



A XIX-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”,  
CLUJ NAPOCA, 2019

## **PERSPECTIVE INGINEREȘTI IMPRESIONANTE** **Partea a III-a**

Mircea BEJAN, Ioana BĂLAN, Barbu BEJAN,  
Ioan VIDICAN, Ioan Aurel CHERECHEȘ

### **PERSPECTIVE IMPRESSIVE ENGINEERS – Part III**

Over the past 150 years technology has advanced more than ever predicted history of technology. For example, 3D prototyping / printing has become a widely-appreciated and widely used phenomenon. This is a simple and fast manufacturing process, a technique that allows engineers to overcome certain design difficulties in just a few hours, compared to a few weeks that would take traditional methods. Through this technology, engineering sciences, design and technical research are undergoing transformation and the special materials industry will open up a huge fan of possibilities. With 3D technology, an idea goes directly from the design phase to the execution phase, escalating beyond the traditional stages of product manufacturing.

The paper systemizes some of the major 3D printing technologies, presenting tabular, focusing on the advantages, disadvantages and application domains of these technologies. And in Romania, the prospect of expanding the home use of 3D printers open to prosumerators (users acting both as producers and consumers). The 3D equipment maker will create the right legal framework for the commercialization of 3D technology only compatible with the processing of non-hazardous materials. The 3D printer user will be granted access to a type of 3D technology limited by software specifically designed by manufacturers for civil use.

And so with the advent of this technology, a new chapter in jurisprudence will soon be written in Romania. But until then, Romania is only taking the first steps in this area.

Keywords: 3D prototyping/printing, FDM-Thermoplastic Extrusion Modeling, SLA-Stereolithography, DLP-Digital Light Exposure, SLS-Selective

Laser Sintering, Laser-SLM-Melting, 3DP- Laminated Layer Manufacturing, PolyJet PJP Printing with Photopolymers, 3D Printed House Construction

Cuvinte cheie: prototiparea/printarea 3D, FDM–Modelare prin Extrudare Termoplasică, SLA–Stereolitografie, DLP–Expunerea digitală a luminii, SLS–Sinterizare Laser Selectivă, SLM–Sinterizare (Topire) Laser a Metalelor, 3DP–Printare inkjet tridimensională, LOM–Fabricare Stratificată prin Laminare, PJP–Printare PolyJet cu Fotopolimeri, construcții de case imprimate 3D

### 4.3 Case sociale imprimate în 3D

Casele imprimate în 3D reprezintă o soluție de luat în considerare pentru viitorul tehnologiilor utilizate în construcții. Casele imprimate în 3D sunt, de departe, mult mai ușor și rapid de executat și la jumătate de preț fata de o casă obișnuită din cărămidă!

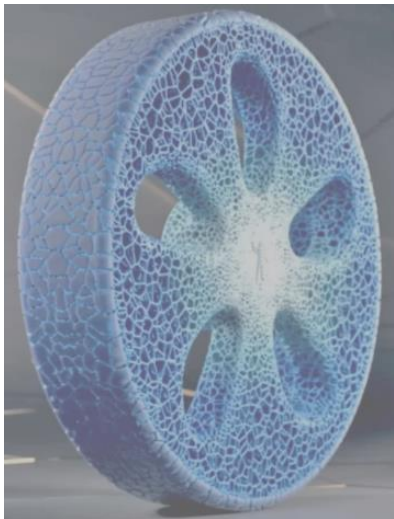


Casele de locuit, inclusiv casele sociale, imprimate în 3D, sunt cu 50 % mai ieftine decât casele construite din materiale clasice, fiind mult mai durabile și mai economice decât orice alt tip de casă. O casă socială de 50 m<sup>2</sup> se poate construi la roșu, cu numai 5.000 de euro, deci cu 50 % mai ieftin.

Companiile Construction 3D din Franța și Apis Cor din Rusia au în proiect fabricarea unor imprimante inteligente, ușor de manevrat și de mare eficiență. Alte companii care produc imprimante 3D masive sunt Contour Crafting din SUA, WASP din Italia, Winsun din China și alte două firme, una din Singapore și una din Rusia. Alte companii construiesc deja și case imprimate în 3D !

Și firma AUSTROCASA INTERNATIONAL SRL proiectează acum propria sa imprimantă 3D pentru construcții case, plănuiind ca până la sfârșitul anului 2016 să existe 3 modele de case imprimate în 3D construite în România (la un preț estimat de 20.000 RON)

#### 4.4 Roata Visionary Concept



Michelin vrea să bage vulcanizările în faliment. Producătorul de anvelope a dezvăluit un concept revoluționar pe care îl așteptăm cu nerăbdare: Roata Visionary Concept.

Anvelopa e construită de imprimante 3D și promite o longevitate ieșită din comun: cică „trăiește” la fel de mult ca mașina, poate chiar mai mult. Este construită din materiale biodegradabile, ceea ce înseamnă că la finalul ciclului de viață poate fi reciclată.

Durabilitatea impresionantă este dată de structura de tip fagure, inspirată din natură. Este șablonul pe care-l întâlnim la corali sau chiar

la plămâni umane. Chiar și așa, Visionary Concept tot se uzează cu timpul. Partea bună e că roata inteligentă te ține permanent la curent cu starea ei. Când ești anunțat că s-a deteriorat, poți rezolva problema pe



loc cu ajutorul unor dispozitive auxiliare de 3D-Printing atașate mașinii. Aceleași gadgeturi îți permit să adaptezi anvelopa în funcție de teren sau de anotimp. Când sistemul te anunță că e cazul să treci la cauciucuri de iarnă, o simplă apăsare de buton face ca Visionary Concept să-și schimbe instant structura. O altă veste îmbucurătoare e că modelul nu conține pic de aer. Asta înseamnă că pana va deveni o problemă de domeniul trecutului.

Momentan, după cum o sugerează însuși numele, Visionary Concept e doar un concept. Unul extraordinar de promițător despre care suntem nerăbdători să aflăm mai multe.

#### **4.5 Medicină - Fetița cu un braț imprimat 3D**

Imprimantele tridimensionale ușurează viețile pacienților cu membre amputate. Este și cazul unei fetițe, Faith, de numai 7 ani (la 02 aprilie 2015, data prezentării evenimentului), din Statele Unite. Deși s-au încercat cele mai noi și revoluționare proteze, copilul nu s-a putut adapta cu acestea.

Suferința ei a început încă din pântecul mamei, având o maladie extrem de rară, din cauza căreia sângele nu ajungea în antebraț. La numai 3 săptămâni după ce s-a născut, medicii le-au explicat părinților că, dacă partea neirigată nu va fi îndepărtată chirurgical, vor apărea și alte probleme care ar putea pune viața micuței în pericol.

*"Avea doar 6 luni când oasele antebrațului s-au rupt pentru că țesuturile rămase muriseră. Mi-am spus că e doar un braț, o mână, în rest este perfect sănătoasă",* povestește mama fetiței. Faith a crescut fără antebraț. Părinții au încercat să i-l substituie cu diverse proteze extrem de costisitoare. Au plătit chiar și 40.000 de dolari pentru un braț electric, dar pe care micuța nu l-a putut suporta.

Proiectantul Mark Lengsfeld a avut nevoie de doar 24 de ore ca să gândească un braț robotic. A introdus datele în calculator și a imprimat proiectul în sistemul tridimensional. Invenția a costat familia fetiței doar 50 de dolari.

Și în prezent, datorită acestei organizații non-profit, a imprimantelor tridimensionale, Faith poate merge acum pe bicicletă.

#### **5. Prezentul și viitorul imprimantelor 3D**

Imprimarea 3D reprezintă o tehnologie nu atât de nouă pe cât s-ar crede, însă care, în ultimul deceniu, a devenit din ce în ce mai accesibilă maselor permițând, încurajând și, mai mult decât atât,

stimulând inovația și creșterea eficienței în numeroase domenii prin libertatea de proiectare fără precedent, lipsa necesității uneltelor, timp și costuri scăzute. Aproape că nu poți deschide un site sau aprinde televizorul fără să nu auzi de o tehnologie, o operă de artă sau de o inovație din industria medicală creată cu ajutorul imprimării 3D.

Imprimarea 3D are o istorie mai lungă decât s-ar crede, chiar dacă se vorbește intens despre această tehnologie de numai câțiva ani. Pentru a putea avea o viziune de ansamblu asupra modului în care a apărut și s-a dezvoltat imprimarea 3D trecând ulterior de la stadiul de tehnologie la fenomen cu implicații nu numai industriale, ci și în rândul hobbyștilor, este necesară întoarcerea în timp, în anii '80. Cele mai vechi tehnologii de imprimare 3D au devenit prima dată vizibile la sfârșitul anilor '90, moment în care au fost numite tehnologii de prototipare rapidă (RP). Și totuși, o mică sinteză. În 1981, cercetătorul japonez Hideo Kodama, de la Nagoya Municipal Industrial Research Institute, scria prima dată despre o tehnologie funcțională care putea permite prototiparea rapidă. Tehnologia presupunea folosirea fotopolimerilor (rășini speciale care se întăresc în momentul în care intră în contact cu lumina ultravioletă) și stratificarea acestora până se atinge forma dorită. Aceasta este prima dată când lumea a văzut o imprimantă 3D funcțională. Un rol și mai important l-a avut Charles Hull care, în 1984, inventa stereolitografia (SLA), tehnologie care permitea crearea de obiecte 3D pe baza unor modele digitale folosind un computer și fotopolimeri. Prima mașinărie industrială care automatiza procesul de imprimare a fost creată în 1992, de compania lui Hull.

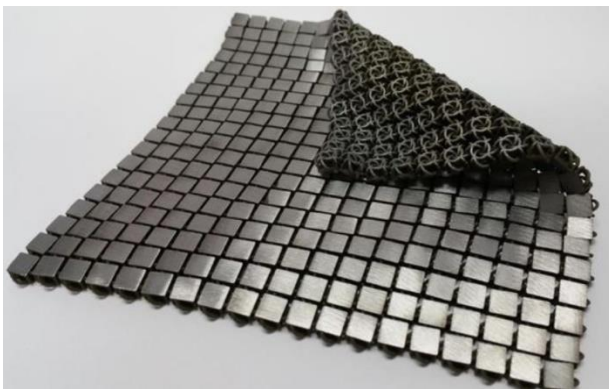
Drumul către folosirea frecventă a imprimantelor 3D în domeniul medicinei a fost deschis în 1999, cu ocazia creării primului organ imprimat 3D care a fost implantat la o persoană. Este vorba despre o vezică umană creată din celulele proprii ale pacientului care a primit implantul și dintr-o matriță printată 3D. După această reușită, progresele în industria medicinei nu au încetat să apară: au fost creați rinichi, proteze complexe, dar și vase de sânge.

Cu toate că imprimantele 3D păreau că vor rămâne doar în mâinile specialiștilor din diverse industrii, fiind considerate aparate complicate, costisitoare și lipsite de întrebuințări în afara laboratoarelor și atelierelor specializate, în 2005 a început un nou curent. Imprimarea 3D a făcut cunoștință cu mișcarea open-source, iar în 2008 apărea Darwin, prima imprimantă 3D capabilă să copieze. Așa au luat naștere numeroase proiecte de artă, așa au apărut numeroase companii specializate în crearea de imprimante 3D și așa au luat naștere numeroase startupuri, companii aflate la început de drum care s-au

folosit de imprimante 3D pentru a-și realiza primele prototipuri. În prezent, imprimantele 3D au numeroase dimensiuni și forme, folosesc materiale diverse (fotopolimeri, compozit, diverse metale, ciment, celule umane, aluat etc.) și au scopuri la fel de diverse.

Vorbind despre lucruri apropiate nouă, mâncarea viitorului ar putea fi servită de un robot imprimat 3D și ar putea fi făcută tot cu ajutorul unei imprimante. Deja există o tehnologie care se folosește de diverse ingrediente pentru a realiza, strat cu strat, feluri de mâncare delicioase și foarte arătoase. A fost deschis deja și un restaurant care servește preparate realizate cu ajutorul unei imprimante și unui computer.

Locuințele ar putea să nu fie realizate de muncitori, ci de roboți industriali imenși care toarnă materialele de construcție strat cu strat, cu viteze uluitoare. S-a văzut că există deja locuințe printate 3D, sunt și câteva poduri și se plănuiește și se lucrează și la o clădire de birouri care va conține și mobilier realizat în același fel. Copiii își vor putea dezvolta creativitatea făcându-și singuri jucăriile, iar orice defecțiune ar întâlni (fie un buton lipsă, o ramă de ochelari ruptă, un picior de scaun șubred) ar putea fi rezolvată cu ajutorul unei imprimante.



Cămașa cu zale era o formă de armură populară în timpurile medievale, care consta în sute de inele mici de metal legate între ele. NASA reinterpretează acest model pentru protecția astronautilor și îl printează 3D! Această armură multifuncțională poate fi folosită

pentru protecția astronautilor dar și pentru a captura obiecte în spațiu, întrucât materialul se poate mola pe orice suprafață.

Viitorul societății pare să fie foarte strâns legat de viitorul imprimantelor 3D. În prezent, ele sunt folosite constant în domeniul medicinei și vedem mereu proteze revoluționare imprimate 3D, dar și diverse încercări de a realiza organe folosind *celule umane ca materie primă*. În viitor, ne putem imagina că oamenii vor avea organe de schimb, imprimate 3D, la care vor putea apela în cazul unor probleme medicale, prelungindu-și viețile. Un ficat obosit va putea fi schimbat cu unul tânăr

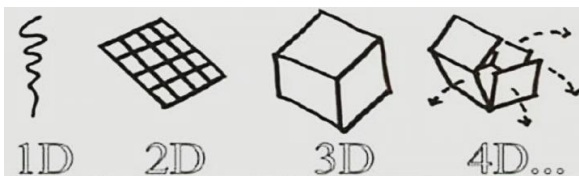
cu ADN identic cu cel al pacientului, iar o inimă defectuoasă va putea fi înlocuită cu una puternică, perfectă din toate punctele de vedere.

Descoperirile care au permis folosirea mai multor materiale au făcut posibile și inovații nemaiauzite până acum: de la avioane și mașini imprimate 3D până la roboți NASA explorați pe planete îndepărtate făcuți prin metode similare. Deja se fac primii pași în această direcție, iar în câțiva ani aceste "ciudățeni" ar putea deveni normale. Bucăți/ansamble din sateliții care ne orbitează planeta sunt deja realizate cu ajutorul imprimantelor 3D, deci nu e greu să credem că nava care îi va duce pe oameni pe Marte nu va fi construită în același fel.

## 6. Imprimarea 4D

Imprimarea 4D reprezintă o tehnologie de ultimă oră care adaugă o nouă dimensiune imprimării 3D. Cea de-a patra dimensiune este timpul, astfel încât se pot obține structuri imprimate ce-și modifică forma în timp. Cea mai importantă tehnologie care se va dezvolta în viitorul apropiat este printarea 4D, prin intermediul căreia rezultă materiale care se assemblează singure. Odată cu trecerea la printarea 4D, există deja o serie de materiale rezultate prin această metodă, care se assemblează singure fie când intră în contact cu apa, fie când sunt agitate foarte repede. Printarea 4D poate avea numeroase aplicații practice. De exemplu, ea poate fi folosită la construcții sau în infrastructură, pot fi realizate țevi care se extind sau se contractă, în funcție de volumul de apă care curge prin ele. Mai mult, ea se poate dovedi utilă și în medicină. Cercetătorii pot realiza diverse implanturi, care pot fi împachetate și introduse în corpul uman. După ce ajung la destinație, ele revin la forma inițială.

Așa cum imprimarea 3D a început să se infiltreze tot mai mult în industrie și în casele noastre (în multe moduri), cercetătorii au început deja să dezvolte materiale imprimate 3D ce se pot transforma în noi structuri, post-producție, sub influența unor stimuli externi, cum ar fi apa sau căldura, de aici venind numele acestor tehnologii: imprimarea 4D.



Astfel, la fel ca într-o imprimare 3D, o structură este construită strat cu strat în forma dorită, dar noile materiale sunt capabile să se

transforme dintr-o formă în alta, similar unei jucării Transformer. Această

știință inovatoare promite noi progrese în numeroase domenii de activitate precum medicină, construcții, automată și robotică, pentru a numi doar câteva.

Cercetătorii ACES și-au îndreptat atenția spre domeniul medical, construind în acest sens o supapă care acționează ca răspuns la temperatura apei din jurul ei. Profesorul Marc in het Panhuis din cadrul ACES a declarat că realizarea acestei supape reprezintă un lucru remarcabil [4]. „Este interesant că acest dispozitiv funcționează imediat cum îl iei din imprimantă”, a spus el. „Nu este nevoie de un alt montaj”. Supapa, o structură imprimată 3D, conține materiale speciale care își modifică forma și care se activează în principal în contact cu apa. Profesorul Marc in het Panhuis a declarat că ACES a realizat pentru prima dată o imprimare 4D utilizând patru cartușe diferite, în mod simultan, folosind în același timp geluri dure care încorporează materiale speciale ce își modifică forma în anumite condiții [4].

## **7. Concluzii**

În ultimii 150 de ani tehnologia a avansat mai mult decât a prezis vreodată istoria tehnicii. Industria inginerescă adoptă noi tehnologii și procese, tehnologia evoluând astfel încât să corespundă nevoilor sociale și medicale corespunzătoare timpului. Astfel, modelele printate 3D ale organelor umane au reprezentat adesea un instrument utilizat de chirurghi în ultimii ani, deoarece acestea pot oferi o imagine mai detaliată asupra unor aspecte anatomice, față de modelele clasice 2D sau a imaginilor 3D computerizate.

În acest mod, chirurgia pot simți fizic replicile acelor organe, a structurilor osoase sau a altor aspecte care îi preocupă/interesează. Mai mult decât atât, există companii care efectuează studii avansate pentru prototiparea 3D a mai multor organe umane precum ficatul sau rinichii.

Unele companii au ajuns să realizeze diferite țesuturi organice ce sunt folosite pentru testarea efectelor anumitor medicamente.

Diferența față de printarea 3D clasică este aceea că, în loc să se folosească materiale plastice, se folosesc celule vii. Așadar, se preconizează ca în următorii 15-20 de ani să fie posibilă printarea 3D a unor organe complete, gata de a fi transplantate pacienților.

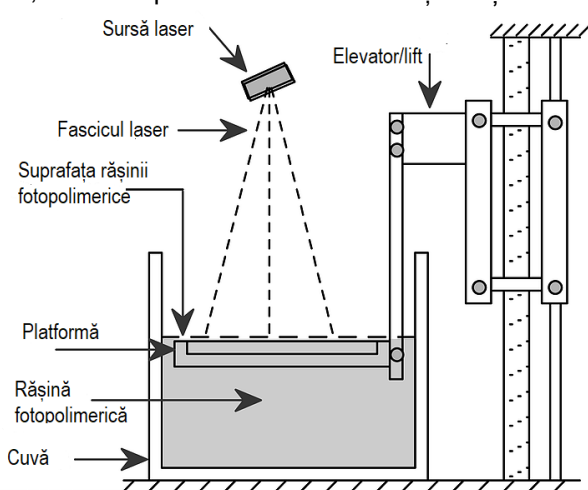
Ca o modalitate de a prefigura viitorul, reamintim că în anul 2011, medicii olandezi au lucrat cu un grup de ingineri pentru a proiecta o mandibulă imprimată 3D pentru o femeie de 83 de ani, care suferea de o infecție cronică osoasă. Iar în 1992, primul aparat stereolitografic (sau aparat SLA) a fost produs de sistemele 3D.



Viitorul nostru ar putea fi rodul imprimării 3D, al imprimării imaginației colective. Oare evoluția imprimantelor 3D ar putea aduce cu ea și nemurirea, într-o formă sau alta ?

- Prima mașină SLA a utilizat rășină fotopolimerică, o sursă cu laser și UV; lichidul cu vâscozitatea și culoarea mierii a realizat obiecte strat cu strat. Aceasta a fost prima formă de prototipuri rapide care schimbă pentru totdeauna lumea ingineriei și designului.

- Să ne amintim (pe scurt) și cum funcționează sin-terizarea laser selectivă (SLS). În primul rând, utilizatorii creează un design 3D folosind un program de modelare 3D și îl salvează ca fișier STL sau OBJ. Acest fișier este trimis apoi la software-ul de interfațare a imprimantei 3D, care împarte modelul în secțiuni și determină modul în care



imprimanta va edita/imprima fiecare strat. Apoi pulberea este preîncălzită în patul de pulbere. Imprimanta imprimă un strat de pulbere care este topită împreună de laser. Procesul se repetă până când partea în lucru este completă.

- Am văzut câte lucruri pot fi realizate prin teh-

nologii de printare 3D. Dar oare suntem pregătiți pentru prototiparea 4D?

Prin această tehnologie, se poate crea un obiect 3D, care la un anumit moment poate să se auto-asambleze sau să-și schimbe forma, în cazul unor schimbări din mediul în care este amplasat, precum temperatura sau umiditatea. Aceste tehnologii sunt deja studiate și testate, iar domeniile în care ar putea fi aplicate sunt nenumărate. Imaginați-vă o țevă hidraulică care se poate repara singură în cazul în care suferă anumite accidente, pregătiți-vă să purtați o pereche de pantofi care în momentul în care începeți să alergați se transformă în pantofi de alergat sau care devin impermeabili în momentul în care începe să plouă. Posibilitățile oferite de această tehnologie sunt imense și cu o aplicabilitate largă, în toate aspectele vieții de zi cu zi.

În următorii 10-20 de ani, democratizarea manufacturării produselor va deschide opțiunea fabricării în regim propriu a produselor cu nivel de complexitate mediu pe scară largă.

Și în România perspectiva extinderii utilizării casnice a imprimantelor 3D deschide era prosumatorilor (utilizatori care acționează atât în calitate de producători cât și de consumatori). Producătorului de echipamente 3D i se va crea cadrul legal potrivit pentru comercializarea doar a tehnologiei 3D compatibilă cu prelucrarea materialelor nepericuloase. Utilizatorului imprimantei 3D i se va permite accesul la un tip de tehnologie 3D limitat de soft-urile special concepute de producători pentru uz civil. Și astfel, odată cu apariția acestei tehnologii, în România se va scrie curând un nou capitol în jurisprudență<sup>1</sup>. Dar până atunci, România face abia primii pași în acest domeniu.

## BIBLIOGRAFIE

[1] Bejan, M., *Ingineria – artă sau meșteșug*, vol. 4, Editura AGIR, București, 2019 și Editura MEGA, Cluj Napoca, 2019, 960 pagini.

[2] \* \* \* colecția *Știință și Inginerie*, 2001-2018, editor Bejan, M., Editura AGIR București și Editura MEGA Cluj Napoca.

[3] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*, ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005, 186 pagini.

[4] \* \* \* <https://www.stiintaonline.ro/imprimarea-4d/>

Prof.univ.em.Dr.Ing. DHC Mircea BEJAN  
Membru de onoare al Academiei de Științe Tehnice din România,  
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca,  
președintele Filialei Cluj a Asociației Generale a Inginerilor din România  
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro  
Ing. Ioana BĂLAN  
Membru AGIR, Metz, Franța  
Prof. Barbu BEJAN, Paris, Franța  
Dr.Ing. Ioan VIDICAN  
e-mail: ionvidi@yahoo.com, Cluj Napoca, membru AGIR  
Șef lucr. Dr.Ing. Ioan Aurel CHERECHEȘ  
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Prefectul județului Cluj,  
membru AGIR; e-mail: relu\_chereches@yahoo.ro

---

<sup>1</sup>De exemplu, în cazul economiei Germaniei, pentru care cunoașterea înregistrează o importanță de 93 % comparativ cu 75 % importanța produsului, apariția acestei tehnologii va avea un impact de scală diferită față de SUA, unde cunoașterea înregistrează o importanță de 72 % în raport cu 80 % importanța produsului, ca urmare a ponderii între sectoarele de servicii și cele de producție.