

OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Kolmiulotteisen astian mallin tekeminen ja tulostus
3D-tekniikalla**

Juho Räisänen

PROESSEKTEKNIikka

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2017



OULUN YLIOPISTO
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**Kolmiulotteisen astian mallin tekeminen ja tulostus
3D-tekniikalla**

Juho Räisänen

Ohjaajat: Pirjo Seppälä, Aki Sorsa, Antti Koistinen

PROSESSITEKNIikka

Kandidaatintyö

Huhtikuu 2017

TIIVISTELMÄ

OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Prosessitekniikan koulutusohjelma		Pääaineopinnojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Räisänen, Juho Oskari		Työn ohjaaja yliopistolla Seppälä P, Sorsa A, Koistinen A	
Työn nimi Kolmiulotteisen astian mallin tekeminen ja tulostus 3D-tekniikalla			
Opintosuunta	Työn laji Kandidaatintyö	Aika Huhtikuu 2017	Sivumäärä 21s
<p>Tiivistelmä</p> <p>3D-tulostus eli materiaalia lisäävä valmistus on moderni menetelmä valmistaa kolmiulotteisia kappaleita. 3D-tulostimelle tuodun CAD-mallin avulla tulostin valmistaa mallin mukaisen kappaleen kerros kerrokselta. Menetelmä on suhteellisen nopea, ja käytössä olevia valmistusmateriaaleja on useita.</p> <p>Kandidaatintyön tavoitteena oli tutustua 3D-tulostukseen ja sen antamiin mahdollisuuksiin prosessiteollisuudessa. Työ oli rajattu esittelemään muovien 3D-tulostusta. Työssä esiteltiin 3D-tulostamisen etuja, muovien tulostustekniikkaa sekä tulostusmateriaaleja. Teoreettiseen taustaan tutustumisen jälkeen tehtiin kokeellisena osana jo olemassa olevan vaahdotusastian mallintaminen sekä tulostus 3D-tekniikalla. Uuteen vaahdotusastiaan tehtiin muutamia muutoksia helpottamaan sen käyttöä ja tekemään siitä toimivampi. Valmistusmateriaaliksi valittiin ABS-muovi, joka sopi tilanteeseen parhaiten. Työn aikana käytiin läpi tarvittavat vaiheet, jotta ideasta saatiin aikaan valmis kappale 3D-tulostuksen avulla.</p> <p>Vaahdotusastian mallintaminen ja tulostaminen onnistuivat hyvin. Uudesta vaahdotusastiasta tuli sellainen kuin haluttiin ja laadun tarkkuus riitti käyttötarkoitukseen. 3D-tulostuksen käyttöä prosessiteollisuudessa tarkasteltiin ja muutamia käyttökohteita löytyi. Nämä eivät ole mitään teollisuutta mullistavaa, mutta kuitenkin elämää helpottavia sekä tarjoavat mahdollisuuksia kappaleiden uudenlaiseen muotoiluun.</p>			
Muita tietoja			

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	5
2 TEORIA	6
2.1 3D-tulostamisen etuja ja huonoja puolia	6
2.2 Muovien tulostustekniikat	7
2.3 Muoviset tulostusmateriaalit	8
2.4 3D-tulostus prosessiteollisuudessa	8
3 MALLINNUS	11
3.1 Mallinnettava astia	11
3.2 Valmistusmateriaalin valinta	13
3.3 AutoCAD	13
4 TULOSTUS	15
5 TULOKSET	17
6 YHTEENVETO	19
7 LÄHTEET	20

MERKINNÄT JA LYHENTEET

ABS	akryylnitriilibutadieenistyreeni, muovilaatu jota käytetään 3D-tulostusmateriaalina.
AutoCAD	tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma, jota käytetään 2- ja 3D-mallinnukseen.
FDM	fused deposition modeling, 3D-tulostusmenetelmä nimeltä pursotustekniikka.
Nylon	nailon, muovilaatu jota käytetään 3D-tulostusmateriaalina.
PC	polykarbonaatti, muovilaatu jota käytetään 3D-tulostusmateriaalina.
PLA	polylaktidi, muovilaatu jota käytetään 3D-tulostusmateriaalina.
SLA	stereolithography, 3D-tulostusmenetelmä nimeltä stereolitografia.
SLS	selective laser sintering, 3D-tulostusmenetelmä nimeltä lasersintraus.

1 JOHDANTO

3D-tulostus on yksi tämän hetken puhutuimmista aiheista teollisuudessa. Internetissä on artikkeleita, joissa kerrotaan, kuinka 3D-tulostus muuttaa maailmaa ja miten sen avulla voidaan tulostaa esimerkiksi leluja, tekoniveliä, suklaata ja erilaisia kappaleita metalleista. Mitä siis on 3D-tulostus? 3D-tulostus eli viralliselta nimeltään ainetta lisäävä valmistus on tekniikka, jonka avulla tietokoneella tehty kappaleen malli voidaan tuottaa fyysiseksi esineeksi helposti ja nopeasti. Ainetta lisäävä valmistus on tuonut vaihtoehdoisen tavan valmistaa kappaleita. Aiemmin kappaleiden valmistukseen käytettiin pääsääntöisesti materiaalia poistavia menetelmiä. Niillä tarkoitetaan perinteisiä koneistusmenetelmiä, joissa poistetaan materiaalia työstettävästä kappaleesta. Esimerkkejä tästä menetelmästä ovat moniakselinen jyrsintä, sorvaus, hionta, laserleikkaus, poraus ja mikrokoneistus (Lehtinen 2014). Ainetta lisäävän valmistuksen tekniikka on ollut olemassa jo pari vuosikymmentä, mutta se on ollut hyvin kallista ja siksi teollisuuden käytössä ainoastaan pienessä mittakaavassa. 3D-tekniikka on kehittynyt koko ajan, mikä on johtanut tulostimien hintojen laskuun ja tulostimien helpompaan käyttöön. Näiden seikkojen myötä ainetta lisäävä valmistus on yleistynyt tasaiseen tahtiin ja on saavuttanut jopa kotikäytön. Tällä hetkellä 3D-tulostimella käytetyimmät materiaalit ovat muovi, metalli ja keraami. (Tiainen 2016, s.33–35)

Tämän työn tarkoituksena on tutustua yleisesti 3D-mallinnukseen ja -tulostustekniikkaan sekä näiden tarjoamiin mahdollisuuksiin prosessiteollisuudessa. Työ on rajattu muovin tulostamiseen sekä sen käyttökohteisiin. Tavoitteena on tehdä AutoCAD-ohjelmalla malli jo olemassa olevasta astiasta ja printata se 3D-tulostimella käyttökohteeseen sopivasta muovimateriaalista. Työ johdattaa 3D-tulostuksesta kiinnostuneelle vasta-alkajalle tämän prosessin perusteita, vaiheita sekä hyötyjä sekä selvittää mihin 3D-tulostusta voidaan käyttää hyväksi prosessiteollisuudessa.

2 TEORIA

3D-tulostus on prosessi, jossa valmistetaan kolmiulotteisia kiinteitä kappaleita digitaalisen mallin avulla. Tekniikka on viralliselta nimeltään ainetta lisäävä valmistus. Ainetta lisäävä valmistus on lähes vastakohta perinteisiin valmistusmenetelmiin, koska siinä materiaalia ei poisteta tai materiaalin muotoa ei muuteta. Ainetta lisäävä menetelmä poistaa osan geometrisistä rajoituksista, joita perinteiset valmistustavat asettavat. Ainetta lisäävässä menetelmässä kolmiulotteiset kappaleet valmistetaan tehdyn CAD-mallin pohjalta, jonka tulostusohjelma viipaloi kymmeneen tai jopa satoihin viipaleisiin. Mallin avulla 3D-tulostukseen tarkoitettu tulostin alkaa valmistaa kappaletta viipaleiden mukaisesti lisäämällä materiaalia kerros kerrokselta muodostaen lopulta halutun mallisen kappaleen. (3DPrinting 2017)

2.1 3D-tulostamisen etuja ja huonoja puolia

Jotta uusi tekniikka saisi suuren suosion, sen täytyy olla jollakin osa-alueella edeltäjänsä parempi. 3D-tulostuksessa on monia etuja, joita muissa valmistusmenetelmissä ei ole. Yksi tärkeimmistä eduista on mahdollisuus valmistaa pieniä uniikkeja eriä ilman suuria kuluja, joita voisi esimerkiksi tulla ruiskuvaluissa käytettävien muottien suunnittelusta ja hankinnasta. Tekniikka parantaa myös näiden pienien erien toistettavuutta, muunneltavuutta sekä luotettavuutta. Muita etuja ovat se, että tehtävän kappaleen monimutkaisuus ei lisää kustannuksia, valmistusmateriaaleja on hyvin monenlaisia ja valmistuksesta aiheutuva ainehukka on hyvin vähäistä. Yrityksillä jotka käyttävät 3D-tulostimia valmistuksessa, säästyy suuria määriä varastotilaa, koska itse laitteet ovat pienikokoisia ja tuotteita voidaan tehdä suoraan tilauksesta eikä varastoon tarvitse tehdä suuria määriä tuotteita etukäteen. (3D-tulostus wikispaces 2015)

Kappaletta suunnitellessa etuja materiaalia lisäävällä menetelmällä verrattuna muihin on se, että menetelmä poistaa osan geometrisistä rajoituksista verrattuna poistavaan valmistusmenetelmään. Tällä tavalla voidaan valmistaa esimerkiksi onttoja tai verkkomaisia sisärakenteita. Lisäksi suunnitellessa kappaletta voidaan joissakin tapauksissa vähentää kokoonpanon osien lukumäärää ja tämän myötä laskea kustannuksia. (3D-tulostus wikispaces 2015)

Ainetta lisäävän valmistuksen huonoina puolina ovat rajalliset valmistusmateriaalit sekä rajallinen valmistuskoko. Vaikka valmistusmateriaaleja on jo useita ja niitä tulee vähitellen lisää, on tilanteita, joihin ei vain löydy sopivia tulostusmateriaaleja. Tämän hetken 3D-teknologia on pienen mittakaavan valmistusta, koska tulostimien koko rajoittaa suurten kappaleiden valmistusta. Lähes kaikilla kotitulostimilla valmistetaan maksimissaan 30×30×30 cm kokoisia kappaleita, usein vielä pienempiä. Teollisuuden käytössä olevilla tulostimilla voidaan tulostaa isompia kappaleita, mutta näiden tulostimien hinta on huomattavasti suurempi. (Azcentral 2012)

Suunnittelussa pitää ottaa huomioon, että tulostimet eivät voi tuottaa roikkuvia, eikä tyhjän päällä olevia osia. Useimpien materiaalien tulostustarkkuus on $\pm 0,1$ mm, joten tulostimien jälki ei tuota täydellisiä kappaleita, vaan mahdollisuus virheeseen on olemassa. Lisäksi kone saattaa jättää kappaleen pintaan pienet jäljet, jotka täytyy poistaa jälkikäsittelyllä. (Azcentral 2012)

2.2 Muovien tulostustekniikat

Yleisin valmistustapa on pursotustekniikka (FDM), jossa kappaleita valmistetaan sulattamalla raaka-ainetta pursottimen päässä ja pursottamalla se suuttimesta ohuena nauhana. Tulostin liikuttaa pursottimen päätä ja valmistaa sulasta nauhasta yhden kerroksen kappaleesta. Materiaali jäähtyy nopeasti ja kiinnittyy alempaan kerrokseen, jonka jälkeen kappaleen alusta laskeutuu kerrospaksuuden verran ja kone alkaa pursottaa seuraavaa kerrosta. Näin jatketaan, kunnes kaikki kerrokset on tehty ja kappale on valmis. Tätä tulostustekniikkaa käytetään enimmäkseen tulostamaan kahta yleisintä muovimateriaalia, akryylinitriilibutadieenistyreeniä (ABS) ja polylaktidia (PLA). Tässä työssä tehtävä tulostus tapahtuu pursotustekniikkaa hyödyntävällä tulostimella. (3DPrinting 2017)

SLS-menetelmässä eli lasersintrauksessa tulostin levittää hienoa muovijauhetta tasolle ja sintraa sen kerroksittain tehokkaalla laserilla. Sintratun kerroksen jälkeen tulostustasoa lasketaan kerrospaksuuden verran ja sen jälkeen tehdään taas uusi kerros lisäämällä jauhetta ja sintraamalla se laserin avulla. Tätä toistetaan, kunnes kappale on valmis. (3DPrinting 2017)

Viimeinen muovien tulostustekniikka on SLA-menetelmä eli stereolitografiaan perustuva menetelmä. Menetelmässä nestemäistä muovikemikaalia, esimerkiksi epoksihartsia, kovetetaan kerros kerrokselta UV-laservalon avulla. (3DPrinting 2017)

2.3 Muoviset tulostusmateriaalit

PLA on käytetyimpiä muovimateriaaleja. Se on biohajoava ja ympäristöystävällinen muovimateriaali, joka valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista kuten tärkkelyksestä. PLA on suhteellisen kova ja sitkeä materiaali, jonka sulamislämpötila on välillä 180–230 °C. Koska ympäristöystävällisyys on noussut isoon rooliin tuotteiden valmistuksessa, PLA on noussut paljon käytetyksi valmistusmateriaaliksi. Se ei haise tulostettaessa, ja sen höyryt eivät ole vaarallisia. PLA:a on tarjolla monessa eri värissä sekä myös läpinäkyvänä. (Canessa et al. 2013, s. 51)

ABS on toinen yleisimmistä muovisista tulostusmateriaaleista. Se on öljypohjainen muovi, joka on iskunkestävä, jäykkä sekä kevyt materiaali. Se on PLA:a kestävämpi, mutta ei yhtä ympäristöystävällinen. ABS:ä tulostettaessa syntyy pieniä määriä pahanhajuisia ja ihmisille haitallisia höyryjä, minkä vuoksi käytettäessä ABS:ä tarvitaan hyvin ilmastoidut tilat. Sen sulamislämpötila on 210–260 °C, joten se kestää PLA:a hieman kuumempia lämpötiloja. Esimerkiksi Lego-palikat on valmistettu ABS-muovista. ABS:ä on tarjolla laajalla valikoimalla värejä. (Canessa et al. 2013, s. 52)

Vähemmän käytettyjä muovimateriaaleja ovat nailon sekä polykarbonaatti (PC). Nailon on tekninen muovi, jota käytetään tulostuksessa, kun tarvitaan materiaalia, joka ei muru helposti ja jonka pinta aiheuttaa mahdollisimman vähän kitkaa. Se on kuitenkin vaikeampaa tulostaa, joten sen käyttöön tarvitaan kokemusta. PC taas on erittäin vahva, kestävä, kirkas ja korkean sulamislämpötilan omaava muovi. PC-muovin tunnetuin käyttökohde on CD-levyt. (Canessa et al. 2013, s. 52–53)

2.4 3D-tulostus prosessiteollisuudessa

Tällä hetkellä käytetyin käyttökohde 3D-tulostukselle prosessiteollisuudessa on erilaisten prototyyppien valmistus. Tämä tekniikka on helpottanut tuotekehittelyä huomattavasti, koska aiemmin prototyypit jouduttiin valmistamaan käsin veistäen tai

koneistamalla. Nyt mallintamalla ja tulostamalla voidaan tehdä täydellinen prototyyppi paljon nopeammassa ajassa ja pienemmällä vaivalla. Tämän ansioista mahdolliset suunnittelussa tulleet virheet voidaan huomata jo ennen oikean valmistuksen aloittamista. Lisäksi aina on mukavampaa nähdä oman työn tulos konkreettisena kappaleena kuin vain mallina tietokoneella. (Seppälä ja Pennanen 2014)

Yksi käytetyistä materiaalia lisäävän valmistuksen materiaaleista on metalli. Metallia tulostavilla tulostimilla voidaan valmistaa esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä, kobolttikromista, pronssista ja hopeasta hyvin spesifisiä tuotteita, joiden valmistus muuten voi olla haastavaa. Prosessiteollisuus voi luoda raaka-ainetta näille tulostimille tai käyttää mahdollisesti ainetta lisäävää menetelmää valmistuksessa pienessä mittakaavassa. (AM-FINLAND 2016)

Nykytekniikalla on mahdollista 3D-tulostaa myös puupohjaista biomateriaalia kuten selluloosaa. Selluloosa on uusiutuva ja kierrätettävä raaka-aine, jonka ominaisuudet sopivat moniin käyttötarkoituksiin. Prosessiteollisuudessa voisikin olla sellutehtaalle mahdollista alkaa valmistaa jostakin sivuvirrasta sellusta tehtyä tulostusmateriaalia myyntiin. (Aalto-Yliopisto 2015)

Materiaalia lisäävä valmistus on saanut aikaan suuren tuotteiden uudelleensuunnittelu-aallon, koska se antaa uudenlaisia mahdollisuuksia kappaleiden muotoiluun. Materiaaleja voidaan käyttää paremmin ja juuri siellä, missä niille on tarvetta. Esimerkiksi kappaleiden ominaisuudet voivat parantua, paino pudota ja tarvittavien osien määrä vähentyä huomattavasti. ”*3D-tulostus mahdollistaakin erityisesti tuotannollisten osien parantamisen ja kehittämisen*” (Enmac 2016). Esimerkiksi 3DSTEP on onnistunut valmistamaan Avant hydrauliblokin aivan uusin mitoin. Alkuperäisessä hydrauliblokissa oli 33 erilaista osaa ja painoa 2910 grammaa, kun 3D-tulostuskella tuotettu malli on valmistettu yhdestä osasta ja sen paino on vain 370 grammaa. (3DSTEP)

Näiden lisäksi prosessiteollisuudessa voidaan hyödyntää ainetta lisäävää valmistusta valmistamaan tuotantoon tarvittavia asiakaskohtaisia uusia muotteja tai muita osia. Esimerkiksi Valmet on kertonut ottaneensa käyttöön ainetta lisäävän valmistuksen tuotannossaan. Heidän mukaansa 3D-tulostuksesta on etua ainakin sellu- ja paperitehtailla, koska uusien asiakaskohtaisten muottien valmistus on 3D-tulostuksen

avulla nopeampaa. Sen myötä on mahdollista lyhentää uusien tuotteiden markkinoille tuontiaika. (Metsäalan Ammattilehti, 2016). Näiden lisäksi ainetta lisäävä valmistus on hyvä vaihtoehto, jos tuotannossa menee jokin osa rikki ja tuotanto keskeytyy sen takia. Jos mahdollista, usein on nopeampaa mallintaa ja valmistaa tuo kappale 3D-tulostimella kuin tilata se kauempaa.

3 MALLINNUS

3.1 Mallinnettava astia

Työn tarkoituksena on tulostaa Oulun Yliopistolla sijaitsevaan rikastustekniikan laboratorioon uusi vaahdotusastia, jonka halkaisija on noin 20 cm ja korkeus 20 cm. Käyttökohteensa vuoksi astiassa on käyttöhetkellä malmia, vettä, ilmakuplia sekä kova pyörre. Sen tarkoituksena on kestää lämpötiloja lähellä huoneenlämpötilaa ja pH:ta välillä 5-12. Tuotteen tulostamiseen valitaan siis materiaali, joka sopii parhaiten kyseisiin olosuhteisiin. Alkuperäiseen astiaan (Kuva 1) halutaan tehdä pieniä muutoksia helpottamaan ja parantamaan sen käyttöä. Halutut muutokset ovat pohjan neliön hävittäminen astian sisäpuolelta sekä nokan leventäminen. Myös vaahdotukseen tarvittava kaavin (Kuva 2) tulostetaan.



Kuva 1. Alkuperäinen astia.



Kuva 2. Alkuperäinen kaavin.

3.2 Valmistusmateriaalin valinta

Vaahdotusastian tarvitsemat ominaisuudet eivät ole erityisen haastavat, mutta sen täytyy kestää mahdollisimman hyvin malmien astiaan aiheuttamaa kulumista. Sen takia tilanteeseen sopii parhaiten ABS-muovi. Kuten kappaleessa 2.3 mainittiin, ABS on iskunkestävä, jäykkä ja kevyt materiaali, joka kestää hyvin vaahdotuksen lämpötilan ja tarvittavan pH-välin. Tulostimella, jolla kappale tulostetaan, voidaan tulostaa ABS-M30-materiaalia, joka sopii kaikin puolin tilanteeseen. Astialle voidaan tulostamisen jälkeen suorittaa mahdollinen asetonikäsittely, joka poistaa kappaleen pinnasta mahdollisia ilmakuplia sekä pientä karheutta.

3.3 AutoCAD

Työn 3D-mallinnus suoritetaan AutoCAD 2017 -ohjelmalla. AutoCAD on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma, jota käytetään 2- ja 3D-mallinnukseen. Pitkän kokeilemisen ja tekemisen jälkeen kappaleen mallista tuli juuri sellainen kuin haluttiin. Malli on valmistettu yksinkertaistetusti tekemällä ensin astian ääriviivat ja pyöräyttämällä se 360 astetta revolve-ominaisuudella. Nokka on tehty erikokoisia laatikoita sisäkkäin laittamalla ja subtract-ominaisuudella vähentämällä aina haluttu osa

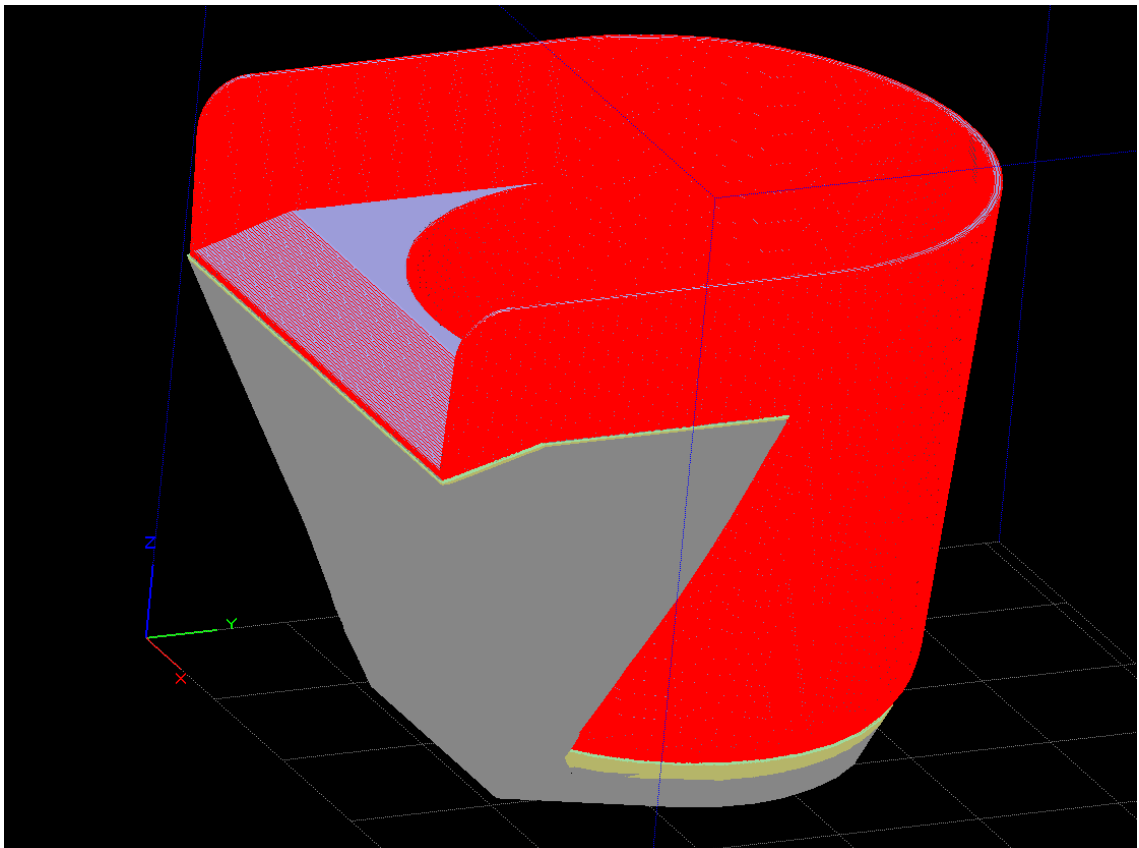
pois. Astia ja nokka on yhdistetty toisiinsa ja pienen nurkkien pyöristämisen jälkeen malli on valmis. Kappaleessa 3.1 mainitut muutokset on tehty uuteen astiaan (Kuva 3).



Kuva 3. CAD:llä piirretty malli uudesta vaahdotusastiasta.

4 TULOSTUS

Työ tulostetaan Oulun Yliopiston Fablabista löytyvällä Stratasys 380mc -tulostimella, joka hyödyntää valmistuksessa pursotustekniikkaa. AutoCAD:llä tehdyt mallit vaahdotusastiasta ja kaapimesta täytyy muuttaa ensin spl-tiedostomuotoon, jotta ne voidaan syöttää tulostimelle. Tulostimelle syöttämisen jälkeen voidaan valita tilanteeseen sopivat tulostusasetukset. Tässä tapauksessa asetuksia muutettiin vain niin, että valmistetaan kiinteä kappale ja mahdollisimman korkealla laadulla. Sen jälkeen selvitettiin, miten päin astia kannattaa tulostaa. Pienen kokeilun jälkeen selvisi, että astia kannattaa tulostaa niin sanotusti oikeinpäin eli aloittaen pohjaneliöstä. Näin tarvitaan pienin mahdollinen määrä tukimateriaalia tulostuksessa. Tukimateriaali mahdollistaa alaspäin tulevat osat tulosteissa. Tulostin tekee tukimateriaalista pohjan tarvittavien osien alle, jonka jälkeen itse tulostusmateriaalia voidaan tulostaa tukimateriaalin päälle. Kuvassa 4 tukimateriaali näkyy harmaalla ja itse tulostusmateriaali punaisella. Tukimateriaali on tässä tilanteessa SR-30-tukimateriaalia, joka liukenee hyvin lipeään. Tulostusmateriaalina on ABS-M30.



Kuva 4. Tulostimen tietokoneelta otettu kuva vaahdotusastiasta.

Tulostamisaika vaahdotusastialle on 17 tuntia ja 12 minuuttia. Kappaleeseen menee tulostusmateriaalia 460 cm^3 ja tukimateriaalia 168 cm^3 . Kaapimen tulostusaika on 22 minuuttia ja siihen kuluu tulostusmateriaalia 16 cm^3 ja tukimateriaalia 6 cm^3 . ABS-M30-materiaalia löytyy Fablabista muutamassa eri värissä, joista tulostettavaksi väriksi vaahdotusastialle valittiin valkoinen. Tämä väri sopii työhön hyvin, sillä jos vaahdotusastia tulee oikeaan käyttöön, siinä oleva lika näkyy paremmin.

5 TULOKSET

Valmis tulostettu vaahdotusastia näkyy kuvassa 5. Tulostimen tekemä jälki oli tarpeeksi hyvä. Pieniä epätarkkuuksia laadussa oli useissa kohdissa astian pinnoilla, mutta epätarkkuudet olivat niin pieniä, etteivät ne tule haittaamaan käytössä. Jos epätarkkuudessa sisäpuolella haittaavat, ne voi tulevaisuudessa hioa pois. Vaahdotusastian lisäksi kaapimen tulostus onnistui halutulla tavalla. Tulostetuilla kappaleille ei tarvinnut suorittaa suunniteltua asetonikäsittelyä pinnan laadun parantamiseksi.



Kuva 5. Uusi 3D-tulostettu vaahdotusastia

Työtä aloittaessa ohjaajalla oli ajatus astian mahdollisesta pienimuotoisesta massatuotannosta. Vaahdottimella on aiemmin ollut ongelmana, että vaahdotuksen jälkeen astian pohjalle ja kuluneisiin kohtiin jää aiemmasta vaahdotuksesta hieman malmia. Tämä ongelma voidaan ratkaista, jos työssä tehty astia täyttää kaikki tarvittavat vaatimukset ja valmistushinta ei ole erityisen korkea. Tällöin voitaisiin valmistaa jokaiselle malmille oma vaahdotusastia. Saman malmin jäänteet edellisestä vaahdotuksesta eivät tuota niin suurta haittaa. Materiaalia lisäävän valmistuksen avulla voidaan myös valmistaa helposti uusia astioita vanhojen ollessa liian kuluneita käyttöön. Yhden kappaleen hinnaksi tuli reilu sata euroa. Se ei ole kuitenkaan liian kova hinta, jotta se estäisi useamman vaahdotusastian tulostuksen. Lisäksi tulosteen laatu riitti käyttökohteen kriteereihin, joten ainakin laadun puolesta useamman kappaleen tekeminen on mahdollista tällä menetelmällä. 3D-tulostuksen avulla mahdollisiin uusiin astioihin voidaan myös tehdä mahdollisia muutoksia.

Materiaalia lisäävä valmistus ei tule mullistamaan prosessiteollisuutta, mutta se tuo mukanaan muutamia hyödyllisiä työkaluja. Tärkein on nopea ja helppo tapa valmistaa erilaisia prototyyppisiä ja helpottaa tuotekehittelyä. 3D-tulostus tuo mukanaan myös mahdollisuuden valmistaa kappaleita, jollaisia ei ennen ollut mahdollista tehdä. Uudet mahdollisuudet prosessiteollisuudessa ovat esimerkiksi erilaisten muottien nopeampi valmistaminen sekä metallien ja sellun tulostaminen.

Työtä tehdessä huolenaiheena oli vaahdotusastian nokka, eli se, kuinka on mahdollista tulostaa alaspäin tulevia osia. Myöhemmin kuitenkin selvisi, että uudemmat tulostimet osaavat ratkaista tämän ongelman itse. Ongelma ratkeaa, kun tulostin tulostaa halutun kappaleen lisäksi tukimateriaalia tarvittaviin kohtiin. Tässä tilanteessa tukimateriaali tekee nokalle pohjan, jonka päälle nokka tehdään.

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli kolmiulotteisen astian mallin tekeminen ja tulostus 3D-tekniikalla sekä tutustua lähemmin itse tekniikkaan ja sen mahdollisuuksiin. Työssä kuvataan 3D-tulostustekniikoita, joista yleisimpiä ovat pursotustekniikka, lasersintraus ja stereolitografiaan perustuva tulostus. 3D-tulostusmateriaalien osalta tässä työssä rajoituttiin muoveihin. Työn tavoite täyttyi, sillä vaahdotusastia mallinnettiin ja tulostettiin onnistuneesti. Tulostus toteutettiin pursotustekniikalla. Tulostusmateriaalina käytettiin ABS:ä, jonka todettiin soveltuvan käyttökohteeseen parhaiten. Työn tekemisen jälkeen voidaan sanoa, että 3D-mallintamisen ja -tulostamisen perusteet eivät ole erityisen vaikeat. Jopa vähällä ajankäytöllä on mahdollista tuottaa oma idea konkreettiseksi kappaleeksi.

Vaahdotusastian mallintaminen onnistui hyvin ja halutut muutokset astiaan onnistuttiin toteuttamaan. Vaahdotusastian tulostaminen onnistui ja sen laatu täytti tarvittavat kriteerit. Astian pinnoilla esiintyi pieniä epätarkkuuksia, mutta ei niin isoja, että ne vaikuttaisivat astian käyttöön. Voidaan todeta työn ja tulostuksen onnistuneen halutulla tavalla.

7 LÄHTEET

3DPrinting, 2017. What is 3D printing? [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/> [viitattu 6.2.2017].

3DStep. Etusivu, Metallien 3D-tulostus, mahdollisuudet [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://3dstep.fi/> [viitattu 27.2.2017].

3D-tulostus wikispaces, 2015. Ainetta lisäävä valmistus [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://3d-tulostus.wikispaces.com/Yleist%C3%A4+ainetta+lis%C3%A4%C3%A4v%C3%A4st%C3%A4+valmistuksesta> [viitattu 6.2.2017].

Aalto-Yliopisto, 2015. Selluloosaa voidaan jo tulostaa 3D-tekniikalla [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.aalto.fi/fi/current/news/2015-11-05-007/> [viitattu 27.2.2017].

AM-FINLAND, 2016. Metallien tulostuspalvelut [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://amfinland.fi/3d-metallitulostus/> [viitattu 27.2.2017].

Azcentral, 2012. Disadvantages of 3D Printers [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://yourbusiness.azcentral.com/disadvantages-3d-printers-2212.html> [viitattu 6.2.2017].

Canessa, E. Fonda, C. Zennaro, M., 2013. Low-cost 3D printing for Science, Education & Sustainable Development. First Edition. ICTP – The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics 2013 ICTP Science Dissemination Unit, 200s. ISBN 92-95003-48-9.

Enmac, 2016. Highlights 2016, TEOLLINEN 3D-TULOSTUS MULLISTAA TUOTTEET JA TUOTEKEHITYKSEN [verkkodokumentti]. Saatavissa: https://enmac.fi/files/1614/7583/4556/Enmac_Highlights_2016_220x220_WEB.pdf [viitattu 11.3.2017].

Lehtinen, K., 2014. Sanasto ja termistö, Suomenkielinen sanasto [verkkodokumentti].
Julkaisupaikka: FIRPA. Saatavissa: <http://www.firpa.fi/html/suomi.html> [viitattu 20.3.2017].

Metsäalan Ammattilehti, 2016. Valmet ottaa käyttöön 3D-tulostusteknologian valmistusprosesseissaan [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?75825> [viitattu 27.2.2017].

Seppälä, A. Pennanen R., 2014. 3D-tulostus mahdollistaa yksilölliset tuotteet ja halvat prototyypit [verkkodokumentti]. Julkaisupaikka: Yle. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-7263686> [viitattu 27.2.2017].

Tiainen, T., 2016. 3D-tulostus tulee – oletko valmis?. Materia, 1-Helmikuu, s.33-35.