

DEZVOLTAREA UNUI KIT UNIVERSAL DE DEPUNERE ADITIVĂ A COMPUȘILOR ALIMENTARI PENTRU IMPRIMANTELE 3D CLASICE CU FILAMENT POLIMERIC

CIȘMILIANU Alexandru-Mihai¹, GRIGORE Mihai-Alexandru², MOTOROIU Raluca-Ioana³ și BOBE Bogdan-Florian⁴

Conducător științific: Prof. dr. ing. ec. Cristian DOICIN

REZUMAT: Această lucrare are ca scop dezvoltarea unui kit universal, care să înlocuiască extrudorul, pentru imprimantele 3D clasice cu filament polimeric, capabil să depună aditiv compuși alimentari. Se vor studia imprimantele 3D clasice actuale, iar pentru un număr din ele se va realiza kit-ul universal ce va înlocui extrudorul lor. În concepția kit-ului s-a considerat un număr minim de trei concepte capabile să depună aditiv produse alimentare. Pe lângă acest aspect au fost luate în considerare, printre altele, identificarea unor piese comerciale, modalități de asamblare și de fabricare a componentelor ce “nu se pot lua de pe raft”.

CUVINTE CHEIE: kit, imprimanta3d, filament, extrudor, depunere, compusi, alimente.

1 INTRODUCERE

Pentru a înțelege această lucrare mai bine, trebuie să vorbim despre istoria 3D printing-ului și de ce este așa special. 3D printing-ul se referă la procesele folosite pentru a crea un obiect tridimensional în care straturile de material se formează sub controlul unui calculator. Obiectele pot avea aproape orice formă sau geometrie și sunt produse cu ajutorul datelor dintr-un model 3D. Primele încercări de tipărire 3D sunt datorită Dr. Hideo Kodama de la Institutul Național de Cercetare Industrială din Nagoya pentru dezvoltarea unei tehnici de prototipare rapidă folosind fotopolimeri în anul 1981.

Trei ani mai târziu, în anul 1984, Charles Hull a inventat stereolitografia ce permite designerilor să creeze modele 3D folosind date digitale, care apoi pot fi folosite pentru a crea un obiect tangibil. În 1992, 3D Systems Corporation (compania lui Charles Hull) a creat prima mașină steriolitografică (SLA-1) din lume, ceea ce a făcut posibilă fabricarea unor părți complexe, strat cu strat, într-un timp mult mai scurt decât era în mod normal. În același an, DTM Inc a produs prima mașină de sinterizare cu laser (SLS).

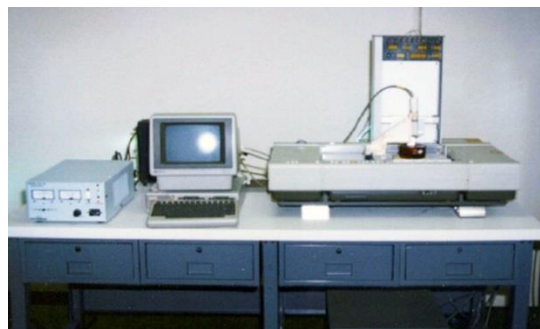


Fig. 1 SLA-1 (prima mașină steriolitografică)

În 1999, primul organ imprimat 3D a fost implantat în om. Oamenii de știință de la Institutul Wake Forest pentru Medicină Regenerativă au imprimat schemele sintetice ale vezicii umane după care le-au acoperit cu celulele pacienților. În doar 10 ani, oamenii de știință din diferite instituții au fabricat un rinichi în miniatură funcțional, au construit un picior protetic și au bioprintat primele vase de sânge folosind numai celule umane.

În 2005, Doctorul Adrian Bowyer lansează o inițiativă pentru a crea o imprimantă 3D care ar putea să se construiască singură sau cel puțin să imprime majoritatea părților. Asta a dus la lansarea imprimantei 3D numită Darwin, care este o imprimantă capabilă de a se auto-replica.

KIT DE PUNERE ADITIVĂ A COMPUȘILOR ALIMENTARI

¹ Specializarea Design Industrial și Produse Inovative, Facultatea IMST;

E-mail: cismilianu_alexandru@yahoo.com;

² Specializarea Inginerie Avansată Asistată de Calculator, Facultatea IMST;

³ Specializarea Design Industrial și Produse Inovative, Facultatea IMST;

⁴ Specializarea Design Industrial și Produse Inovative, Facultatea IMST;

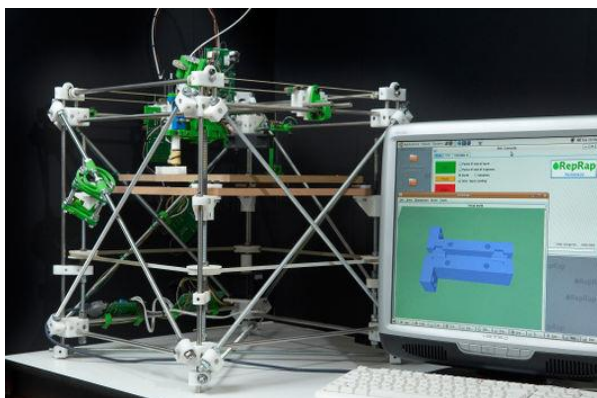


Fig. 2 Imprimanta 3D Darwin

Astăzi, acuratețea imprimantelor 3D s-a îmbunătățit și prețurile au început să scadă, astfel devenind mult mai accesibile. Inovatorii împing această tehnologie în moduri în care Charles Hull nu s-ar fi așteptat, astfel încât oricine este capabil să își realizeze o imprimantă 3D de unul singur, cu materialele necesare.

Necesitatea acestui proiect este de mare importanță, fiind compatibil cu toate imprimantele 3D clasice, nu este nevoie ca un client să cumpere altă imprimantă 3D ce face acest lucru, poate să cumpere doar kit-ul propus și să îl instaleze cu ușurință pe o imprimantă 3D deja deținută. Cu ajutorul kit-ului, clientul poate să își reducă costurile semnificativ de mult, acesta putând să fie atașat pe orice imprimantă 3D și la fel de ușor poate fi demontat și montat pe altă imprimantă 3D.

2 PERFORMANȚE ALE PRODUSELOR CONCURENTE

Pentru dezvoltarea produsului, echipa a realizat un studiu de piață legat de produsele concurente. Utilizând internetul s-a realizat o selecție a produselor care se apropie de modelul nostru, atât din punct de vedere dimensional cât și ca design, soluție tehnică și funcții.

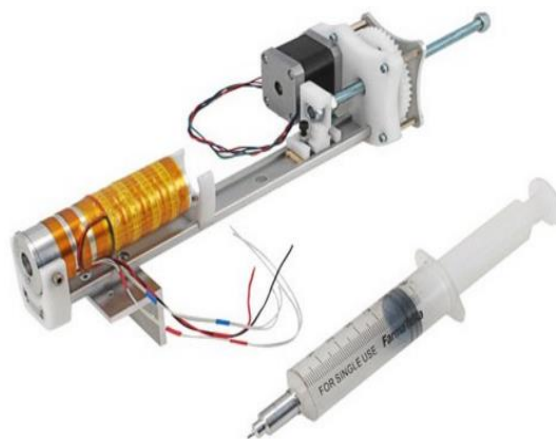
Caracterizarea produselor concurente s-a făcut pe baza imaginilor de ansamblu a acestora, a

funcțiilor dezvoltate și a caracteristicilor lor tehnice principale.

Un avantaj major pe care dorim să îl evidențiem, studiând mai în profunzime problema, este acela că modelul nostru va putea fi compatibil cu o gamă largă de imprimante 3D, adaptând sistemul de prindere.

Tabel 1 Produs concurent 1

Produsul concurent



Extrude for chocolate

Specificațiile produsului

Brand: Futura Group SRL

Sistemul constă în încălzirea corpului seringii la o anumită temperatură și a acului la o temperatură mai ridicată, cu ajutorul unei rezistențe electrice speciale. Acul seringii este inserat într-un cilindru perforat. Întreg sistemul este capabil să aducă ciocolata la temperatura dorită și să o mențină constantă. Astfel, ciocolata care ajunge în ac se topește și începe să curgă. Pentru asta, pistonul seringii este acționat de mecanismul de avans care este compus dintr-un șurub trapezoidal care împinge pistonul.

Setul include:

- Seringă medicinală: 60 ml + ac 1.2 mm
- Corp cilindric din aluminiu
- Ghid aluminiu
- Placă aluminiu: 4mm
- Șurub trapezoidal
- Termistor axial: 100 Kohm
- Motor: Nema 14

Preț: 160 €

Tabel 2 Produs concurent 2

Produsul concurent



ZMorph's Thick Paste Extruder

Specificațiile produsului

Brand: ZMorph
 Produsul poate printa mase dense care sunt extrudate de un piston la presiune mare și este controlat de un cap interschimbabil de 2mm. viteza de printare depinde de densitatea și grosimea pastei folosite (variază între 10mm/s și 100 mm/s). Funcționează pentru mase de o densitate medie și mare cum ar fi silicon, ceramic, ciocolată, pasta de avocado, cașcaval. Înlocuirea materialului de printare se face foarte ușor prin schimbarea seringii.
 Duza extrudorului: 2-4 mm
 Motor: Nema 17 Stepper
 Aria de printare: 250 x 235 x 165
 Capacitate: 100 ml
 Greutate: 1 kg
 Dimensiuni: 200 x 150 x 100 mm
Preț: 228 €

Tabel 3 Produs concurent 3

Produsul concurent



**SDS-60
 EXTRUDER (Syringe Delivery System)**

Specificațiile produsului

Brand: Hyrel 3D
 Produsul este destinat doar pentru printerele Hyrel 3D. Funcționează cu o gamă largă de materiale compatibile cum ar fi: bio-geluri, proteine, steroizi, paste etc.
 Nu include un sistem de încălzire/topire a materialelor folosite. Există variante pentru seringi de 5, 10, 30 sau 60 ml.
 Temperatura de operare: temperatura camerei
 Motor: Motor stepper cu reductor
 Greutate: 1 Kg
 Dimensiuni: 38 x 25 x 381 mm
Preț: 350 €

Am selectat 3 produse special concepute pentru depunere aditivă de compuși alimentari (în special pentru deserturi) fără posibilitatea de a fi adaptată și unui alt tip de print, pentru a face o comparație de preț.

Tabel 4 Produs concurent complet 1

Produsul concurent



Choc Creator

Specificațiile produsului

Brand: Choc Edge
 Specificații:
 Anvelopa de printare: 175 x 175 x 65 mm
 Viteza maximă liniară: 2000 mm/min
 Extrudor: Procesul de depunere este precis controlat folosind un motor stepper pentru a extruda ciocolata dintr-o seringă de 10 ml.
 Duza extrudorului depinde cu o precizie de 0.5 mm până la 1.5 mm depinzând de setările printului.
 Format fișier: STL și G-Code
 Software: open source software
Preț: 5895 \$

Tabel 5 Produs concurent complet 2

Produsul concurent



Bocusini

Specificațiile produsului

Brand: Print2Taste
 Special creată pentru a depune aditiv o gama variată produse alimentare.
 Volumul capsulei: 60 ml
 Temperatura de printare: 20-70 °C
 Diametrul duzei: 1-3 mm
 Suprafața de printare: 150 x 150 x 130 mm
 Controlată prin WIFI de orice smart device
Preț: 1200 \$

Tabel 6 Produs concurent complet 3

Produsul concurent



Focus

Specificațiile produsului

Brand: 3D by Flow
 Dimensiuni printer: 440 x 325 x 300 mm
 Anvelopa de printare: 215 x 215 x 150 mm
 Greutate: 7 kg
 Produse compatibile: paste, granule, filament
 Diametrul duzei: 0.4 mm standard, optional 0.25-0.6 mm
 Conectivitate: USB, SD cu Doodle 3D by Wifi
 Grosimea stratului: 0.10-0.40 mm
 Software: Slic3er, Cura, Repetier Host
 Tip fișier: STL, OBJ si G-code
Preț: 2475 €

Datele ce au fost culese despre produsele concurente au fost centralizate în tabelele 7-9:

Tabel 7 Performanțe produs concurent 1

Nr.	Mărimea	Unitate	Produs concurent Extrude for chocolate
1.	Aspect	Subiectiv	Neplăcut
2.	Calitatea prelucrărilor	Mare/Scăzută	Mare
3.	Timp montare/demondare	min	15
4.	Funcția de încălzire a produsului alimentar utilizat	Da/Nu	Da
5.	Preț de vânzare	€	160
6.	Timp de curățare	min	5
7.	Siguranță	Da/Nu	Nu
8.	Sterilizare	Da/Nu	Da
9.	Manual de întreținere	Da/Nu	Nu
10.	Inovativ	Da/Nu	Da
11.	Compatibilitate multiplă	Da/Nu	Nu
12.	Masa totală	kg	0,9
13.	Multifuncționalitate	Da/Nu	Nu
14.	Dimensiuni	mm	50x50x150
15.	Volum seringă	ml	60
16.	Manual de instalare/funcționare	Da/Nu	Da

Tabel 8 Performanțe produs concurent 2

Nr.	Mărimea	Unitate	Produsul concurent ZMorph'sT hick Paste Extruder
1.	Aspect	Subiectiv	Plăcut
2.	Calitatea prelucrărilor	Mare/Scăzută	Mare
3.	Timp montare/demondare	min	15
4.	Funcția de încălzire a produsului alimentar utilizat	Da/Nu	Nu
5.	Preț de vânzare	€	228
6.	Timp de curățare	min	10
7.	Siguranță	Da/Nu	Da

8.	Sterilizare	Da/Nu	Nu
9.	Manual de întreținere	Da/Nu	Da
10.	Inovativ	Da/Nu	Da
11.	Compatibilitate multiplă	Da/Nu	Nu
12.	Masa totală	kg	1
13.	Multifuncționalitate	Da/Nu	Da
14.	Dimensiuni	mm	200x150x100
15.	Volum seringă	ml	100
16.	Manual de instalare/funcționare	Da/Nu	Da

Tabel 9 Performanțe produs concurent 3

Nr.	Mărimea	Unitate	Produsul concurent SDS-60 Extruder
1.	Aspect	Subiectiv	Neplăcut
2.	Calitatea prelucrărilor	Mare/Scăzută	Scăzută
3.	Timp montare/demontare	min	20
4.	Funcția de încălzire a produsului alimentar utilizat	Da/Nu	Nu
5.	Preț de vânzare	€	350
6.	Timp de curățare	min	5
7.	Siguranță	Da/Nu	Da
8.	Sterilizare	Da/Nu	Da
9.	Manual de întreținere	Da/Nu	Nu
10.	Inovativ	Da/Nu	Da
11.	Compatibilitate multiplă	Da/Nu	Nu
12.	Masa totală	kg	1
13.	Multifuncționalitate	Da/Nu	Da
14.	Dimensiuni	mm	38x25x38 1
15.	Volum seringă	ml	60
16.	Manual de instalare/funcționare	Da/Nu	Nu

3 PROIECTAREA CONCEPTUALĂ

Prima etapă de proiectare în concepția unui produs este reprezentată de proiectarea conceptuală, în această fază, principalele elemente pe care se pune accentul sunt desenele și modelele produsului ce urmează să fie realizat, tot aici, sunt prezentate rolul funcțional, un set de idei și concepte, designul și descrierea produsului, pentru a fi mai ușor de înțeles de către utilizatori.

Pe scurt, proiectarea conceptuală include atât estetica cât și funcționalitatea produsului, mai exact de la stabilirea designului industrial până la fabricarea prototipului.

Proiectarea parametrizată (sau modelarea prin intermediul constrângerilor) este o metodă de actualitate foarte eficientă. Constrângerile sunt relații între variabilele unui model, limitând geometria acestuia prin blocarea unui anumit număr de grade de libertate. Această metodă constă în realizarea unei schițe aproximative, apropiată pe cât posibil de varianta finală a desenului. Pornind de la această schiță, se aplică seturi de constrângeri referitoare la: poziția relativă (paralelism, perpendicularitate, tangență); formă (continuitate sau netezimea curbilor); dimensiune (mărimea unghiurilor, distanțe, diametre, etc), astfel se ajunge la modelul dorit de proiectant, Figura 1.

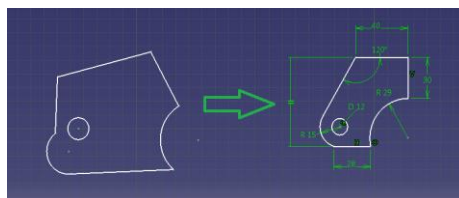


Fig. 3 Proiectarea conceptuală

Pentru dezvoltarea kitului universal, care are ca scop înlocuirea extrudorului, în vederea imprimării cu anumiți compuși alimentari, au fost studiate cele mai populare tipuri de imprimante 3D (Prusa i3 - Fig. 2, Delta - Fig. 3; Corexy - Fig. 4). În concepția kit-ului s-au luat în considerare caracteristici precum: dimensiune, adaptabilitate, complexitate, procese de fabricare, randament, designe și nu în ultimul rând preț.

Au fost determinate 3 concepte pentru produsul "kit universal de depunere aditivă a compușilor alimentari (KUDA) ":

Conceptul 1:

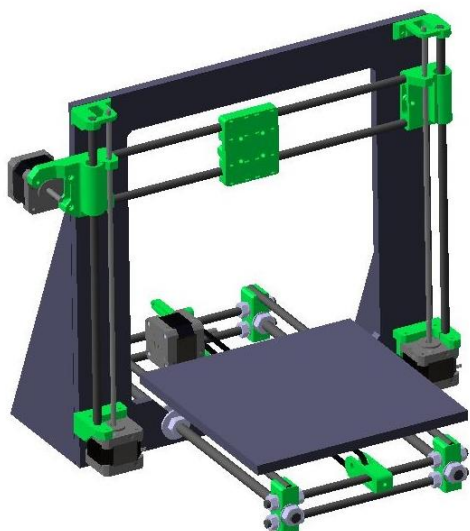


Fig. 4 Imprimanta Prusa I3



Fig. 7 Concept 1 - Kit universal de depunere aditivă a compușilor alimentari (KUDA)

Conceptul 2:

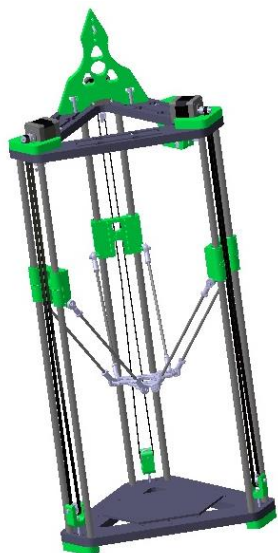


Fig. 5 Imprimanta 3D Delta

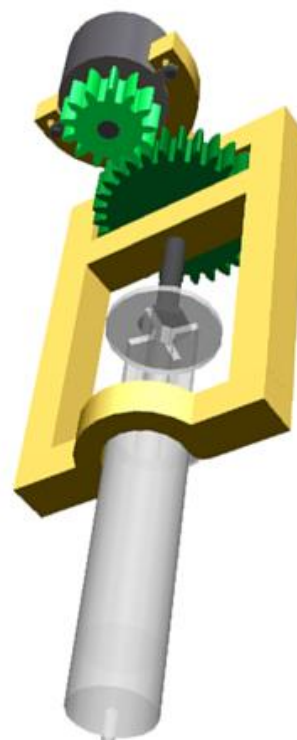


Fig. 8 Concept 2 Kit universal de depunere aditivă a compușilor alimentari (KUDA)

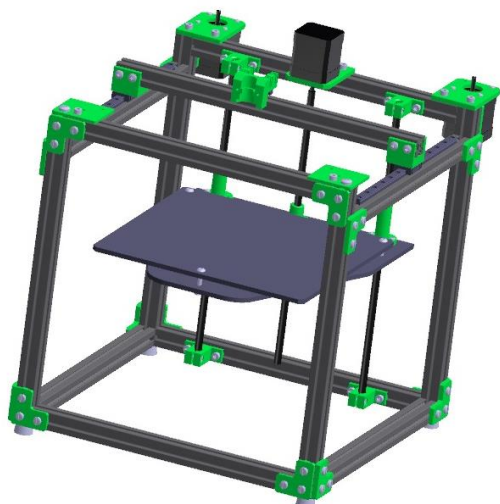


Fig. 6 Imprimanta 3D Corexy

Conceptul 3:

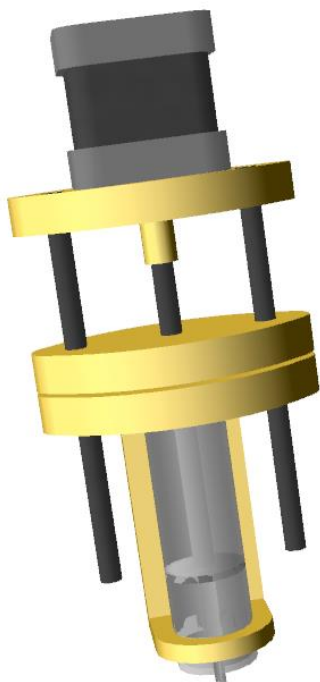


Fig. 9 Concept 3 - Kit universal de depunere aditivă a compușilor alimentari (KUDA)

S-a ajuns la modelul actual prin îmbinarea conceptelor 2 și 3 plus regândirea modului de acționare al seringii, astfel a fost obținut un mod de asamblare stabil, crescând precizia kitului, asigurând și posibilitatea de a schimba / încarca rapid seringă.

4 MODEL DETALIAT

Pentru realizarea modelului CAD detaliat s-a utilizat programul de proiectare asistată CATIA dezvoltat de Dassault Systems (module folosite: Generative Shape Design, Assembly, Part Design, Photo Studio, Drafting).

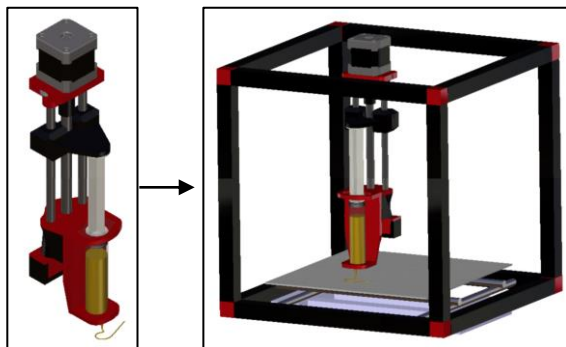


Fig. 10 Înlocuire extrudor clasic cu conceptul nostru

S-a plecat de la ideea înlocuirii extrudorului cu filament polimeric al unei imprimante 3D clasice cu un kit universal de depunere aditivă a compușilor alimentari (KUDA).



Fig. 11 Kit universal de depunere aditivă a compușilor alimentari (KUDA)

Produsul nostru are rolul de a oferi clienților interesați alternativa achiziționării unei imprimante 3D pentru depunerea produselor alimentare dacă deja dețin o imprimantă 3D cu filament. KUDA are un avantaj major prin faptul ca tot ce intra in contact cu compușii alimentari este ușor de schimbat și ieftin.

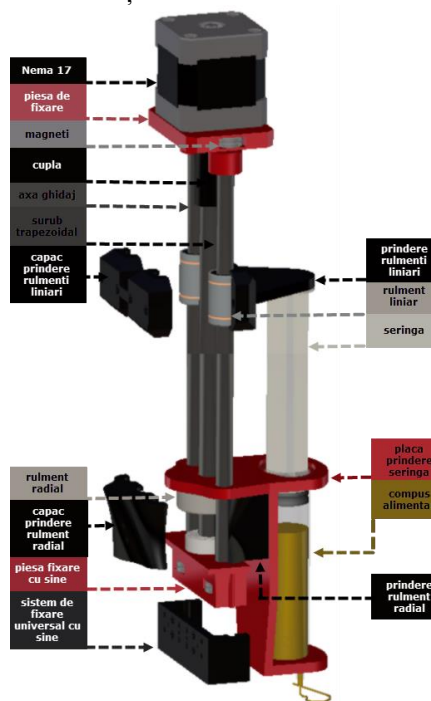


Fig. 12 Componente principale

Mișcări mecanice principale

Conceptul propus de noi realizează două mișcări principale, prima este mișcarea de rotație dată de motor Fig. 13, iar cea de adoua reprezinta mișcarea de translație Fig. 13. Mișcarea de rotație antrenează șurubul. Mișcarea de rotație a șurubului este transformată în mișcare de translație, fapt ce

realizează apăsarea pistonului seringii și, astfel, depunerea compușilor alimentari.

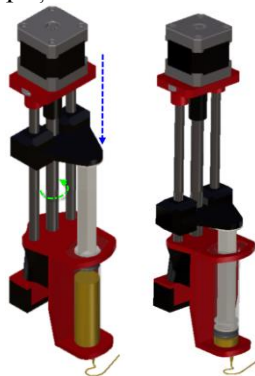


Fig. 13 Mișcări principale

Un alt avantaj al lui KUDA îl reprezintă faptul că nu e nevoie de un soft specializat pentru majoritatea imprimantelor, ci doar de modificarea parametrilor softului existent (ex: diametru filament=diametru cap seringă). Nu e nevoie de schimbarea softului deoarece principiul de funcționare este același ca la o imprimantă cu filament.

Pentru ca dispozitivul să fie cu adevărat universal trebuie realizat un studiu exhaustiv al imprimantelor cu filament în vederea determinării sistemului de montaj al fiecăreia. Găurile de prindere vor fi apoi introduse în piesa de fixare cu șine (neagra de jos). Probabil se vor obține mai multe tipuri de piesă cu acest rol, iar acest lucru va duce cu siguranță la un dispozitiv universal.

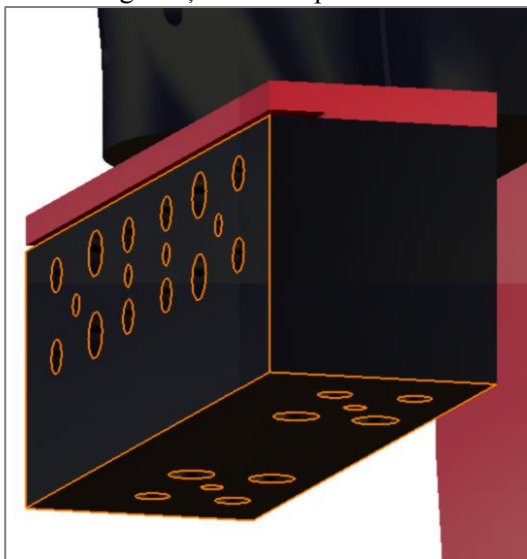


Fig. 14 Prinderile sistemului universal cu șine

Asamblarea lui KUDA pe piesa de fixare se face printr-un sistem de șine. Sistemul de șine, construcția pieselor și gravitația sunt tot ce este nevoie pentru a menține această asamblare. Pentru a elimina vibrațiile din structură s-au adăugat magneți pe ambele piese după cum se poate vedea în Fig. 15.

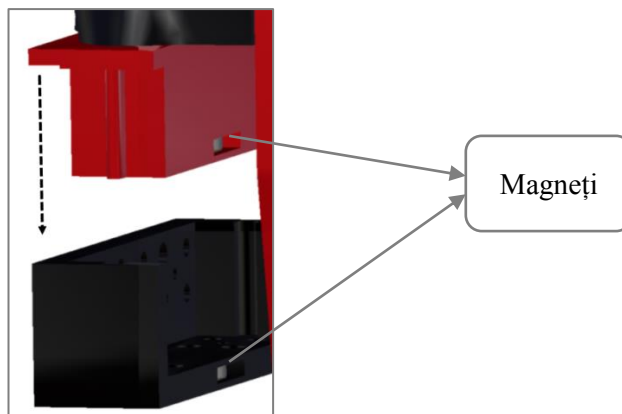


Fig. 15 Asamblare dispoziv

Pentru KUDA s-a urmărit asamblarea cu magneți oriunde a fost posibil deoarece aceștia duc la limitarea vibrațiilor și astfel la un nivel de zgomot redus în utilizare.

Asamblarea cu magneți a fost utilizată și pentru axele de ghidaj după cum se poate observa în Fig. 16.

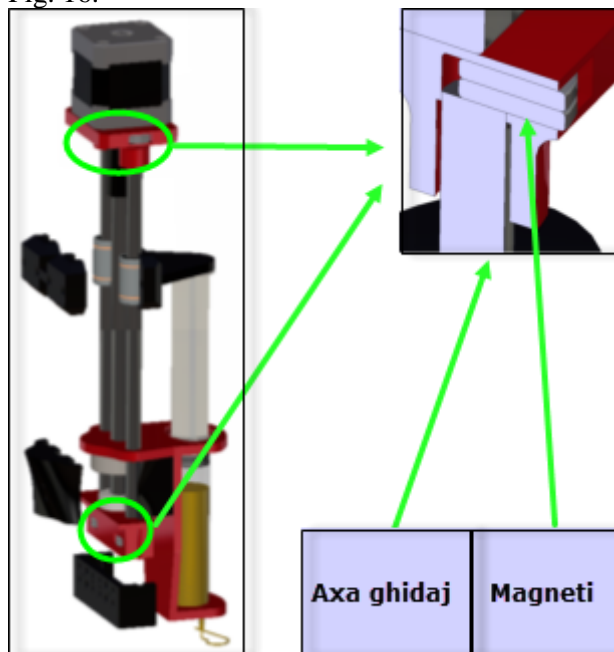


Fig. 16 Montare cu magneți

Un alt avantaj major al lui KUDA îl reprezintă faptul că depunerea de compuși alimentari se realizează cu o seringă sterilizată. Aceasta metodă vine cu un set de avantaje printre care:

- Recipientul e steril;
- Recipientul e interschimbabil;
- Costul unei seringi este foarte mic;
- La finalul unui print seringă poate fi reciclată;
- Nu e nevoie de spulare.

KUDA prezintă posibilitatea înlocuirii rapide a seringii, după cum se poate vedea în Fig. 17.

Pașii în schimbarea seringii sunt:

1. Golirea seringii
2. Ridicarea sistemului de presare
3. Scoaterea/Umplerea seringii
4. Introducerea unei seringi reumplută
5. Coborârea sistemului de presare
6. KUDA este pregătit pentru utilizare

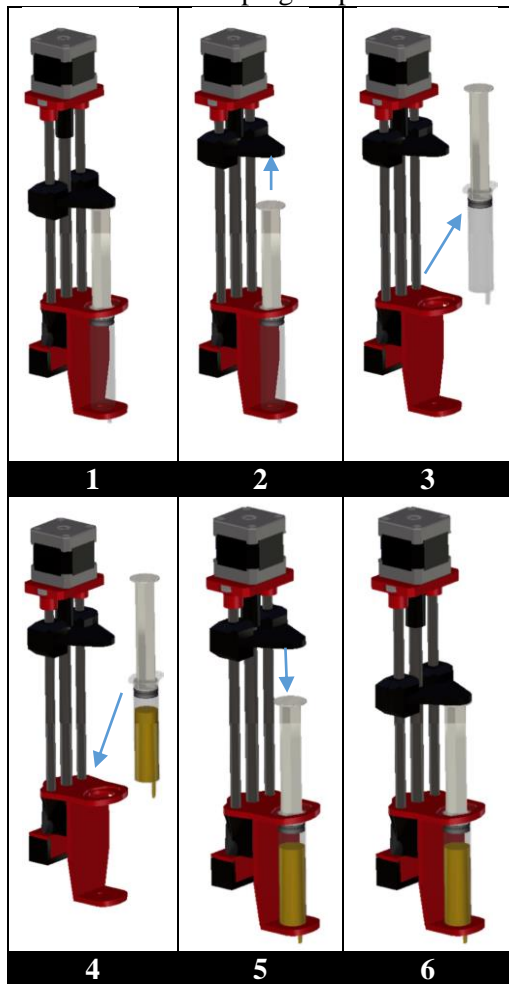


Fig. 17 Schimbarea seringii

5 ABORDARE ECONOMICĂ

În procesul de dezvoltare pentru KUDA s-a avut în vedere găsirea a cât mai multor componente “de pe raft”. Pentru componentele pentru care este necesară fabricarea, pentru realizarea prototipului acestea se vor obține prin manufacturare aditivă. În vederea obținerii unui volum de material consumat pentru componentele în cauză, am utilizat softul Repetier.

În scopul realizării acestei simulări de material, s-a ales orientarea potrivită pentru a limita crearea materialului suport, scăzând astfel prețul (consum de material și de timp mult mai mic).

Tabel 10 Volum și timp necesar producerii pieselor printate

Nr.	Denumire	Poză	Volum material [cm ³]	Timp [min]
1	Piesa de fixare		10,7	98
2	Placa prindere rulmenti liniari		12,6	103
3	Capac prindere rulmenti liniari		6,9	62
4	Prindere rulment radial		12,3	87
5	Capac prindere rulment radial		8,2	67
6	Placa prindere seringa		22,8	193
7	Piesa de fixare cu sine		8,4	74
8	Piesa de fixare universala cu sine		8,6	87
Total			81,5	771 min 12,85h

* pentru obținerea volumului și timpului din tabel s-au utilizat următorii parametri: strat 0,25mm, perimetre 2, straturi solide 3 sus și 3 jos, infill 30%, fill pattern rectiliniar, skirt, brim 5mm pentru adeziune mai bună.

Considerând ca o rolă de material de 1Kg, este aproximativ 120 lei și că 1Kg de material reprezintă ~800cm³ putem obține cam 10 seturi cu o singură rolă dacă nu avem rebuturi.

Pentru a avea o vedere de ansamblu asupra costurilor de achiziție pentru produsul KADU s-a realizat un tabel cu componentele ce se vor achiziționa.

Tabel 11 Tabel componente de achiziționat

Nr.	Componentă	Preț unitar (RON/Piesă)	Buc.	Cost total (RON)
1.	Motor Nema 17	38	1	38
2.	Magnet circular neodim 12x2mm	1	10	10
3.	Rulment liniar LM8UU	7.35	2	14.7
4.	Surub trapezoidal M8x200	10	1	10
5.	Seringa 20ml	0.5	1	0.5
6.	Rulment radial 608ZZ	3	1	3
7.	Piulite M3*	0,06	50	3
8.	Suruburi M3*	0,05	50	2,5
9.	Rulment radial 6200 2RS	5	1	5
10.	Cupla	12	1	12
11.	1/10 Rola filament	12	1	12
12.	Axa ghidaj	15	2	30
	TOTAL			138,2

În vederea realizării prototipului am achiziționat o parte din componente după cum se poate observa în Fig. 18



Fig. 18 Parte din componente

6 CONCLUZII

KUDA oferă clienților interesați alternativa achiziționării unei imprimante 3D pentru depunerea produselor alimentare dacă deja dețin o imprimantă 3D cu filament.

Nu e nevoie de un soft specializat, ci doar de modificarea parametrilor softului existent.

Pentru KUDA s-a urmărit asamblarea cu magneți oriunde a fost posibil deoarece aceștia duc la limitarea vibrațiilor și astfel la un nivel de zgomot redus în utilizare.

Depunerea de compuși alimentari se realizează cu o seringă sterilizată prezentând avantajele:

- Recipientul e steril;
- Recipientul e interschimbabil;
- Costul unei seringi este foarte mic;
- La finalul unui print seringă poate fi reciclată;
- Nu e nevoie de spălare.
- Schimbarea recipientului este facilă și rapidă

7 LUCRARI VIITOARE

- Se va introduce și calibra un sistem de încălzire al seringii controlat
- Se va introduce și calibra un sistem de răcire al substanței alimentare la ieșirea din capul seringii
- Se va studia eficacitatea prinderilor magnetice
- Se va realiza un calcul structural pentru a verifica rezistența pieselor, dar și zonele critice
- În funcție de rezultatul calculului se va avea în vedere optimizarea grosimilor pentru a scădea costurile
- Se va limita numărul de elemente standardizate diferite (de exemplu, se vor folosi doar organe de asamblare M3)
- Se va verifica buna funcționare a sistemului
- Se va spori lista de substanțe alimentare ce pot fi utilizate
- Se vor studia prinderile imprimantelor din comerț și se va modifica piesa de interfață astfel încât dispozitivul să fie cât mai compatibil
- Se va avea în vedere optimizarea conceptului din punct de vedere cost/eficiență
- Se va studia în detaliu o modalitate de reducere a masei ansamblului, verificând posibilitatea înlocuirii axelor de ghidaj sau a șurubului trapezoidal cu unele cu o masă mai mică.

8 BIBLIOGRAFIE

- [1]<https://grabcad.com/library/stepper-motor-nema-17-2>
- [2] http://reprap.org/wiki/Joints_for_Delta_Printer
- [3]https://store.openelectronics.org/index.php?route=_3DCHOCO
- [4] <http://store.zmorph3d.com/produkt/thick-paste-extruder/>
- [5] <https://3dprintingindustry.com/news/bioprinting-more-possible-with-hyrel-3ds-new-line-of-syringe-print-heads-65968/>
- [6] <http://3digitalcooks.com/3d-food-printers/>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
- [8] <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/>
- [9] <https://redshift.autodesk.com/history-of-3d-printing/>
- [10]http://reprap.org/mediawiki/images/thumb/d/d8/All_3_axes_fdmd_sml.jpg/527pxAll_3_axes_fdmd_sml.jpg