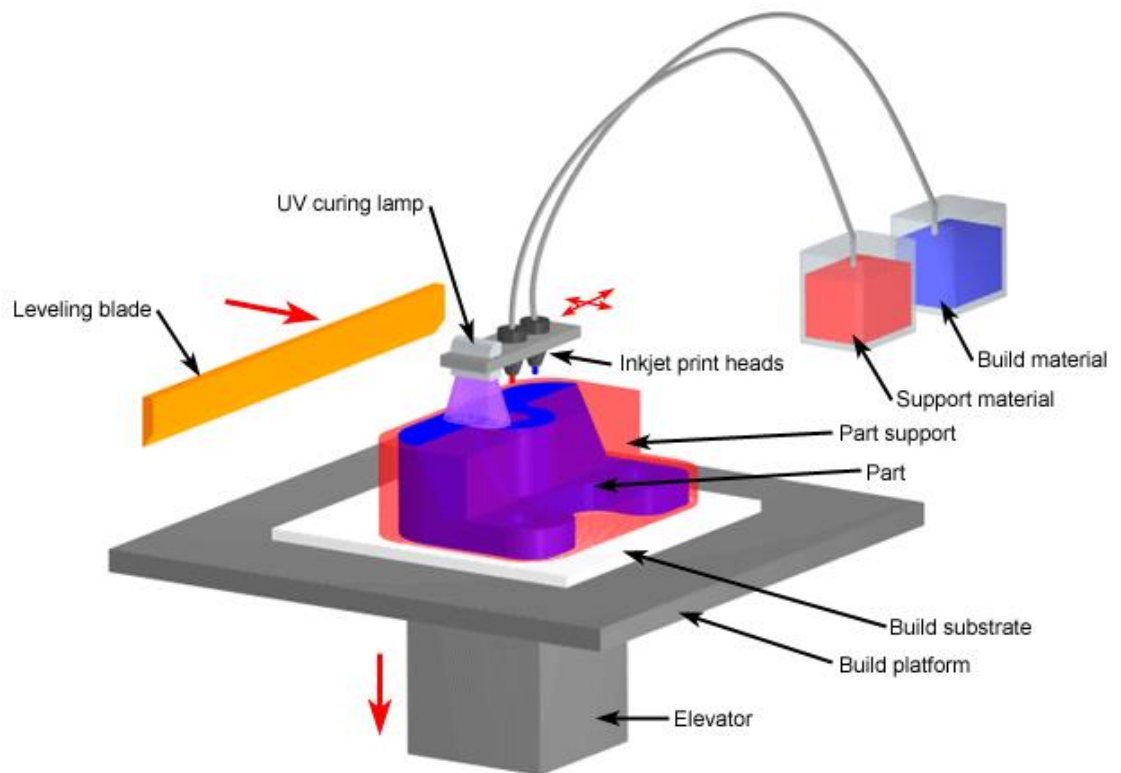
Kuvio 2. SLS-tulostus (3Dprinting)



Kuvio 3. SLS-tulostus (3Dprinting)

3.2.2 Material Jetting ja Binder Jetting

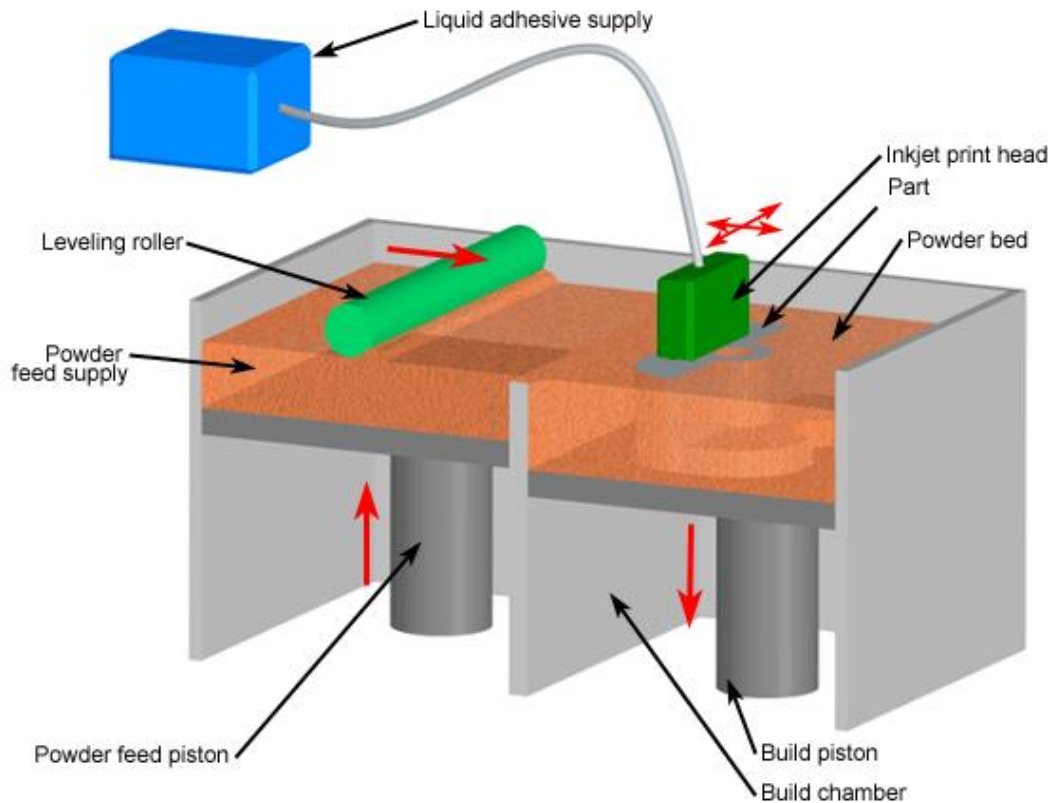
Material Jettingissä eli materiaalin suihkutustulostusprosessissa materiaali levitetään pieninä pisaroina suuttimen kautta (Kuvio 4). Prosessi vastaa hyvin paljon normaalin tulostimen käyttämää prosessia, millä muste tulostetaan paperille. Rakennearine levitetään kerros kerrokselta ja kovetetaan levityksen jälkeen ultraviolettisäteilyllä. Prosessissa voidaan käyttää myös rakennearineen lisäksi erillistä tukiainetta, jolla tuetaan tulostettavan kappaleen rakenteita, jos kappale sitä vaatii. (3Dprinting)



Kuvio 4 Material Jetting (3Dprinting)

Binder Jettingissä eli sideaineen suihkutustulostusprosessissa käytetään kahta eri materiaalia, joilla kappale saadaan tulostettua (Kuvio 5). Materiaaleina toimivat jauheperusaine ja nestemäinen sideaine. Tulostusprosessissa käytetään kahta eri

alustaa, jotka molemmat ovat yhteydessä toisiinsa. Toisella alustalla on pelkästään jauheainetta ja toisella alustalla tapahtuu tulostusprosessi. Jauheainetta levitetään tietyn paksuinen kerros toiselta alustalta toiselle, minkä jälkeen nestemäistä sideainetta levittyy kappaleen poikkileikkauksen alueelle. Tämän jälkeen jauheaineen alusta liikkuu ylöspäin ja tulostusalusta alaspäin, minkä jälkeen uusi kerros jauheainetta levitetään tulostusalustalle. (3Dprinting)



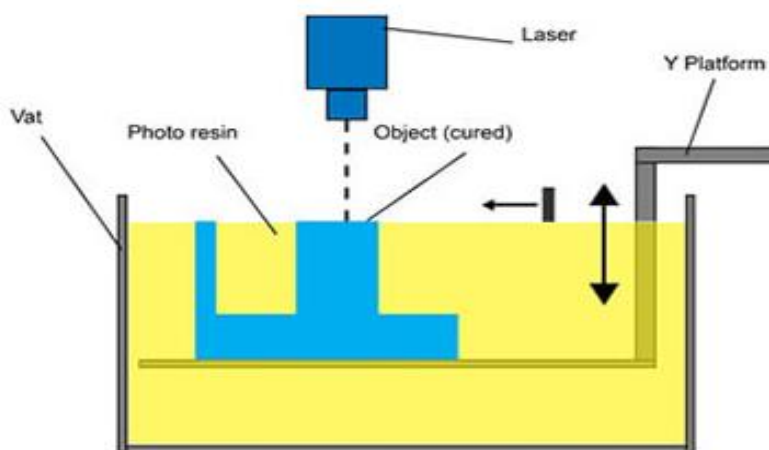
Kuvio 5 Binder Jetting (3Dprinting)

3.2.3 VAT Photopolymerisation

SLA-tulostus käyttää VAT Photopolymerisation-tekniikkaa ja on tämän tekniikan yleisimmin käytetty tulostusprosessi (Kuvio 6). Tämä tekniikka käyttää astiaa, jonka sisältönä on nestemäistä ultraviolettisäteilyyn reagoivaa valopolymeerihartsia ja ultravioletti-laser. Tulostin käyttää laseria ja kovettaa materiaalin haluttuun muotoon kerros kerrokselta. Laser seuraa tulostettavan kerroksen poikkileikkausta ja kovettaa materiaalin, liittäen sen samalla edelliseen kerrokseen. Kerroksen valmistuttua

kappaletta pitelevä alusta siirtyy alaspäin yhden kerroksen paksuuden verran. Kerroksen paksuus vaihtelee SLA-tulostimella yleensä 0,05 mm ja 0,15 mm välillä. Tämän jälkeen polymeerihartsilla täytetty siipi pyyhkäisee poikkileikkauksen päältä ja levittää uuden kerroksen materiaalia, minkä laser jälleen kovettaa ja liittää edelliseen kerrokseen. Tulostettava kappale voi muodosta riippuen tarvita erillisiä tukia alustaan. Tuet ovat tulostuksen kannalta tärkeitä, jotta kappale ei kallistuisi tai kaatuisi tulostuksen aikana. Tarvittavat tuet poistetaan manuaalisesti tulostuksen valmistuttua. Näin tulostetaan täydellinen kappale 3D-mallista SLA-tulostimella. Tämän tulostustekniikan keksijä Charles Hull keksi tekniikan vuonna 1986. Hän myös perusti samana vuonna yrityksen 3D Systems. (3Dprinting)

Muita VAT Photopolymerisation-tekniikkaa käyttäviä tulostimia ovat Continuous Liquid Interface Production (CLIP-tulostus), Film Transfer Imaging ja Solid Ground Curing. (3Dprinting)



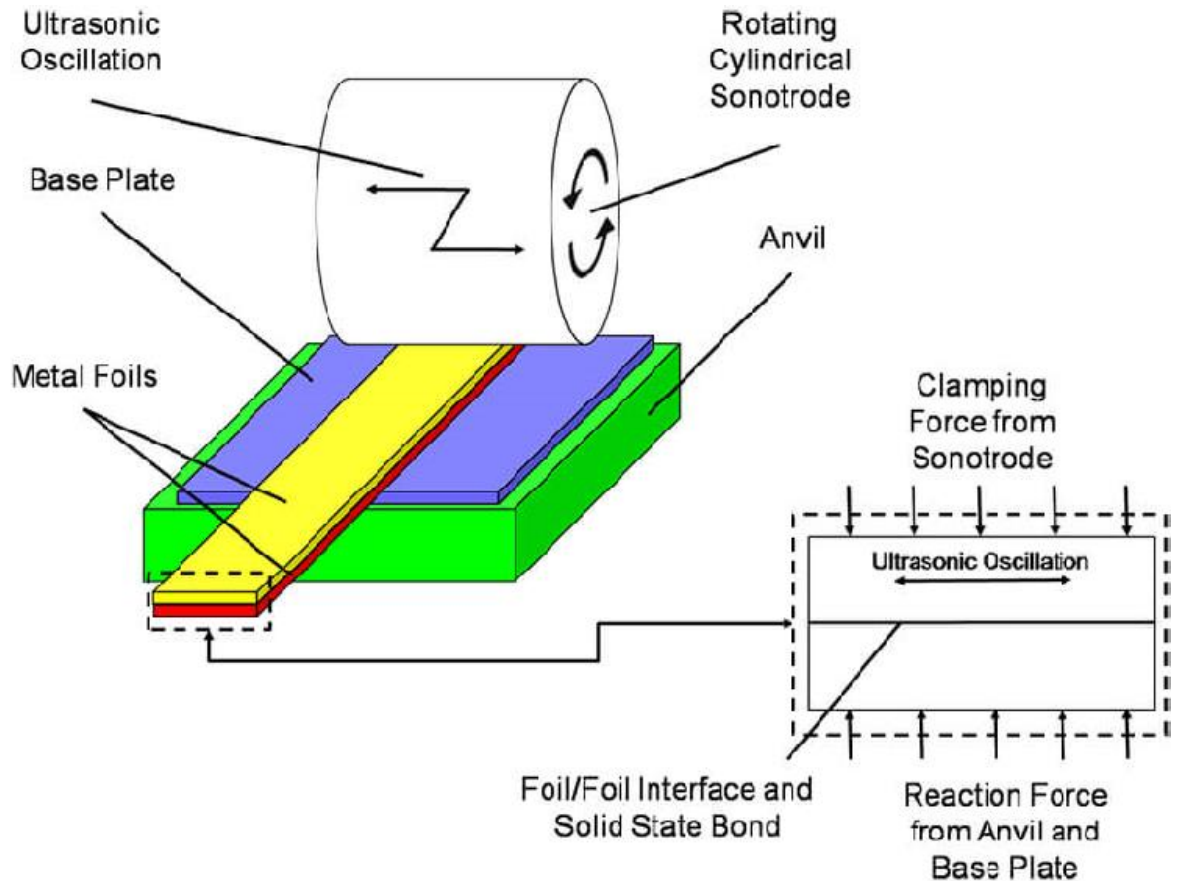
Kuvio 6 SLA-tulostus (3Dprinting)

3.3 Muut tekniikat

3.3.1 Sheet Lamination

Sheet Laminationissa eli levy laminointitulostuksessa materiaalit liitetään toisiinsa ulkopuolisella voimalla (Kuvio 7). Materiaaleina voidaan käyttää metallia, paperia tai eräänlaista polymeeriä. Materiaalit ovat päällekkäin levyinä ja riippuen materiaalista

ne joko liimataan tai hitsataan yhteen. Materiaalit hitsataan yhteen ultraäänihitsauksella, jonka jälkeen ne hiotaan oikeaan muotoon. Paperilevyt liimataan toisiinsa ja muotoillaan terällä. (3Dprinting)



Kuvio 7 Sheet Lamination (3Dprinting)

3.3.2 Directed Energy Deposition

Directed Energy Depositionia eli suunnatun energian kerrostuman-tulostustekniikkaa käytetään yleensä vain huipputekniikan metalliteollisuudessa ja kappaleiden nopean valmistuksen soveltamisessa. 3D-tulostin on yleensä kiinnitettyä multi-akseliseen robottikäteeseen, josta suutin pursottaa metallijauhetta tai lankaa. Tarvittava energianlähde (laser, elektronisuihku tai plasmakaari) sulattaa tällöin jauheen tai langan ja muodostaa kiinteän kappaleen. Prosessi vastaa hyvin paljon hitsausta. (3Dprinting)

4 RAKENNUSTEN 3D-TULOSTAMINEN

4.1 3D-tulostamisen soveltaminen rakentamiseen

Rakennusten 3D-tulostamisessa on tarkoituksena tulostaa rakennus, joko yhtenäisenä kappaleena tai osissa. Idea on sama kuin normaalin 3D-kappaleen tulostamisessa, mutta mittakaava, laitteistot ja materiaalit vaihtelevat huomattavasti. Tulostaminen on nopea ja monipuolinen keino rakentamisessa. Rakennukset voidaan pystyttää hyvin nopeassa ajassa, ja tekniikan kehittyessä voidaan parantaa laatua ja nopeutta tulostusprosessissa. Mahdollisuuksien lisääntyminen tulee myös esille, kun voidaan tulostaa muotoja, jotka ovat hankalia tai muuten haasteellisia normaaleilla työmailla. Haasteita tulee niin koko rakentamisprosessissa kuin myös työvoiman ja osaamisen kannalta.

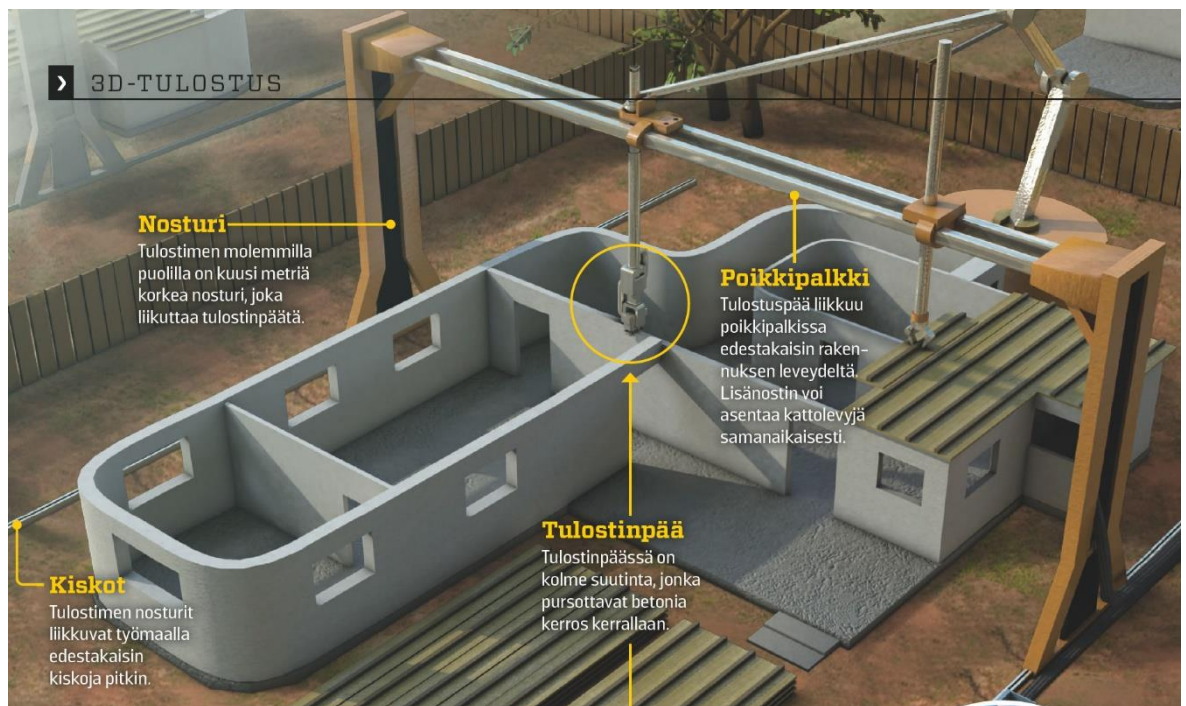
Tulostaminen eri olosuhteissa vaatii myös omat keinot. Normaalin 3D-tulostamisen voi suorittaa sisätiloissa, mutta rakennustyömaille mennessä tulee ottaa huomioon sään vaikutukset niin materiaaliin kuin myös itse tulostimeen. Varsinkin talviolosuhteissa tulostaminen on vielä haasteellista.

4.2 Rakennuksen ja rakenteiden tulostustavat

4.2.1 Kerros kerrokselta

Rakennuksen rakentaminen kerros kerrallaan on hyvin pitkälti FDM-tulostusta suuremmassa mittakaavassa. Tulostusprosessi itsessään vastaa hyvin paljon liukuvalua, missä myös rakennelma tulostetaan tietyn paksuinen kerros betonia kerrallaan hitaasti ylöspäin liikkuen (Kuvio 8). Liukuvalu ei ole uusi tekniikka rakennusosalalla, mutta tulostaminen on hieman erilainen prosessi kokonaisuudessaan kuin liukuvalu. Tulostamisprosessissa tarvitaan tarkkaa mallin suunnittelua ja piirtämistä, jotta itse tulostus sujuu ilman ongelmia. Mallinnus voidaan tehdä nykyään monella eri ohjelmalla. Itse tulostus vaatii ohjelman, jolla malli voidaan jakaa moneen eri kerrokseen tulostamista varten. Näin tulostin kiertää haluttua mallia pitkin samalla pursottaen

sopivan määrän betonia suuttimesta. Tulostin tulostaa rakennuksen mallin mukaan ja pienetkin virheet voivat tässä aiheuttaa ongelmia. Tämän vuoksi suunnittelu, mallinnus ja kerroksiin jakaminen ovat hyvin tärkeitä, jotta prosessi onnistuu häiriöttä. Tällä tulostusmenetelmällä käytetään yleensä hyvin yksinkertaisia rakenteita, mikä mahdollistaa hyvin nopean tulostustahdin. Samalla rakennusprosessi tulee halvemmaksi, kun rakennus saadaan nopeasti pystyyn vähemmällä työvoimalla kuin normaalilla rakennustyömaalla. Kerros kerrallaan -menetelmään voidaan myös soveltaa vapaata muotoa. Vapaa muoto käsitellään tässä työssä myöhemmin. Tulostusprosessi suoritetaan suoraan paikan päällä suurella tulostinrakennelmalla. Rakennelma vaatii ison tilan ja työvoimaa rakentaa, mikä tekee tulostimen rakentamisesta yhden isoimmista urakoista rakennusprosessissa. Itse tulostimen käyttö ei vaadi paljoa työvoimaa, jolloin myös työmaan työtaturmariskit vähenevät huomattavasti normaaliin työmaahan nähden. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)



Kuvio 8. Rakennuksen 3D-tulostinrakennelma (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

3D-tulostettavaa rakennusta suunniteltaessa on otettava huomioon paljon yksityiskohtia. Rakennuksen on sovittava sille varatulle alueelle ja tulostimen rakennelma täytyy olla myös sen mukainen. Tulostin liikkuu ja tarvitsee näin tilaa koko tulostusalueella ja myös sen ulkopuolella. Suuttimelle tuleva betonimassa tarvitsee tilan ja jatkuvan syötön, jotta tulostusprosessi voidaan suorittaa ilman keskeytyksiä. Samat

asiat, jotka pätevät normaalilla työmaalla, ovat myös tulostustyömaalla voimassa. Kaikki tarvittavat materiaalit, työkoneet ja muut työhön tarvittavat tekijät tulee olla rakennusta ja tulostinta varten valmiina, kun työt aloitetaan. Työn ja materiaalien viivästyminen johtaa aina lisäkuluihin, mitkä täytyy ottaa huomioon työmaasta riippumatta. 3D-tulostustyömaa on rakennustyömaa, missä suurin osa asioista pätee samalla tavalla kuin normaaleilla työmailla. Työvoimaa voidaan tarvita vähemmän itse rakennusprosessissa, mutta osaamista ja pätevyyttä tarvitaan enemmän. Uusien laitteiden ja ohjelmien myötä tarvitsevat työmaalla ja suunnittelussa olevat työntekijät pätevyyden ja osaamisen kyseiseen työhön. Tämän vuoksi koulutus on ehdoton laitteiden ja ohjelmien käytössä, jotta niitä osataan käyttää oikein. Koulutus laitteiden ja ohjelmien käyttöön voitaisiin ottaa mukaan kouluopetukseen. Nykyään jo mallinnohjelmien käyttö on koulussa yleistä. Tähän olisi mahdollista yhdistää 3D-tulostimien käyttö. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Nykyään jo kaikki mallinnukset tehdään mallinnohjelmilla tietokoneella, joten suunnittelijan ja piirtäjän koulutuksessa painotusta on lisättävä ohjelmien käyttöön. Piirustusten tarkkuus ja jako on tehtävä oikein, jotta tulostusprosessi saadaan toimimaan halutulla tavalla. Käytäntöön soveltamista on myös testattava, jolloin suunnittelijoiden ja piirtäjien olisi hyvä olla mukana prosessissa. Prosessi nähdään käytännössä ja näin osataan soveltaa piirtämistä ja käytäntöä ongelmatilanteissa. Myös muiden työntekijöiden on hyvä osata perusteet siitä, miten ohjelmia käytetään. Näin voidaan välttyä suuremmilta ongelmatilanteilta ja kommunikointi sujuu paremmin osapuolten välillä. Piirtämisessä voidaan myös käyttää hyväksi tulostimen ominaisuuksia jättäen aukot ikkunoille, oville ja johdoille. LVI-työt saadaan sujumaan helpommin, kun piirtäjä jättää johdoille ja ilmastointikanaville jo piirtovaiheessa tarpeeksi tilaa. Tulostin jättää alueet tyhjiksi ja tulostaa vain alueelle, johon materiaalia on piirretty. Tässä tulee ottaa myös huomioon, ettei kanaville ja johdoille jätettyjä tiloja tulosteta umpeen. Myös tarvittavat tuet on huomioitava, jos materiaali tai rakenteet jäävät vaille tukea jossain vaiheessa prosessia. Tämä tulee myös huomioida muissakin 3D-tulostusprosesseissa. Ilman tukea jäävät rakenteet putoavat suoraan maahan, joten kaikki tulee olla tarkoin mietittyä ennen tulostusprosessin aloitusta. Tulostin ei välttämättä itse tulosta tukia samalla tavalla kuin pienemmissä 3D-tulostimissa, joissa tuet tulevat automaattisesti paikoille, joissa niitä tarvitaan. Tulostin voi siis tulostaa tarvittaessa tukirakenteita, jos tuet ovat sellaisia, mitkä ovat

osa rakennusta. Muutoin tuet on koottava erikseen eri materiaaleista ja tuettava eri suunnista, kuten myös tulostusvaiheessa seinärakenteetkin. Piirtäjän kannattaa ottaa nämä asiat huomioon ja ilmoittaa asiasta selkeästi työmaan johdolle ja työntekijöille. Parhaimmassa tapauksessa piirtäjä on mukana tulostusprosessissa, jolloin voidaan minimoida piirustuksista johtuvien ongelmien määrä ja korjata mahdolliset epäkohdat paikan päällä, jos niitä ilmenee. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Rakennustyömaille 3D-tulostimien tuominen tuo omat haasteet. Tulostimen kokoaminen vaatii ammattitaitoa, jotta tulostin toimisi oikein. Tulostinrakennelmaa voisi verrata nykyisellä työmaalla nostokurjen pystyttämiseen. Tulostin kulkee kiskoilla ja vaatii tilaa ympärilleen hyvin samalla tavalla. Rakennelman osien pitää päästä liikumaan tulostimen vaatimilla akseleilla ja tämän vuoksi on tärkeää, että pystytys on tehty huolella ja työntekijät ovat tarpeeksi päteviä työhön. Työntekijöillä on siis oltava hyvä perehdytys, jos he ovat tekemisissä 3D-tulostimen kanssa. Ylimääräiset ja tulostuksen tiellä olevat materiaalit ja esineet on varastoitava muualle, jotta tulosalue olisi mahdollisimman vapaa ja esteetön tulostimen liikkuesssa. Valmistelevat työt tulostusta varten, esimerkiksi raudoitukset ja tuennat, ovat välttämättömiä töitä ennen tulostamisen aloittamista. Tulostusprosessin valvominen on hyvin tärkeää ja kerros kerrokselta eteneminen vaatii, että jokainen kerros on tasainen ja omalla paikallaan. Jos poikkeamia tulee, voi korjaus kestää virheestä riippuen kauankin aikaa. Tulostimien kehittyessä voidaan syöttää betonimassaa, raudoitusta ja jopa väriä samaan aikaan. Manuaalinen työ vähenee ja näin myös turvallisuusriskejä poistuu työmailta. Esimerkiksi seinärakenteiden pystytys, muuraustyöt ja rakenteiden siirtely vähenevät. Näiden myötä saadaan eliminoitua monta riskitekijää, joita normaaleissa työmaatilanteissa voisi syntyä. Turvallisuus taas vaihtuu työmaalle tuleviin uusiin laitteisiin, joiden käyttöön tarvitaan koulutusta ja pätevyyttä. Kaiken kaikkiaan turvallisuus kuitenkin paranee, mikä on hyvin tärkeää rakennusalalla, missä tapahtuu enemmän työtapaturmia kuin useimmilla muilla aloilla. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Kerros kerrallaan tulostamisessa saadaan paljon aikaan nopealla tahdilla ja menetelmän keksijä Behrokh Khoshnevisin mukaan 230 neliömetrin talo voidaan tulostaa 20 tunnissa. Koko rakennus saadaan tehtyä kerralla, eikä erillisiä taloelementtejä tarvitse siirrellä. Muotoilua saadaan monimutkaisemmaksi ja voidaan myös näin

jopa välttyä osittain säästä aiheutuvasta kulumisesta. 3D-tulostimien käyttö vie tekniikkaa koko ajan eteenpäin, jolloin tulostusprosessit nopeutuvat ja laatu tulee paremmaksi. Tällä hetkellä tulostus on kuitenkin vielä niin kehitysvaiheessa, että sitä ei olisi kannattavaa tuoda normaaleille rakennustyömaille. Tämän takia kehitystä on vietävä eteenpäin, jotta saataisiin eliminoitua huonoja puolia pois tulostamisesta. Tulostimen on oltava tarpeeksi suuri, jotta ulkoseinät ja perustukset mahtuvat tulostimen sisälle. Samalla tulostimen toiminta ei saa kärsiä sen koosta. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Kerros kerrallaan tulostusmenetelmällä on hyvin mahdollista tulevaisuudessa massatuottaa rakennuksia niitä tarvitseville. Väkiluku kasvaa maapallolla ja yhä enemmän ihmisiä muuttaa kaupunkeihin. Kohtuuhintaiset asunnotkin ovat harvassa ja varsinkaan uudet asunnot eivät ole halpoja. Tulostamisella saataisiin nopeasti ja halvalla asuntoja niitä tarvitseville. Kehitys vie tulostusta eteenpäin ja soveltaminen muihin tulostustapoihin voi tuoda hyvin paljon lisää mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Kehitystä tarvitaan, koska maailmalla on paljon asuntoa tarvitsevia ihmisiä. Erityisesti kehitysmaissa tarvitaan apua ja joukko italialaisia tutkijoita on käynnistänyt World's Advanced Saving Project -nimisen hankkeen. Hankkeella pyritään saamaan aikaiseksi taloprintteri, joka voi valmistaa taloja mudasta, savesta, mullasta ja kasvikuudusta. Tulostin on nimetty Big Deltaksi ja se käyttää samaa kerros kerrokselta -menetelmää tulostaen pyöreän muotoisia taloja saatavilla olevista materiaaleista. Luonnonkatastrofit, etenkin maanjäristykset, aiheuttavat monille ihmisille talon tai suojan menetyksen, jolloin tarvetta asunnolle olisi. 3D-tulostetut rakennukset voidaan myös tulostaa hyvin kestäviksi, jotta ne kestäisivät maanjäristykset. 3D-tulostamista kannattaa käyttää ja soveltaa työmaille. Saataisiin tulevaisuudessa kehitettyä uusia menetelmiä rakentaa mahdollisimman laadukkaasti, nopeasti ja halvalla. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

4.2.2 Moduuli

Rakennuksen osat voidaan tulostaa työmaalla paikan päällä tai tulostimelle varatulla paikalla. Rakennuksen pienempiä osia, esimerkiksi harkkoja, voidaan tulostaa paikan päällä ja tehdä niistä mahdollisimman hyvin olosuhteisiin sopiva. Suuremmat

osat, kuten seinärakenteet, voidaan tulostaa sisätiloissa säältä suojassa ja viedä paikanpäälle koottavaksi. Tämän vuoksi moduulirakentamista 3D-tulostimella on helppo soveltaa nykyisiin rakennustyömaihin. Työmaa ja prosessi eivät tule eroamaan elementtirakentamisesta kovin paljoa rakentamisen tasolla. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Moduulirakentamisessa keskitytään tulostamaan rakennuksen osia. Tämä on hyvin samankaltaista, mitä elementtirakentaminen on nykypäivänä. Elementtirakentamisessa valmistetaan rakennuksen osia miestyövoimalla tai robottien avulla linjastoilla. Tämän jälkeen ne pakataan ja lähetetään rakennustyömaille, joissa työmiehet kokoavat elementeistä rakennuksen. Tulostimien tuominen elementtitehtaisiin tuo uusia haasteita ja mahdollisuuksia rakentamisessa. Samanlaiset vaatimukset pätevät tulostimen käytössä kuin mitä kerros kerrallaan-rakentamisessa. Tulostimen käyttäjän ja valvojan tulee olla ammattitaitoisia. Suunnitteluvaiheessa piirustuksissa tulee ottaa huomioon hyvin paljon yksityiskohtia, riippuen myös elementin tai osan monimutkaisuudesta. Piirtäjän tulee osata käyttää mallinnusohjelmaa ja mahdollisesti myös tulostamiseen tarvittavaa ohjelmaa, jolla voidaan elementti tai osa jakaa tulostettaviksi kerroksiksi. Tavallaan 3D-moduulirakentaminen on kerros kerrallaan rakentamista, mutta vain sen soveltamista elementtien ja osien valmistukseen. 3D-tulostimilla osien ja elementtien valmistus ei ole välttämättä vielä kuitenkaan parempi vaihtoehto kuin miestyövoimalla valmistuvat. Elementit valmistetaan liukuhihnaperiaatteella, koska se on toimiva ja nopea tapa. 3D-tulostaminen ei välttämättä ole nopeampi tai halvempi vaihtoehto vielä. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Moduulirakentaminen 3D-tulostimen avulla on tällä hetkellä myös hyvin alkukantaisessa vaiheessa. Tulostimet ovat isoja, kömpelöitä ja kalliita. Miestyövoimalla saadaan kuitenkin elementtejä nopealla tahdilla valmiiksi. Tulostimien tuominen tuotantoon on vielä kyseenalaista, koska tulostimilla ei ole tarpeeksi suorituskykyä hintaansa nähden. Kehitystä on tapahduttava, jotta tulostimille voidaan harkita paikkaa elementtitehtaissa ja muiden osien valmistuksessa. Pienemmillä tulostimilla saadaan parempaa jälkeä aikaan, mutta se taas tarkoittaa rakentamista pienemmissä osissa. Kokonaisten seinäelementtien tulostus on mahdollista, mutta elementin valmistus kokonaisuutena on vielä hyvin hidasta ja materiaalien käsittelyn kannalta hy-

vin kallista. Tulostimet eivät välttämättä pysty vielä käsittelemään kaikkia seinäelementtiin tarvittavia materiaaleja, joten ne täytyy lisätä joko työmaalla paikan päällä tai tulostuksen yhteydessä. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Harkkojen ja tiilien tulostaminen työmaalla taas voi olla lähempänä lähitulevaisuutta. Mahdollisuuksia syntyy enemmän, kun tiilet ja harkot voidaan tehdä olosuhteisiin sopiviksi. Jos osa harkosta tai tiilistä on paikassa, missä siihen kohdistuu enemmän rasitusta kuin muissa paikoissa, voidaan siitä tehdä erityisen kestävä. Brian Peters yhdysvaltalaisesta DesignLabWorkShop-yrityksestä on kehittänyt tulostimen, jolla voidaan valmistaa savesta tiiliä rakennustyömaalla. Tiilet suunnitellaan mallinnusohjelmalla ja ne voivat olla lähes minkä muotoisia tahansa. Tiilien valmistus tapahtuu kerros kerrallaan tulostamalla, eli FDM-tulostusta käyttäen. (Tieteen Kuvalehti (2) 2015)

4.2.3 Vapaa muoto

Tulostamisella voidaan saada aikaan paljon erilaisia muotoja ja rakenteita, joita ei normaalilla työmaalla voitaisi toteuttaa kovin helposti. Tämä antaa tulostamiselle etulyöntiaseman varsinkin, kun kyseessä on tarkkaan toteutettavia muotoja ja rakenteita. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Vapaan muodon tulostamisessa mahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Tulostuksen kohteet taas tuovat rajoituksia tulostamiseen. Esimerkiksi talon tulostaminen kerros kerrokselta on paljon yksinkertaisempaa kuin vaikkapa sillan tulostaminen vapaalla muodolla. Talorakenteissa käytetään yleensä betonia rakennusaineena. Betoni on materiaalina helpompaa ja nopeampaa käsiteltävää kuin esimerkiksi metallit. Vapaa muoto antaa paljon mahdollisuuksia, mutta on vielä hidasta ja kallista toteuttaa. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

Alankomaalaisyhtiön MX3D tarkoituksena on rakentaa terässilta 3D-tulostimella kaanalin yli. Työn eteneminen sujuu robottikäden ja 3D-tulostimen avulla. Robottikäden pitelemä hitsauslaite sulattaa sillan rakenteisiin uutta metallia. Robottikäsi siirtyy eteenpäin, kun edellinen metallikerros on jähmettynyt. Tämän jälkeen ”tulostin”

jatkaa sulattamalla uuden metallikerroksen, kunnes silta on valmis. Prosessi vastaa hyvin paljon robotilla toteutettua hitsaustyötä. Sillan on määrä valmistua vuonna 2017 (Kuva 2). (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)



Kuva 2 Terässillan tulostus (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

4.3 Rakennusten tulostaminen käytännössä

Maailman ensimmäinen 3D-tulostettu asuinkerrostalo tehtiin Kiinassa (Kuva 3). WinSun-yritys kertoi tulostaneensa kymmenen taloa kahdessakymmenessä neljässä tunnissa. Tulostus suoritettiin patentoidulla 3D-tulostimella, mikä yhdistelee normaalia rakentamista ja teollisuusjätteen käyttöä rakennusmateriaalina. Käytetty teollisuusjäte on ollut lasia ja rikastushiekkaa, ja niitä on yhdistetty nopeasti kuivuvaan sementtiin, jossa on erikoiskovetusainetta. Asuinkerrostalo on 5-kerroksinen sisältäen koriste-elementit sisäpuolella ja ulkopuolella. Tulostuksessa käytettiin tulostinta, jonka oli suunnitellut Ma Yihe. Tulostin oli 6,6 metriä korkea, 10 metriä leveä, ja 40 metriä pitkä. Rakennus valmistettiin isoissa osissa, jotka koottiin raken-

nustyömaalla. Seinät tulostettiin onttoina. Eristykset ja teräsvahvistukset tehtiin paikan päällä, jotta rakennus olisi standardien mukainen. Rakennusprosessi vastasi hyvin pitkälti elementtirakentamista. Tämän tyyppinen 3D-tulostusrakentaminen tuottaa 30-60% vähemmän jätettä, voi nopeuttaa rakentamisprosessia 50-70% ja vähentää työvoimakuluja 50-80%. (Starr 19.1.2015)



Kuva 3 WinSun-yrityksen 3D-tulostettu asuinkerrostalo (Starr 19.1.2015)

Kiinalainen HuaShang Tengda -yritys on tulostanut 400 neliömetrin kokoisen, kaksikerroksisen talon 45 päivässä (Kuva 4). Rakennus on kokonaan tulostettu paikan päällä. Prosessissa runko oli pystytetty ensin, rauditus ja putkisto mukaan lukien, minkä jälkeen tulostusprosessi suoritettiin. Tulostuksessa käytettiin C30-luokan (K37) betonia, joka on normaalia betonilaatua ja käytetään ulkona oleviin rakenteisiin. Näin voidaan myös käyttää muita betonilaatua samalla laitteella. Prosessissa käytetty tulostin pursottaa betonin molemmille puolille runkoa ja seinän paksuudeksi tuli 250 millimetriä. (Scott 16.6.2016)



Kuva 4. HuaShang-yrityksen 3D-tulostettu rakennus (Scott 16.6.2016)

Yhdysvaltalainen Apis Cor rakensi Venäjällä vuorokaudessa 38 neliömetrin taloon seinät (Kuva 5). Tulostin tulosti pelkät seinärakenteet ja tulostamisen jälkeen työmiehet hoitavat muun rakentamisen, kuten eristeet, ikkunat ja kattorakenteet. Kyseisen talon tulostaminen ja rakentaminen tulee maksamaan yhtiön mukaan noin 10 000 dollaria. Yhtiön mukaan nykyinen rakennusmateriaali vaatii yli viiden asteen lämpötilan, jotta tulostusprosessi voidaan suorittaa. Tulevaisuudessa voidaan tulostus kuitenkin suorittaa alhaisemmissakin lämpötiloissa geopolymeereillä. Yhtiön arvon mukaan rakennus kestäisi 175 vuotta. Tulostus suoritettiin nostokurjen tapaisella tulostimella. Tulostin on huomattavasti pienempi ja ketterämpi kuin nostokurki, mutta toimii samanlaisella periaatteella ja pääsee kiertämään vapaasti 360 astetta. Tämä helpottaa tulostamista huomattavasti. Tulostimen päässä on suutin, joka pursoittaa materiaalin kerros kerrokselta korkeammalle, kunnes rakenne on valmis. (Rainisto 6.3.2017)



Kuva 5 Apis Cor-yrityksen rakennus tulostusvaiheessa (Rainisto 6.3.2017)

Suomalainen Fimatec-yhtiö on ilmoituksen mukaan kehittänyt tulostuspään, jolla pystyisi tulostamaan valmista seinärakennetta. Tulostin tulostaisi noin 10 sentin paksuista betonivalua ja tulostetussa seinässä olisi myös mukana eristeet ja raudotus. Mahdollista olisi myös lisätä mukaan sähköjohdot ja pinnoitteet. Tulostuspää on prototyyppivaiheessa, mutta yhtiö arvioi teknologiansa tarjoavan huomattavia säästöjä rakentamisessa. Kustannuksia säästyisi noin 10-20 prosenttia ja valmistusprosessi olisi 70-80 prosenttia nopeampi. Teknologiaa olisi tarkoitus käyttää ensin elementtien valmistukseen ja myöhemmin rakennusten tulostamiseen suoraan paikan päällä. (Schönberg 23.6.2015)

4.4 Tulevaisuus

Rakennustyömaita 3D-tulostaminen ei ole vielä valmis valtaamaan. Tulostamisessa on vielä omat heikkoutensa ja vain kehityksen myötä voidaan näitä heikkouksia parantaa ja eliminoida. Tähän kuuluu kuitenkin vielä paljon aikaa, ja tulostimien kehittämisen myötä, myös uusia tulostuskeinoja ja rakennelmia voi syntyä. Suurin heikkous tällä hetkellä tulostamisessa on rakennusmateriaalit. Kaikista kehittyneimmät tulostimet eivät vielä pysty käsittelemään kahta tai useampaa materiaalia kerralla.

Tämä on hyvin tärkeää seinärakenteissa, missä materiaaleja tarvitaan useampaa lajia. Tällä hetkellä tulostettava materiaali täytyy myös olla oikeaa laatua ja sopivan paksuista, jotta se pääsee tulostimen suuttimesta tasaisella tahdilla ulos. Jos suutin tukkeutuu betonin huonon laadun vuoksi, tulostus täytyy keskeyttää ja saada tukos pois. Talon rakenteet vaativat enemmän materiaaleja, jolloin tulostin pystyy vain tekemään kuoren muille tarvittaville materiaaleille. Jos kaikki materiaalit tulostettaisiin erikseen erillisillä tulostimilla, veisi se enemmän aikaa ja resursseja. Tällöin voi tulla halvemmaksi käyttää normaalia työvoimaa tai elementtejä.

Tulostimet ovat vielä hyvin uutta rakennustyömailla, joten niiden kehitys on vasta alussa. Tämän vuoksi rakennuksia täytyy tehdä ja testata nykyisillä laitteilla, jotta kehitystä voisi tapahtua. 3D-tulostamisella saadaan hyvin paljon lisää mahdollisuuksia rakennustyömaille ja hyvin monelle muulle alalle. Tämä tulee ottaa huomioon, kun kehitystä viedään eteenpäin. Yhteistyö muiden alojen kanssa voi tuoda paljon enemmän tietoa ja mahdollisuuksia tulostamiselle ja sen tulevaisuudelle. Tekniikan kehittyessä on 3D-tulostus laajentunut hyvin monelle eri alalle ja tulee myös laajentumaan. Tulostimet kehittyvät ajan myötä ja samalla voidaan soveltaa uusia ja vanhoja tekniikoita, millä on mahdollisuus päästä parempiin lopputuloksiin. (Tieteen Kuvalehti (1) 2017)

5 YHTEENVETO

3D-tulostaminen on nopeasti kehittyvä ala, mikä kannattaa huomioida tulevaisuuden kannalta. Monella eri alalla voidaan kallistua enemmän tulostamisen puolelle, koska se on nopeaa ja halpaa etenkin prototyyppien valmistuksessa. 3D-tulostuksessa voidaan käyttää jo orgaanista ainetta ja tulostaa jopa toimivia elimiä. Tulostus ei siis rajoitu pelkästään muovin ja metallin tulostamiseen, mikä tuo mahdollisuuksia muillekin aloille.

3D-tulostus tuo mallinnuksen yhteydessä paljon erilaisia mahdollisuuksia ja vaihtoehtoja rakennuksien suunnittelussa ja rakentamisessa. Tulostustekniikoita ja tulostimia on kuitenkin vielä kehitettävä rakennusalalla, jotta tulostus saataisiin otettua käyttöön laajemmin. Suurin työ on vielä valmistaa toimivia ja luotettavia tulostimia, jotka olisivat helppokäyttöisiä ja helposti huollettavissa. Tulevaisuudessa voi 3D-tulostus olla paljon enemmän esillä ja varsinkin prototyyppivaiheiden yli päästyä voidaan ottaa laitteita varmemmin käyttöön.

Tulostus tuo uusia työpaikkoja, mikä voitaisiin jo ennakoiden ottaa huomioon kouluksissa. 3D-tulostimen käyttö voi olla hyvinkin arkipäiväistä tulevaisuudessa ja laitteiden käyttö vaatii oman aikansa opetella. Tämä takia voisi olla hyvä harkita kouluopetukseen 3D-tulostamisen perusteita ja myös mallinnusta.

Saatavat tiedot 3D-tulostamisesta ja rakennuksien tulostamisesta ovat hyvin pitkälti verkkosivuartikkeleita. Näiden artikkeleiden todenperäisyys voi myös olla hyvin kyseenalaista joillakin sivustoilla. Samasta aiheesta olevien artikkeleiden vertailussa tuli pieniä eroja, mutta ne olivat minimaalisia, eivätkä vaikuttaneet kirjoitustyöhön erityisesti. Tieto on voinut matkan varrella kokea muutosta pelkän virheen tai artikkelin kirjoittajan muutosten takia. Verkkootikkeleista pyrin etsimään tietoa mahdollisimman luotettavan oloisilta sivustoilta ja vertailua tein muihin sivustoihin, jos epäilyä artikkeliin syntyi.

LÄHTEET

- 3Dprinting. Ei päiväystä. What is 3D printing? [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2016]. Saatavana: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
- FDM Technology. Videomateriaali FDM tulostamisesta. [Verkojulkaisu]. Saatavana: <https://www.youtube.com/watch?v=WHO6G67GJbM>
- Crawford. 1.3.2011. How 3-D Printing Works. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.1.2017] Saatavana: <http://computer.howstuffworks.com/3-d-printing1.htm>
- Minifactory. 2017. 3D-tulostin. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.3.2017]. Saatavana: <http://www.minifactory.fi/3d-tulostin/>
- Rainisto. 6.3.2017. Näin näppärästi amerikkalaisfirma 3d-tulosti uuden talon yhdessä päivässä. [Verkkosivu]. Tekniikan Maailma 6.3.2017. [Viitattu 11.03.2017]. Saatavana: <https://tekniikanmaailma.fi/muu-tekniikka/video-nain-napparasti-amerikkalaifirma-3d-tulosti-uuden-talon-yhdessa-paivassa/>
- Schönberg. 23.6.2015. Neliö seinää minuutissa ja puolet halvemmalla - Imatralais-yhtiön innovaatio saattaa mullistaa rakennusmarkkinat. [Verkkosivu]. Yle Uutiset.[Viitattu 25.03.2017]. Saatavana: <http://yle.fi/uutiset/3-8098459>
- Scott. 16.6.2016. Chinese Construction Company 3D Prints an Entire Two-Story House On-Site in 45 Days. [Verkkosivu]. 3Dprint.com. [Viitattu 5.1.2017]. Saatavana: <https://3dprint.com/138664/huashang-tengda-3d-print-house/>
- Starr. 19.1.2015. World's first 3D-printed apartment building constructed in China. [Verkkosivu]. Cnet. [Viitattu 5.1.2017]. Saatavana: <https://www.cnet.com/news/worlds-first-3d-printed-apartment-building-constructed-in-china/>
- Tieteen Kuvalehti. 2017. Tulostin pursottaa talon päivässä. Tieteen Kuvalehti (1) 66-69
- Tieteen Kuvalehti. 2015. Tulostin pursottaa tiilet. Tieteen Kuvalehti (2) 30-31