

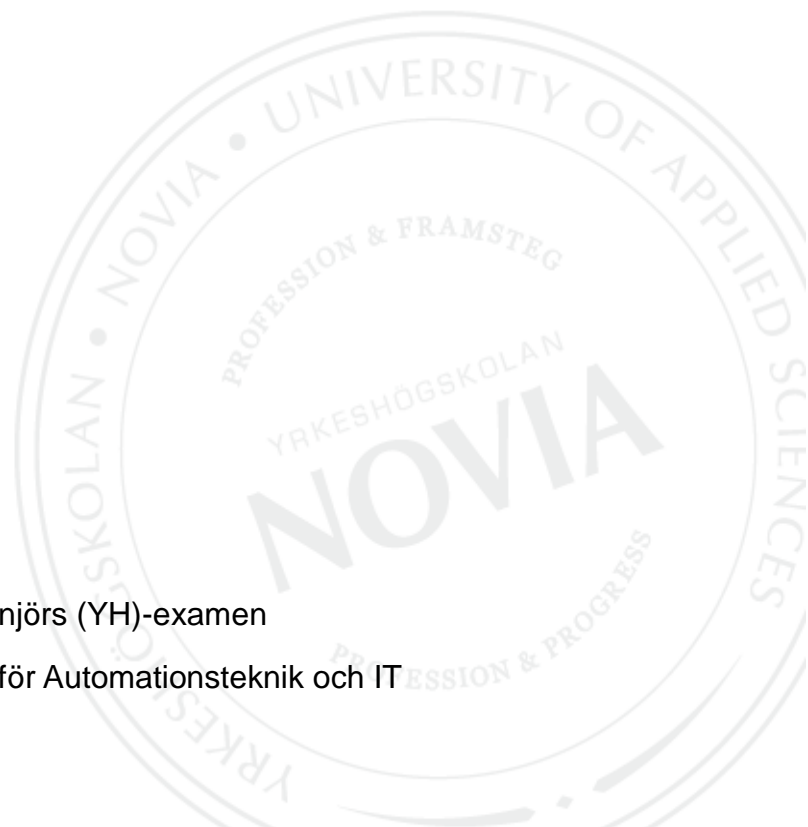
3D Printning – möjligheter och begränsningar

Gabriel Skogberg

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2014



EXAMENSARBETE

Författare: Gabriel Skogberg

Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT, Raseborg

Inriktning/alternativ/Fördjupning: Datorstödd tillverkning

Handledare: Håkan Bjurström

Titel: 3D Printning – möjligheter och begränsningar

Datum: 29.4.2014

Sidantal: 36

Bilagor: 0

Abstrakt

I examensarbetet redogörs för de olika möjligheter samt begränsningar inom 3D printning. 3D printning är en additiv tillverkningsmetod, vilket betyder att material läggs till istället för att det tas bort. I arbetet presenteras själva printningsprocessen med olika delsteg. I arbetet beskrivs de vanligaste teknikerna inom 3DP, vilka är FDM, SLS, SLA, Z-Corporation, DMLS och Vaxmetoden. Inom 3DP finns det många möjligheter då det gäller materialval. De vanligaste materialen som lämpar sig för 3D printning presenteras i detta examensarbete. Olika användningsområden för 3D printade föremål och 3D printningens framtid beskrivs också. Fokus ligger både på 3D printning för företag samt för privatpersoner. Syftet med detta arbete är att redogöra dagens teknik och möjligheter inom 3DP.

Arbetet innehåller även en praktisk del där det printades ut en bult och en mutter. Printningen skedde i Sello bibliotek. Sello är ett köpcentrum beläget i Alberga i Esbo. Biblioteket har fyra 3D printers som man får använda gratis. Resultatet av printningen blev rätt så bra, gängorna på bulten och muttern fungerar men på grund av ett litet fel i kalibreringen så är föremålen inte kosmetiskt sett så vackra.

Språk: Svenska

Nyckelord: 3D printning, Additiv Tillverkning, CAD/CAM

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Gabriel Skogberg

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Automationsteknik och IT, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Datorstödd tillverkning

Ohjaaja: Håkan Bjurström

Nimike: 3D-Tulostus – mahdollisuudet ja rajoitukset

3D Printning – möjligheter och begränsningar

Päivämäärä: 29.4.2014

Sivumäärä: 36

Liitteet: 0

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä kerrotaan 3D-tulostuksesta sekä sen mahdollisuuksista ja rajoituksista. 3D-tulostus on additiivinen tuotantomenetelmä, eli materiaalia lisätään poistamisen sijasta. Tässä työssä kerrotaan tulostusprosessista alivaiheineen. Opinnäytetyössä kerrotaan tavallisimmista 3D-tulostus tekniikoista, jotka ovat FDM, SLS, SLA, Z-Corporation, DMLS ja Vahametodi. 3D-tulostuksessa voi valita laajasta materiaalivalikoimasta, ja tavallisimmat materiaalit esitetään tässä työssä. Tulostetun kappaleen eri käyttötarkoituksista ja 3D-tulostamisen tulevaisuudesta kerrotaan. Painopiste on sekä yritysten että yksityishenkilöiden 3D-tulostamisessa. Tämän työn tarkoituksena on esittää 3D-tulostamisen uusimmat tekniikat sekä mahdollisuudet.

Työhön kuuluu myös käytännön osuus, jossa kerrotaan 3D-tulostamiskokemuksesta, jossa tulostettiin kolmiulotteinen pultti ja mutteri. Tulostus suoritettiin Sellon kirjastossa. Sello on kauppakeskus joka sijaitsee Espoon Leppävaarassa. Kirjastossa on neljä 3D tulostinta joita saa käyttää maksutta. Tulostuskokeilun tulos on melko hyvä. Pultin ja mutterin kierteet toimivat mutta kalibrointivirheen takia osat eivät ole kovin kauniita.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: 3D Tulostus, Additiivinen valmistus, CAD/CAM

BACHELOR'S THESIS

Author: Gabriel Skogberg

Degree Programme: Automation and IT, Raseborg

Specialization: Design and manufacturing

Supervisor: Håkan Bjurström

Title: 3D Printing – possibilities and restrictions

3D Printning – möjligheter och begränsningar

Date: 29 April 2014

Number of pages: 36

Appendices: 0

Summary

In this thesis 3D printing and its possibilities and restrictions are explained. 3D printing is an additive manufacturing method which means that material is added instead of subtracted. The printing process including its sub-steps is explained. The most common techniques, also explained in this thesis, are FDM, SLS, SLA, Z-Corporation and the Wax method. In 3D printing one can choose from many different materials. The most common materials are explained in this thesis. The area of use for the printed parts, and the future of 3DP are described. The focus is on 3D printing for both companies and individuals. The purpose of this thesis is to account for the newest technologies within 3D printing and its opportunities.

The practical section refers to a 3D printing experience of a bolt and a nut. The printing happened in Sello library. Sello is a shopping center in Leppävaara in Espoo. The library have four 3D printers which one may use free of charge. The result of the printing was quite good. The threads on the bolt and the nut are working as intended, but due to a fault in the calibration the surfaces of the bolt and the nut aren't very smooth.

Language: Swedish

Key words: 3D Printing, Additive manufacturing, CAD/CAM

Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	1
1.1	SYFTE OCH MÅL.....	1
2	HISTORIA	2
3	3D PRINTNING	2
3.1	PROCESSEN.....	4
3.1.1	Digitalisk modell	4
3.1.2	.stl filformat.....	5
3.1.3	Konvertera .stl till G-kod.....	7
3.1.4	Kontakt med skrivaren	8
3.1.5	Efterbehandling.....	8
3.2	TEKNIKER	9
3.2.1	Fused deposition modeling	9
3.2.2	SLS, Selektiv Laser Sintring.....	10
3.2.3	SL(A), Stereolitografi.....	12
3.2.4	Z-Corporation.....	13
3.2.5	DMLS – Direkt Metall Laser Sintring.....	14
3.2.6	Vaxmetoden	14
4	MATERIALVAL VID 3D PRINTNING	15
4.1	3D PRINTNING MED FLERA MATERIAL	18
5	REPRAP	19
6	3D PRINTNING – NEGATIVA SIDOR	20
6.1	"THE LIBERATOR"	20
6.2	ARBETSLÖSHET P.G.A. DIGITALISERING	21
6.3	UPPHOVS RÄTT	22
6.4	MASSPRODUKTION	22
7	3D PRINTNING – ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN.....	22
7.1	3D PRINTNING I SJUKVÅRDEN.....	23
7.2	LIVSMEDEL.....	24
7.3	3D PRINTNING FÖR PRIVATPERSONER.....	25
7.3.1	Privatpersoners möjligheter att printa tredimensionellt	26
7.3.2	3D printning i bibliotek.....	26
7.3.3	3D printningarna i Sello bibliotek	27
7.3.4	3D printning av ett stycke i Sello bibliotek.....	28
8	3D PRINTNING I FRAMTIDEN	30
9	AVSLUTNING	31
	KÄLLOR	33
	FIGURKÄLLOR	36

TERMER OCH BETECKNINGAR

3D	Tredimensionell
3DP	Tredimensionell printning
AM/AT	Additiv Tillverkning (AM = Additive Manufacturing)
CAD	Computer-Aided Design / Datorstödd design
CAM	Computer-Aided Manufacturing / Datorstödd tillverkning
DIY	Do-it-yourself / 3D printer som man själv monterar (kapitel 5)
RepRap	DIY projekt inom 3DP (kapitel 5)
RP	Rapid Prototyping

1 Inledning

Detta examensarbete är beställt av Yrkeshögskolan Novia. 3D modellering och 3D skrivare har utvecklats massor de senaste åren, och tekniken vidareutvecklas ständigt. 3D skrivare kommer att spela en stor roll i framtiden, inte bara för företag utan även för privatpersoner. En privatperson kan till exempel skaffa sig en billigare, för hemmabruk avsedd skrivare. Efter det kan han via internet ladda ner en CAD fil och sedan printa med sin egna printer.

I detta examensarbete beskrivs olika slags 3D hjälpmedel som företag och privatpersoner kan använda sig av. Inom området finns det massor av olika lösningar då det gäller 3D modellering och printning.

"It's a do it yourself situation that was unthinkable before technology made ideas printable" -Michelle Miller, CBS, 2013

I undersökningen var det planerat att även göra en undersökning om användning av 3D skrivare och för vilket ändamål de används i Nyland. Tyvärr hittade jag inte tillräckligt med personer som äger en 3D printer för att få ordentliga statistiska resultat. Tydligt är 3D printrar ännu sällsynta eller en okänd teknik i Nyland. Jag beslöt mig för att slopa undersökningen, och istället själv printa ut ett stycke med en 3D printer för att få en bättre inblick i hur tekniken funkar i praktiken.

1.1 Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att presentera 3D modeller och hur 3D printning kan användas som hjälpmedel inom olika områden. Fokus ligger även på hur privatpersoner kan ha nytta av tekniken. 3D hjälpmedlen har under de senaste åren utvecklats oerhört. Detta arbetes syfte är att redogöra för dagens teknik samt möjligheter och begränsningar inom 3DP.

2 Historia

Några viktiga år inom 3D printningens historia är: (Individual.troweprice)

- 1984

Utvecklingen av Stereolitografi (se kapitel 3.2.3), år 1984 anses vara födelsen av 3D printning.

- 1999

De första organen gjorda i laboratorium opererades med hjälp av 3D printade stativ och ställningar belagda med patientens egna celler.

- 2002

Forskning om möjligheter inom 3D printade organ påbörjas.

- 2004-2005

DIY varianter av 3D printrar utvecklas. 3D printrar blir allt förmånligare.

- 2008

Första kompletta 3D printade benprotesen tas i användning. Protesen är printad med samtliga delar av benet, inklusive knä etc.

- 2010 –

3D printers blir mer populärt, vilket leder till förmånligare pris. 3D printrar blir vanligare bland privatpersoner.

- 2012

Ett 3D printat käkben i titan opereras åt en kvinna från Belgien.

3 3D printning

Det traditionella sättet att tillverka ett arbetsstycke har varit att ta bort material med hjälp av bland annat fräsning eller svarvning. Dessa traditionella tillverkningsätt går ut på att skära, fräsa, svarva eller på något annat sätt få ett större stycke

arbetat till ett med önskad form. Man har alltså till exempel fräst bort onödigt material för att nå det önskade slutresultatet. Detta kallas för en subtraktiv tillverkningsmetod.

3D printning är en anpassad metod inom additiv tillverkning (eng. additive manufacturing). I motsats till att ta bort onödigt material, så är 3D printning en metod där tillverkningen av ett stycke sker genom att bygga upp det av tunna lager fästade i varandra. Detta betyder att man kan arbeta mera materialsnålt, så gott som utan spillmaterial. Stycket byggs upp på en plattform som kan höjas och sänkas. När ett lager är klart så sänks plattformen så att nästa lager kan påbörjas. I den vanligaste sorten av 3D skrivare rör sig själva skrivarens munstycke i x- och y-led (längd och bredd) medan plattformen rör sig i z-led (höjd). Se underrubrik 3.2 för en mer detaljerad inblick i olika tekniker.

Eftersom printningen sker i lager på varandra, så kan man teoretiskt sett inte nå ett totalt runt objekt, men eftersom tjockleken på lagren är mycket liten så är föremålet i praktiken runt. Ju tunnare lager desto noggrannare slutresultat i jämförelse med ritningen.

Bara fantasin begränsar användningsområdena inom 3D printning. 3D printning är den mest anpassbara tillverkningsmetoden. Inom företag kan 3D printning till exempel användas för prototyper innan man tillverkar den egentliga produkten. Med en 3D printad prototyp får man en bättre inblick i själva produkten billigt och snabbt. Med en 3D printad prototyp kan man lättare identifiera eventuella fel eller problem än ifrån ett CAD/CAM program.

3D printning kan självfallet även användas för den slutliga produkten istället för bara en prototyp. Ett bra exempel på detta vore att 3D printa en produkt i plast istället för att gjuta den på det traditionella sättet. Denna process kräver inte att företaget skaffar och lagrar dyra gjutformer. Detta leder till mindre materialåtgång samt därmed lägre startkostnader för produktion.

Tillverkning med additiva metoder slopar en hel del onödiga kostnader. Transportkostnader för tillverkade produkter kan reduceras mycket genom att sprida ut produktionen närmare kunden. 3D printade föremål kräver vanligtvis mindre montering än produkter tillverkade med subtraktiva tekniker. Amerikanska företaget "GE Aviation", som är världens största tillverkare av motorer till luftfartyg har börjat använda sig av additiva tillverkningsmetoder. Förr tillverkade de munstycken för bränsleöverföring av 18 komponenter som krävde montering, men med implementering av 3D printrar tillverkas samma stycke på en gång.

(3dprintingindustry, 2013)

För privatbruk finns det massor av möjligheter inom 3D världen. För många är det en hobby, men det finns även praktiska användningsområden. Eftersom de billigare 3D printrarna som passar bättre för hemmabruk inte kan printa så stora delar som industriprintrarna, så begränsas storleken på privata printbara stycken rätt så mycket. Det är dock vanligt att printa fler mindre delar och sedan montera ihop dem för att få ett större stycke.

3.1 Processen

Processen att tillverka ett stycke med en 3D printer sker i följande steg:

(Canessa, Fonda & Zennaro 2013, s.32)

3.1.1 Digitalisk modell

För att kunna printa ut ett tredimensionellt stycke så behövs en CAD fil. CAD filen kan fås genom att rita i ett CAD program, eller med hjälp av en 3D skanner. De vanligaste CAD programmen är "Autodesk Inventor", "Solidworks" och "Creo". Många program kräver att man köper en licens för att kunna använda dem, för

hemmabruk finns det även möjlighet att använda gratis CAD program såsom "SketchUp" eller "FreeCAD"

CAD är en akronym av de engelska orden "Computer Aided Design" (Datorstödd design). Ett CAD program är ett program var man kan rita antingen en 2D eller en 3D skiss. 2D används mera för till exempel byggnadsritningar. 3D skisser kan omvandlas till tredimensionella modeller i programmet. Den tredimensionella modellen visar det ritade stycket som fullt roterbart. I detta skede kan man ännu lätt göra ändringar på måtten ifall man ser att något inte i praktiken kommer att fungera.

En 3D skanner kan skanna ett stycke och automatiskt bygga upp en CAD modell av stycket. Den skannade modellen kan ännu fritt ändras i CAD programmet innan man 3D printar den. För att nå det bästa möjliga skanningsresultatet så kan samma stycke skannas fler gånger från flera olika vinklar. De olika skanningarna kan sedan sammanfogas till en och samma CAD fil.

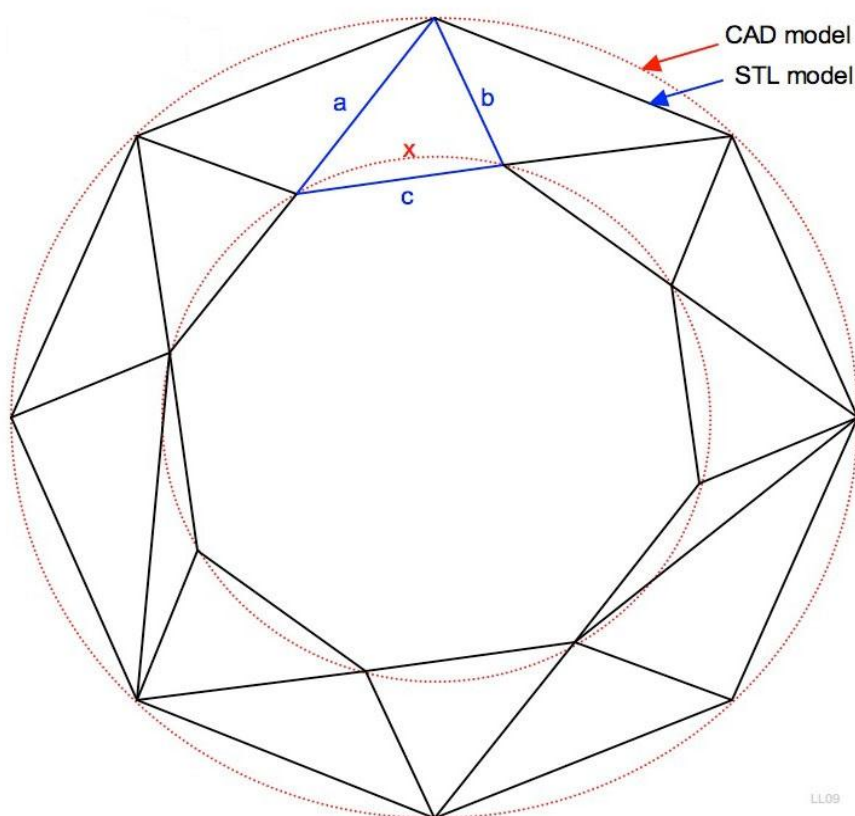
Det finns många olika 3D skanners och många olika funktionsprinciper. En 3D skanner kan till exempel funka så att stycket man vill skanna läggs på en roterbar plattform, varefter laserstrålar riktas mot stycket. Programmet kan därefter räkna ut hur stort och hurudan form stycket har på basen av laserstålens längd. (Makerbot.com, 2014)

3.1.2 .stl filformat

En färdig CAD fil måste konverteras till ett format som 3D skrivaren kan förstå. Det vanligaste formatet som nästan alla 3D printrar kan förstå är .stl. De flesta CAD programmen har en inbyggd konverterare vilket medför att konverteringen är en enkel process. I de flesta CAD program går konverteringen enkelt via en vanlig "Save As funktion, varefter man byter CAD ritningens filformat (t.ex. .ipt i Autodesk

Inventor) till .stl. Förkortningen "stl" kommer från engelska ordet stereolithography, men det har även föreslagits "Stereolithography Tessellation Language"

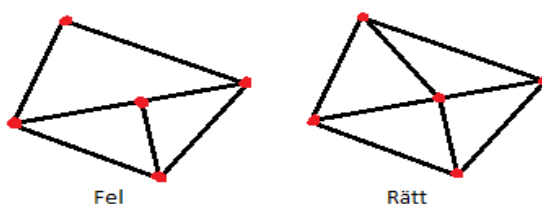
.stl filarna slopar all annan information om ritningen förutom dess geometriska mått. Hur CAD filen är ritad, i vilken ordning, färg eller material, bryr sig .stl filen inte om.



Figur 1. Visualisering av hur en CAD fil konverteras till en .stl fil.

Under konverteringen delas stycket in i små trianglar. Triangelstorleken kan ändras på i inställningarna, ju mindre trianglar desto noggrannare resultat. Trianglarna får dock inte justeras för små, eftersom filstorleken då kan bli mycket stor. Förskjutningen (offset) mellan den ursprungliga filen och .stl filen kan även justeras för ökad noggrannhet.

Vid skapningen av .stl filen bör man vara noga med enheterna. CAD ritningen kan vara ritad enligt de brittiska måttenheterna (Imperial Measurement), och .stl filen enligt det metriska systemet. Till exempel CAD programmet SolidWorks sparar filerna enligt metriska systemets fastän själva ritningen var ritad enligt de brittiska måttenheterna. .stl filen nämner vanligtvis inte vilken enhet som används. Enligt vertex to vertex regeln (figur 2) bör varje triangel dela två hörn med varje triangel intill, alltså en triangels hörnpunkt får inte vara vid en annan triangels sida.



Figur 2. Vertex to vertex regeln. Varje triangel bör dela två hörn med varje triangel intill.

3.1.3 Konvertera .stl till G-kod

Att ge kommandon till 3D printern om var på plattformen printern skall skriva ut samt vilken rutt och hastighet den skall använda för att nå målet sker via G-kod.

G-koden är ett programmeringsspråk. Beroende på hur stort och invecklat stycke som skall skrivas ut kan G-koden bli extremt lång, men CAM (Computer aided manufacturing) programmen har en funktion som konverterar CAD/CAM modellen automatiskt till G-kod. G-koden går även att skriva manuellt ifall det sker problem i den genererade koden. Egentligen är G-koden endast ett text dokument med G-kommandon efter varandra där de olika G siffrorna berättar vad maskinen skall göra. Funktioner i G-koden betecknas med M-koder. Några exempel på olika kommandon är:

- G01 X-koordinat Y-koordinat Z-koordinat F-hastighet

Denna kod flyttar munstycket till xyz-koordinaterna och använder hastigheten F.

- M00

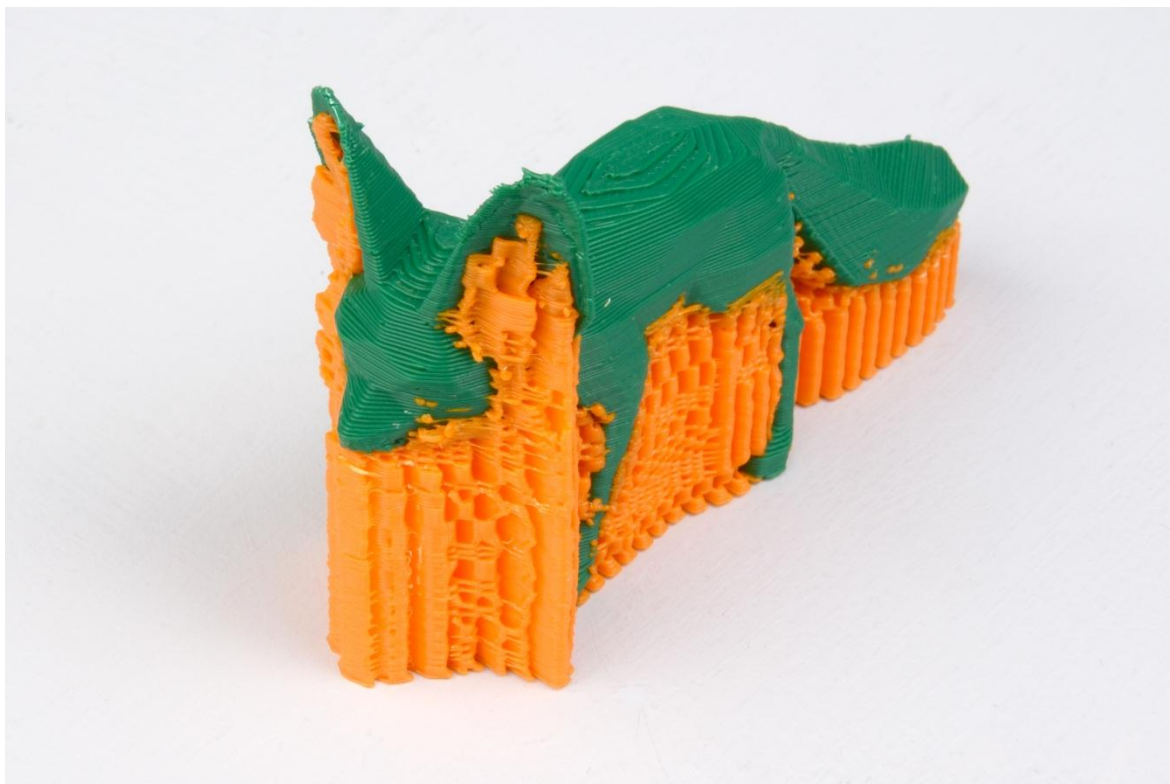
M00 funktionen stannar programmet.

3.1.4 Kontakt med skrivaren

För att skrivaren skall kunna läsa G-kommandon behövs en kontakt mellan skrivaren och datorn. Kontakten sker vanligtvis via USB (Universal Serial Bus), eller något externt minne, till exempel ett minneskort.

3.1.5 Efterbehandling

De printningsmetoder som använder sig av stödmaterial behöver efterbehandling efter printningen. Det kan finnas överlopps plast på ställen det inte önskas, och detta bör tas bort manuellt till exempel med hjälp av en fil, sandpapper eller dylikt.



Figur 3. En modell printad med FDM tekniken. De orange delarna är stödmaterial för byggnadsprocessen. Stödmaterialen bör tas bort manuellt.

3.2 Tekniker

Det finns massor av olika tekniker inom 3D printning. Många av dem är mycket lika varandra men har olika namn på grund av patentärenden. I detta arbete kommer inte alla 3D printningsmetoder att tas upp, utan istället de vanligaste teknikerna.

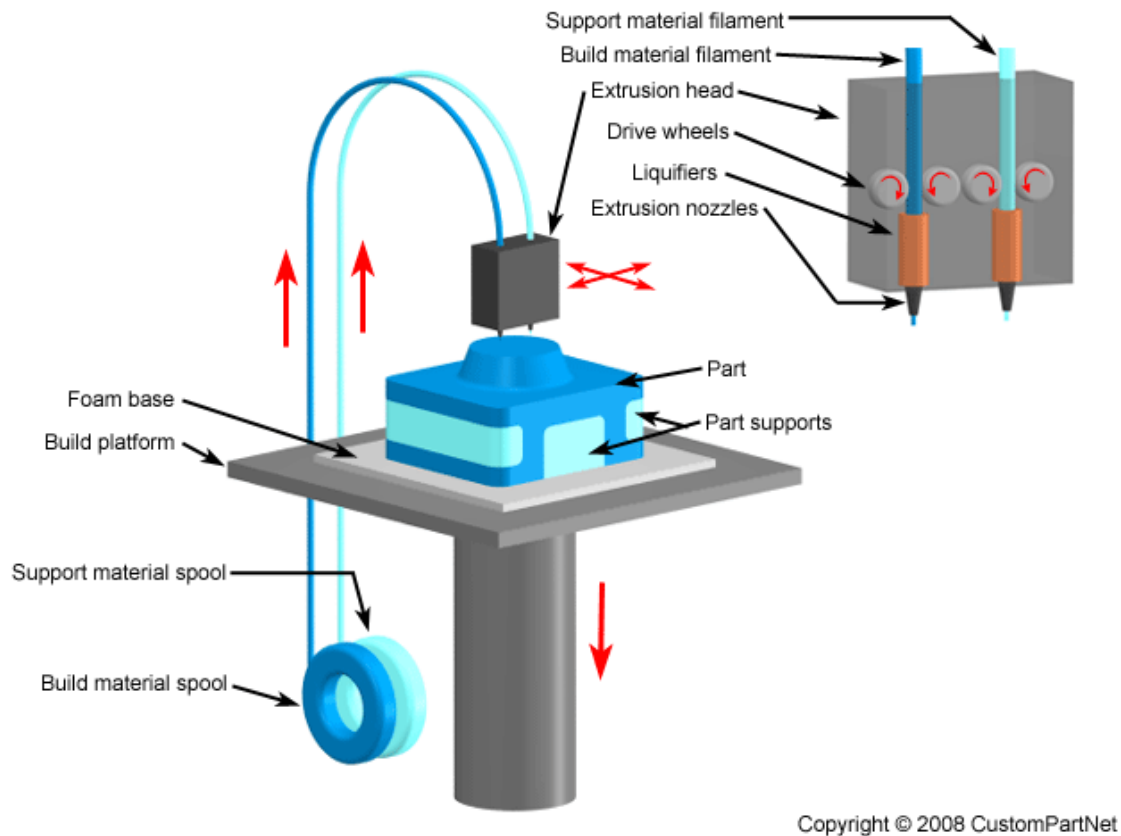
3.2.1 Fused deposition modeling

Det vanligaste materialet som används i 3D skrivning är plast. Det finns många olika tekniker av 3D-printning som använder plast, men den vanligaste kallas för Fused deposition modeling (FDM). FDM utvecklades och patenterades av S. Scott Crump år 1989 och marknadsfördes året efter av företaget Stratasys Ltd. där Crump är en av grundarna.

FDM går ut på att plastmassa värms upp vid printerns munstycke till cirka (170 - 250) °C för att sedan sprutas ur på plattformen i tunna lager. När plastmassan sprutats på plattformen så stelnar den. Genom att spruta ny smält massa på den stelnade så uppnår man ett lager till som fästs i den gamla plasten innan den hinner stelna. De vanligaste plastsorterna som används i FDM är:

- PLA (Polylactic acid)
- ABS (Acrylonitrile butadiene styrene)

FDM tekniken använder sig av såkallade stödmaterial under printningsskedet vilket innebär att slutprodukten kräver efterbehandling för att nå det önskade resultatet. De printrar som använder FDM tekniken kan ha två spolar med byggmaterial, den ena med det egentliga materialet och den andra med stödmaterial. Slutresultatet med FDM metoden är hårdigare än resultaten med de andra tillverkningsmetoderna. (Canessa, Fonda & Zennaro 2013, s.11-12)

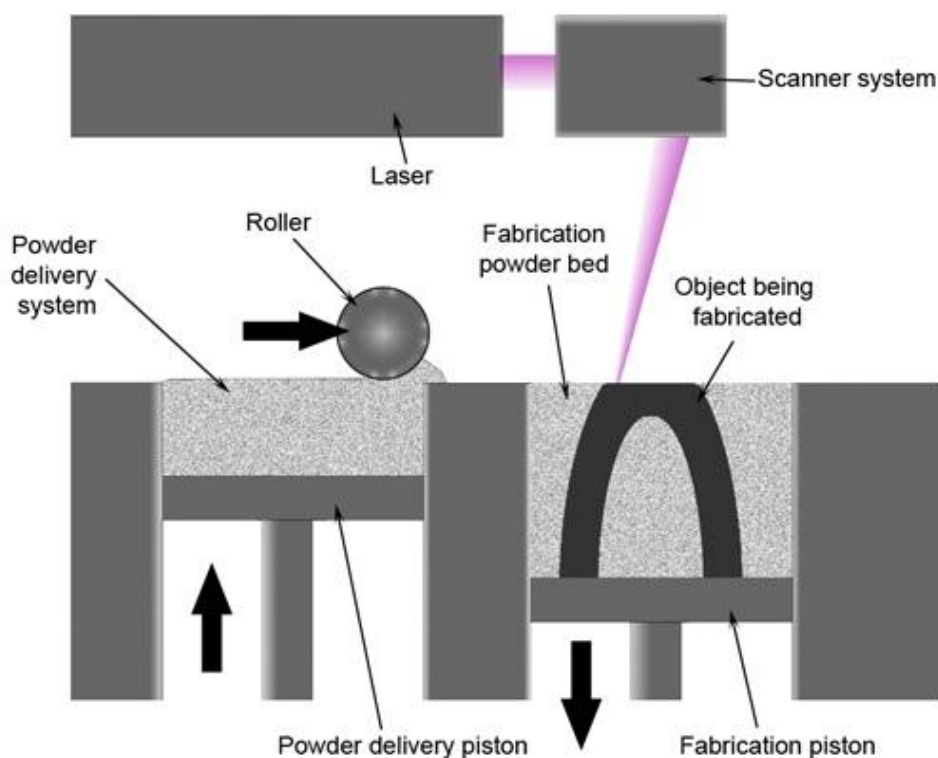


Figur 4. FDM teknikens funktionsprincip. I denna modell används olika material för byggandet samt stödmaterialet.

3.2.2 SLS, Selektiv Laser Sintring

Selektiv laser sintring, SLS, (eng. Selective Laser Sintering) är en av de vanligaste teknikerna inom 3D printning. Sintring är en process där material fästs ihop med hög värme, i detta fall med en laserstråle. SLS använder sig av en såkallad pulverbaserad teknik vilket betyder att materialet som sammanfogas är i pulverform. Värmen i strålen bör vara mindre än materialets smältpunkt.

SLS är utvecklat av studerande Carl Deckard och hans lärare Joe Beaman på 1980-talet under företaget Desk Top Manufacturing (DTM) Corp. År 2001 blev DTM uppköpt av 3D systems Inc som är ett ledande företag inom 3D printning.



Figur 5. SLS funktionsprincipen

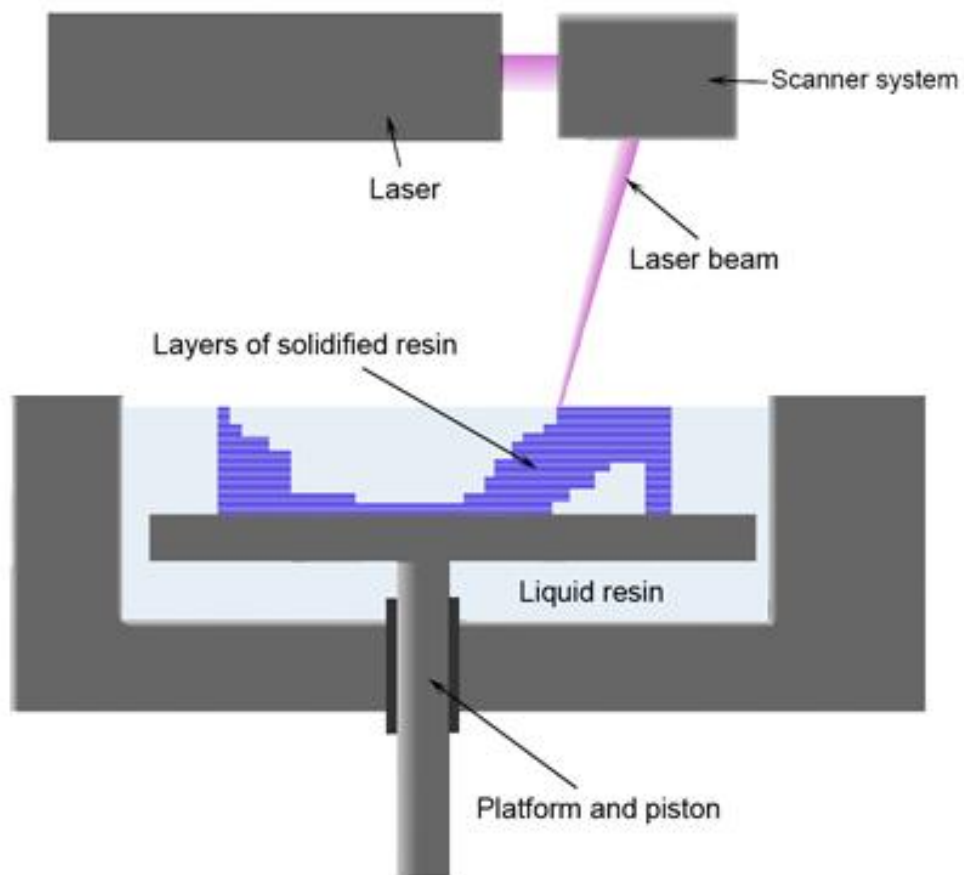
Tillverkningsprocessen med SLS funkar enligt samma princip som beskrevs i kapitel 3.1. Även om processen är liknande så skiljer sig tekniken rätt så mycket. SLS tekniken använder sig av en container fylld med det önskade materialet i pulverform. Metall går att printas men med en tillämpad SLS teknik som heter Direkt metall laser sintring (se kapitel 3.2.5).

Pulvret skuffas över på printningsplattformen, varefter strålen riktas mot pulvret så att det sker sintring. Plattformen sänks och processen repeteras. SLS tekniken använder sig inte av stödmaterial under printningsprocessen vilket leder till ett fint och slätt slutresultat.

(Livescience, 2013)

3.2.3 SL(A), Stereolitografi

Stereolitografi (förkortat SL, ibland SLA) (eng. Stereolithography) är uppfunnet år 1984, och patenterat år 1986 av Charles Hull som är en av grundarna av 3D systems Inc. SL tekniken grundar sig på fyra huvud delar: En container fylld med flytande plast (fotopolymer), plattformen, en ultraviolett (UV) laser samt en dator som styr processen.



Figur 6. SLA funktionsprincipen.

Fotopolymer är plast i flytande form som reagerar genom att stelna då de utsätts för UV strålningen. Processen går till så att plattformen sänks i flytande plast för att få ett skikt på plattformen. Sedan riktas UV strålen med hjälp av datorn på det önskade stället. UV strålen får plasten att stelna, och plattformen kan sänkas för

att kunna göra nästa lager. Sedan kan processen repeteras tills man nått det önskade slutresultatet.

Stereolitografi är den noggrannaste tekniken inom 3D printning. Denna teknik används då det krävs extrem precision, till exempel i printning av produkter som proteser etc (Läs mera i kapitlet 7.1)

(Livescience, 2013)

3.2.4 Z-Corporation

Z-Corporations utvecklade teknik går ut på att sprida gipspulver jämnt över en byggplattform. Med hjälp av printerns munstycke formar man produkten genom att släppa bindmaterial ut på det önskade stället. Överlopps gipspulvret som inte användes kan återanvändas en senare gång, det blir inget spillmaterial. Överlopps pulvret fungerar samtidigt som stödmaterial för konstruktionen.

I Z-Corporation tekniken kan man använda sig av tre olika bindematerial, vilka väljs på basen av hurudant slutresultat man vill ha. De olika bindematerialen är:

- Vatten
 - Prototyp modeller

- Z-Bond
 - Konceptmodeller, alltså en prototyp som ännu skall verifieras

- Z-Max Epoxy
 - Slutliga prototyper eller till och med slutprodukter

Z-Corporation tekniken klarar av att printa i färger. Men eftersom .stl filer inte kan förstå färgkoder så kan detta filformat inte användas med Z-Corporation tekniken.

Det finns andra filformat, bland annat .3DS, .WRL, .PLY, eller .ZPR. För att spara på färgämne så printas endast skalet, alltså ytdelarna, i färg.

Färgläggningen går till så att den vanliga RGB [Red (Röd), Green (Grön), Blue (Blå)] färgkartan som används i datorer konverteras till CMYK [Cyan (Cyan/Aqua), Magenta (Magenta/Fuchsia), Yellow (Gul), Black (Svart)] färgkod.
(Makepartsfast, 2011)

3.2.5 DMLS – Direkt Metall Laser Sintring

DMLS (eng. Direct Metal Laser Sintering) påminner mycket om SLS. DMLS är utvecklat av EOS i Tyskland. DMLS funkar liksom SLS på så vis att en rulle skuffar metallpulver från en container till själva byggplattformen.

Med DMLS kan man använda de flesta legeringar, alltså blandningar av olika grundämnen, vilket betyder att till exempel prototyper kan printas behändigt av samma material som slutprodukten. En laserstråle fokuseras på det ställe var printningen skall ske, vilket leder till att pulvret sammanfogas genom sintring.

DMLS kräver inte några utomstående verktyg. Stycken printade med DMLS tekniken är både starka och hållbara, och de tål hög värme. Med denna teknik lyckas man få fina detaljer i stycket. På grund av dessa egenskaper så används DMLS printade stycken inom bland annat bilindustrin, sjukvården och i rymdraketer etc. (i.materialise.com, 2014)

3.2.6 Vaxmetoden

Vaxmetoden är olik de andra printningsteknikerna. Denna teknik heter egentligen "Cire perdue" som är franska, och översätts ungefär till förlorat vax. Vaxmetoder skiljer sig från de andra additiva tillverkningsmetoderna så att själva slutstycket

inte printas direkt av printern. Vid vaxmetoden används 3D printern till för att printa en gjutform i vaxlikt material. Materialet låter man rinna ner i gjutformen, och efter att det stelnat så slås formen sönder. Material som 3D printas med vax metoden är vanligtvis guld eller silver.

Denna metod passar bra för till exempel printning (gjutning) av smycken. Smycken kan enligt denna modell printas till önskad modell genom att rita en gjutform i CAD program. (I.materialise, 2014)

4 Materialval vid 3D printning

3D printning har utvecklats mycket vilket har lett till stort utbud med material som kan användas vid printning. Det vanligaste är olika sorters plast, men metaller håller på bli allt vanligare eftersom de är hållbarare.

När man väljer material så måste man fundera på olika faktorer. Ifall man vill printa endast en prototyp så passar det med något billigare material såsom någon sort av plast. Vill man däremot printa en slutgiltig produkt som behöver vara hårdare kan man välja metall som stål eller titan. Med dagens teknik kan man även printa ut av flexibla material.

Några av de vanligaste material som används vid 3D printning är:

[(Tinkercad), (Materialise), 2014]

- Polyamid

Nylon är den polyamid som används vid 3D printning. Det görs från pulver, vilket betyder att SLS är den bästa tekniken att använda vid printning med Nylon.

Nylon är en stark och flexibel plast, men ändå relativt billig jämfört med andra printbara material. Nylons minimi väggjocklek är 1 mm, och det printas runt 10 lager per millimeter. Stycken printade med polyamider är inte lämpliga för utomhusbruk eftersom polyamider absorberar fukt.

- ABS

ABS, (eng. Acrylonitrile butadiene styrene), är en stark plast sort. ABS används ofta vid hemmabruk, och man får det i många olika färger. ABS plast levereras i band på en rulle, alltså är FDM den lämpligaste printningsmetoden. ABS är liksom Nylon en billig variant av material för 3D printning. ABS kan tåla en minimi väggjocklek på 1 mm, och cirka 3 lager printas på en millimeter.

- Rostfritt stål

Rostfritt stål kan 3D printas ifrån pulver. Då används SLS printningsmetoden. Rostfritt stål är ett mycket starkt och styvt material, men betydligt dyrare än de olika plasten. Man kan printa med rostfritt stål en minimum väggjocklek på 3 mm, och på en millimeter printas det cirka 6 lager.

- Titan

Titan är det starkaste materialet som med dagens teknik kan printas. Det är även ett dyrt material. Man använder sig av DMLS printningsmetoden vid printning av titan. Med titanprintning kan man nå mycket fina detaljer. Minimiväggjockleken med printning av titan är 0,2 mm och det skrivs cirka 30 lager på en millimeter.

- Silver

Den sort av silver som kan printas med en 3D printer är inte rent silver, cirka 90 % är silver och resten är andra metaller som till exempel koppar. Silvret får en fin yta efter att det polerats.

Silver printas med vaxmetoden, alltså måste stöddelarna tas bort manuellt. Silver kan printas med en väggjocklek på minst 0,5 mm och det printas cirka 10 lager på en millimeter. Silver är ett dyrt material att använda i 3D printning.

- Guld

Även guld kan printas med en 3D printer. Det är frågan om en legering mellan 14 karats guld och andra metaller såsom koppar. 14 karats guld består av 58 % guld och 42 % andra metaller. Guld är ett dyrt material, men man når fina detaljer genom att printa med guld.

Vaxmetoden används för att printa med guld. Liksom silvret så kan guldet printas med en minimi väggjocklek av 0,5 mm, och det printas cirka 10 lager på en millimeter.

- Keramik

Keramik är styvt och känsligt material att printa. Keramik printas med Z Corp tekniken. Först printas keramiken, sedan glaseras den med porslin och kiseldioxid, vilket ger en glänsande yta. Med keramik printning får man inte så fina detaljer, men materialet är billigt. Minimiväggjockleken för keramik printning är 3 mm och det printas cirka 6 lager på en millimeter.

- Gips

Gips är likasom keramik ett styvt och känsligt material, och det printas med Z-Corporation tekniken. Vid printning av gips kan man minimalt uppnå en väggjocklek på 2 mm. På en millimeter printas ungefär 10 lager. Gipspulvret är billigt material för printning.

4.1 3D printning med flera material

Printade föremål lämpar sig vanligtvis bäst till prototyper. Detta beror på att plast är det vanligaste materialet som används i 3D printning. Plast är inte ett hårt material, vilket betyder att 3D printade föremål av plast vanligtvis inte passar som slutprodukter.

Detta problem kan lösas med att printa så kallade kompositer. En komposit är en sammansättning av olika material med olika egenskaper. Denna sammansättning leder till ett nytt material med starkare egenskaper. Detta ökar betydligt på hållbarheten.

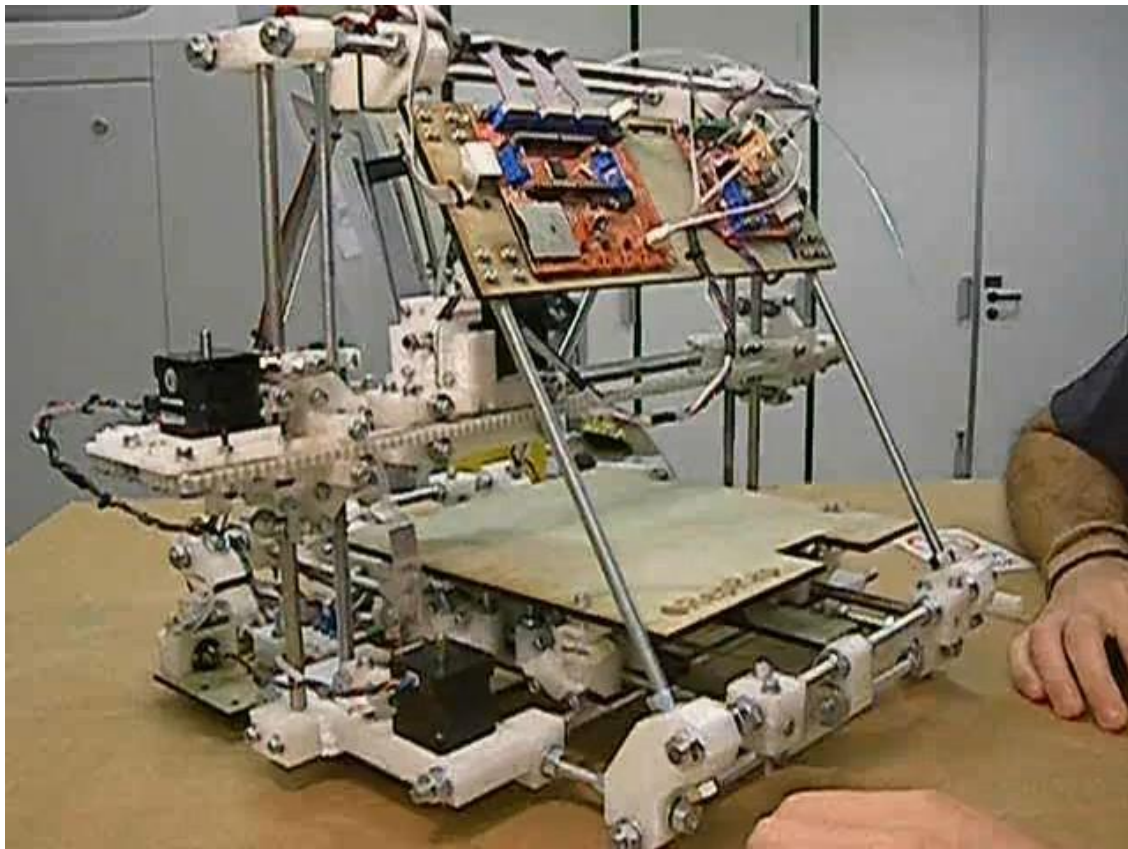
Att 3D printa kompositer är ännu inte vanligt, men i januari 2014 lanserades "Objet500 Connex3" av företaget Stratasys Ltd. Med Objet500 Connex3 kan man printa tre olika material i samma produkt. Man kan alltså till exempel förbättra produktens egenskaper genom att printa till exempel armerad plast. Printern möjliggör även printning i färg, med tio olika färgpaletter att välja mellan. Tekniken att printa ett stycke av olika material är ännu inte möjligt med en billig hemmabruks printer. Objet500 Connex3 kostar cirka 240.000,00 euro.

(3ders, 2014)

5 RepRap

RepRap är ett projekt som fick sin början som idé i februari 2004 av britten Adrian Bowyer. Själva projektet började året efter. RepRap namnet kommer från engelska språket och är en förkortning av "replicating rapid prototyper".

RepRap projektets mål är att tillverka en såkallad "DIY" (do-it-yourself) 3D skrivare, som kan skriva ut en replika av sig själv. Detta sker så att skrivaren skriver ut en kopia av sina egna komponenter, och sedan måste någon annan montera dem. Syftet med detta är att göra 3D skrivare allt vanligare, billigare och mera tillgänglig.



Figur 7. RepRap 3D printer version 2 "Mendel".

Projektet har inte nått sitt mål ännu, eftersom RepRap inte ännu kan tillverka komponenter såsom kretskort eller vissa metalledlar. För tillfället kan RepRap tillverka ungefär hälften av sina egna komponenter. Helt självdriven kommer RepRap inte att vara eftersom monteringen med bultar och muttrar ändå kommer att behövas. RepRap är ett så kallat öppet källkod projekt, vilket innebär att vem som helst kan ta itu med projektet och laga sina egna förbättringar och ändringar.

(Reprap, 2014)

6 3D printning – Negativa sidor

3D printning är en relativt ny tillverkningsmetod, som ännu inte används till sin fulla potential. Detta innebär att man inte klart kan veta hur framtiden inom 3D printning kommer att se ut, det finns ännu mycket rum för utveckling. Då 3D printers blir allt vanligare så medföljer eventuellt negativa aspekter, varav det största och kanske mest omtalade är printning av vapen.

6.1 "The Liberator"

Det kan låta fånigt och otroligt att handvapen kunde printas ut med en 3D printer, men i maj 2013 sköt Cody Wilson i Amerika med det första 3D printade vapnet. Vapnet printades med en vanlig 3D printer för hemmabruk, alltså ingen komplicerad industri printer.

Wilson laddade upp ritningarna av vapnet till internet, var de hann bli nerladdade flere hundra tusen gånger innan polisen tvingade honom att ta bort dem. Vapnet "The Liberator" var printat i plast, förutom en del, slagstiftet, som var av metall. Eftersom "The Liberator" mestadels är gjort av plast så är det även lättare att smugla än ett riktigt vapen. Vapnet höll inte många avfyrningar förrän den smalt. Vapen kommer ändå inte att kunna bli avfyrbara med endast en 3D printer som hjälpmedel. Vapen behöver ammunition för att avfyras, och krut är inte printbart. (Mashable.com, 2013)



Figur 8. 3D printade vapnet "The Liberator"

6.2 Arbetslöshet p.g.a. digitalisering

Arbetslöshet på grund av digitalisering är även något som 3D printning kan leda till. För att jämföra kan musikindustrin bra nämnas. För tio- eller tjugo år sedan var fysiska CD eller till och med LP skivor den dominerande formen av musik. Men i dagens läge har musiken så gott som digitaliserats, och istället för att köpa en skiva kan man köpa en låt eller ett album på internet, till exempel på iTunes.

Orsaken till att det har skett denna förändring är att digitala produkter är mycket lättare att handskas med, och man kan göra inköpet hemma istället för att gå till en

butik. En liknande förändring kan ske inom produktionsföretagen. Istället för att gå till affären för att köpa en fysisk produkt, köper du den digitala CAD filen på internet och printar ut den med din egna 3D printer. (3DPrinterprices, 2013)

6.3 Upphovsrätt

Upphovsrätten, eller copyrights, är svåra att följa upp för de anhöriga. Eftersom 3D skanners tillsammans med en 3D printer kan printa ut en exakt kopia av den ursprungliga produkten. CAD filer kan även vara skyddade av upphovsrätt, men det är nästan omöjligt att stoppa fildelningen på internet. Detta leder snabbt till en lika simpel piratism process av fysiska produkter som till exempel av musik eller filmer. (forbes.com, 2014)

6.4 Massproduktion

Trots att 3D printning är en relativt snabb tillverkningsmetod, så klarar den inte ännu av att konkurrera med massproduktionen som använder sig av subtraktiva tillverkningsmetoder. Subtraktiva tillverkningsmetoder tillverkar ett stycke snabbare, men har även vanligtvis en längre uppstartningstid vilket betyder att långa produktionssessioner är betydligt snabbare än med den additiva tillverkningsmetoden. Att ersätta löpande banden med 3D printrar vore en enorm investering i kapital. 3D printning ses mer som en kompletterande teknik än en konkurrerande.

7 3D printning – Användningsområden

I engelskan talas det om 3F (eng. 3Fs) när det gäller användningsområden för 3D printade föremål. De tre F:n är:

- Form (Form)

Modeller (prototyper) som 3D printas för att få en bättre inblick i hur den slutliga formen kommer att vara.

- Fit (Passform)

Modeller (prototyper) som 3D printas i sådant material eller med sådana egenskaper som kan jämföras med materialet av slutprodukten. 3D printade modellens lämplighet i sin slutliga nisch kan testas med tanke på önskade egenskaper, såsom hållbarhet och styrka.

- Function (Funktion)

3D printade föremål som används som slutprodukter. På grund av detta har man klassificerat 3D printning som en metod inom additiv tillverkning, istället för RP (Rapid Prototyping).

(Gibson, D. Rosen & B. Stucker, s. 3)

7.1 3D printning i sjukvården

3D printning inom sjukvården håller på bli allt vanligare ju längre tekniken utvecklas. En protes kostar massor, över 10.000 euro, men med hjälp av 3D printning kan man printa en likadan för endast materialkostnaderna. Materialkostnaderna för en hand hålls inom några tiotals euro. Ett barn som behöver en handprotes bör skaffa en ny ungefär årligen på grund av att barnet växer. Med en hemmabruks 3D printer kan man då så ofta som det är behov printa en ny hand, extremt billigt. Med den flexibla 3D modelleringen kan man göra ändringar på proteserna för att anpassa dem från person till person.

”The ease of 3-D printing means low-cost, low-risk and high adaptability.” – Dan Carsen, Npr, 2014

(Npr, 2014)

3D printade hörapparater är något som Jan Tøpholm, Søren Westermann, och Svend Vitting Andersen utvecklat. De kallar hörapparaturerna för CAMISHA (Computer-Aided Manufacturing for Individual Shells for Hearing Aids). Med CAMISHA hörapparaturerna printas det individuellt passande hörapparaturer. Processen för CAMISHA går till så att med silikon formas en exakt bild av människans öra. Silikonet skannas med en 3D skanner och överförs till 3D printern via ett CAD program. Denna process möjliggör tillverkningen av väl passande, mycket noggrann hörapparaturer för ett förmånligt pris.

(Engineering, 2013)

Stuart Williams från Cardiovascular Innovation Institute i Louisville i Kentucky har börjat en forskning inom 3D printade hjärtan. Han har börjat utveckla en 3D printer som kan 3D printa med patientens egna fett celler som material. Bioprinters, som Williams kallar dem, kan för tillfället printa ut enskilda delar av hjärtat. Målet med bioprintarna är att de skulle kunna printa ett hjärta helt och hållet. Williams tror att målet möts inom det kommande årtiondet. (Livescience, 2013)

7.2 Livsmedel

Att 3D printa livsmedel är inte aktuellt ännu, men utvecklig sker hela tiden inom livsmedelbranschen. 3D systems som är ett av de ledande 3D printningsföretagen började ett samarbete med chokladtillverkaren Hershey's i januari 2014. Syftet med samarbete är att utveckla och undersöka möjligheter i att 3D printa ätbara konfekter.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) är Förenta Staternas myndighet för rymdfart. NASA finansierar en undersökning om möjligheten att printa mat på långa rymdfärder, till exempel på en rymdfärd till planeten Mars. Ingredienserna skulle torkas och pulveriseras. Torra ingredienserna kan hålla enligt undersökningen till och med i 30 år innan de blir oätbara. Printern skulle bestå av flera behållare för olika ingredienser. Idén som har förslagits funkar så att degpulver printas på en upphettad plattform. Eftersom plattformen är upphettad så steks degen. Andra ingredienser som kunde printas på pizzabotten är bland annat tomatpulver och köttpulver.

(qz.com, 2013)

7.3 3D printning för privatpersoner

Tekniken inom 3D printning har utvecklats så mycket under de senaste åren att det har lett till billigare printrar. Priserna varierar mycket, men för ca 1050 € får man en billig printer som kan printa ut stycken med volymen 8000 cm³, alltså (20x20x20) cm. Dessutom behövs plasten som säljs som plastbands rullor på 1 kg styck och kostar omkring 35 €. Plasten finns i många olika färger. (Verkkokauppa.com, 2014).

Det finns även DIY varianter av 3D printrar (se kapitel 5) som marknadsförs som lätt monterbara. Ifall man inte själv kan använda 3D CAD program, så finns det färdiga CAD ritningar på internet på vanliga produkter som kan anses vara användbara för privatpersoner, så som t.ex. mobiltelefonshållare.

Makerbot som tillverkar 3D printrar, har lagt upp en sida, "Thingiverse", där man kan ladda upp sina CAD ritningar som andra kan ladda ner. 3D printar för privatbruk använder sig vanligtvis av FDM tekniken.

7.3.1 Privatpersoners möjligheter att printa tredimensionellt

Privatpersoner som behöver printa i 3D har i dagsläge rätt så många alternativ till printningsmöjligheter. Om man behöver printern mycket så kan man naturligtvis köpa en printer åt sig själv. Om man behärskar CAD programmen men inte äger en 3D printer så kan man själv rita CAD filerna och beställa själva printningen av ett företag som är specialiserat på 3D printning. Flera bibliotek i huvudstadsregionen bjuder privatpersoner möjlighet att bekanta sig med 3D printning.

7.3.2 3D printning i bibliotek

För att få en bättre inblick i hur 3D printning fungerar i praktiken bestämde jag mig för att ta reda på hur man som privatperson utan 3D printer kan bekanta sig i ämnet. Jag fick reda på att Esbo Stads bibliotek bjuder 3D printningsmöjligheter. Jag bestämde mig för att åka till biblioteket i köpcentrumet Sello som finns i Alberga. Jag besökte biblioteket och hade möjlighet att diskutera med ansvarspersonen för den så kallade "smedjan" (fin. Paja). Smedjan i biblioteket anser jag vara en mycket bra idé, eftersom den erbjuder maskiner och teknik som annars kan vara svåra att få tag på som privatperson.

Bibliotekets smedja erbjuder förutom 3D printning även andra maskiners tjänster så som:

- VHS digitaliserings-station
- Media datorer med bl.a. Adobe Photoshop program.
- Lamineringsmaskin m.m.

Biblioteket ökar på möjligheterna i smedjan konstant, och som bäst är sy- och overlockmaskiner på inköpslistan. Sello bibliotek har fyra stycken 3D printrar som besökarna kan bekanta sig med. Besökarna som är intresserade av 3D printrarna i

smedjan är allt från barn till vuxna. Printrarna är inskaffade vid års-skiftet 2013-2014 som nya, alltså det är frågan om nya maskiner med ny teknik.

Tyvär har biblioteket ännu (april 2014) ingen möjlighet att bjuda på CAD program, utan tillsvidare uppmantras besökarna att söka en .stl fil från Thingiverse och sedan printa ut den med bibliotekets maskiner. CAD program är något som ansvarspersonen vid smedjan försöker få skaffat åt biblioteket. Sello bibliotek har flere olika färger av plastband som man får välja mellan. För att få använda 3D printern på biblioteket måste man ha en tid reserverad.

7.3.3 3D printrarna i Sello bibliotek

Samtliga printrar i biblioteket var av det inhemska märket "miniFactory Oy Ltd" och de använder sig av FDM tekniken. miniFactory Oy Ltd är ett företag från Seinäjoki som är grundat år 2012. miniFactory Oy Ltd specialiserar sig på tillverkning av högklassiga 3D printrar för ett konsumentvänligt pris. Deras motto är att göra ett lätt och tryggt första steg till 3D printning.

MiniFactory 3D printer klarar av att printa med hastigheten 80 mm/s. ABS plastet samt PLA plastet är det vanligaste materialen. Eftersom munstycket på miniFactoryn kan värmas upp till t.o.m 300 °C möjliggör det även användningen av andra material. MiniFactory 3D printern är relativt liten, endast (43,5 x 34 x 30) cm till yttermått och väger 11 kg. Printern kan printa ett stycke på (15 x 15 x 15) cm, alltså 3375 cm³.

Plastbandet som används i miniFactory printrar är av den vanligaste sorten, alltså 1,75 mm tjock. Priset på en miniFactory 3D printer är som hemlevererad 1590 €. Plastbandsrullorna, antingen PLA, PETT eller ABS, kostar 35 €/kg. Nylon däremot är dyrare material, en rulle där det finns 0,45 kg material kostar 35 €.

(Minifactory, 2014)

7.3.4 3D printning av ett stycke i Sello bibliotek

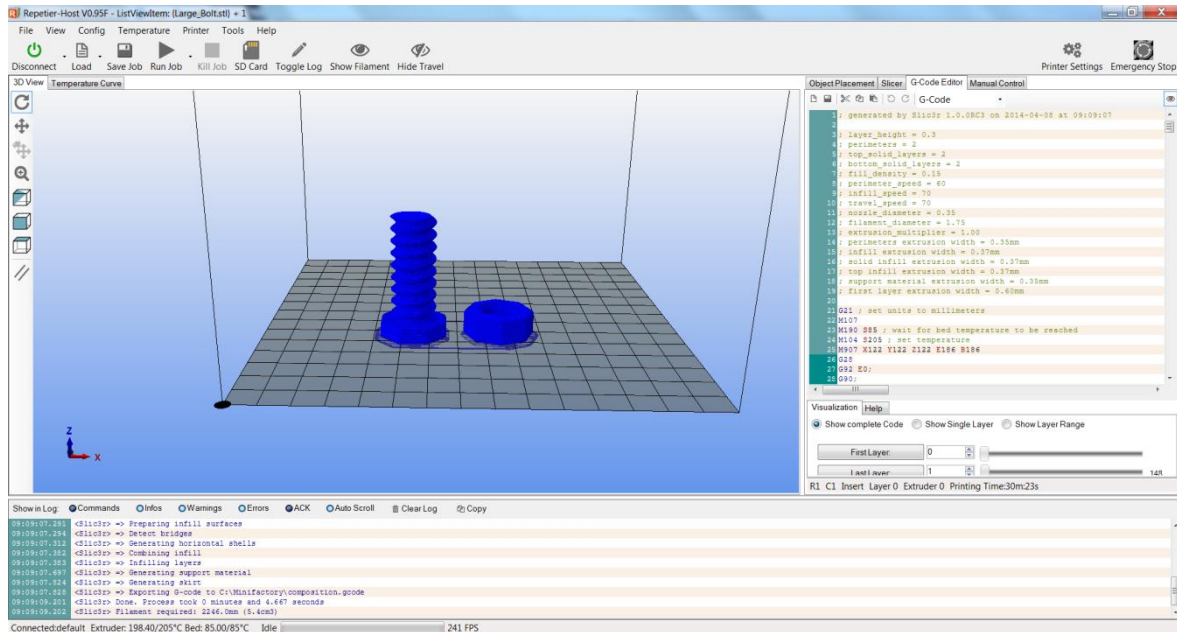
Jag reserverade en tid för printning av ett stycke i 3D. Jag beslöt mig för att använda Thingiverse internetsidan för att skaffa mig en .stl fil istället för att rita en ny CAD ritning. Urvalet på färdiga .stl filer på Thingiverse är enormt.

Jag ville prova något som kräver precision av printern, så jag valde att printa en bult med en passande mutter. Ritningen på muttern och bulten är gjort av Thingiverse användaren "bbuonomo".

Printningsprocessen började med att sätta 3D printerns munstycke och byggplattformen att värmas. Plattformen justerades till 85 °C och printerns munstycke till 205 °C. Sedan laddade jag ner .stl filen från Thingiverse. Mjukvaran som sköter kommunikationen mellan datorn och printern som användes heter Repetier-Host. Repetier-Host är en såkallad freeware, alltså en gratis mjukvara som vem som helst kan ladda ner.

Nästa steg var att lägga muttern och bulten i Repetier-Host på plattformen så att de inte är på varann, och att bultens huvud visar neråt, eftersom det är bultens tjockaste ställe. Detta eliminerar behovet av stödmaterial eftersom printern inte behöver "printa i luften".

När detta var gjort så var .stl filen klar att konverteras till G-kod. Detta gjorde jag med en inbyggd funktion i Repetier-Host som heter "Slic3r" (Slicer). G-koden blev dryga 44 000 rader lång. Efteråt, vid behov, kan man ändra på G-koden manuellt ifrån "G-Code Editor". När konverteringen var klar så var allt klart för att exportera G-koden till printern och köra programmet.



Figur 9. Självtagen skärmdump av programmet Repetier-Host. Till höger kan man se en del av G-koden, och nertill kommandoraderna.

Det första försöket gick snabbt på tok och programmet måste stoppas. Plasten ifrån munstycket fastnade inte i plattformen utan hängde efter. Plattformen samt munstycket putsades och programmet kunde startas om från början.

Det andra försöket gick betydligt bättre, men efter en kort stund märktes att printern inte printar tillräckligt tätt. Resultatet blev glappt och löst och höll på falla samman. Programmet stoppades igen och det redan printade materialet kastades bort. Från Repetier-Host inställningar justerades tätheten och programmet startades om från början.

Den estimerade printningstiden var 30 minuter och 23 sekunder. På det tredje försöket kunde man snabbt se att inställningarna var rätt, eftersom resultatet såg bra ut. Vid de ungefär tio sista lagren som skulle printas så hände det ett fel i printern. Munstycket lyftes inte tillräckligt högt, det var troligen fråga om ett kalibreringsfel. Detta ledde till att munstycket skuffade bulten som sedan välte. Detta resulterade i att bultens ända inte är så vacker kosmetiskt sett, men gängorna funkar ändå vilket jag var nöjd med. På grund av vältandet så rann det lite överlopps plast ifrån munstycket på bulten, men detta fixade jag med att fila

gångorna rena. Resultatet är ett starkt material och med handkraft får man inte plastbulten avbruten.



Figur 10. Den färdiga bulten och muttern. Aningen grov yta blev det, men gångorna funkar.

8 3D printning i framtiden

Man kan naturligtvis inte ännu veta hur framtiden för 3D printrar kommer att se ut. Det finns massor av olika spekulationer om ämnet.

I YLE:s program "Kvanthopp" tog redaktören Marcus Rosenlund 3D skrivare och deras framtid som samtalsämne. Programmet utsändes i Kvanthopp 15/2014 på Radio Vega. Rosenlund spekulerar att i framtiden kommer alla hem att äga både en 3D skanner och en 3D printer. Med dessa maskiner menar han att man kan printa ut så gott som allt som behövs i hemmet, allt från prydnader och mat till levande föremål. Rosenlund tror att 3D printningen kommer att bli mycket snabbare, att printningen skulle ske på endast några minuter.

I samma avsnitt av programmet intervjuades Pentti Eklund, en av VTT:s (Finska statens tekniska forskningscentral) ledande forskare. Eklund tror att inom de närmaste tio åren kan man med hjälp av en 3D printer skriva ut hela fungerande organ. Eklund tror att piratism kommer vara ett problem i framtiden. Eklund menar att när 3D skrivare blir allt vanligare så vill alla ha en, men att de snabbt blir i ett hörn och skräpa.

(Rosenlund M, Yle, 2014)

9 Avslutning

Jag anser att 3D printning är en mycket bra teknik att tillverka produkter, både för företag samt för privatpersoner. Flexibiliteten är den viktigaste fördelen enligt mig inom 3D printning. Med 3D modellering och 3D printning kan produkter skräddarsys exakt som man själv vill. Printningsprocessen är snabb och billig, och jag tror att i framtiden kommer det att bli ännu snabbare och billigare.

3D printning är även en ekologisk tillverkningsmetod. Printningen är mycket materialsnål. Endast stödmaterialet som vissa av teknikerna använder sig av går till spillo. En undersökning gjord av Michigan Techonlogy University visar att additiva tillverkningsmetoder medför mindre elkonsumtion samt mellan (41 – 74) % mindre CO₂ utsläpp. (3dprintingindustry.com, 2013)

Jag hoppas få se 3D printningen bli allt populärare och allmännare. Inom sjukvården tror jag att 3D printning är speciellt användbart just på grund av den stora flexibiliteten. Möjligheten att tillverka individuellt anpassade proteser eller dylikt är en enorm positiv aspekt.

När tekniken utvecklas blir 3D skanners och 3D printers allt vanligare i hemmen, men jag tror att piratism av produkter kommer bli ett stort problem. Företagen måste anpassa sig till den nya tillverkningsmetoden samt digitaliseringen av

produkter. Försäljning av designs som kunden själv printar ut är något som jag tror kommer vara vanligt i framtiden.

Praktiska delen att printa ut ett stycke med en 3D printer var mycket intressant och lärorikt. Jag rekommenderar alla som är intresserade av 3D printning att besöka biblioteket i Alberga.

Källor

Gibson I, Rosen D & Stucker B. Springer, New York, 2010.

Additive Manufacturing technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing

Canessa E, Fonda C & Zennaro M, ICTP, 2013

Low-cost 3D printing for science, education & sustainable development.

Rosenlund M, Yle, 2014

Kvanthopp 15/2014

Livescience.com. 2013. *What is Selective Laser Sintering?* Tillgänglig:

<http://www.livescience.com/38862-selective-laser-sintering.html> Hämtad:

22.3.2014

Livescience.com. 2013. *What is Stereolithography?* Tillgänglig:

<http://www.livescience.com/38190-stereolithography.html> Hämtad: 22.3.2014

Verkkokauppa.com. *3D tulostin* Tillgänglig:

<http://www.verkkokauppa.com/fi/search?q=3d+tulostin> Hämtad: 25.3.2014

RepRap.org. *About* Tillgänglig:

<http://reprap.org/wiki/RepRapWiki>About> Hämtad: 29.3.2014

Materialise.com, *Materials* Tillgänglig:

<http://i.materialise.com/materials> Hämtad: 3.4.2014

Tinkercad.com, *3D Printing Material Guide* Tillgänglig:
<http://blog.tinkercad.com/materialsguide/> Hämtad: 3.4.2014

Minifactory.com, *miniFactory® 3 3D-tulostin, pienoistehdas?* Tillgänglig:
<http://www.minifactory.fi/info> Hämtad: 5.4.2014

Minifactory.com, *miniFactory® Webshop* Tillgänglig:
<http://www.minifactory.fi/e-shop> Hämtad: 5.4.2014

Makepartsfast.com, *A Multitude of Materials for Additive Manufacturing* Tillgänglig:
<http://www.makepartsfast.com/2011/10/2254/2011-make-parts-fast-handbook-materials/> Hämtad: 6.4.2014

Makerbot.com, *A Fast and Easy Way to Create 3D Models* Tillgänglig:
<http://store.makerbot.com/digitizer> Hämtad: 10.4.2014

Mashable.com, *I printed a 3D gun* Tillgänglig:
<http://mashable.com/2013/06/02/3d-printed-gun/> Hämtad: 11.4.2014

3DPrintingprices.com, *Why 3D printed Guns are the least of your worries*
Tillgänglig: <http://www.3dprinterprices.net/why-3d-printed-guns-are-the-least-of-your-worries/> Hämtad: 11.4.2014

Qz.com, *There will be pizza on Mars* Tillgänglig:
<http://qz.com/86685/the-audacious-plan-to-end-hunger-with-3-d-printed-food/>
Hämtad: 15.4.2014

3Dsystems.com, *3D Systems and Hershey Team Up To Deliver 3D Printed Edibles*
Tillgänglig: <http://www.3dsystems.com/press-releases/3d-systems-hershey-team-deliver-3d-printed-edibles> Hämtad: 15.4.2014

Npr.org, *With 3-D Printing, Affordable Prosthetics Are In Reach* Tillgänglig:

<http://www.npr.org/2014/03/13/289836980/with-3-d-printing-affordable-prosthetics-are-in-reach> Hämtad: 15.4.2014

Engineering.com, *3D Printing for the Hearing Impaired* Tillgänglig:

<http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/5128/3D-Printing-For-the-Hearing-Impaired.aspx> Hämtad: 15.4.2014

Livescience.com, *Lab-Made Heart Represents "Moonshot" for 3D Printing*

Tillgänglig: <http://www.livescience.com/41280-3d-printing-heart.html> Hämtad: 15.4.2014

Individual.troweprice.com, *A Brief History of 3D Printing* Tillgänglig:

http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf Hämtad: 15.4.2014

Forbes.com, *3D Printers Will Soon Change The World, If It's Not Strangled In A Lawyered up World* Tillgänglig:

<http://www.forbes.com/sites/realspin/2014/01/17/3d-printers-will-soon-change-the-world-if-its-not-strangled-in-a-lawyered-up-world/> Hämtad: 13.4.2014

3ders.org, *Stratasys launches multi-material full color 3D printer Objet500*

Connex3 Tillgänglig:

<http://www.3ders.org/articles/20140127-stratasys-launches-multi-material-full-color-3d-printer-objet500-connex3.html> Hämtad: 23.4.2014

3dprintingindustry.com, *Mass Production using Additive Manufacturing?*

Tillgänglig: <http://3dprintingindustry.com/2013/12/02/mass-production-using-additive-manufacturing-yes-says-new-research-collaboration/> Hämtad: 24.4.2014

Figurkällor

Figur 1: .stl fil, hämtad: 11.4.2014. Tillgänglig:

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:STL-file.jpg>

Figur 2: Vertex to vertex regeln. Självlagad bild.

Figur 3: FDM stödmaterial, hämtad: 15.4.2014. Tillgänglig:

<http://manual.slic3r.org/SimpleMode.html>

Figur 4:Fused deposition modeling, hämtad 3.4.2014. Tillgänglig:

<http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/fdm.png>

Figur 5:, Selektiv laser sintring hämtad 2.4.2014. Tillgänglig:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Selective_laser_melting_system_schematic.jpg

Figur 6: Stereolitografi, hämtad 2.4.2014. Tillgänglig:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Stereolithography_apparatus.jpg

Figur 7: RepRap Mendel, hämtad 14.4.2014. Tillgänglig:

http://en.wikipedia.org/wiki/File:RepRap_'Mendel'.jpg

Figur 8: The liberator, hämtad 14.4.2014. Tillgänglig:

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:DDLiberator2.3.jpg>

Figur 9: Repetier Host, självtagen skärmdump, tagen 8.4.2014.

Figur 10: 3D printad bult med mutter, eget foto, tagen 9.4.2014.