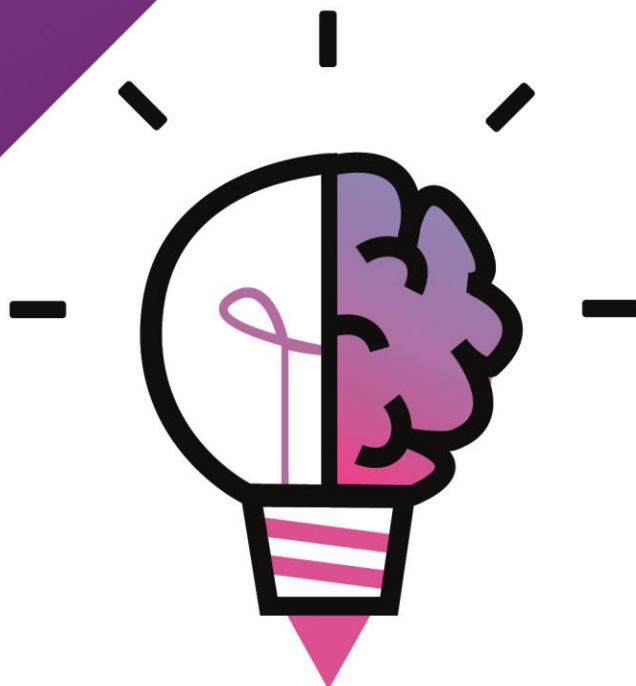




Erasmus+



3D4ELDERLY

PROJECT NUMBER: 2020-1-LT01-KA204-077896

IO1A1 - Предаване на знания за основите на концепциите за 3D печат на болногледачите, работещи с хора с Алцхаймер и възрастни хора с деменция

CONSORTIUM OF PARTNERS:



"The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein."



1. Въведение в триизмерното производство.....	3
1.1. Какво е бързо прототипиране?	3
1.2. Какво представлява триизмерното производство?	4
1.3. Как работи 3D печатът?	6
2. Основни технологии за 3D печат.....	6
2.1. Моделиране на стъпено отлагане (FDM).....	7
2.1.1. FDM: Процес, материали, области на приложение	7
2.1.2. FDM: Силни и слаби страни.....	8
2.2. Стереолитография (SLA).....	8
2.2.1. SLA: Процес, материали, области на приложение.....	8
2.2.2. SLA: Силни и слаби страни	9
2.3. Селективно лазерно синтероване (SLS).....	10
2.3.1. SLS: Процес, материали, области на приложение	10
2.3.2. SLS: Силни и слаби страни.....	10
2.4. Фотополимерна струя (POLYJET)	11
2.4.1. POLYJET: Процес, материали, области на приложение	11
2.4.2. POLYJET: Силни и слаби страни	11
2.5. Селективно лазерно топене (SLM).....	12
2.5.1. SLM: Процес, материали, области на приложение.....	12
2.5.2. SLM: Силни и слаби страни	12
2.6. Топене чрез електронни лъчи (EBM)	13
2.6.1. EBM: Процес, материали, области на приложение	13
2.6.2. EBM: Силни и слаби страни.....	13
2.7. Електронна свързваща струя	14
2.7.1. (Свързване с електронна струя) Electron Binder Jetting: Процес, материали, области на приложение.....	14
2.7.2. Електронно свързваща струя: Силни и слаби страни	14
3. Производство на парчета с 3D печат. Процес.	14
3.1. Получаване на дигитален модел	16
3.2. Експортиране в STL файл	17
3.3. Получаване на G-кода.....	18
3.4. 3D печат.....	22
3.5. Извличане на парчета.....	22

4. 3D печатни материали.....	23
5. Ограничения	23
6. Практически приложения на 3D печата. Пример.....	24

1. Въведение в триизмерното производство

Триизмерният печат, често наричано 3D печат, е процес, който създава физически обект от дигитален дизайн. Съществуват различни технологии за 3D печат и материали, с които може да се печата, но всички се базират на един и същ принцип: дигитален модел се превръща в солиден триизмерен физически обект чрез добавяне на материал слой по слой.

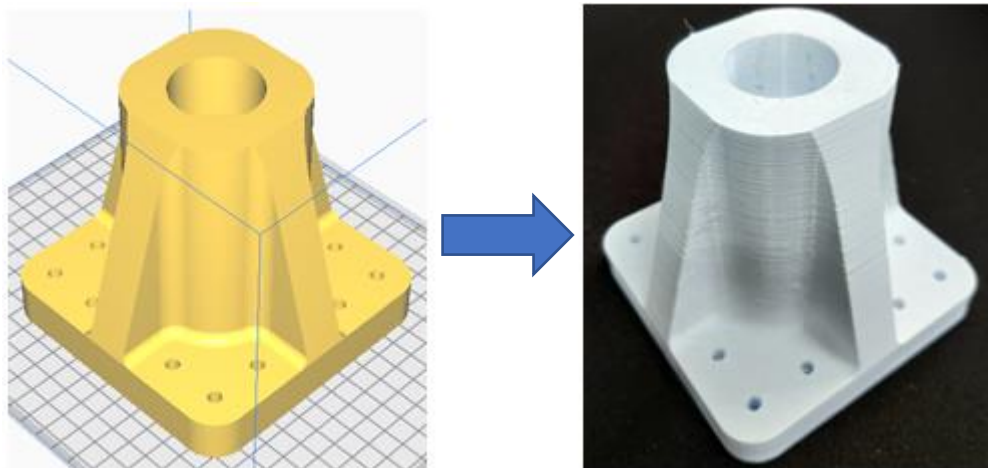


Figure 1. From digital model to physical object. Source: CETEM.

1.1. Какво е бързо прототипиране?

Бързото прототипиране е автоматизиран процес, който скоростно изгражда физически прототипи от 3D CAD файлове, съставени от модели с качествени повърхности или твърди модели.

Производственият процес може да бъде класифициран като изваждащ, формиращ или добавящ. Всеки производствен процес или попада напълно в една от тези категории, или е хибриден процес, попадащ в повече от една. На производствената сцена производителността се постига чрез бързото и евтино насочване на продукта от концепцията му към пазара. Технологията за бързо прототипиране подпомага този процес.

Важно е да не се бърка бързото прототипиране с 3D печат или с триизмерното производство, защото понятията често се използват взаимнозаменяемо и погрешно. Може да се каже, че триизмерният печат е една от технологиите, с които може да се произведе продукт за бързо прототипиране.

Подходящо е да се подчертае, че всяка технология и всеки процес имат обща отправна точка: компютърно подпомаган дизайн (CAD).

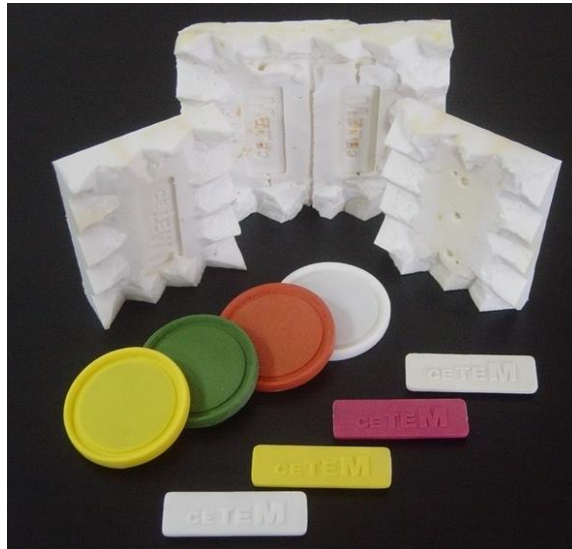


Figure 2. Silicone mould and pieces created by rapid prototyping techniques. Source: CETEM.

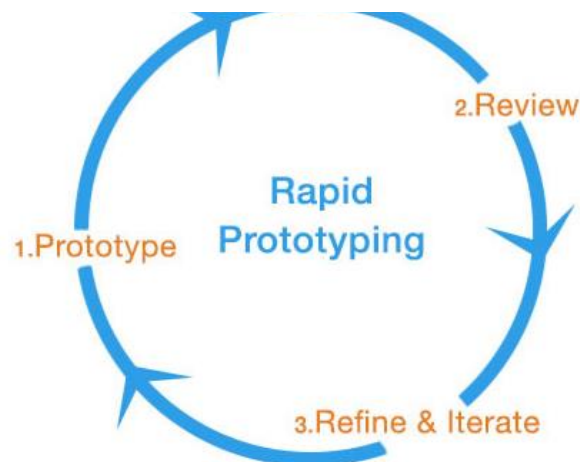


Figure 3. The concept of rapid prototyping. Source: <https://www.linkedin.com/pulse/rapid-prototyping-tool-mindset-future-business-fiona-triaca/>

1.2. Какво представлява триизмерното производство?

Важно е да се отбележи от самото начало, че триизмерното производство не представлява отделна технология, а съвкупност от производствени процеси, много различни един от друг, които споделят три общи характеристики:

1. Те са производствени процеси на добавяне на материал за изграждане на твърд триизмерен обект.
2. Обектът е конструиран чрез наслагване на последователни слоеве от материал.
3. Обектът е направен от дигитален 3D модел.

Те се наричат ADDITIVE (тримерни, адитивни) производствени процеси, за да бъдат разграничавани от конвенционалните процеси. Заедно с тях те са част от общия набор от процеси, достъпни на индустрията.

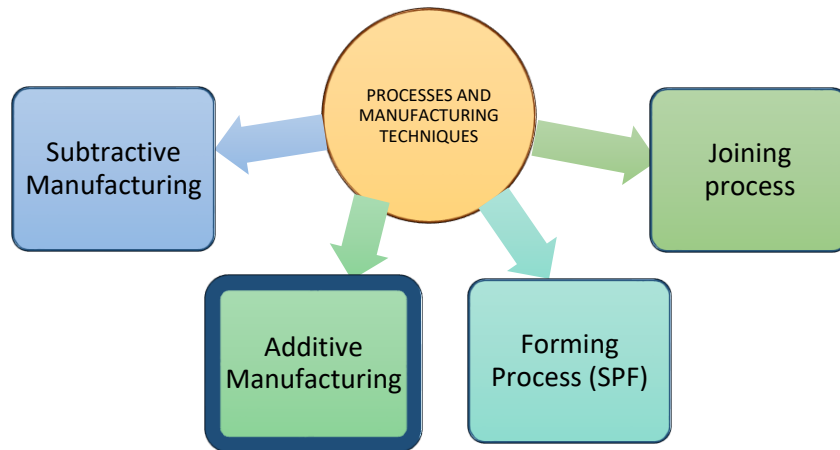


Figure 4.
Processes

manufacturing techniques. Source: CETEM.

and



Figure 5. Subtractive manufacturing example. Source: CETEM.



Figure 6. Welding. Joining process example. Source: <http://www.minaprem.com/joining/welding/introduction/definition-of-welding/>

1.3. Как работи 3D печатът?

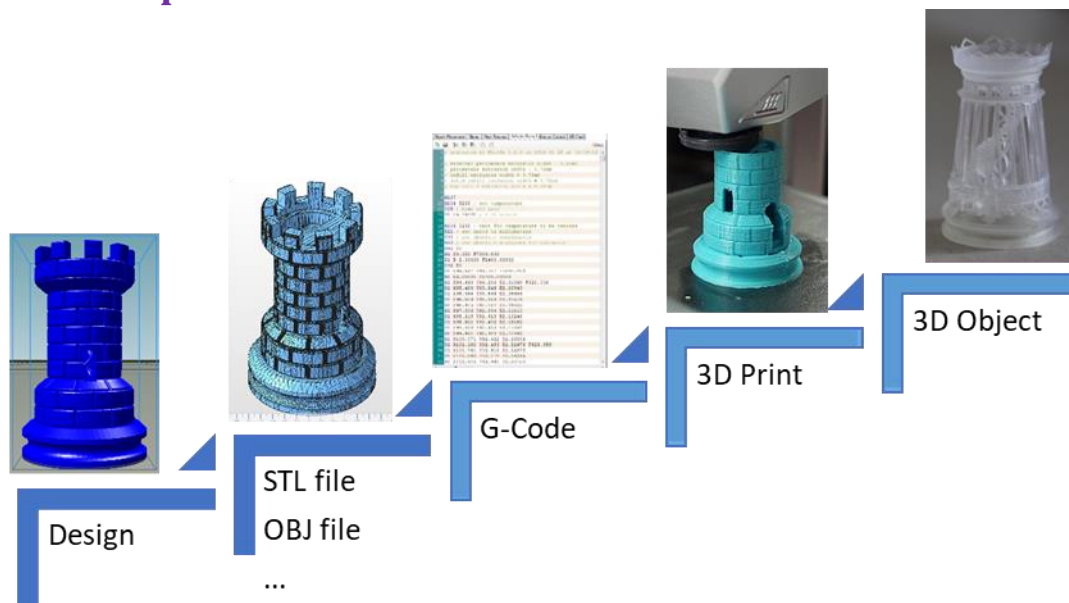


Figure 7.3D printing process. Source: Karlsruher Institut für Technologie.

Всичко започва с изработване или получаване на виртуален дизайн на обекта, който искате да създадете. Този виртуален дизайн може да бъде превърнат в CAD (Computer Aided Design) файл с помощта на програма за 3D моделиране (за създаване на напълно нов обект) или с използването на 3D скенер (за копиране на съществуващ обект). 3D скенерът прави 3D дигитално копие на обект. Има и много онлайн хранилища за файлове, където можете да изтеглите съществуващи 3D файлове, които биха ви помогнали да започнете.

Процесът на 3D печат превръща обекта в много малки слайсове, след което го изгражда отдолу нагоре, слой по слой. След това слоевете се надграждат, за да образуват твърд обект.

2. Основни технологии за 3D печат

Следните предлагани на пазара технологии се считат за основни за 3D печата:

- Моделиране на стопено отлагане (FDM).
- Стереолитография (SLA).
- Селективно лазерно синтероване (SLS).
- Фотополимерна струя (POLYJET).
- Селективно лазерно топене (SLM).
- Топене чрез електронни лъчи (EBM).
- Електронно свързваща струя (Electron Binder Jetting).
- Непрекъснато производство на влакна (CFF).
- С впръскване на материал (Material Jetting).

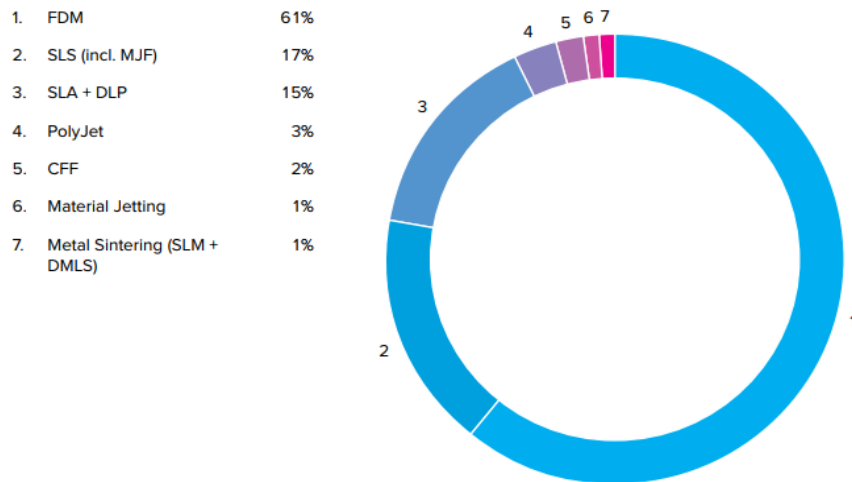


Figure 8. Most used technologies according to a report. (2017). Source: <https://f.3dhubs.com/yZgXoWzB88BhMHwG9fo3mV.pdf>

Сега, те ще бъдат представени накратко и обяснени по отношение на процеса, наличните материали, областите на приложение, както и силните и слабите им страни.

2.1. Моделиране на степенно отлагане (FDM)

2.1.1. FDM: Процес, материали, области на приложение

Домашните принтери обикновено работят с пластмасова нишка. Технологиата, която стои зад това, често се нарича Моделиране на степенно отлагане (FDM) и това е технология за 3D печат, която работи чрез екструдиране на термопластичен полимер през нагрятая дюза, която се отлага (надгражда слой по слой) на "строителната" поставка. FDM също се счита за форма на триизмерно производство, което в същото време е и „процес на свързване на материали за направа на обекти от данни за триизмерни модели, обикновено слой върху слой“.

Самият процес включва пластмасова нишка, която се подава с макара към дюзата, където материалът се втечнява и „изтегля“ върху платформата. Веднага щом докосне поставката, пластмасовата нишка се втвърдява, докато постепенно се отлага, следвайки определена структура, за да създаде окончателния 3D отпечатък (модел). След всеки изтеглен слой платформата намалява с дебелина един слой, за да може принтерът да започне да работи върху следващия.

Има много различни материали, които могат да се използват с FDM. Най-използваните са PLA (полиактична киселина), ABS (акрилонитрил бутадиен стирен) и найлон (полиамид).

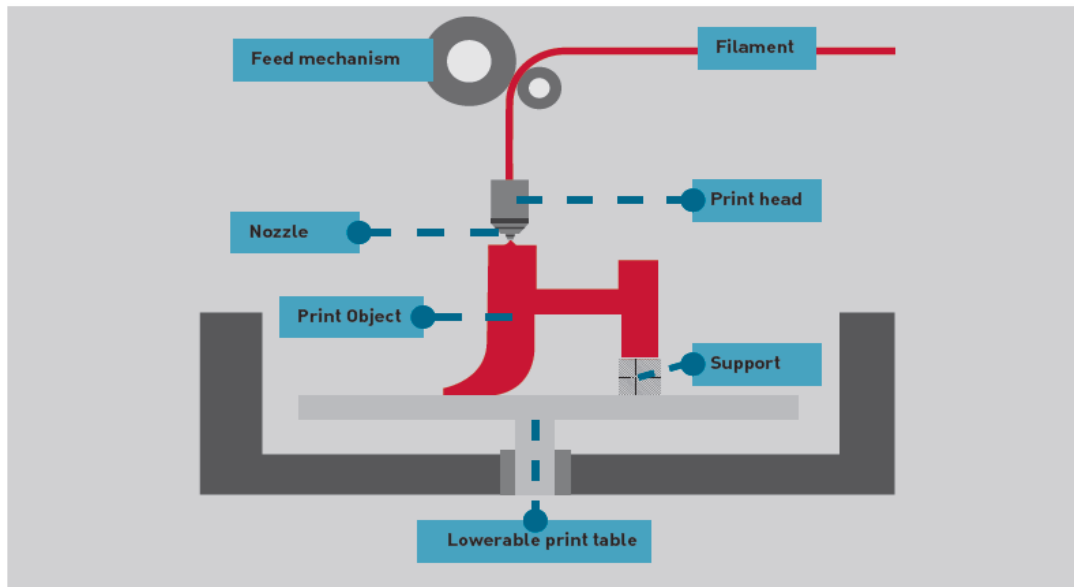


Figure 9. Scheme of FDM technology. Source: <https://i.materialise.com/blog/3d-printing-technologies-and-materials/>

FDM често се използва в нефункционални прототипи за производство на концептуални части, функционални модели, прототипи като цяло, производствени инструменти и моделиране, и части за крайна употреба.

2.1.2. FDM: Силни и слаби страни

Тези, които искат да се занимават с моделиране на степенно отлагане, имат предимство от самото начало; всъщност FDM печатащите машини са сред най-евтините и достъпни, особено за тези, които искат да ги използват в домашна среда. FDM е много изчистена технология, обикновено лесна за използване и удобна за офиса. Технологията може да създаде и сложни геометрии и кухини, които иначе биха били доста проблемни.

Що се отнася до точността, 3D отпечатъците не достигат същото ниво на точност, както другите технологии, като SLA или SLS. Въпреки това, резултатът е доста качествен.

2.2. Стереолитография (SLA)

2.2.1. SLA: Процес, материали, области на приложение

Стереолитографията (SLA) е светлинно базиран процес, който изгражда отделни слоеве на модел с течен полимер, втвърдяван от лазерен лъч. Това е най-старата технология в историята на 3D печата, но все още се използва много в наши дни.

След всеки слой резервоарът за смола се отлепва, за да освободи втвърдения материал. След това платформата на която се изработва продукта, се придвижва нагоре от 25 до 200 микрона, в зависимост от избраната височина на слоя, за да се подготви за процеса на втвърдяване на следващия слой.

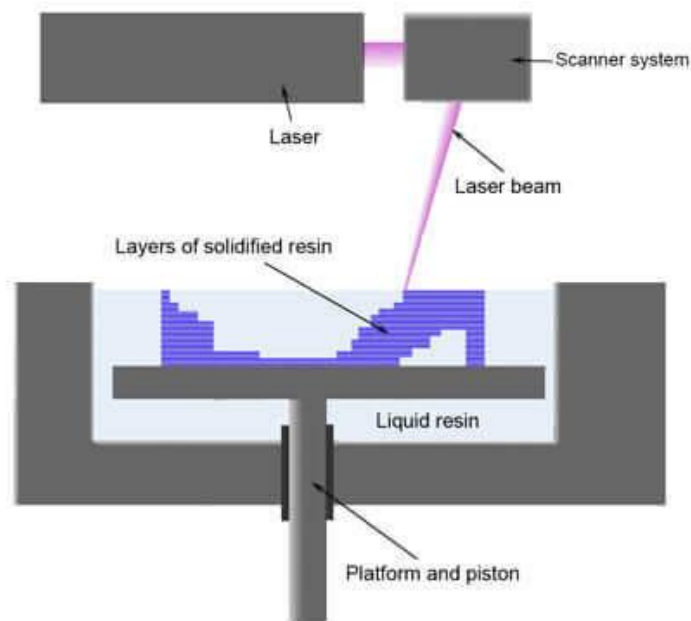


Figure 10. Scheme of SLA technology. Source: <https://all3dp.com/1/best-resin-dlp-sla-3d-printer-kit-sterolithography/>

Що се отнася до материалите, стереолитографията предлага разнообразие от възможности за избор, които могат да бъдат обобщени в три категории. В рамките на първата може да се използва боядисваща се смола. Прозрачната смола и първично сиво са два други вида смолисти материали, които също могат да се използват.

Моделите, направени чрез стереолитография, обикновено се използват като висококачествени изложбени модели. Отделите за дизайн и инженеринг използват моделите като визуални прототипи за презентации, но, те работят много добре и за модели на герои и играчки. Стереолитографията може да се използва в много области. Най-популярни в днешно време са тези на автомобилната, космическата, медицинската и в сферата на потребителските стоки.

2.2.2. SLA: Силни и слаби страни

Сред всички технологии за 3D печат, стереолитографията е една от най-добрите; неговата сила разчита главно на високата разделителна способност на 3D отпечатъците. Той позволява да се отпечатват обекти с много сложни геометрии, като същевременно се запазват качеството и детайлите.

Разходите обаче са една от основните слабости в стереолитографията. Минусите включват и факта, че течните смоли обикновено са дразнещи и токсични.

2.3. Селективно лазерно синтерование (SLS)

2.3.1. SLS: Процес, материали, области на приложение

Селективното лазерно синтерование (SLS) е техника, която използва лазер като източник на енергия за формиране на твърди 3D обекти. Основната разлика между SLS и SLA е, че той използва прахообразен материал в резервоара вместо течна смола.

Селективното лазерно синтерование не изисква използването на носещи конструкции, поради което се намалява броят на материалите, които трябва да бъдат осигурени за печата. Всъщност, обектът е отпечатан, докато бива непрекъснато заобиколен от не-синтериран прах.

Самият процес включва лазер, който се използва за селективно агломериране (синтерование) на слой гранули, вследствие на което свързва материала, за да се получи твърда форма. В края на процеса е възможно обектът да се нагрее много и затова трябва да бъде оставен да се охлади, преди да бъде изваден от машината.

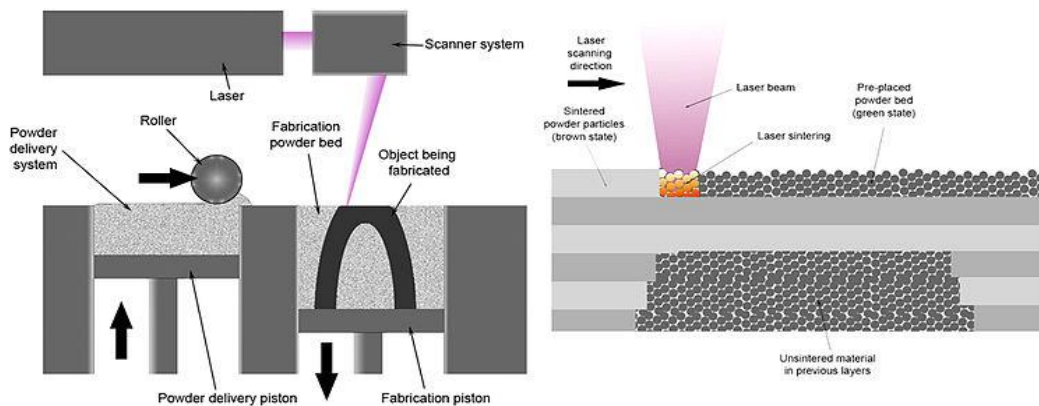


Figure 11. Scheme of SLS technology. Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering#Technology

Използването на SLS технология дава възможност да се ползват различни материали, вариращи от найлон, стъкло и керамика, до алуминий, сребро и дори стомана. Въпреки това, някои от тях, като керамиката, не са лазерно синтеровани. В този случай се използва свързващо вещество за залепване на частите и това е известно като „3D печат на базата на прах и свързващо вещество“.

Областите на приложение на SLS технологията варират от автомобилния сектор до сектора на потребителските стоки. По-конкретно, тя може да се използва за разработване на продукти и бързо прототипиране в широк спектър от търговски индустрии, както и при ограничено производство на крайни части. В аерокосмическата индустрия например SLS участва в изграждането на прототипи за самолетни компоненти.

2.3.2. SLS: Силни и слаби страни

Един от първите плюсове, които селективното лазерно синтерование има, е фактът, че то не използва опорни конструкции, тъй като е напълно самоносещо. Второто предимство в този случай е, че SLS може да се справи с високата сложност на геометрията. Някои продукти са толкова комплексни, че без тази технология би било сложно да се произведат.

Въпреки това, обикновено SLS отпечатъците представят определена поръзност (шупливост) на повърхността, поради което, точно както при моделирането на стопено отлагане, се изисква последваща обработка.

2.4. Фотополимерна струя (POLYJET)

2.4.1. POLYJET: Процес, материали, области на приложение

Фотополимерната струя е технология за 3D печат, която използва мастилено-струйни печатащи глави, които работят чрез изхвърляне на течни фотополимери върху изградена платформа. След като материалът достигне платформата, той се облъчва с UV лампи и се втвърдява незабавно, позволявайки на машината да продължи да изгражда горните слоеве.

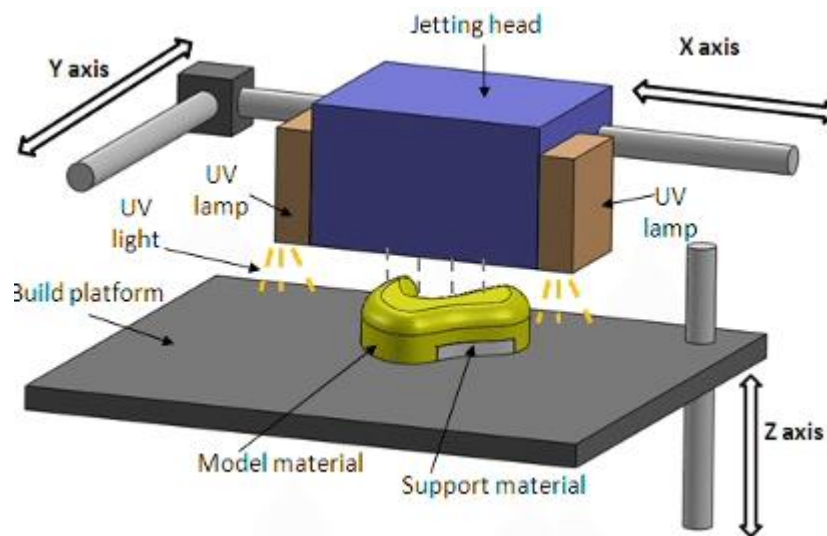


Figure 12. Scheme of POLYJET technology. Source: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-PolyJet-printing-process_fig1_318112255

в множество материали с множество цветове и добър завършек на повърхността. Следователно, частите за фотополимерна струя често се използват за визуално тестване и изпитване на формата и приложението и. Моделите за леене също са друга област на приложение, заедно с инструментите за шприцоване на много малки серии и прототипи.

2.4.2. POLYJET: Силни и слаби страни

Положителната страна на тази технология е, че могат да се използват повече материали едновременно, което позволява да има краен отпечатък с повече от един цвят. Чрез смесването на тези различни пропорции на материали, отпечатъкът ще бъде функционално степенуван и вграден, за да се създаде, например, различна твърдост по скалата на Шор (Albert Shore / Shore Hardness) на различни места на детайла. Една от силните страни на тази технология е също така, че тя може да постигне добра точност и повърхностно покритие.

Някои от минусите в този случай обаче включват факта, че употребата е много ограничена до фотополимерни материали. Освен това ценообразуването ѝ, което включва както покупката на машина, така и съответните материали, обикновено е скъпо и технологията като цяло се оценява като доста сложна.

2.5. Селективно лазерно топене (SLM)

2.5.1. SLM: Процес, материали, области на приложение

Селективното лазерно топене е технология за 3D печат, която работи благодарение на използването на лазер, който избира и разпределя материала, който идва под формата на прах, върху строителна платформа. Прахът се разтопява и разпределя слой по слой. Чрез повтаряне на процеса на покриване на прах и топене там, където е необходимо, частите следователно се вграждат в прахообразното легло.

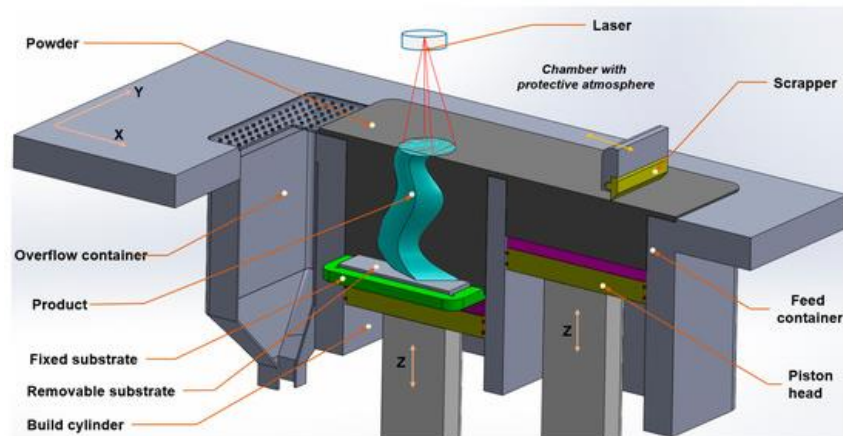


Figure 13. Scheme of SLM technology. Source https://www.mdpi.com/applsci/applsci-09-03031/article_deploy/html/images/applsci-09-03031-g001-550.jpg

Областите на приложение за SLM включват прототипи, произведени от стандартни метали за изпитване на форма, пригодност и функционалност, опорни части, малки серийни части и инструменти за инжектиране. SLM може да се използва за създаване на стоматологични продукти и анатомични части, както и механични компоненти, например леки компоненти, използвани за строеж на самолети.

2.5.2. SLM: Силни и слаби страни

Положителната страна на селективното лазерно топене е, че може да работи със стандартни метали, които могат да имат висока плътност до 99% и са с добри механични свойства.

Негативната страна на тази технология е, че нейният процес се оценява като бавен. По-важното е, че ценообразуването не е достъпно за всички, което прави SLM нерентабилно.

2.6. Топене чрез електронни лъчи (EBM)

2.6.1. EBM: Процес, материали, области на приложение

Точно като SLM, топенето чрез електронни лъчи е технология за 3D печат на добавки, която може да произвежда метални части. Самият процес се състои в тънък слой метален прах, който селективно се топи от електронен лъч. Частите биват изградени слой по слой в прахообразно легло. Разликата с SLM е точно в това, че той използва лъч вместо лазер. Машината разпределя слой метален прах върху строителна платформа, докато се разтопява от електронния лъч. След това строителната платформа се спуска и следващият слой метален прах бива разпределен върху горната част на предишните слоеве.

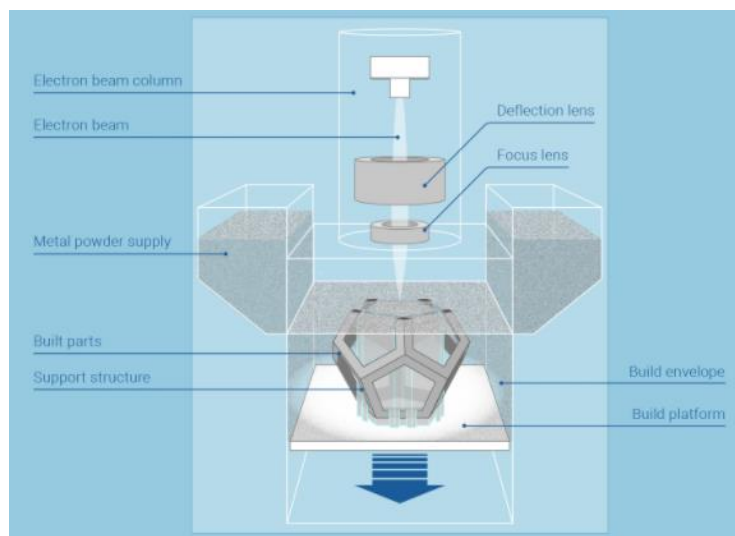


Figure 14. Scheme of EBM technology. Source: <https://www.additively.com/en/learn-about/electron-beam-melting>

Областите на приложение включват предимно стоматологичния, медицинския и автомобилния сектори. По-конкретно, EBM се използва за създаване на медицински импланти и модели на костна тъкан.

2.6.2. EBM: Силни и слаби страни

Предимството за използване на EBM е, че той може да използва стандартни метали с плътност до 99%. В сравнение с лазерното топене, EBM произвежда по-малко топлинно напрежение на части и следователно изисква по-малко носеща структура. Освен това процесът се счита за по-бърз, отколкото този при SLM. Точността на процеса също се оценява като нормална.

Недостатъците включват основно разходите както за машини, така и за материали, които могат да бъдат доста скъпи, на същото ниво като SLM. Обикновено стъпките след процеса изискват отстраняване на обвивката, на праха, термична обработка, отстраняване на опори и последващи обработващи конструкции и накрая повърхностни дообработки.



2.7. Електронна свързваща струя

2.7.1. (Свързване с електронна струя) Electron Binder Jetting: Процес, материали, области на приложение

Подобно на POLYJET, Electron Binder Jetting е технология за 3D печат, която работи с помощта на мастилено-струйни печатащи глави, които нанасят течна свързваща среда върху тънки слоеве прах. Струйната машина работи по начин, който разпределя слой върху платформата за изграждане, който в същото време ще бъде спуснат, след като следващият слой прах бъде положен. Процесът продължава да се повтаря, докато частите са напълно завършени в прахообразното легло.

Областите на приложение на технологията включват архитектура и сектори на механиката. Специфичен пример за продукт, създаден с нея, са тенджерите и по-общо, мебели за дома.

2.7.2. Електронно свързваща струя: Силни и слаби страни

Една от положителните страни при използване на технологията е, че няма нужда от поддържащи конструкции. Частите за изграждане лежат в легло от несвързан прах. Следователно целият обем на изработката може да бъде запълнен с няколко части, включително и чрез подреждане и пирамидиране на части.

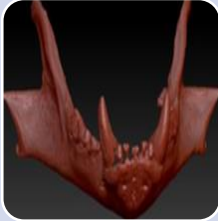
Процесът е бърз, с много ниска степен на сложност и относително ниски разходи, тъй като праховите частици са залепени заедно, в сравнение с EBM, където материалът се топи в защитна газова среда. Някои машини също могат да работят с цветове и следователно могат да произвеждат цветни части. Отрицателната страна е, че резултатът представя крехки части с ограничени механични свойства.

3. Производство на парчета с 3D печат. Процес.

В тази глава ще бъдат описани всички необходими процеси и стъпки, като се започне с дигитален дизайн, за да се получи истинско отпечатано парче.

Важно е да се спомене, че няма само един валиден процес за отпечатване на триизмерни парчета. Това, което е обяснено и описано в това ръководство, е определен брой стъпки, които трябва да бъдат адаптирани към вида на парчето, избраната технология, типа машина и дори към използвания софтуер. Освен това, процесът, който е описан по-долу, е предназначен най-вече за 3D принтери с моделиране на разтопено отлагане (FDM).

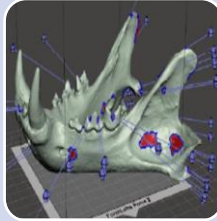
Производственият процес като цяло е следният:



1. Получаване на цифров модел



2. Експортиране и поправяне на STL файла



3. Тестване, ориентиране, разпространение и G-код



4. 3D печат



5. Извличане на парчета



6. Последваща обработка

Важно е съветите, дадени във всяка от стъпките на процеса, да са ориентировъчни и да имат общ термин. Това означава, че съветите не трябва да се следват твърде внимателно. В производствения процес за 3D печат опитът, характеристиките на парчетата, използваната машина и т.н. имат голямо значение. Сигурно е, че някой с малко или без опит ще отпечата много 3D парчета неуспешно, преди да намери ключа.

Също така е важно да се отбележи, че задължителните стъпки са следните:

- Получаване на дигитален модел.
- Експортиране в STL файл.
- Получаване на G-кода.
- 3D печат.
- Извличане на парчета.

Сега всяка от тези стъпки от производствения процес ще бъде обяснена по-подробно и по-задълбочено.

3.1. Получаване на дигитален модел

Съществуват няколко възможности за получаване на 3D модел или дигитален модел, който трябва да се отпечата. Има три възможности:

- Използване на CAD софтуер за проектиране на модела. Има много наличен CAD софтуер за моделиране и няма единствен най-добър вариант; това ще зависи от потребителя и неговите способности със софтуера.

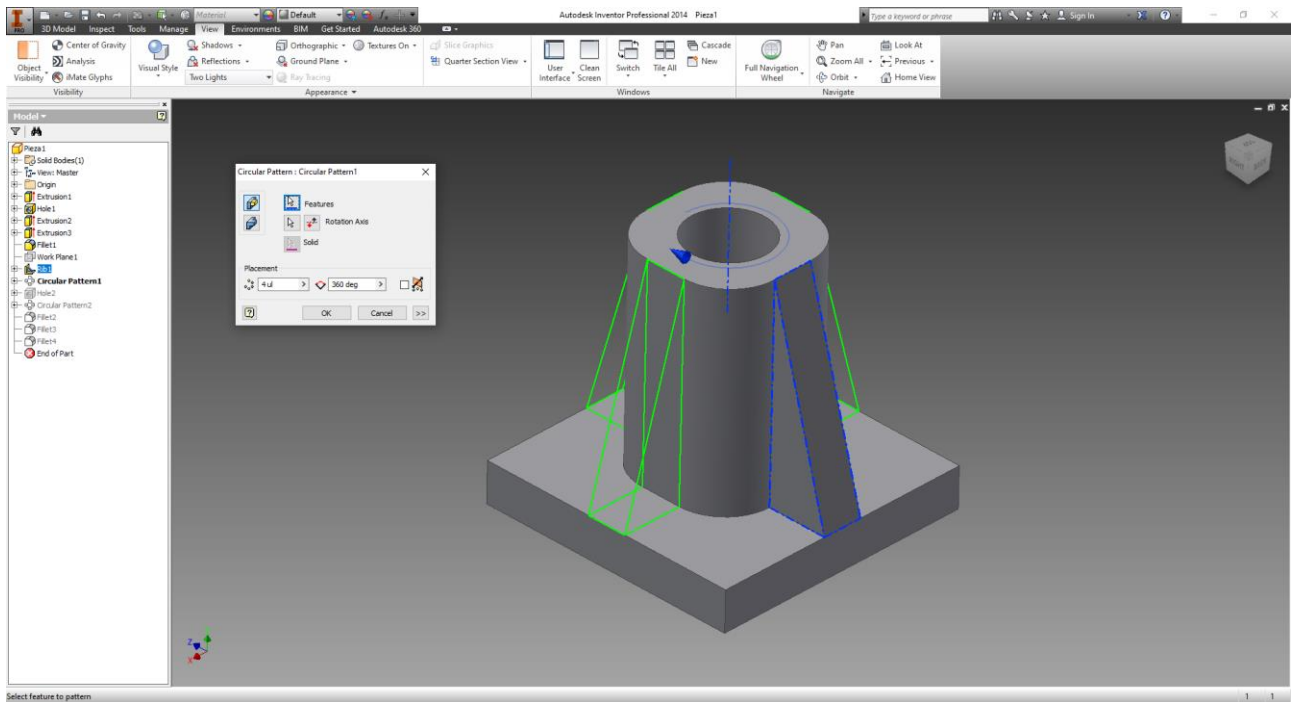


Figure 15. Modelling using Autodesk Inventor 2014. Source: CETEM

- За получаване на геометрията чрез обратно инженерство (reverse engineering) и 3D скенери: Тук се използва 3D скенер за дигитално получаване на геометрията на реален обект. Това не е прост процес и се изискват известни знания и опит. Освен това има няколко вида 3D скенери и те обикновено са скъпи. Обратното инженерство е процес за копиране, подобряване или персонализиране на реални обекти, или също за включване на сложни повърхности в 3D моделиран обект.

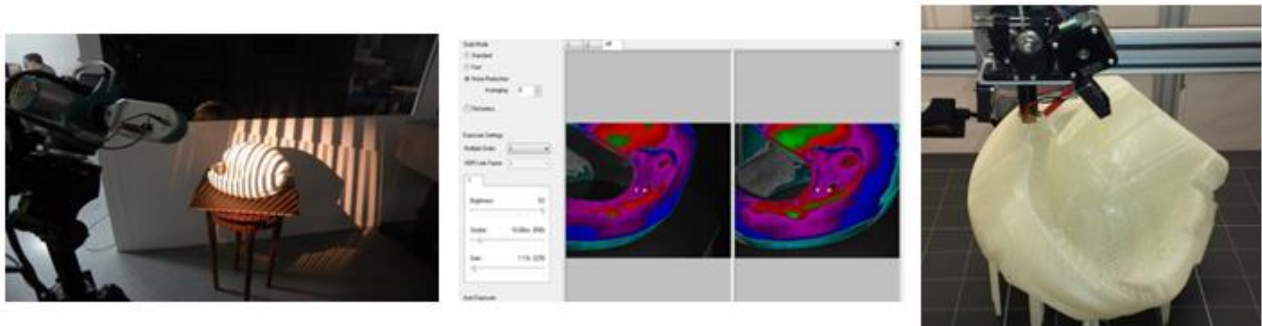


Figure 16. Reverse Engineering of a helmet. From left to right: 3D Scanning, redesigning and 3D printing. Source: CETEM.



- Изтегляне на модела от хранилища: Ако нямате познания за компютърно подпомогнато 3D проектиране или нямате необходимото оборудване (или софтуер, или дори знания) за прилагане на процес на обратен инженеринг, да изтеглите модела от хранилището е най-добрият вариант. Има специфични хранилища за 3D печат, с почти подготвени за печат файлове, или общи хранилища за дигитални модели, с всички видове CAD файлове. Най-добрите хранилища за 2021 г. можете да намерите тук: <https://all3dp.com/1/free-stl-files-3d-printer-models-3d-print-files-stl-download/>

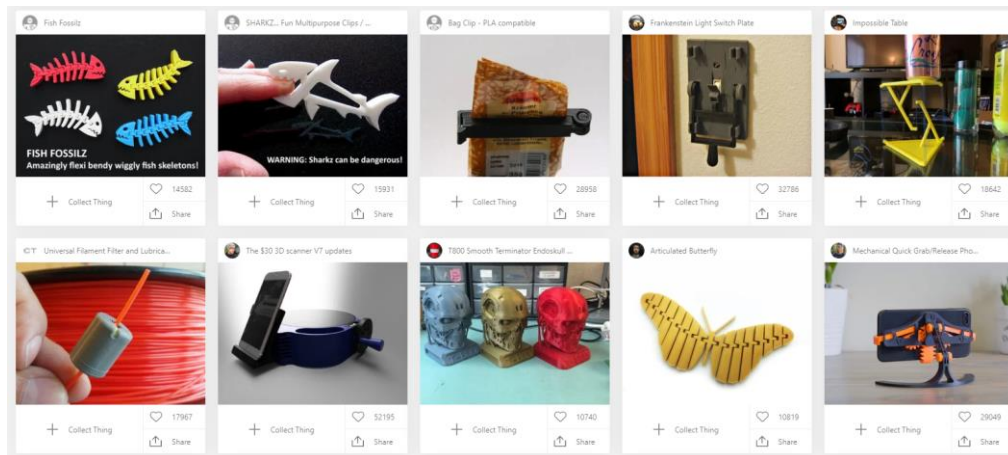


Figure 17. Example of a repository: Thingiverse. Source: Thingiverse.

3.2. Експортиране в STL файл

Когато работите по проектиране и отпечатване на 3D модели, са налични широка гама от формати или типове файлове. Някои от тях са предназначени за проектиране или сканиране, но други са свързани с 3D печат, като: STL, OBJ, PLY или FBX, наред с други.

Когато парчето е проектирано и моделирано, конвертирането във формат „stl“ е необходимо. Ако парчето е изтеглено от хранилище, това преобразуване често е вече направено.

STL означава „стандартен език на триъгълника“. С други думи, този формат използва свързани триъгълници за пресъздаване на твърдата повърхност на модела. В зависимост от сложността на модела ще са необходими повече или по-малко триъгълници (и с повече или по-малък размер) и по-големият или по-малкият размер на файла също ще бъде.

Обикновено експортирането на CAD дизайн във формат STL е много просто. Трябва да отидете в менюто на използвания софтуер и да кликнете върху „Запазване като ...“ или в „Експортиране“ и да изберете STL.

3.3. Получаване на G-кода

Този етап от производствения процес при 3D печат е свързан с подготовката на парчетата или цифровите модели (изнесени преди това в STL) за 3D печат.

Става въпрос за извършване на следния процес, както следва:

- анализ на детайла или модела: дебелина, отвори, стабилност, ъгли, триъгълна мрежа и др. (Не винаги е необходимо)
- проектиране на поддържащите структури или тяхното автоматично генериране.
- избор на запълването на модела, както в процент отношение, така и във форма.
- локализиране на парчето върху печатащата повърхност (или печатащото легло) и да се избере най-подходящата ориентация.
- генериране на машинен код или G-код.

По отношение на носещите конструкции е необходимо да се победи гравитацията и да се отпечатаат надвесни части (или с вътрешни пролуки). Опорните конструкции обикновено се изпълняват от същия материал като детайла и обикновено са необходими от 45 градуса нагоре (за FDM принтери).

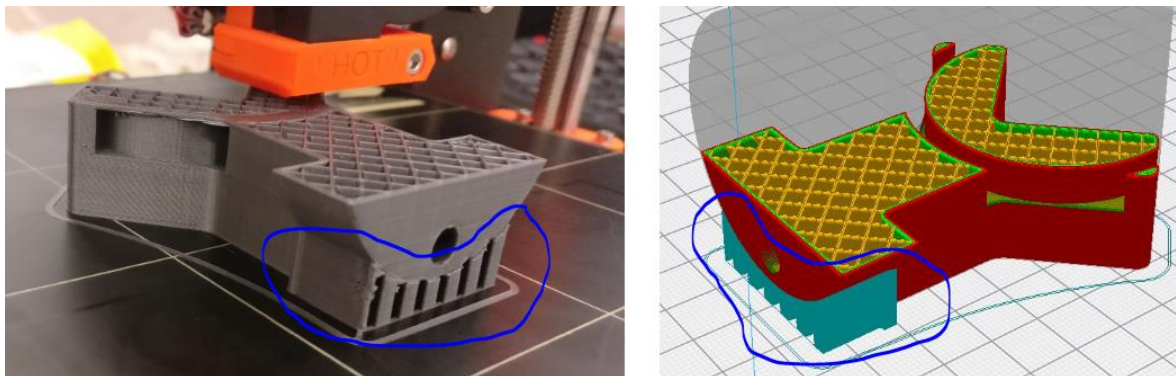


Figure 18. Supports structures in the printed piece (left) and in the software for generating the G-Code (right).
Source: CETEM.

Тъй като опорните конструкции са нужни само за задържане на първите слоеве на модела, които са конзолни или „плаващи“, опорните конструкции се изграждат леко и използват по-малко материал, отколкото за самата част. Освен това те няма да се отбележат толкова на парчето, когато бъдат премахнати.

Повечето от наличния софтуер, или софтуер за анализ, или собствен софтуер на принтерната машина, позволяват две възможности: изработване на дизайн на поддържащите структури или автоматично изчисляване и вмъкване на тези структури. Ако нямате достатъчно опит в 3D печата, препоръчва се програмата автоматично да изчисли поддръжките.

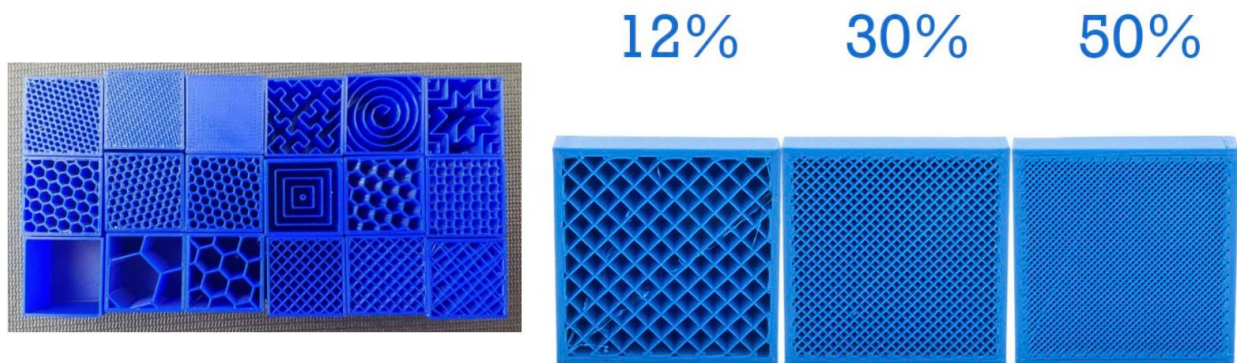


Figure 19. Different infill shapes and infill percentages. Source: <https://all3dp.com/2/infill-3d-printing-what-it-means-and-how-to-use-it/> Source: https://filament2print.com/gb/blog/71_importance-infill-3d-printing.html

По отношение на запълването на модела, става въпрос за структурата, отпечатана вътре в обекта. Това означава, че ако вземем за пример куб, шестте външни стени ще бъдат отпечатани плътно, с определена дебелина, но вътрешната част на куба няма да е плътна; ще трябва да изберете процента на запълване и дори геометричната форма на запълването. С някои визуални примери може да се разбере по-добре.

Процентът и формата ще бъдат избрани в зависимост от необходимата здравина и устойчивост на детайла, също и според общото тегло на детайла, използвания материал, времето за печат и т.н. Колкото по-голям е процентът на запълване, толкова по-силен ще бъде отпечатаният детайл, но ще отнеме повече време за отпечатване. Процент около 15-30% обикновено е достатъчен.

По отношение на позиционирането и ориентацията на фигурата, става въпрос за определяне на позицията и ориентацията на фигурата върху печатащата повърхност или печатащото легло. Това ще бъде направено в софтуера за печат.

Има различни критерии за решаване както на позицията, така и на ориентацията. Един от най-използваните критерии е да се използва минималното количество материал и да се отделя по-малко време за печат. Това обикновено се постига чрез минимизиране на 'надвисналите' части. Следователно, ще бъдат отпечатани по-малко опорни конструкции и парчето ще бъде изградено за по-малко време. Понякога обаче качеството на постигане е по-важно, така че могат да бъдат избрани ориентации, които не са оптимални по отношение на материала и времето за печат.

Някои общи съвети са:

- Да се центрират парчетата в печатащата повърхност.
- Когато отпечатват няколко парчета наведнъж, поставете ги заедно, с разстояние между тях около 10 -15 mm.
- При отпечатване на извити повърхности, парчето трябва да бъде разположено така, че повърхностите да са в равнината XY (хоризонтално).
- Ако детайлът има вътрешен отвор или проходен отвор, би било подходящо този отвор да бъде поставен с оста си перпендикулярно на печатащото легло.
- Най-общо горната повърхност на отпечатаното парче ще има най-доброто завършване.
- Много дълъг и равен участък, отпечатан на хоризонтална равнина или равнина XY, може да претърпи деформация. Понякога е удобно да отпечатате тези парчета, така че най-дългият им участък да е перпендикулярен на строителната плоча.

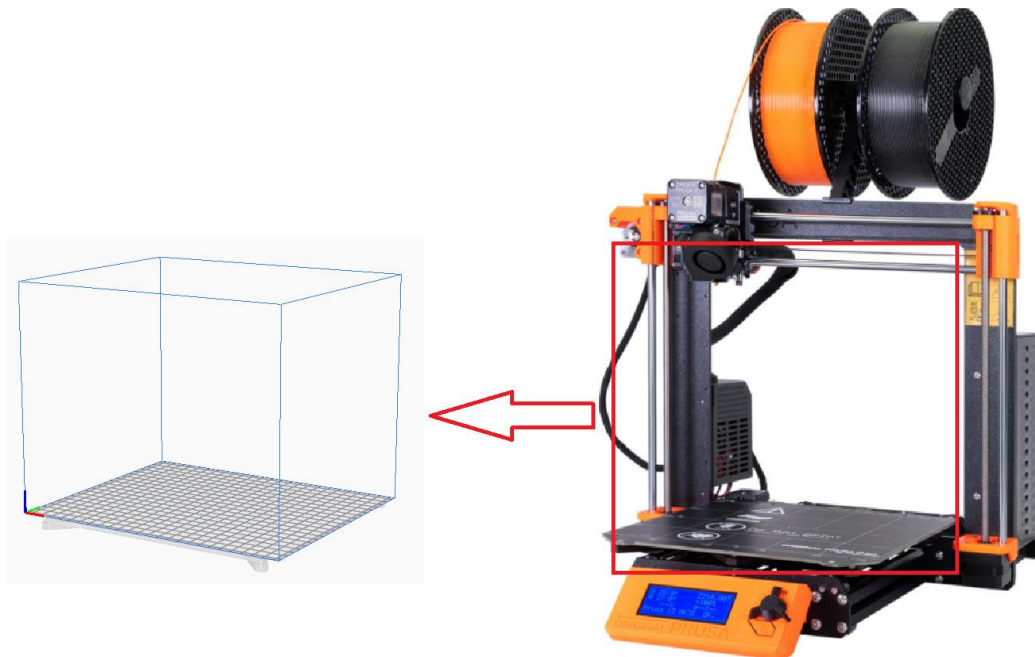


Figure 20. Printing bed. Source: CETEM.

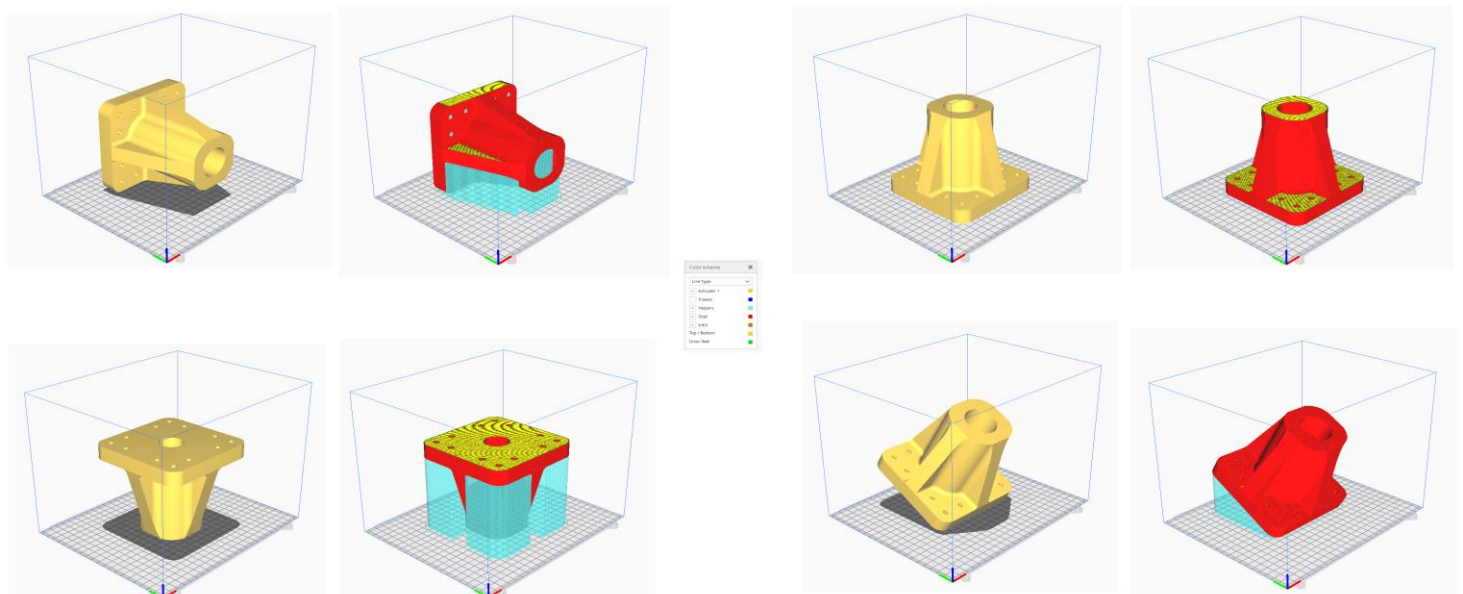


Figure 21. Different ways of positioning and orienting the same piece. In blue: supports structures. Source: CETEM.

Що се отнася до генерирането на G-кода, това е последната стъпка преди да се отиде към машина за 3D печат. Този код е превод на парчето и всички избрани параметри в инструкции, които машината може да разбере, за да отпечата моделите.

Преди да получите този код, е необходимо да изберете още някои параметри като височината на слоя, известна също като дебелина на слоя. Този параметър също има голямо значение и ще окаже голямо влияние върху крайното качество на повърхността на детайла. По-високата височина на слоя ще доведе до голяма резолюция или качество, но също така и до по-дълго време за печат. Типичните стойности за този параметър по отношение на FDM технологията са: 0,05 mm (много фино и точно, но ще отнеме повече време за отпечатване), 0,1 mm, 0,15 mm, ... и до 0,4 или дори 0,6 mm.



Figure 22. Visual differences according to different layer heights. Source: http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/8/8c/Altura_de_capa.jpg/700px-Altura_de_capa.jpg

В зависимост от избраната програма или софтуер ще е необходимо да изберете параметри, като дебелина на стената, скорости на печат, температури на леглото и дюзата (в зависимост от избрания материал) и др. Но това са параметри, които могат да бъдат редактирани от потребители с опит, и е препоръчително да ги оставите по подразбиране.

И така, в този момент трябва да се генерира G-кодът. Програмата нарязва модела на хоризонтални "филийки" или слоеве и генерира всички инструкции за машината, като също така изчислява количеството материал и очакваното време за печат.

На фигурата по-долу е възможно да видите някои избрани параметри, модела, времето за печат и т.н., както и опцията "Запазване като файл", която ще генерира G-кода.

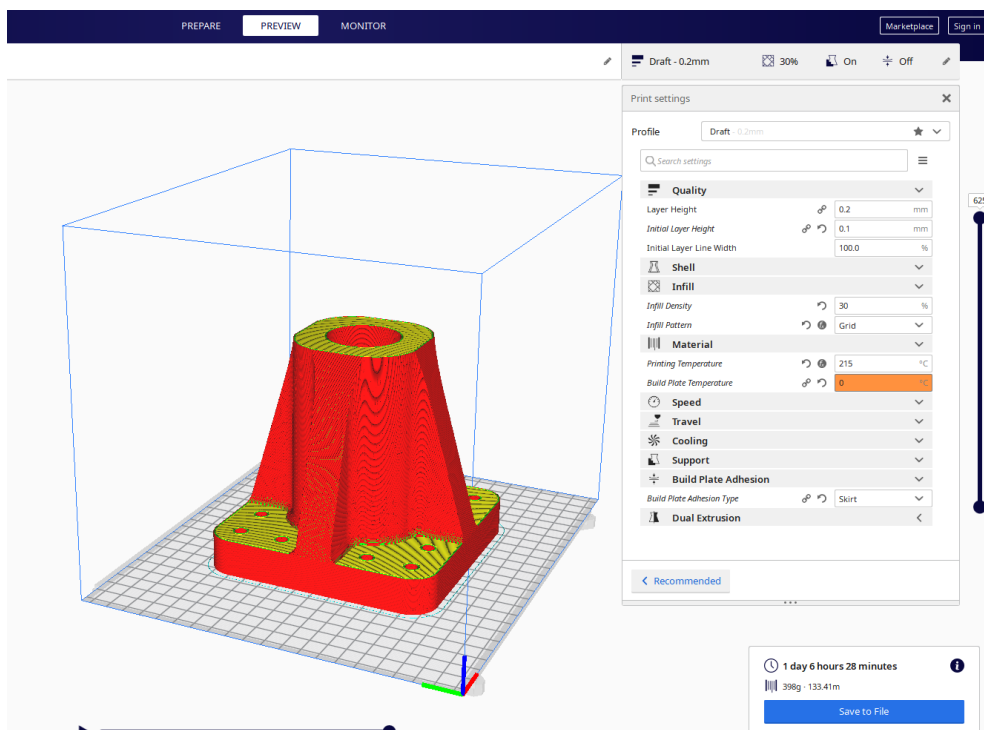


Figure 23. G-Code generation with Cura. Source: CETEM.



3.4. 3D печат

След като е получен G-Code, процесът на 3D печат вече може да бъде реализиран. Има няколко неща, които трябва да имате предвид и да проверите преди да отпечатате.

За FDM принтери трябва да се проверят температурите на леглото или печатната платформа и на екструдера (софтуерът или принтерът правят това автоматично, когато започнете да печатате). Използването на лак също е препоръчително, за да се улесни извличането на парчето. Препоръчително е да прочетете инструкциите, за да знаете също как да заредите нишката на принтера например.

След това, G-кодът се изпраща към машината и машината започва да работи.

3.5. Извличане на парчета

Когато принтерът вече е завършил, идва моментът да приложите процеса на извличане на парчетата /физическо отделяне от принтиращата повърхност или легло/. Още веднъж, в зависимост от машината и главно, от технологията и използваните материали, процесите на екстракция ще варират.

При машините за моделиране на степенно отлагане (FDM) парчетата често се отстраняват ръчно или с някакъв инструмент като острие. Също така е възможно да има гъвкави платформи, които улесняват много отделянето. Съществуват дори други методи като използване на разтворител или прилагане на студ, или с конец за зъби.

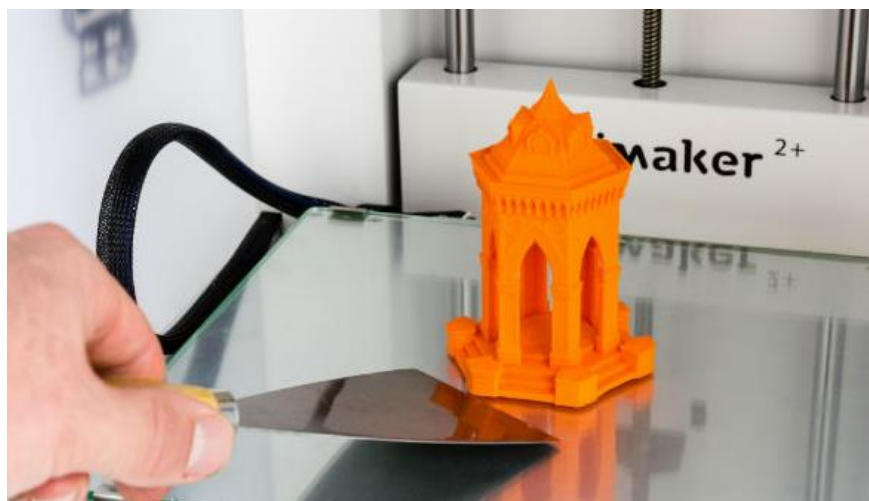


Figure 24. Removing a piece from a FDM 3D printing machine. Source: <https://lacountylibrary.org/removing-3d-prints/>

Сега е време да помислим дали нашето парче изисква някаква последваща обработка. Основният процес на довършване е механично отстраняване на носещите конструкции (ако отпечатаното парче има такива) и шлайфане, за да се подобри качеството на повърхността.



Figure 25. Removing supports structures from a FDM piece with pliers and sanding the surface. Source: CETEM.

4. 3D печатни материали

Що се отнася до 3D печата, материалите често са един от най-важните избори. В днешно време пазарът на 3D печат предлага разнообразен избор за материали - от полимери и метали до керамика и композити. Множество са създадените материали, всеки от които със своите предимства и недостатъци.

Всяка технология (SLS, SLA, FDM, POLYJET и др.) има свои собствени материали, но за целите на това ръководство FDM материалите ще бъдат обяснени накратко по-долу.

И така, що се отнася до моделирането на стъпено отлагане (FDM), някои от най-популярните материали са:

- PLA: Лесен за печат, много точен, ниска точка на топене, твърд. Добър за повечето детайли, но не и за топли / горещи региони.
- ABS: Има тенденция да се изкривява, здрав и леко гъвкав. Използва се за механични части.
- PETG: Лесен за отпечатване и точен, има тенденция към навързване, добра адхезия на слоя.
- TPU: Гъвкав полимер; добър за печат, подобен е на твърда гума. Най-добре се използва в машини с директно задвижване.
- Найлон: Силен и гъвкав; съществува специална нишка за принтери.

5. Ограничения

Сега ще бъдат посочени някои ограничения, като се фокусираме отново върху технологията за моделиране на стъпено отлагане (FDM):

- Непечелившо масово производство: Производството на добавки и 3D печат са предназначени за много кратки серии от парчета (около 1 - 10 единици). При по-дългите серии производството с тези технологии не е печелившо.
- Лошо покритие на повърхността и ниска скорост на печат в сравнение с други технологии за 3D печат.
- Малък размер на печат за настолни FDM принтери. Типичният размер на тези принтери е 20x20x20 см.
- Изисква опорни конструкции за отпечатване на части с по-малки ъгли от 45 градуса.
- По принцип отвори с диаметър по-малък от 2 mm не могат да бъдат отпечатани.
- Слоевете определят в коя посока обектът може да бъде натоварен и с кои сили. Силите на опън, перпендикулярни на посоката на налягане, могат да помогнат за по-бързото разделяне на слоевете. Когато се проектират обекти, които да бъдат отпечатани чрез моделиране на стъпено отлагане, тези характеристики трябва да се имат предвид.

6. Практически приложения на 3D печата. Пример.

Тази глава има за цел да покаже, с реален пример, всички стъпки, които трябва да следвате, започвайки от модел или цифров файл, за да получите истинско отпечатано парче.

Започнахме с дигиталния файл: 3D файл, получен в резултат на сканирането на долната част на тигрова челюст. Целта: да се направи 3D печат копие на това парче. Беше необходимо да се поправи сканираният файл. Това е нещо много обичайно, защото 3D скенерите не винаги получават цялата геометрия на реалния модел. Но това не е целта на това ръководство.

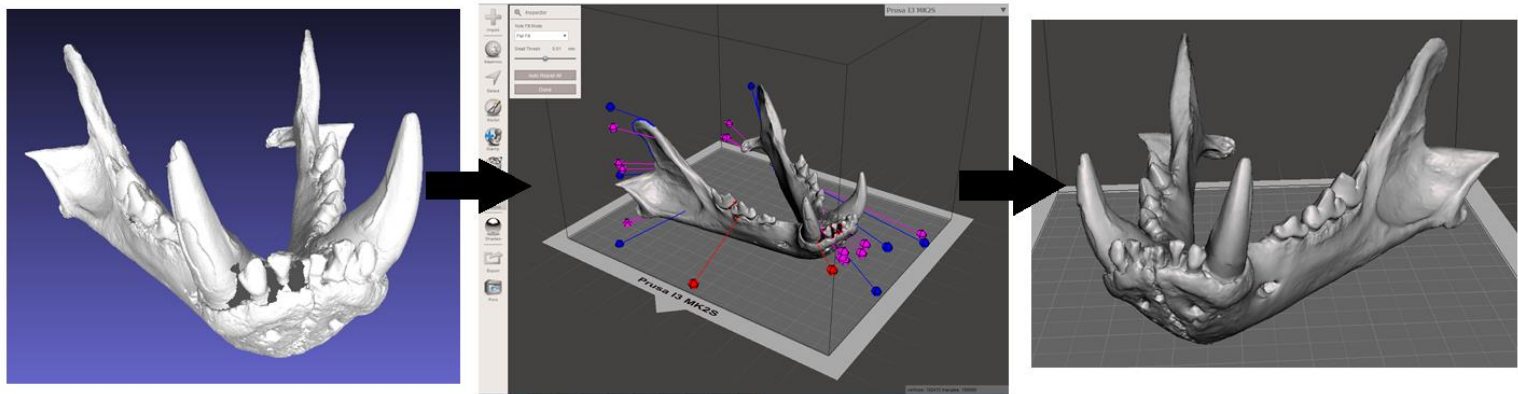


Figure 26. Repairing the 3D file. Source: CETEM.

So now, the repaired and fixed model must be exported or saved again in STL format.

Поправеният и фиксиран модел трябва да бъде експортиран или записан отново във формат STL.

Следващата стъпка е да заредите файла в софтуер, който позволява да се правят поне следните неща:

- Избор на ориентация в печатащото легло. Въртене и преместване на модела.
- Мащабиране на модела.
- Избор на качество или височина на слоя.
- Избор на пълнеж. Плътност, наред с други въпроси.
- Генериране на необходимите подпомагащи структури.

И така, ремонтираният модел е внесен в Cura. Следващата стъпка е да конфигурирате софтуера да показва печатащото легло на машината. Cura разполага с много голяма база данни от търговски 3D принтери, но ако използваната машина не е в тази база данни, е възможно да я създадете от нулата.

Този модел ще бъде мащабиран до 60%. 0,2 мм. е избраното качество на слоя. Избира се и запълване на мрежа с плътност 15%. Навсякъде ще се генерират автоматично поддържащи структури и за да се получи добра адхезия за първия слой, „скоростта на първия слой“ ще бъде зададена на 20 mm / s. Избран е и работен материал: PLA. И накрая, G-кодът се записва в устройството, за да се вмъкне в принтера, като се щракне върху „Запазване като файл“.

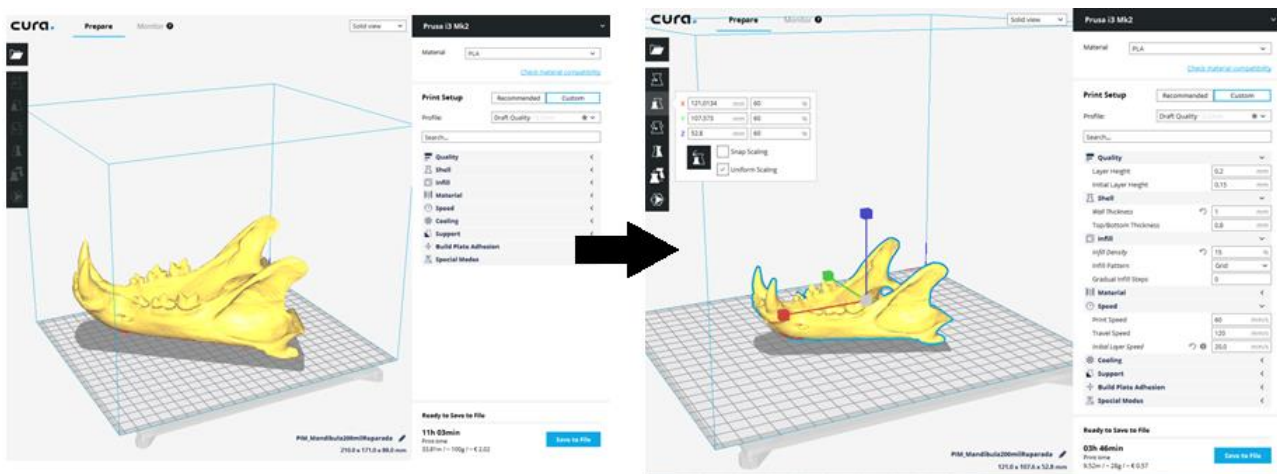


Figure 27. Importing, scaling and selecting parameters of the model, in Cura. Source: CETEM.

На този етап е възможно да преминете към следващата стъпка от процеса: самия 3D печат. Необходимо е да отидете до устройството и да стартирате заданието за печат. Машината ще остане работеща и се препоръчва да я наглеждате от време на време, за да видите дали всичко върви правилно. Важно е да се спомене, че е силно препоръчително да проверите дали първият отпечатан слой е правилно прилепнал за леглото или платформата.

Следващата стъпка е, очевидно, да се извлече отпечатаното парче. Използва се шпатула със заоблени ръбове, за да не се надраска и да не се повреди печатната платформа.

След като детайлът е извлечен от платформата, е време за стъпка на последваща обработка, състояща се от ръчно и механично отстраняване на опорните конструкции и шлайфане на онези части от детайла, които имат маркировки (например от опорните конструкции). Печатащото легло трябва да бъде правилно почистено за следващото задание за печат.

Както бе споменато, да се шлайфат белезите на носещите конструкции, наред с други, е много практично.

Ако резултатът в който и да е момент от процеса на печат или в края на процеса на печат не е добър или се наблюдават някои грешки и свивания, следното ръководство може да бъде много полезно за конфигуриране на някои параметри за печат или други параметри на принтера:

<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

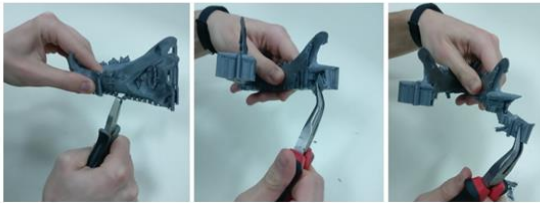
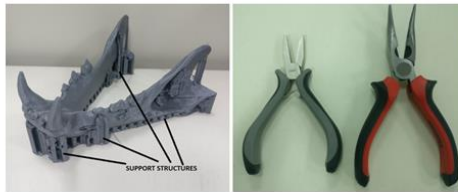
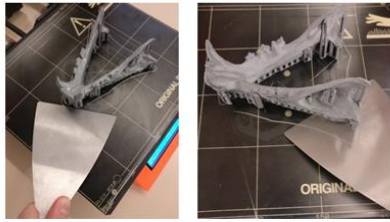
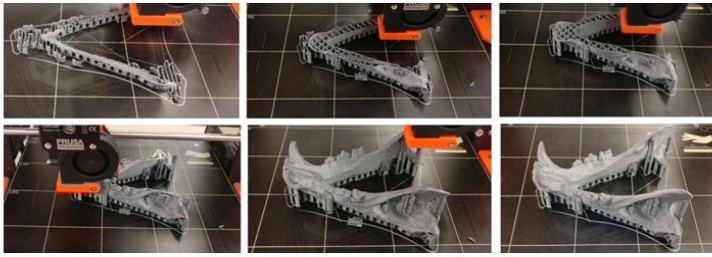


Figure 28. 3D Printing process, extracting piece, and removing supports and final piece. Source: CETEM.



3D4ELDERLY

CONSORTIUM OF PARTNERS: