

# DEZVOLTAREA UNEI BIO-IMPRIMANTE 3D SI A UNUI INSTRUMENT SOFTWARE PENTRU OPERAREA ACESTEIA

## THE DEVELOPMENT OF A 3D BIO-PRINTER AND A SOFTWARE INSTRUMENT FOR ITS USE

FRÎNCU Bogdan, MARIN Valentin

Facultatea:IMST, Specializarea:TCM, Anul de studii: IV, e-mail:bogdanfrincu2@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. ec. **Cristian DOICIN**, S.l. dr. ing. **Mihaela ULMEANU**

*ABSTRACT: The present paper's purpose is represented by the development cycle of 3D Bio-printer and a specific soft with a direct link to an existing 3D Printer builded by the authors.*

*Throughout the shown article you can study the general aspects of a 3D Bio-printer and the actual stage of a Bio-printer as a concept. There will be presented notions about a Bio-printer and differences between a classic printer and a Bioplotter.*

*CUVINTE CHEIE: Bio-imprimantă; Printare; Modele 3D, Prototip*

### 1. Introducere

Imprimarea 3D este un procedeu de formare a unui produs solid tridimensional de orice formă, realizat printr-un proces aditiv.

Procesul de realizare al piesei constă în depunerea unor straturi succesive de material astfel formându-se suprafețele dorite.

Imprimarea 3D este diferită față de procedeele tradiționale de obținere a unei piese prin faptul că este caracterizată ca fiind un tip de tehnologie bottom-up( jos in sus) .

Tehnologiile de prelucrare tradiționale sunt de tip top-down ( sus in jos) adică presupun existența materialului ( a semifabricatului) și îndepartarea acestuia pentru generarea suprafețelor prin diverse procedee de prelucrare.

Tehnologiile de prelucrare de tip bottom-up permit realizarea produselor prin formarea materialului. In acest caz se aplică științe ca metalurgia, chimia( materiale nanostructurate), tehnologii aditive ( printarea 3D, sinterizarea selective cu laser) [1].

Lucrarea își propune să atingă următoarele obiective:

- I. Prezentarea stadiului actual al tehnologiei de imprimare 3D, materialele care se pot utiliza.
- II. Prezentarea noțiunii de Bio-imprimantă și a noțiunii de Bioplotter cât și caracteristici generale.
- III. Prezentarea diferențelor între o Bio-imprimantă și o imprimantă 3D de tip FDM..
- IV. Prezentarea modelelor 3D care stau la baza construirii Bio-imprimantei într-un soft specializat.
- V. Prezentarea noțiunilor legate de softul utilizat pentru operarea Bio-imprimantei.

### 2. Stadiul actual

#### 2.1 Procesul de Imprimare 3D

Imprimanta 3D este un tip limitat de robot industrial, care este capabil sa efectueze acest proces sub control computerizat [2].

Există mai multe tehnologii de imprimare 3D:

- Imprimare prin extrudare (FDM) – tipul de tehnologie folosit și pentru imprimanta 3D
- Imprimare cu pulbere (SLS)
- Steriolitografie (SLA)

Cea mai comună metodă este FDM, care s-a impus ca rezultat al costurilor mici al imprimantelor /consumabilelor. Această metodă utilizează ca materie primă filamentul de tip PLA/ABS.

Imprimarea 3D este o tehnologie aditivă. Această tehnologie a apărut în anii '80, fiind folosită inițial în companiile cu bugete masive, precum cele din industria aerospațială.

Imprimantele 3D au capacitatea de a produce forme imposibil de creat cu ajutorul tehnicilor de producție în masă. Tehnologia a progresat enorm în ultimii 20 de ani, astăzi fiind posibilă imprimarea 3D din 40 de tipuri de material. Ca urmare a acestui progres, imprimantele 3D nu mai sunt folosite doar pentru crearea de prototipuri, ci chiar pentru produsele finite.

Avantajele și dezavantajele imprimării 3D sunt prezentate în Tabelul 1

**Tabelul 1 Avantajele și Dezavantajele imprimării 3D**

| <i>Avantaje</i>   | <i>Dezavantaje</i>  |
|---|---|
| Posibilitatea de a crea forme greu prelucrabile prin alte procedee        | Prețul unei imprimante 3D profesionale este ridicat       |
| Tehnologie eficiente de producție a pieselor în industria aero-spațială   | Posibilitatea printării unor piese din industria militară |
| Realizarea unor mecanisme pe deplin funcționale                           | Precizia dimensională relativ scăzută                     |
| Realizarea pieselor dintr-o gamă variată de culori                        |   |
| Reducerea timpului de realizare   |   |
| Se pretează excelent pentru volumul de producție de serie mică sau unicat |   |

## 2.2 Procesul de Bio-imprimare 3D

Bio-imprimarea 3D reprezintă utilizarea tehnicilor de printare 3D clasice folosind și combinând astfel celule, biomateriale și agenți de creștere pentru a fabrica componente biomedicale care imită pe cât posibil caracteristicile țesuturilor naturale.

În general Bio-imprimarea 3D utilizează metodele de depunere a materialului denumite "layer-by-layer", asadar tehnologia de fabricare aditivă FDM se pretează pentru acest tip de aplicație.

În momentul actual Bio-imprimarea 3D se utilizează pentru a printa țesuturi și organe. Pe lângă toate acestea se mai folosește și la realizarea schelelor. Schelele sunt folosite pentru regenerarea articulațiilor cât și a ligamentelor.

Bio-imprimarea 3D poate folosi o multitudine de materiale denumite biomateriale și se folosesc pentru printarea: articulațiilor, ligamentelor, tendoanelor, implanturilor dentare, lentilelor de contact, dar și pentru alte aplicații precum realizarea de țesuturi artificiale.

Bio-imprimantele pot folosi, de asemenea, biopolimeri. Biopolimerii sunt polimerii naturali produși de organisme vii. Unul din cei mai importanți biopolimeri care se folosesc în această industrie este celuloza. Aproximativ 33% din totalul materiei vegetale este celuloză.

## 3. Bio-imprimanta

Bio-imprimanta poate fi definită ca fiind un robot industrial care folosește tehnologiile de printare 3D cunoscute, cu scopul de a crea țesuturi artificiale, ligamente artificiale, tendoane, schele, s.a.m.d, folosind materiale speciale denumite și biomateriale.

O Bio-imprimantă (Figura 1), în general, urmează 3 pași specifici denumiți :

- pre-bioprinting;
- bioprinting;
- post-bioprinting.



Fig. 1 Bio-imprimantă

*Pre- bioprinting* reprezintă procesul de realizare a unui model care urmează ulterior a fi printat de către Bio-imprimantă folosind materialele corespunzătoare. Unul din principalele obiective care trebuie îndeplinite este obținerea unei biopsii a unui organ. Cele mai comune tehnologii care pot obține o astfel de biopsie sunt Imagistica prin Rezonanță Magnetică (MRI) și Tomografie Computerizată (CT).

Pentru a putea iniția procesul de printare “layer-by-layer” este necesară reconstrucția tomografică a imaginilor obținute. Acestea sunt trimise ulterior către printer pentru a începe următorul pas.

*Bioprinting.* În acest moment, un amestec de celule, matrice și nutrienți denumiți bioinks sunt depuși în cartusul Bio-imprimantei.

Fabricarea propriu-zisă constă în depunerea strat cu strat a amestecului mai sus enunțat astfel formându-se modelul necesar.

*Post- bioprinting.* Acest proces este la fel de important ca și celelalte două, fiind necesar pentru a crea o structură stabilă a materiei depuse. Dacă procesul nu este bine stăpânit, funcțiile obiectului printat nu vor mai fi îndeplinite.

Este necesar de cunoscut faptul că întreg procesul se desfășoară într-un spațiu steril. De obicei se folosesc luminile UV, dar și diferite mecanisme de purificare a aerului.

Avantajele și dezavantajele unei Bio-imprimante se pot regăsi în Tabelul 2

**Tabelul 2 Avantajele și Dezavantajele Bio-imprimantelor**

| <i>Avantaje</i>  | <i>Dezavantaje</i>                                   |
|--|--|
| Prezintă multe aplicații din domeniul medical          | Costuri de achiziție foarte ridicate                 |
| Poate folosi o multitudine de materiale (biomateriale) | Incapacitatea de a realiza funcțiile anumitor organe |
| Precizia dimensională ridicată                         | Costuri de mentenanță ridicate                       |

#### 4. Caracteristicile Bio – imprimantei 3D

Pentru a putea înțelege cât mai bine principiile de funcționare ale unei Bio-imprimante, tehnologia, cât și întregul proces de construire al acesteia este necesară prezentarea celor mai importante caracteristici ale Bio-imprimantei 3D.

În tabelul 3, de mai jos, au fost evidențiate aceste caracteristici.

**Tabelul 3. Caracteristicile principale ale Bio-imprimantei 3D**

| Caracteristica/ Denumire produs                 | Dimesiune/ Cod produs     | Cantitate [buc] |
|---|---------------------------|-----------------|
| Dimensiunile de gabarit ale imprimantei (Lxlxh) | 335x335x335               | -               |
| Dimensiunile piesei de prelucrare (Lxlxh)       | 110x110x120               | -               |
| Motoare   | Nema17/42SHDC3025-24B     | 5               |
| Bare de aluminiu (dxl)                          | Ø10x220; Ø8x220; Ø8x320   | 2; 2; 2         |
| Şurub (MxL)                                     | M3x10; T8x215; M6x25      | 30; 2; 4        |
| Placă textolit                                  | 110x110x120               | 1               |
| Țeavă profil pătrat pentru cadru metalic        | 30x30x322                 | 3               |
| Materiale utilizabile                           | Silicon, Polycaprolactone | -               |
| Placă de bază                                   | Arduino Mega 2560         | 1               |
| Module de control motore                        | A4988                     | 4               |
| Placă de suport al modulelor/Shield             | RAMPS1.4                  | 1               |
| Limitatoare                                     | Mech Endstop v1.2         | 3               |
| Extruder/Cap printare                           | Hotend Cr8                | 1               |

### 5. Proiectarea Bio – Imprimantei 3D

În acest capitol se va prezenta o succesiune de modele 3D realizate în softul de modelare și proiectare Autodesk Inventor Professional 2019[6]. Modelele 3D prezintă diferite stadii ale montajului imprimantei 3D.

Construcția Bio- imprimantei trebuie să se realizeze ținând seamă de următorii pași:

1. Construcția cadrului metalic 335x335x335 (Figura 2) format din 12 bare sudate, profil “L”. Cadrul metalic nu are rolul doar de rigidizarea întregului ansamblu dar și permiterea amplasării părții electronice.

2. Construcția cadrului metalic în formă de “U” de înălțime 335mm, format din 3 bare de profil patrat. Se are în vedere decuparea cadrului metalic prezentat în figura 3 pentru a suda cadrul “U”, ca în figura de mai jos, de asemenea se montează atât motoarele NEMA 17 cât și tijele corespunzătoare axei Z, dar și șuruburile pe care se realizează mișcarea de roto-translație.



Fig. 2 Cadru metalic

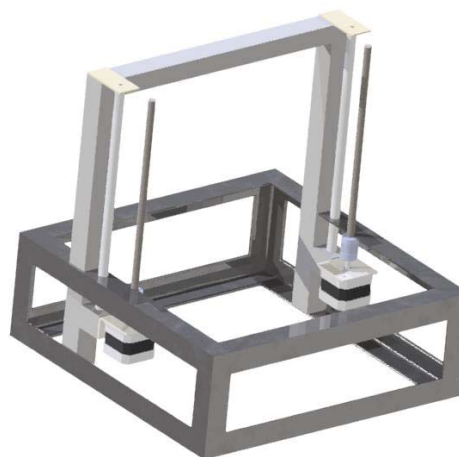


Fig. 3 Cadru “U” montat

3. Construcția mesei unde se fabrica piesa printată se va realiza folosindu-se 2 bare de aluminiu de lungime egală cu diametru de 8 mm, o placă de textolit pe care se fixează rulmentii, un geam de sticlă (110x110) poziționat pe placa de textolit, 4 clipsuri care asigură prinderea și desprinderea ușoară a geamului.

De asemenea este necesară montarea plăcilor anterioare și posterioară care vor ajuta la montarea și poziționarea curelei. Tot în acest pas se poate monta și motorul necesar ( NEMA 17).

Realizarea acestui pas este foarte importanta deoarece trebuie sa se acorde o atenție sporită barelor care sustin placa de textolit, acestea trebuie sa fie paralele între ele.

În cazul în care, barele nu ar fi paralele între ele mișcarea pe axa X nu mai este realizată în mod corect sau chiar se poate discuta despre lipsa mișcării pe această axa din cauza neparalelismului dintre cele două bare.

4. Construcția axei Y (Figura 4) se realizează cu ajutorul a doua suporturi speciale confectionate cu ajutorul imprimantei prezentate. De asemenea este necesar un motor Nema 17, o curea dințată pe care să se execute mișcarea stânga- dreapta, dar și un rulment care să permită mișcarea curelei dințate.

5. Montarea suportului de extruder cât și a extruderului propriu-zis (Figura 5). Suportul este realizat tot cu ajutorul imprimantei prezentate în lucrare. De asemenea sunt necesari și 3 rulmenți liniari pentru efectuarea translației.

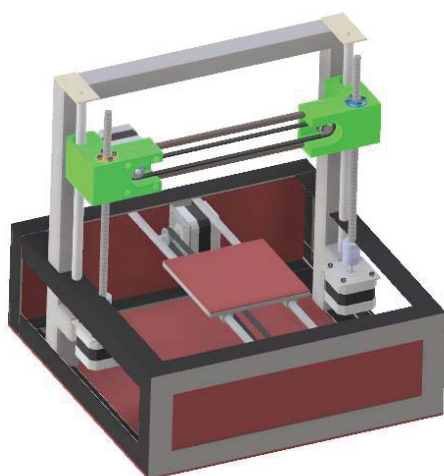


Fig. 4 Axă Y

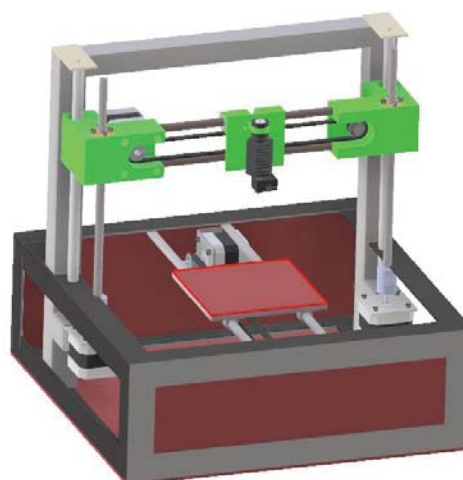


Fig.5 Extruder

6. Realizarea și montarea ansamblului de distribuție al siliconului. Materialul cu care printează Bio-Imprimanta este silicon. Astfel este necesară realizarea unui mecanism care are rolul de a transfera siliconul de la recipient până la extruder. Mecanismul (Figura 7) se montează în spatele întregului ansamblu, fiind montat pe carcasă, astfel obținându-se Bio-imprimanta ( Figura 8).

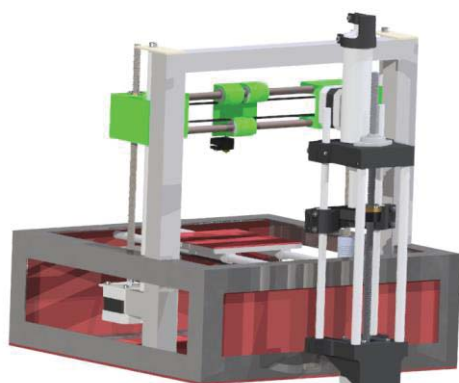


Fig. 7 Depozitarea Siliconului

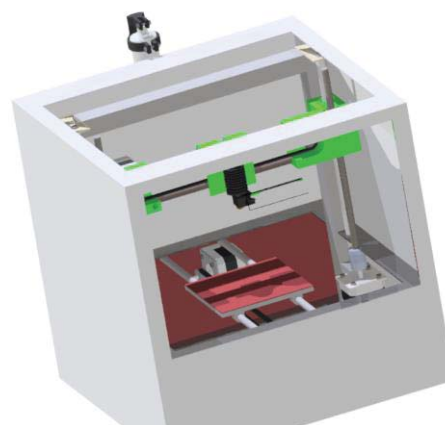


Fig. 8 Bio - imprimanta

Modelul final poate fi observat în figura de mai jos. Realizarea modelului 3D a durat aproximativ 10-12ore, randarea acestuia o ora. Realizarea fizică a modelului se poate estima ca fiind în jur de 16-18 ore.

## 6. Programarea imprimantei 3D

Programarea imprimantei 3D s-a realizat avand in vedere urmatoarele aspecte:

- Programarea placutei Arduiono Mega 2560 s-a realizat cu ajutorul codului Marlin 1.1, versiune customizata special pentru Bio -imprimanta realizată de catre autorii lucrării [fig. 9, fig. 10][5].

|   |  |
|---|--|
| <pre> #define USE_DWIN_P100 // #define USE_DWIN_P100 // #define USE_DWIN_P100 // #define USE_DWIN_P100  // Coarse Endstop Settings #define ENDSTOPPULLUPS // Comment this out (using // at the start of the line) to disable the endstop pullup resistors  #if DISABLED(ENDSTOPPULLUPS) // fine endstop settings: Individual pullups. will be ignored if ENDSTOPPULLUPS is defined // #define ENDSTOPPULLUP_ZMAX // #define ENDSTOPPULLUP_ZMIN // #define ENDSTOPPULLUP_XMAX // #define ENDSTOPPULLUP_XMIN // #define ENDSTOPPULLUP_YMAX // #define ENDSTOPPULLUP_YMIN // #define ENDSTOPPULLUP_ZMIN_PROBE #endif  // Mechanical endstop with COM to ground and NC to Signal uses "false" here (most common setup) #define X_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop. #define Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop. #define Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING true // set to true to invert the logic of the endstop. #define X_MAX_ENDSTOP_INVERTING false // set to true to invert the logic of the endstop. #define Y_MAX_ENDSTOP_INVERTING false // set to true to invert the logic of the endstop. #define Z_MAX_ENDSTOP_INVERTING false // set to true to invert the logic of the endstop. #define Z_MIN_PROBE_ENDSTOP_INVERTING false // set to true to invert the logic of the probe. </pre> | <pre> // Direction of endstops when homing; 1=MAX, -1=MIN // :[-1,1] #define X_HOME_DIR -1 #define Y_HOME_DIR -1 #define Z_HOME_DIR -1  // @section machine  // The size of the print bed #define X_BED_SIZE 200 #define Y_BED_SIZE 200  // Travel limits (mm) after homing, corresponding to end #define X_MIN_POS 0 #define Y_MIN_POS 0 #define Z_MIN_POS 0 #define X_MAX_POS X_BED_SIZE #define Y_MAX_POS Y_BED_SIZE #define Z_MAX_POS 200 </pre> |
| <p>Fig. 9 Definirea limitatoarelor aferente fiecărei axe</p>  | <p>Fig. 10 Definirea spațiului de lucru</p>  |

- Pentru programarea și controlul imprimantei 3D s-a folosit programul Simplify 3D, unde se introduce piesa în format “.stl”, acesta realizând codul G aferent creării piesei și alegerea parametrilor necesari printării (temperatura de încălzire a capului de extrudat, reglarea vitezei de printare, etc)[4].
- Referitor la piesele inserate în programul Simplify 3D, acestea provin din programe de proiectare precum: Catia (ca și piesa de mai sus), Autodesk Inventor, SolidWorks, etc atata timp cât ele se convertesc ulterior într-un format de tipul “.stl”.

## 6. Concluzii

Pentru viitor, autorii lucrării își propun studiul altor materiale care să poată fi folosite în locul siliconului, cât și adaugarea unor capete de printat. Astfel, ar exista posibilitatea ca fiecare capăt de printare să folosească un material diferit.

În concluzie, dorim să subliniem legătura dintre inginerie și domeniul medical prin construcția acestor mașini, dar și evidențierea modului și tehnicii de construcție al acestora.

## 8. Bibliografie

- [1]. Ghiculescu, D. Cursul de „Tehnologii Neconvenționale” disponibil la <http://imst.curs.pub.ro/2017/course/view.php?id=796> [accesat la data de 01.05.2019]
- [2]. \*\*\*”Descoperă lumea” disponibil la <http://www.descopera.ro/lumea-digitala/9208385-imprimanta-3d-tehnologia-ce-va-aduce-cea-de-a-doua-revolutie-industriala> [accesat la data de 01.05.2019]
- [3]. \*\*\* „Selecting the Right Material for Industrial 3D Printing” disponibil la [https://www.protolabs.com/resources/white-papers/selecting-the-right-material-for-3d-printing/?utm\\_campaign=us-em-pl&utm\\_medium=nurturing&utm\\_source=pl&utm\\_content=natedexter-3dp-3dpmaterials](https://www.protolabs.com/resources/white-papers/selecting-the-right-material-for-3d-printing/?utm_campaign=us-em-pl&utm_medium=nurturing&utm_source=pl&utm_content=natedexter-3dp-3dpmaterials) [accesat la data de 02.05.2019]
- [4]. \*\*\* „Simplify 3D Quick Start Guide” disponibil la [https://www.simplify3d.com/wp-content/uploads/2014/06/S3D\\_QuickStartGuide\\_092314.pdf](https://www.simplify3d.com/wp-content/uploads/2014/06/S3D_QuickStartGuide_092314.pdf) [accesat la data de 03.05.2019]
- [5]. \*\*\* disponibil la <http://solidutopia.com/marlin-firmware-user-guide-basic/> [accesat la data de 03.05.2019]
- [6]. \*\*\* Autodesk Inventor Professional 2019
- [7]. \*\*\* [https://www.regenhu.com/?gclid=Cj0KCQjwn8\\_mBRCLARIsAKxi0GK9qXySwszQ\\_yja8xFTKrJKJkRqiodYb2DD7OI-CrKINrd5jWfJC8aAg9XEALw\\_wcB&fbclid=IwAR0IKPgzaZ3StvxvWBG41qrCayQZrFk33oVhpj39WP34Yr-2Psz\\_duXchA](https://www.regenhu.com/?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GK9qXySwszQ_yja8xFTKrJKJkRqiodYb2DD7OI-CrKINrd5jWfJC8aAg9XEALw_wcB&fbclid=IwAR0IKPgzaZ3StvxvWBG41qrCayQZrFk33oVhpj39WP34Yr-2Psz_duXchA) [accesat la data de 02.05.2019]