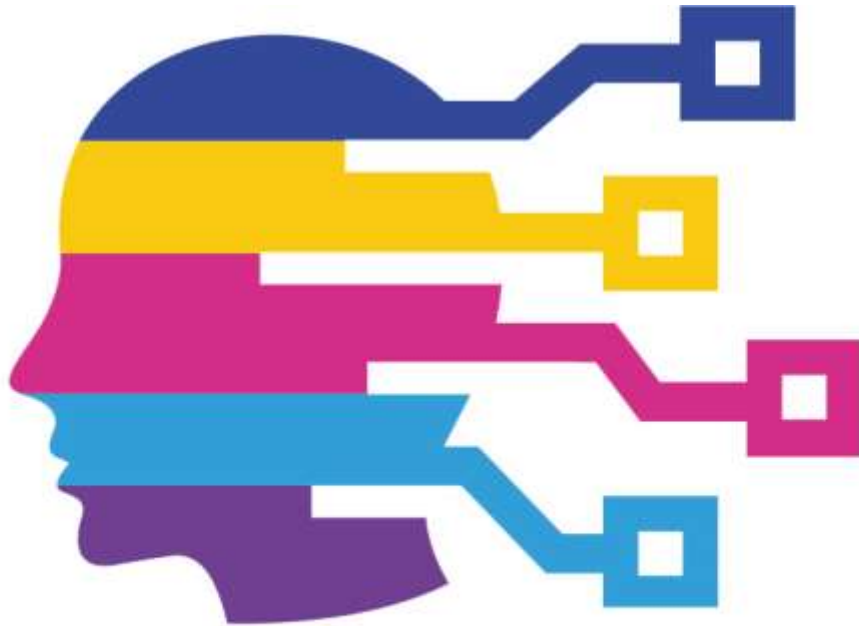


Modul 2: Imprimarea 3D ca instrument pentru Educația Adulților



4.0 ANDCOM

Ludor Engineering

Cuprins

Introducere.....	3
Utilizarea 3DP în formarea adulților cu un nivel scăzut de calificare.....	3
Bazele imprimării 3D	4
Tehnologii de imprimare 3D disponibile	4
Fluxul de lucru 3DP.....	5
Obținerea modelelor 3DP.....	6
Software-uri slicer folosite în 3DP	7
Imprimante 3D FDM.....	8
Materiale 3DP.....	10
3DP – avantaje și limitări	13
Aplicații 3DP	13
Post-procesarea pieselor imprimate 3D.....	16
Înlăturarea structurilor de suport	16
Umplerea golurilor	16
Lustruirea suprafețelor.....	16
Vopsirea.....	17
Acoperire, placare	18
Imprimarea 3D a unui obiect pe o imprimantă FDM	19
Test final	25
Resurse adiționale	27

Introducere

Scopul acestui modul este creșterea gradului de conștientizare și abilității Andragogilor de a utiliza imprimarea 3D (3DP) în Educația Adulților și de a-și extinde și dezvolta competențele, putând astfel să efectueze o instruire eficientă în domeniul 3DP a adulților slab calificați. Pe lângă cunoștințele pedagogice specifice, abilitățile și atitudinile necesare pentru oferirea educației adulților, Andragogii au nevoie, de asemenea, de cunoștințe tehnice, iar scopul acestui modul este de a le furniza.

Modulul va include informații de bază despre metodele de imprimare 3D, terminologie, avantaje și limitări, aplicații principale, tehnologii, materiale și echipamente disponibile. În plus, vor fi descriși pașii necesari din cadrul procesului pentru obținerea unui obiect folosind imprimarea 3D.

Până la sfârșitul acestui modul veți învăța:

- cum se utilizează 3DP pentru formarea adulților cu nivel scăzut de calificare,
- cum funcționează 3DP,
- care sunt avantajele și limitările 3DP,
- ce tehnologii de imprimare 3D există astăzi,
- care sunt principalele aplicații ale 3DP,
- ce este o imprimantă 3D,
- ce fel de software este folosit în 3DP,
- ce materiale sunt utilizate în imprimarea 3D,
- cum imprimați un obiect 3D,
- cum se post-procesează obiectele imprimate 3D.

Utilizarea 3DP în formarea adulților cu un nivel scăzut de calificare

Pentru ca Andragogii să poată efectua o formare eficientă în domeniul 3DP a adulților cu un nivel scăzut de calificare, pe lângă cunoștințele pedagogice, abilitățile și atitudinile specifice cerute de Educația Adulților, este necesară și o pregătire specifică în 3DP.

3DP este un subiect vast care acoperă multe domenii de cunoștințe, cum ar fi TIC, inginerie, proiectare asistată de calculator, electronică, materiale, fizică etc., și doar o mică parte este aplicabilă sau relevantă pentru adulți slab calificați. Așadar, este foarte important să se selecteze cu atenție subiectele care trebuie abordate în sala de curs, precum și nivelul de detaliere în discutarea acestora. Predarea trebuie adaptată nevoilor cursanților.

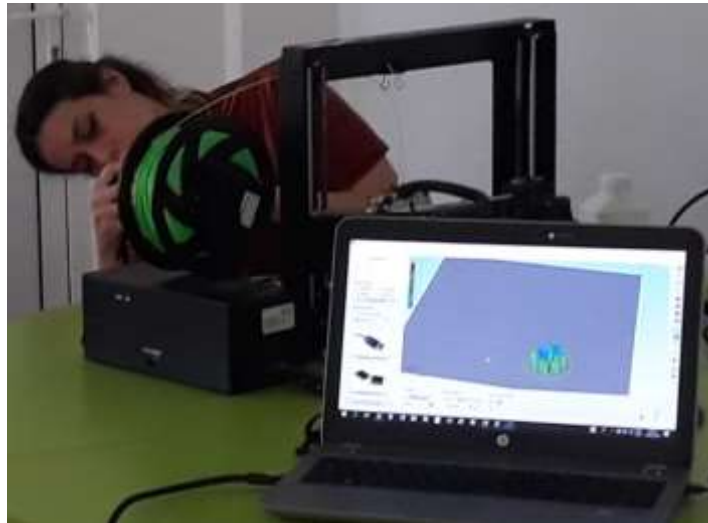
Întrucât creșterea capacității de inserție profesională a adulților slab calificați este un obiectiv important al acestui curs de formare, e necesar să existe o legătură clară între subiectele abordate și locurile de muncă bazate pe 3DP potrivite pentru adulții care îl finalizează.

Cele mai potrivite locuri de muncă pentru un adult slab calificat, instruit în mod corespunzător prin proiectul 4.0 ANDCOM, sunt operator de imprimantă 3D și tehnician post-procesare piese imprimate 3D.

Operatorul de imprimantă 3D este responsabil pentru operarea mai multor imprimante 3D și pentru post-procesarea, finisarea și inspectarea pieselor imprimate 3D. Operarea imprimantelor 3D implică pregătirea acestora, îndepărtarea pieselor finalizate, parcurgerea etapelor procesului de imprimare 3D, monitorizarea procesului, curățarea periodică și întreținerea preventivă a imprimantelor 3D.

Tehnicianul post-procesare piese imprimate 3D este responsabil cu înlăturarea materialelor de suport, efectuarea operațiilor de procesare a pieselor imprimate 3D precum șlefuire, sablare, curățare, vopsire etc., inspecția și măsurarea pieselor.

Uneori, în special pentru companiile mici, operatorul de imprimantă 3D este, de asemenea, responsabil cu post-procesarea pieselor.

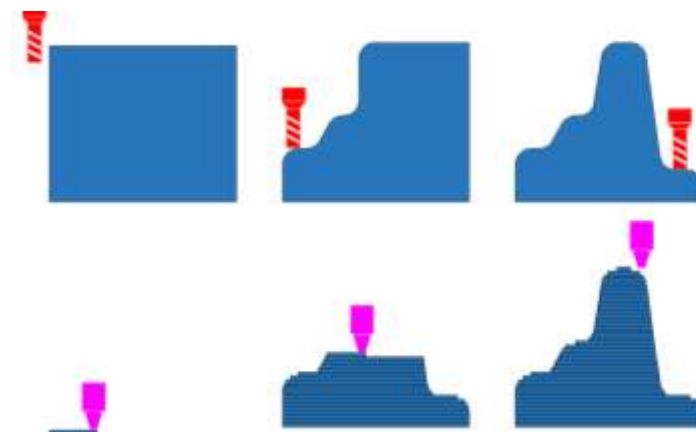


Operator de imprimantă 3D. Sursa: <http://ludoreng.com/>

Pentru a efectua sarcinile menționate, lucrătorul trebuie să aibă abilități și cunoștințe de bază în 3DP, cu accent pe utilizarea de software și echipamente 3DP și pe post-procesarea pieselor imprimate 3D. În consecință, modulul actual va furniza Andragogilor cunoștințele și abilitățile necesare pentru predarea acestor tematici.

Bazele imprimării 3D

Imprimarea 3D (cunoscută și ca Fabricație Aditivă) este procesul de realizare a obiectelor fizice tridimensionale dintr-un fișier digital prin adăugarea succesivă a straturilor de material, cu ajutorul unei imprimante 3D. Prin utilizarea unui proces aditiv, imprimarea 3D este opusul metodelor convenționale de producție substractivă, în care materialul este tăiat succesiv dintr-un bloc solid. Diferența dintre un proces substractiv și unul aditiv este schematizată în imaginea de mai jos.



Un proces substractiv (în partea de sus) și un proces aditiv. Sursa: <http://ludoreng.com/>

Tehnologii de imprimare 3D disponibile

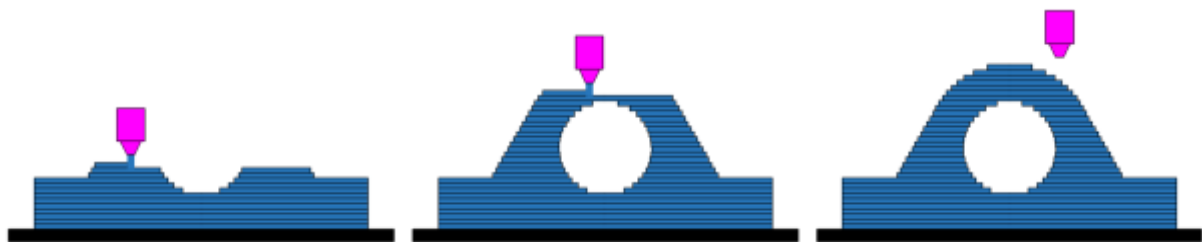
În prezent, există multe tehnologii 3DP disponibile, care utilizează diverse tipuri de material (solid (tablă, filament, pelete), lichid, pulbere, suspensie) și abordări diferite.

Stereolitografia (SLA) creează obiecte prin întărirea selectivă, strat peste strat, a unei rășini speciale, folosind o sursă de lumină (un laser sau un proiector). Procesarea Digitală a Luminii (DLP) este foarte

asemănătoare cu SLA, cu excepția faptului că DLP folosește un proiector digital pentru a proiecta lumină, simultan, o singură dată, asupra fiecărui strat. Sinterizarea Laser Selectivă (SLS) utilizează un laser care produce, în mod selectiv, fuziunea dintre particulele de pulbere din interiorul zonei de lucru pentru a crea un obiect solid. Există multe alte tehnologii 3DP și noi metode sunt încă în stadiu de dezvoltare.

Din păcate, multe din aceste tehnologii sunt prea complicate și prea costisitoare pentru a fi luate în considerare în educația adulților slab calificați. Cea mai populară și accesibilă tehnologie 3DP este Fused Deposition Modelling (FDM). În plus, FDM e ușor de utilizat și foarte potrivită pentru educația adulților. În consecință, acest modul se va concentra asupra FDM.

FDM depune straturi consecutive de material la temperaturi ridicate, permițând straturilor adiacente să se lipească și să se răcească înainte de depunerea următorului strat.

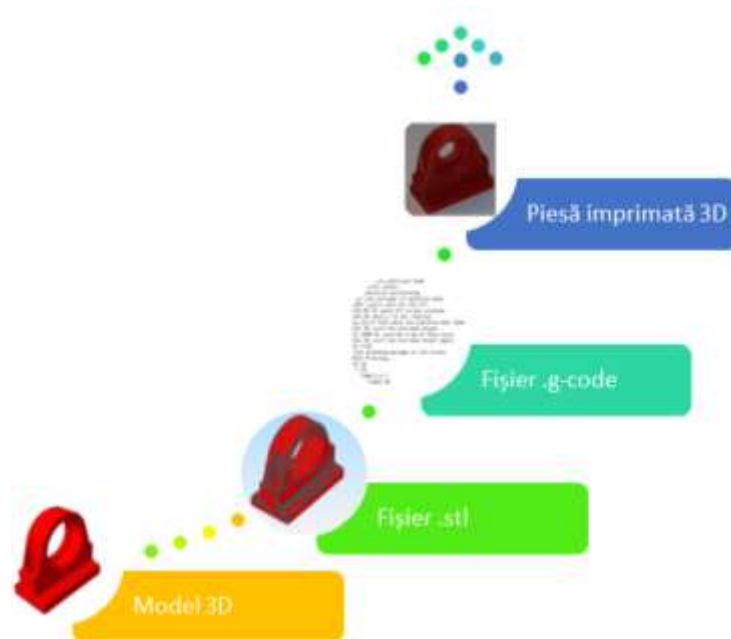


Tehnologia FDM. Sursă: <http://ludoreng.com/>

Fluxul de lucru 3DP

3DP implică în mod normal utilizarea unui computer, a unui model 3D digital, a unui software pentru pregătirea modelului 3D, a unei imprimante 3D și a materiei prime.

În primul rând este necesar modelul 3D al obiectului care urmează să fie printat. Acesta trebuie procesat pentru a obține un fișier care poate fi utilizat de imprimanta 3D. De obicei, acest lucru înseamnă convertirea modelului 3D într-un fișier .stl (dacă este necesar) și slicing-ul, adică divizarea fișierului .stl într-un set de secțiuni 2D folosind un software de tip slicer. Software-ul slicer setează, de asemenea, parametrii procesului de imprimare 3D și, la sfârșit, generează un fișier care conține toate instrucțiunile necesare imprimantei 3D pentru a executa imprimarea. Acest fișier (de obicei un fișier .gcode, adică un fișier care conține comenzi în G-Code, un limbaj ce poate fi citit de imprimantele 3D) este transmis imprimantei 3D care va depune straturi succesive de material topit pentru realizarea piesei dorite. Un flux de lucru tipic 3DP este schematizat în imaginea de mai jos.



Flux de lucru tipic pentru imprimarea 3D. Sursa: Ludor Engineering

Obținerea modelelor 3DP

Există mai multe modalități de a obține un model 3D pentru 3DP: prin modelarea 3D folosind un software adecvat, prin scanare 3D sau prin descărcarea modelului dintr-o arhivă online specializată.

Există multe software-uri disponibile pentru crearea de modele 3D, inclusive unele gratuite, pentru toate nivelurile, de la începători la profesioniști. Unele dintre acestea sunt prezentate în tabelul de mai jos. În plus, există și o mulțime de resurse educaționale și tutoriale care pot fi utilizate pentru a învăța cum să vă creați propriile modele 3D. Modelarea 3D este o abilitate indispensabilă atunci când doriți să vă creați propriile obiecte.

Nume	Link	Nivel	Gratis/plătit
TinkerCAD	www.tinkercad.com/	Începător	Gratis
Blender	www.blender.org/	Intermediar	Gratis
FreeCAD	www.freecadweb.org/	Intermediar	Gratis
OpenSCAD	www.openscad.org/	Intermediar	Gratis
Onshape	www.onshape.com/	Profesional	Cu plată
Fusion 360	www.autodesk.com/products/fusion-360	Industrial	Cu plată *
Solidworks	www.3ds.com/	Industrial	Cu plată
Creo	www.ptc.com/en/products/cad/creo	Industrial	Cu plată

*Gratuit pentru studenți și profesori

Scanarea 3D e o metodă folosită pentru a capta forma unui obiect folosind un scanner 3D sau un smartphone cu o aplicație adecvată. Aplicațiile de scanare 3D se bazează pe fotogrametrie, o tehnologie care creează modele 3D din fotografii 2D realizate din diferite unghiuri, care sunt apoi "lipite" împreună de un software. Unele aplicații de scanare 3D sunt date în tabelul de mai jos.

Nume	Sistem de operare	Gratis/plătit
Qlone	iOS/Android	Gratis
Trnio	iOS	Gratis
Scann3D	Android	Gratis
Cappy	iOS	Gratis
Heges	iOS	Gratis
Sony 3D Creator	Android	Gratis
Capture	iOS	Gratis

Cel mai simplu mod de a obține un model 3D pentru 3DP este descărcarea acestuia dintr-una din numeroasele arhive online disponibile. Multe dintre aceste modele sunt gratuite. Unele dintre cele mai bune astfel de arhive sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Name	Link	Gratis/plătit
Thingiverse	www.thingiverse.com	Gratis
MyMiniFactory	www.myminifactory.com	Gratis, Cu plată
Cults	https://cults3d.com	Gratis, Cu plată
Pinshape	https://pinshape.com/	Gratis, Cu plată
YouMagine	www.youmagine.com	Gratis
SetkchFab	https://sketchfab.com/	Gratis
Yeggi	www.yeggi.com	Gratis, Cu plată
CGTrader	www.cgtrader.com	Gratis, Cu plată
STL Finder	www.stlfinder.com	Gratis, Cu plată

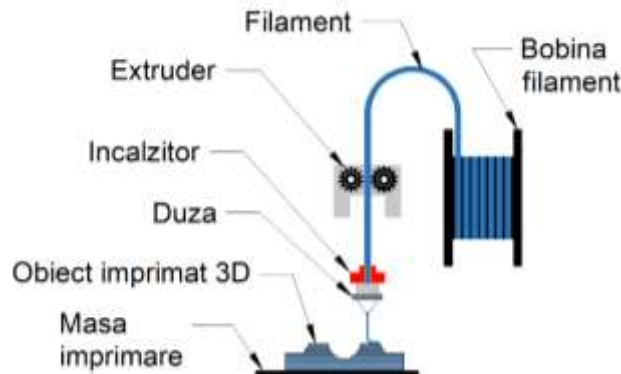
Software-uri slicer folosite în 3DP

Slicer-ele sunt software-uri care iau modelul 3D (cel mai adesea în format .stl), îl împart în mai multe straturi, includ setări ale imprimantei 3D (cum ar fi temperatura, înălțimea stratului, viteza de imprimare etc.) și generează fișierul G-code care oferă imprimantei 3D indicațiile de care are nevoie pentru realizarea obiectului 3D. Există multe slicer-e disponibile și majoritatea sunt gratuite. Unele dintre cele mai populare sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Nume	Link	Nivel	Gratis/plătit
Ultimaker Cura	https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura	Începător, Avansat	Gratis
PrusaSlicer	www.prusa3d.com/prusaslicer/	Începător, Avansat	Gratis
Simplify3D	www.simplify3d.com/	Începător, Avansat	Cu plată
Slic3r	https://slic3r.org/	Avansat, Profesional	Gratis
OctoPrint	https://octoprint.org/	Intermediar, Avansat	Gratis
AstroPrint	www.astroprint.com/	Începător, Avansat	Freemium
3DPrinterOS	www.3dprinter-os.com/	Începător, Avansat	Freemium
Repetier	www.repetier.com/	Intermediar, Avansat	Gratis

Imprimante 3D FDM

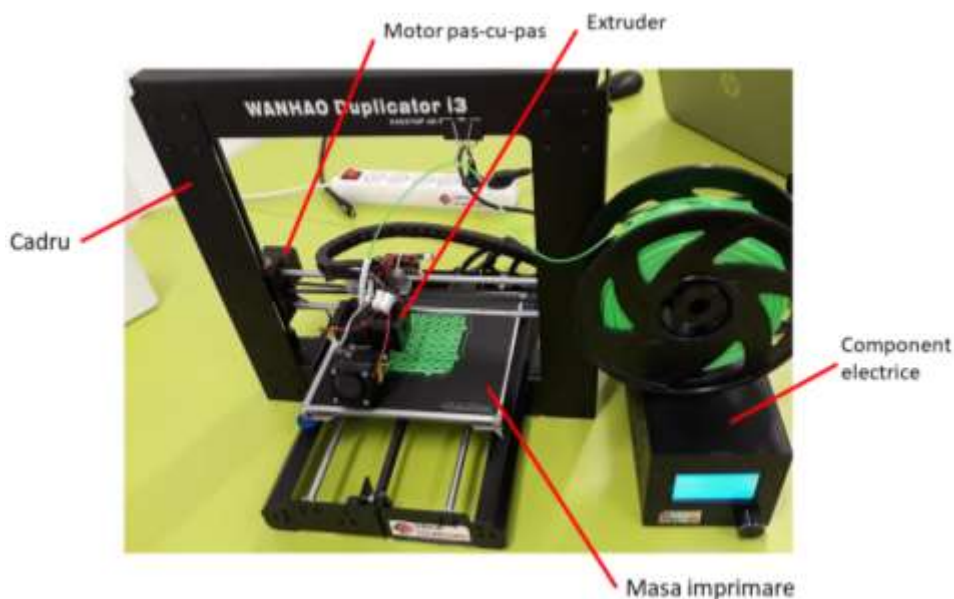
O imprimantă 3D FDM folosește un filament continuu, care este introdus printr-un mecanism cu roți dințate într-un încălzitor care-l încălzește și-l topește. Apoi, filamentul topit este ejectat din duză și depus pe masa de imprimare, în geometria dorită. După fiecare strat, masa de imprimare (sau duza) se deplasează pe direcția verticală și se adaugă următorul strat, până când obiectul este complet imprimat 3D. Procesul este schematizat în figura de mai jos.



Proces FDM. Sursa: Ludor Engineering

Principalele componente ale unei imprimante 3D FDM sunt:

- Cadrul – ține toate celelalte părți ale imprimantei 3D împreună. Poate fi din tablă, aluminiu, plastic, placaj sau chiar printat 3D.
- Masa de imprimare – suprafața pe care sunt printate obiectele. Poate fi încălzită, ceea ce reprezintă o caracteristică foarte utilă pentru evitarea deformării obiectelor și a desprinderii acestora de pe mesă în timpul procesului de imprimare.
- Extruder – o component esențială ce are două părți: *zona rece (cold end) cu motor*, care trage filamentul în interior și îl împinge mai departe, și *capul termic (hotend)*, unde filamentul este topit și apoi ejectat.
- Mecanica mișcării capului – există mai multe tipuri, cele mai frecvente fiind:
 - Cartezian – imprimantele au cadru dreptunghiular în care orice deplasare se face de-a lungul uneia dintre cele 3 axe perpendiculare: X, Y sau Z.
 - Delta - extruderul este ținut de trei brațe într-o configurație triunghiulară, iar masa de printare este de obicei circulară și nu se mișcă.
 - Polar – se folosește un sistem de coordonate polare, unde poziționarea este determinată de un unghi și o lungime.
 - Braț robotic.
- Motoare pas-cu-pas – utilizate pentru controlul precis al poziției
- Componente electrice: sursa de alimentare, placă de bază, drivere motoare pas-cu-pas, slot pentru card SD, interfață utilizator.



Componentele principale ale unei imprimante 3D FDM. Sursă: Ludor Engineering

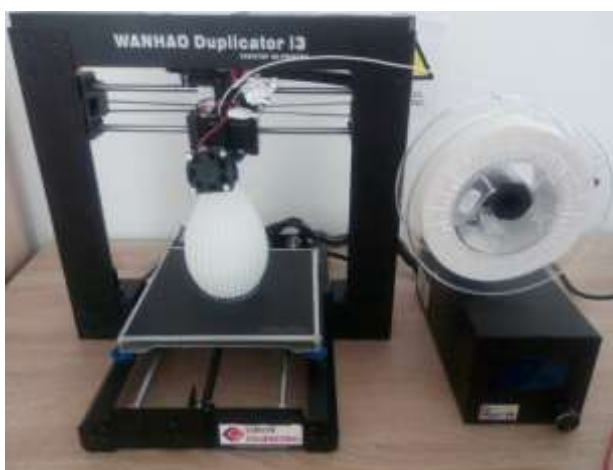
Imprimantele 3D FDM pot fi clasificate în două grupe principale: imprimante 3D industriale și imprimante 3D Desktop. Imprimantele 3D Desktop FDM sunt bune pentru prototipare și producție de volum redus, în timp ce imprimantele industriale sunt folosite pentru producerea pieselor complet funcționale de înaltă calitate, cu dimensiuni mari, precizie ridicată și din materiale cu caracteristici superioare. Principalele diferențe dintre imprimantele Desktop și cele industriale sunt costurile asociate și capacitățile de producție, după cum se poate observa în tabelul de mai jos.

Caracteristică	Imprimantă FDM industrială	Imprimantă FDM Desktop
Precizie standard	$\pm 0.15\%$ (limita inferioară ± 0.2 mm)	$\pm 1\%$ (limita inferioară: ± 1.0 mm)
Grosime strat tipică	0.18 - 0.5 mm	0.10 - 0.25 mm
Volum de imprimare maxim	Mare (de ex. 900 x 600 x 900 mm)	Mediu (de ex. 200 x 200 x 200 mm)
Materiale compatibile	ABS, PC, PEI	PLA, ABS, PETG
Material de suport	Solubil în apă	Același ca al piesei (în general)
Capacitate de producție (per imprimantă)	Redusă /Medie	Redusă
Cost	Peste 50,000 USD	500 - 5,000 USD

Sursa: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/industrial-fdm-vs-desktop-fdm/>



Imprimantă 3D FDM industrială. Sursa: Ludor Engineering



Imprimantă 3D FDM Desktop. Sursa: Ludor Engineering

Materiale 3DP

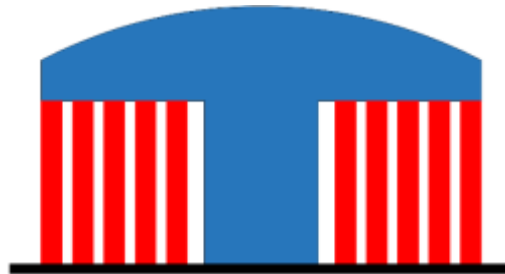
FDM 3DP folosește un filament continuu de termoplastic, un material care se topește atunci când este încălzit la o anumită temperatură și se solidifică când se răcește. Filamentele sunt livrate de obicei în bobine de diverse dimensiuni și greutate. În mod normal, se folosesc două diametre de filament: 1,75 mm (cel mai popular) și 3 mm/2,85 mm.



Filament pentru imprimare 3D utilizat în FDM. Sursa: Ludor Engineering

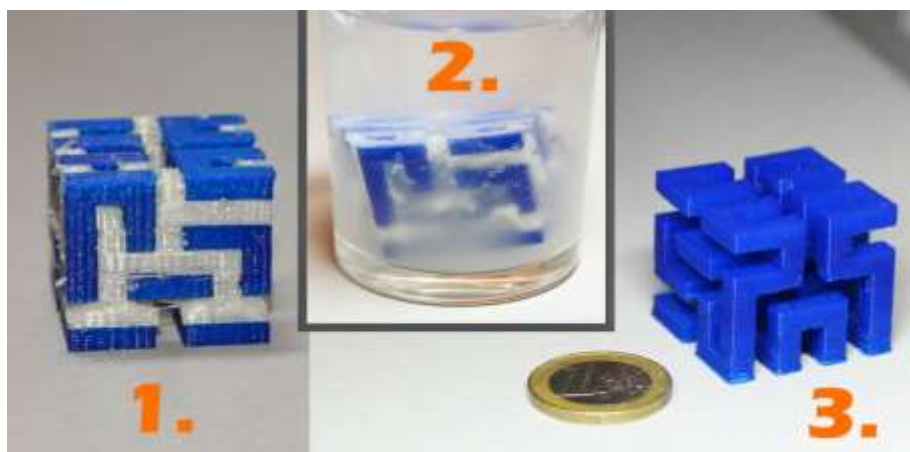
Există mai multe tipuri de filament care pot fi utilizate de imprimantele 3D FDM. Cele mai populare sunt PLA și ABS. PLA este filamentul preferat pentru imprimarea 3D ca hobby, datorită caracteristicilor sale bune și a prețului scăzut. ABS este, de asemenea, ieftin și poate fi utilizat pentru fabricarea pieselor funcționale. Pentru aplicații mai pretențioase se pot folosi materiale precum Policarbonat (PC), Nylon și PETG. PC este util pentru aplicații ce necesită temperaturi ridicate, este mai puternic decât PLA și ABS, dar totuși flexibil. Nylon-ul oferă flexibilitate ridicată și rezistență mare, fiind în același timp extrem de ușor. Piesele imprimate din Nylon nu sunt la fel de fragile precum cele din ABS sau PLA, astfel încât pot fi de 10 ori mai rezistente, fără a crăpa sau a se rupe. PET este plasticul cel mai des utilizat în lume, iar variantele sale PETG și PTT sunt adesea folosite în 3DP. PETG combină rezistența mecanică, rezistența la temperatură și durabilitatea ABS-ului cu ușurința de utilizare a PLA-ului, în timp ce PTT este rezistent, poate fi transparent și sigur pentru contactul cu alimente.

Unele tipuri speciale de filament, solubil în apă sau alte substanțe, sunt utilizate pentru crearea structurilor de suport necesare atunci când piesa imprimată are proeminențe sau părți suspendate în aer, ca în exemplul din imaginea de mai jos.



Structură suport (cu roșu) și piesa imprimată 3D (cu albastru). Sursa: Ludor Engineering

De obicei se folosește o imprimată 3D cu două duze, una printând piesa cu filament normal, iar cea de-a doua printează structura suport. Piesa este pusă apoi în substanța de dizolvare și ținută acolo până când toată structura suport se dizolvă. Astfel de materiale sunt PVA (material solubil în apă, utilizat ca suport cu material PLA) și HIPS (care se dizolvă în soluție Limonene și se folosește ca suport cu material ABS).



PVA utilizat ca suport. Sursa: filamentguide.net

Elastomerii termoplastici (TPE) pot fi folosiți pentru a imprima 3D obiecte flexibile, cum ar fi încălțăminte sau curelele de transmisie. TPU (Poliuretanic Termoplastic) este unul din cele mai utilizate tipuri de TPE.

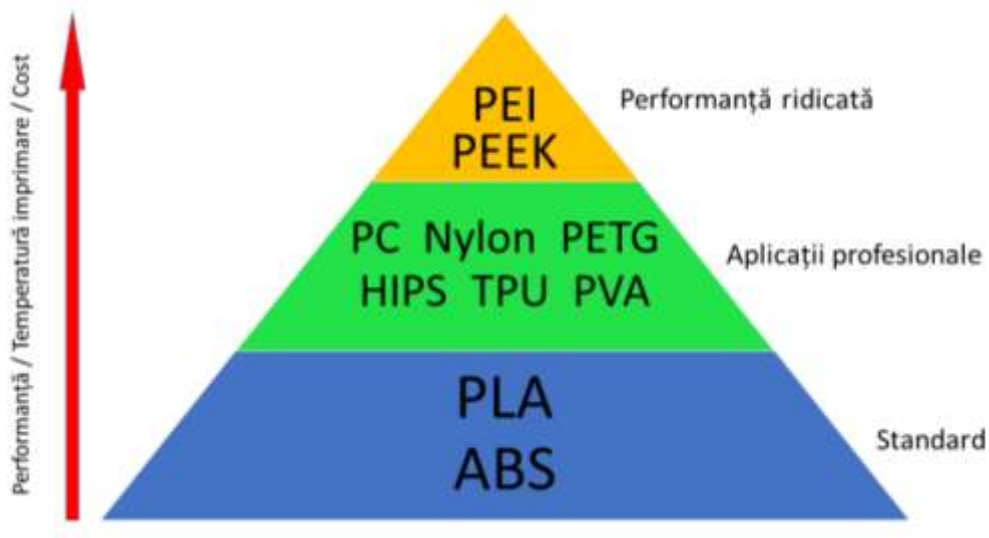


Încălțăminte imprimată 3D din TPE. Sursa: Adidas

Filamentele compozite realizate din polimeri ranforșați cu metale, sticlă, carbon, ceramică etc. sunt, de asemenea, utilizate în FDM.

PEEK și PEI sunt materiale cu excepționale proprietăți mecanice, termice și chimice, care se mențin și la temperaturi ridicate. Însă, acestea pot fi imprimate doar de imprimante 3D cu performanțe ridicate (capabile să lucreze cu temperaturi de peste 400 °C).

Gama largă de filamente disponibile în FDM poate fi împărțită în 3 grupe principale: termoplastice standard, materiale pentru aplicații profesionale și termoplastice de înaltă performanță.



Piramida materialelor FDM. Sursa: Ludor Engineering

Cele mai frecvente materiale FDM folosite în 3DP sunt prezentate în tabelul de mai jos, împreună cu unele indicații despre caracteristicile lor.

Material	Rezistență	Flexibilitate	Durabilitate	Printabilitate
PLA	●●○○	●○○○	●●○○	●●●●
ABS	●●○○	●●○○	●●●○	●●○○
PETG (PET, PETT)	●●○○	●●○○	●●●●	●●●○

Nylon	●●○○	●●●●	●●●●	●●○○
TPE, TPU (flexibil)	●○○○	●●●●	●●●○	●○○○
PC	●●●●	●●○○	●●●●	●●○○
HIPS	●●●●	●●○○	●●●○	●●○○
PVA	NA	●○○○	●●●○	●●●○
PEEK	●●●●	●○○○	●●●●	●○○○

3DP – avantaje și limitări

3DP are câteva avantaje importante:

- Fabricarea într-un singur pas – spre deosebire de tehnologiile tradiționale care necesită, de obicei, un număr mare de stadii de fabricație pentru producerea unei piese, 3DP realizează acest lucru într-o singură etapă.
- Nu este nevoie de pregătire de fabricație - 3DP nu are nevoie de matrițe, dispozitive sau alte scule speciale și, prin urmare, este foarte convenabilă pentru producția de piese unicat sau în serie mică.
- Personalizare eficientă – personalizarea unui produs obținut prin 3DP necesită doar modificarea fișierului său 3D, astfel încât practic nu există costuri suplimentare.
- Libertatea designului și a complexității – prin 3DP pot fi obținute forme și geometrii foarte complexe, uneori imposibil sau foarte costisitor de realizat prin alte metode
- Imprimare la cerere – stocând modelele 3D digitale ale pieselor și imprimându-le 3D numai atunci când este necesar, spațiul necesar pentru stocare și costurile sunt reduse.
- Producție rapidă – în funcție de designul și complexitatea unei piese, aceasta poate fi mult mai rapid obținută prin imprimare 3D decât prin prelucrare sau modelare.
- Reducerea la minimum a deșeurilor – ca tehnologie aditivă, 3DP produce deșeuri puține sau chiar deloc.

Totuși, 3DP are și limitări:

- Gamă redusă de materiale cu care se poate face imprimare 3D – sunt în mare parte materiale plastice.
- Dimensiunea limitată a pieselor pe care le pot produce imprimantele 3D.
- Costisitor pentru volume mari de fabricație – costul pe piesă imprimată 3D rămâne constant, indiferent de numărul de piese produse, în timp ce pentru metodele de fabricație tradiționale costul unitar scade odată cu creșterea producției. În consecință, 3DP poate fi mai economică pentru un lot mic, dar mai scumpă pe măsură ce lotul de producție crește.
- Putere și rezistență reduse – piesele imprimate 3D sunt adesea mai slabe decât echivalentele lor fabricate în mod tradițional.
- Precizie scăzută și calitate redusă a suprafeței.
- Imprimantele 3D sunt lente.

Aplicații 3DP

3DP este o metodă foarte simplă, accesibilă și rapidă pentru producerea prototipurilor, permițând astfel o dezvoltare mai rapidă a produselor.



Un prototip realizat prin 3DP. Sursa: Ludor Engineering

3DP, în special FDM, poate produce proteze la costuri reduse și într-un timp scurt.



Proteză de mână, imprimată 3D. Sursa: [StarWarsRey](#), [Star Wars Bionic hand](#), [CC BY-SA 4.0](#)

Imprimantele 3D FDM sunt utilizate în educație, la toate nivelurile, de la grădiniță la educația adulților.



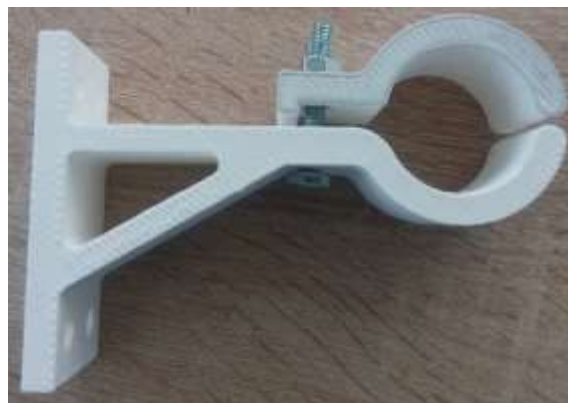
Mână robotică imprimată 3D pentru scopuri educaționale. Sursa: Ludor Engineering

Modelele arhitecturale imprimate 3D pot fi produse rapid la costuri mult mai mici față de cele aferente tehnicilor tradiționale.



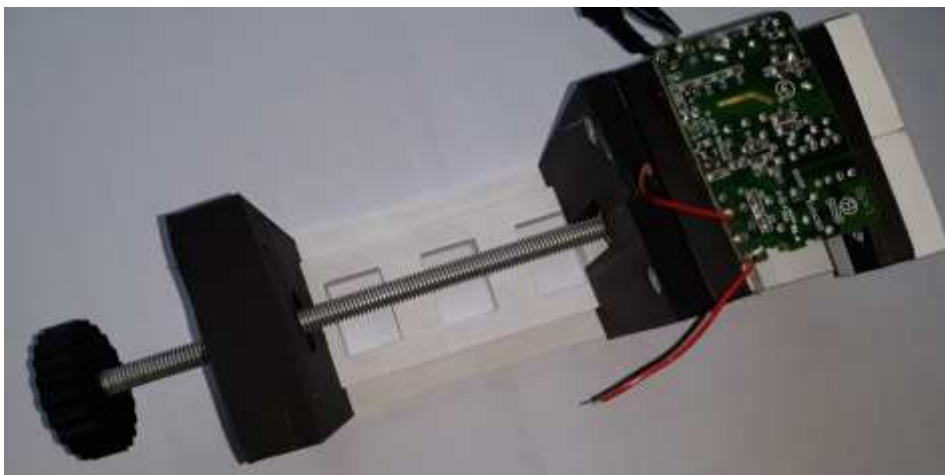
Model arhitectural imprimat 3D. Sursa: Ludor Engineering

FDM poate produce piese rezistente și funcționale pentru o gamă largă de utilizări industriale și casnice.



Piesă funcțională imprimată 3D. Sursa: Ludor Engineering

FDM este potrivit atât pentru uz industrial, cât și pentru uz casnic. Aplicațiile casnice includ crearea de obiecte, piese de schimb și instrumente utile acasă.



Instrument realizat prin 3DP. Sursa: Ludor Engineering

Post-procesarea pieselor imprimate 3D

Piese imprimate 3D pot necesita unele operații suplimentare pentru a le îmbunătăți în continuare. Acest pas al procesului 3DP este cunoscut sub numele de post-procesare. Pentru FDM, post-procesarea poate include:

- eliminarea structurilor de suport,
- completarea golurilor din piesa imprimată,
- lustruirea suprafețelor,
- vopsirea,
- acoperirea cu rășină epoxidică, metal etc.

Înlăturarea structurilor de suport

Când structurile de suport au fost imprimate din același material ca și piesa, acestea pot fi îndepărtate folosind diverse unelte, de exemplu cuțite sau clești. Acest lucru trebuie realizat cu grijă pentru a evita deteriorarea piesei sau rănirea.



Înlăturarea structurii de suport. Sursa: Ludor Engineering

Dacă a fost utilizat un material de suport solubil, cum ar fi PVA sau HIPS, există un risc mai mic de deteriorare a piesei. În acest caz, piesele sunt scufundate în lichidul adecvat și ținute acolo până la dizolvarea suportului.

Umplerea golurilor

Uneori trebuie să se umple golurile sau fisurile nedorite apărute în obiectul imprimat. În mod obișnuit sunt utilizate materiale precum rășina epoxidică, chitul auto și soluția de ABS dizolvat în acetonă.

Lustruirea suprafețelor

Pot fi utilizate mai multe metode pentru a face ca piesa imprimată 3D să arate mai bine din punct de vedere estetic. Sablarea sau șlefuirea pot ajuta la îndepărtarea liniilor dintre straturi sau a zonelor de contact cu structura de suport.



Șlefuirea unei piese imprimate 3D. Sursa: Ludor Engineering

Uneori se utilizează netezirea cu vapori sau chimică pentru a topi liniile dintre straturi, oferind astfel piesei un aspect lucios. Acetona este adesea întrebuințată pentru obiectele imprimate din PLA și ABS.



Obiect imprimat 3D, înainte și după netezirea cu vapori. Sursa: www.wired.com

Vopsirea

Vopseaua poate fi aplicată pe piesele imprimate 3D cu pensula, aerograful sau prin pulverizare, pentru a obține un obiect multicolor sau pentru a îmbunătăți aspectul. Înainte de aplicarea vopselei este necesară o anumită pregătire a suprafeței ce urmează a fi vopsită: șlefuire, grunduire, mascarea zonelor care nu se vopsesc.



Obiect imprimat 3D și pictat. Sursa: Ludor Engineering

Acoperire, placare

Obiectele imprimate 3D pot fi, de asemenea, acoperite sau placate cu diverse metale (nichel, cupru, aur etc.), rășini epoxidice etc.



Obiecte imprimate 3D placate cu metal. Sursa: <https://3ddc.eu/>

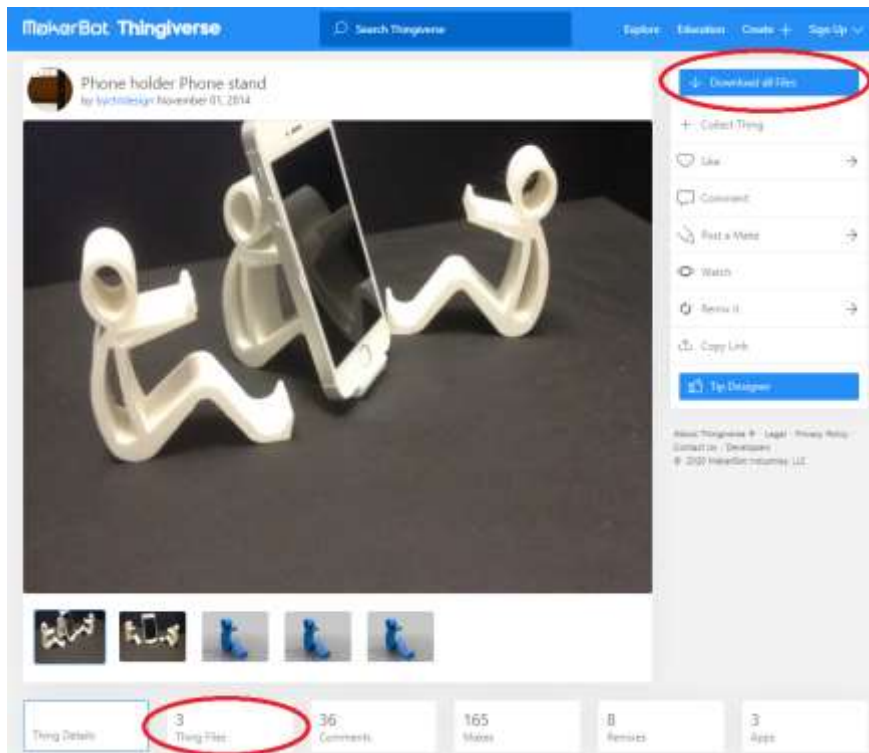
Imprimarea 3D a unui obiect pe o imprimantă FDM

În această secțiune vom face un exercițiu pentru a aplica teoria prezentată anterior. Vom lua un model 3D și vom trece prin toți pașii fluxului de lucru FDM.

Obținerea modelului 3D

Pentru acest exercițiu vom descărca un model 3D dintr-o arhivă online specializată. Thingiverse (www.thingiverse.com) este cea mai mare astfel de arhivă, cu peste 1,7 milioane de modele 3D disponibile gratuit. Modelul selectat este "Phone holder Phone stand by byctrlDesign", care poate fi descărcat de pe www.thingiverse.com/thing:525066.

După cum puteți vedea în imaginea de mai jos, Thingiverse oferă o mulțime de informații despre modele, inclusiv detalii de imprimare, comentariile altor utilizatori, imagini ale obiectelor imprimate 3D deja realizate de alții și versiuni modificate. Fișierele necesare pentru imprimarea 3D pot fi descărcate fie cu ajutorul butonului "Thing files" (astfel putem selecta exact fișierele pe care dorim să le descărcăm), fie cu butonul "Download all files".



Modelul 3D selectat pentru exercițiu. Sursa: www.thingiverse.com

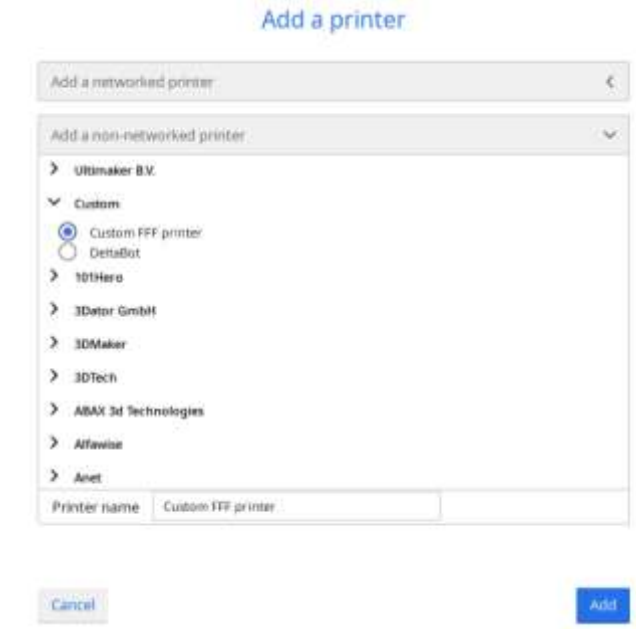
Am selectat fișierul phone_holder_by_ctrl_design.stl. Întrucât acesta este deja un fișier .stl, nu este necesar să convertim modelul 3D și putem trece la pasul următor.

Slicing-ul (Secționarea) fișierului .stl

După cum s-a discutat anterior, slicing înseamnă secționarea modelului 3D în mai multe straturi. În plus, software-ul slicing include caracteristicile imprimantei 3D și setările de imprimare și generează fișierul G-code.

Vom folosi slicer-ul Ultimaker Cura, cel mai popular software de imprimare 3D, disponibil gratuit pentru descărcare pe <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>. Pentru a putea fi utilizat,

acesta trebuie instalat pe computer. Pentru început trebuie adăugată imprimanta 3D pe care intenționăm să o folosim. Pot fi selectate din lista pusă la dispoziție de Cura numeroase imprimante 3D, de la mai mulți producători. Dacă imprimanta 3D a dumneavoastră nu este pe listă, o puteți adăuga alegând opțiunea “Custom FFF Printer” și configurând-o în meniul următor. De asemenea, puteți schimba numele – am numit imprimanta noastră “4.0 ANDCOM”.



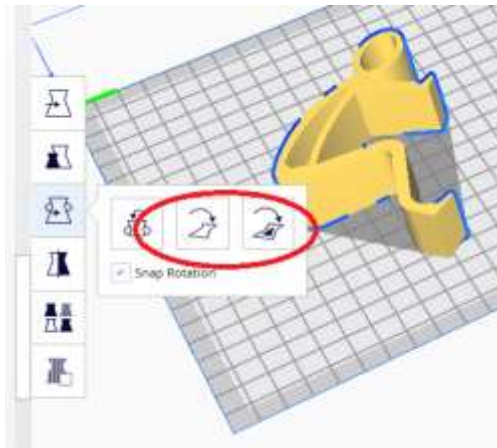
Cura – adăugarea unei imprimante. Sursa: Ludor Engineering

În continuare, trebuie să deschidem modelul 3D în slicer – faceți clic pe butonul “Open File” din colțul din stânga sus al ecranului, selectați fișierul .stl și deschideți-l. Acesta va fi acum încărcat, plasat în mijlocul mesei de imprimare și afișat în vizualizatorul 3D. Obiectul poate fi mutat pe masa de imprimare, rotit și mărit cu ajutorul mouse-ului sau al butoanelor. Butoanele pot fi utilizate și pentru scalare, oglindire etc.



Cura – model încărcat. Sursa: Ludor Engineering

Un lucru important pe care trebuie să-l facem este să poziționăm corect obiectul pe masa de imprimare. În acest caz, cea mai bună poziție este cea indicată în imaginea de mai jos, deoarece în acest fel nu avem nevoie de structură de sprijin și avem cea mai mare suprafață de contact dintre piesă și masa de imprimare. Pentru a obține această poziție, putem utiliza unul dintre cele două butoane prezentate în imagine: “Lay flat” sau “Select face to align to the build plate”. Faceți clic dreapta oriunde pe ecran, se va deschide un meniu cu alte comenzi utile, inclusiv “Center Selected Model”.



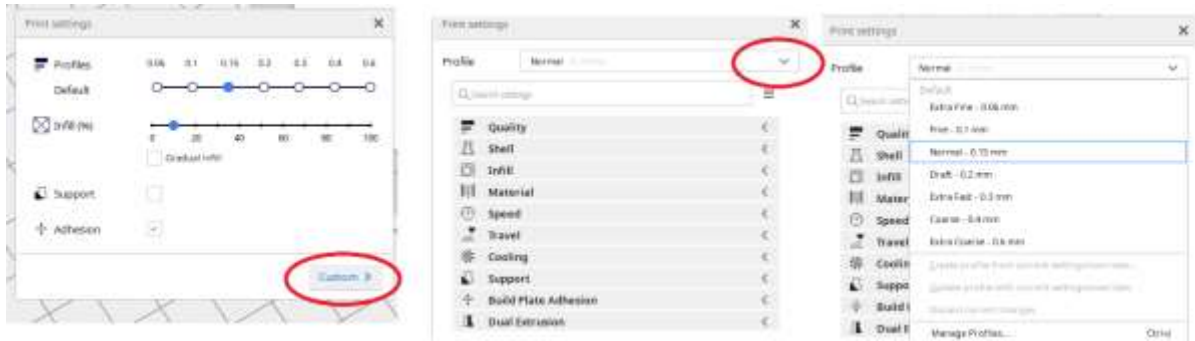
Cura – poziționarea modelului. Sursa: Ludor Engineering

În continuare, trebuie selectat materialul de imprimare – am ales “Generic PLA” folosind al treilea buton din colțul din stânga sus.



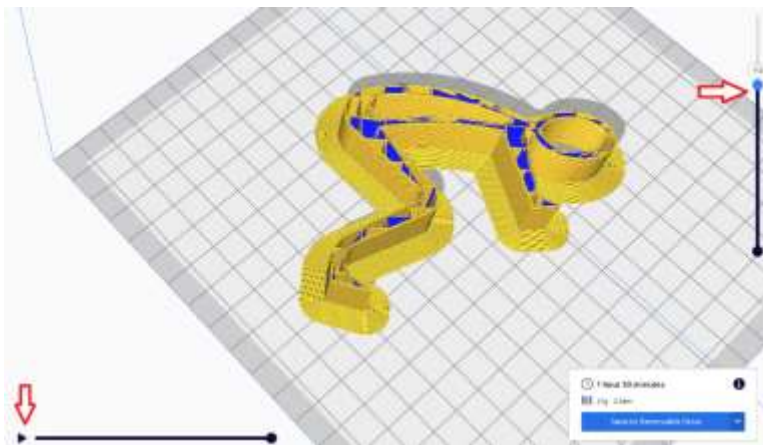
Cura – selectarea materialului. Sursa: Ludor Engineering

În continuare, trebuie configurați parametrii de imprimare. Implicit, Cura se deschide în modul recomandat, care este ideal pentru o imprimare rapidă cu profiluri de imprimare optimizate. Cu toate acestea, făcând clic pe butonul “Custom” pot fi selectate mai multe alte profiluri, de la “Extra fine” la “Extra coarse”. În plus, pentru fiecare profil, parametrii de imprimare pot fi modificați.



Cura – setări de imprimare. Sursa: Ludor Engineering

Vom selecta profilul “Normal”, vom păstra setările implicite și apoi vom face clic pe butonul “Slice” pentru a începe secționarea. Cura calculează, de asemenea, timpul de printare, greutatea și lungimea filamentului necesare pentru finalizarea imprimării. Apoi, folosind “Preview” se pot vizualiza straturile și o animație a depunerii straturilor.

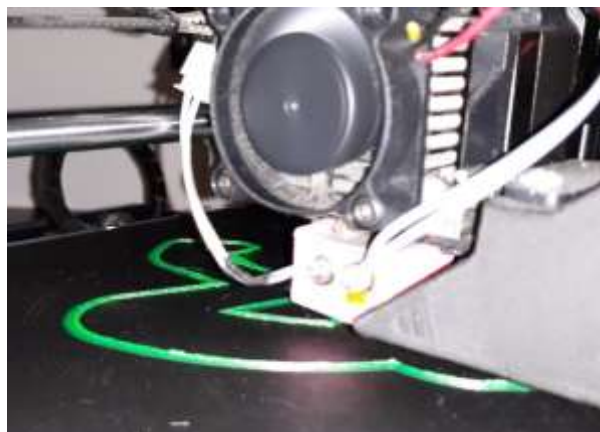


Previzualizare piesă. Sursa: Ludor Engineering

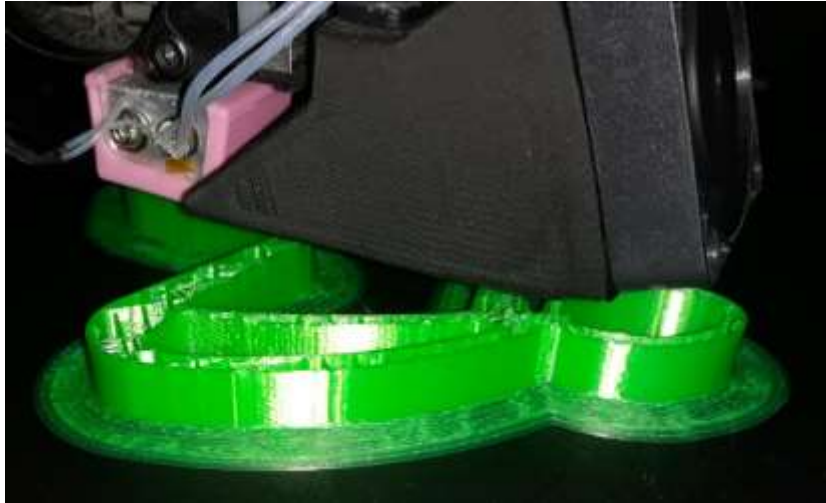
În cele din urmă, fișierul G-code este generat și poate fi salvat pe o unitate de stocare amovibilă și transferat la imprimanta 3D.

Imprimarea 3D

După încărcarea fișierului G-code și pregătirea imprimantei 3D, imprimarea poate începe.



Imprimare 3D a obiectului. Sursa: Ludor Engineering



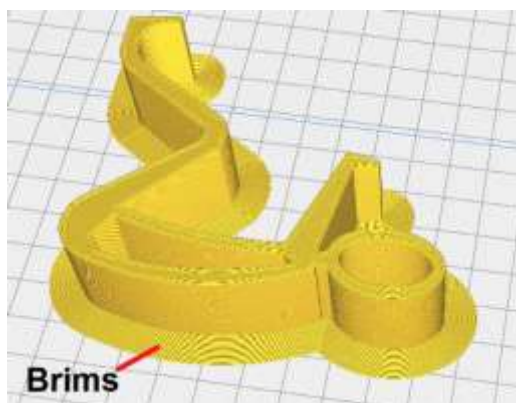
Imprimare 3D a obiectului. Sursa: Ludor Engineering



Piesă imprimată 3D. Sursa: Ludor Engineering

Post-procesare

În acest caz, post-procesarea constă numai în îndepărtarea marginilor (brims - zona plană cu un singur strat din jurul bazei piesei, folosită pentru a preveni deformarea – vedeți imaginea de mai jos). Acest lucru poate fi realizat cu ușurință cu un clește sau un cutter.



Margini (brims). Sursa: Ludor Engineering



Îndepărtarea marginii. Sursa: Ludor Engineering



Piesă imprimată 3D post-procesată. Sursa: Ludor Engineering

Test final

- În care componentă a unei imprimante FDM 3D este topit filamentul?
 - Masă de printare
 - Motor pas-cu-pas
 - Extruder**
 - Placă de bază
- Care este un avantaj al imprimării 3D, din cele enumerate mai jos?
 - Calitate excelentă a suprafeței
 - Rezistență și durabilitate ridicate
 - Gamă redusă de materiale
 - Libertatea designului**
- Care din următoarele NU este o aplicație a FDM 3DP?
 - Prototiparea
 - Imprimarea 3D a organelor umane**
 - Producerea protezelor
 - Construirea de modele arhitecturale
- Care dintre următoarele afirmații despre imprimarea 3D FDM sunt corecte?
 - Este utilizată atât pentru obiecte simple, cât și pentru obiecte complexe**
 - Este limitată doar pentru uz industrial
 - Este folosită doar de utilizatorii casnici
 - Este întrebuințată doar în scopuri educaționale
- Care dintre următoarele NU sunt operațiuni de post-procesare aplicabile FDM?
 - Placare cu metal
 - Înlăturarea structurilor de suport
 - Eliminarea pulberilor**
 - Netezirea cu vapori
- Care dintre următoarele locuri de muncă sunt adecvate pentru un adult cu nivel scăzut de calificare?
 - Operator de imprimantă 3D**
 - Modelator 3D
 - Tehnician post-procesare piese 3DP**
 - Tehnician de întreținere imprimare 3D
- Care dintre următoarele este secvența corectă a procesului de imprimare 3D?
 - Configurarea imprimantei, modelare 3D, imprimare 3D, slicing, post-procesare
 - Modelare STL, slicing, modelare 3D, imprimare 3D, post-procesare
 - Modelare 3D, conversie în format STL, slicing, imprimare 3D, post-procesare**
 - Modelare STL, imprimare 3D, post-procesare, slicing, modelare 3D
- Care dintre următoarele este un termoplast standard?
 - PEEK

- b. **PLA**
 - c. PEI
 - d. TPE
9. Care dintre următoarele reprezintă o limitare a imprimării 3D?
- a. Personalizarea este prea costisitoare
 - b. **Precizie redusă**
 - c. Fabricație într-o singură etapă
 - d. Producerea a prea multor deșeuri
10. Care dintre următoarele afirmații despre software-ul slicer sunt corecte?
- a. **Împarte modelul 3D în mai multe straturi**
 - b. **Include setările imprimantei 3D**
 - c. **Generează fișierul G-code**
 - d. Creează modele 3D

Resurse adiționale

- Tipuri de tehnologii of 3DP <https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology/>
- Categoriile de tehnologii 3DP <https://www.aniwaa.com/guide/3d-printers/3d-printing-technologies/>
- Cele mai bune softuri de modelare/proiectare 3D <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-3d-cad-3d-design-software/>
- Top 10 Free soft modelare pentru începători <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-for-beginners/>
- Modelare CAD 3D cu Fusion 360 <https://3d-p.eu/lms/>
- Cele mai bune aplicații de scanare 3D pentru Android & iPhone <https://all3dp.com/2/5-best-3d-scanner-apps-for-your-smartphone/>
- Cele mai bune site-uri în 2020 pentru fișiere STL și modele 3D, <https://all3dp.com/1/free-stl-files-3d-printer-models-3d-print-files-stl-download/>
- Cele mai bune softuri 3DP gratis <https://all3dp.com/1/best-free-3d-printing-software-3d-printer-program/>
- O privire de ansamblu asupra celor mai bune instrumente software pentru 3DP, <https://3dprinting.com/software/>
- 2020 top Slicer Software <https://all3dp.com/1/best-3d-slicer-software-3d-printer/>
- Top Slicer Software în 2020 – Pros and Cons <https://pick3dprinter.com/3d-slicer-software/>
- Care sunt cele mai bune aplicații de scanare 3D pentru IOs și Android? <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/3d-scanners/best-3d-scanning-apps-smartphones/>
- Inițiere în FDM 3DP <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing/>
- 2020 top imprimante 3D <https://all3dp.com/1/best-3d-printer-reviews-top-3d-printers-home-3-d-printer-3d/>
- Proprietăți filament <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/properties-table/>
- Folosirea PVA pentru structuri de suport <https://www.youtube.com/watch?v=0ENgGkPP94w>
- Folosirea HIPS pentru structuri de suport https://www.youtube.com/watch?v=Ow_9LWpCJA
- Post-procesarea în 3DP <https://www.beamler.com/post-processing-3d-printing/>
- Folosirea Ultimaker Cura pentru prima oară <https://ultimaker.com/en/resources/51945-first-use-ultimaker-cura>