



BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANIM AMAÇLI 3D YAZICI GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet Gül

Dicle Üniversitesi, Silvan Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, Türkiye

Sorumlu Yazar: mehmetgul@dicle.edu.tr, mehmetgul@ymail.com

ÖZET

Endüstride dördüncü çağıın getirdiğı yeniliklere günümüzde ayak uydurmak için klasik metotların uygulamasının yanı sıra bu çağıın getirdiğı yeniliklerinde göz ardı edilmeden uygulamaya konulması gerekmektedir. Endüstri çağıının getirdiğı yenilikler arasında başı çeken 3D yazıcılardır. 3D yazıcılardan endüstride kullanılmak üzere prototipler geliştirilebilir iken son zamanlarda 3D yazıcılardan medikal kullanım amaçlı ürünlerde elde edilmeye başlanmıştır, özellikle diş doktorları için implant, tıpta cerrahi operasyonlarda kullanılan implantlar vb. Diğer taraftan 3D yazıcılarından elde edilen baskılar ile biyomedikal mühendisliğı alanında gün geçtikçe daha fazla tercih edilmektedir. Medikal alanda özellikle canlı doku geliştirilmesi, ortez-protez uygulamaları, ders materyallerinin oluşturulması vb. gibi kullanım alanları bulunmaktadır. Çalışma kapsamında 3D yazıcıyı Solidworks makine montaj yazılımı kullanılarak geliştirildi. Tasarlanan 3D yazıcı modeli ile medikal alandaki birçok uygulama materyali tasarlanabilecek. Geliştirilen yazıcının diğer profesyonel stabil olan yazıcılara kıyasla bazı öne çıkan avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar arasında özellikle boyutunun istenildiğinde değiştirilebilir olabilmesi, yazıcı bağılığının tek başlıklı ya da birden çok başlıklı ve birbirinden bağımsız hareketli birden çok başlıklı olarak değiştirilebilmesi vb. gibi bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: 3D yazıcılar, 3D Biyo-uyumlu yazıcılar, Biyomedikal Mühendisliğı, Ortez-Protez.

DEVELOPMENT OF 3D PRINTER FOR USE IN BIOMEDICAL ENGINEERING

ABSTRACT

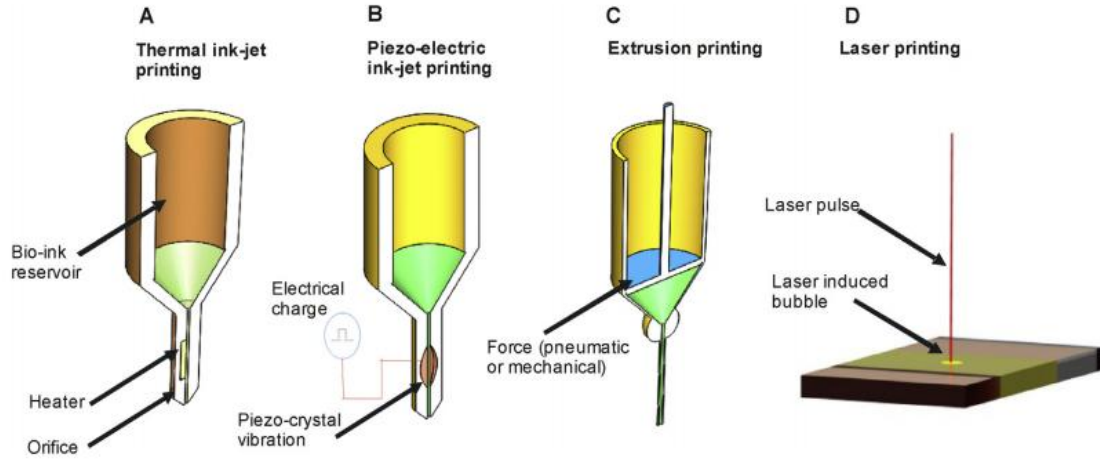
Nowadays, in order to keep up the innovations brought by the fourth era in industry, it is necessary to implement the innovations introduced by this era without ignored implementation of classical methods. Among the innovations brought by the era of industry, 3D printers are the forefront. While prototypes developed from 3D printers can be used in industry, 3D printers have recently been started to use in medical field, implants especially for dentists, implants used in surgical operations in medicine and etc. On the other hand, models obtained from 3D printers are more preferred day by day. Especially, the applications of used in medical field such as live tissue, orthosis-prosthesis applications or the applications of course materials can be developed by 3D printers. The 3D printer was developed using Solidworks machine mounting software. Many application materials especially biomedical field can be designed with this 3D printer. The printer we developed has some prominent advantages compared to other professional stable printers. These advantages include the fact that its size can be changed at any time, and that the printer single-headed can be changed with multi-header or independent moving multi-header and etc.

Keywords: 3D printer, 3D Bio-compatible printers, Biomedical Engineering, Orthotics-Prosthetics.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve endüstride dördüncü çağın yaşanıyor olmasının etkilerini eğitimden sanayiye kadar her alanda görebilmekteyiz. Bu çağın gereksinimlerine ayak uydurmak için klasik metotların yanı sıra farklı yaklaşımlar üzerinde çalışmalara ağırlık verilmektedir. Endüstri çağının getirdiği yenilikler arasında 3D yazıcılar örnek gösterilebilir. 3D yazıcılar, her geçen gün artan kullanımları ve farklı sektörlerde başarılı örnekleri bu yazıcıları daha fazla popüler hale getirmiştir. Her geçen gün popülerliği artan 3D yazıcıdan elde edilen uygulamalara sağlık sektöründe, eğitimde, endüstride ve daha birçok alanda görebilmekteyiz. 3D yazıcılarının sağlık alanındaki uygulamaları arasında canlı hücreler ile organ ya da doku oluşturulması, biyo-uyumlu metallere ya da materyallerden implant geliştirilmesi vb. gibi örnekler 3D yazıcının bu alandaki kullanımına verilebilecek en popüler örnekleri arasında gösterilebilir [1-3].

3D yazıcılar ile model oluşturma genel olarak dört farklı baskı metottan herhangi biri kullanılarak yapılır. Şekil 1’de kullanılan baskı prensipleri gösterilmektedir. Sırasıyla kullanılan prensipler termal ink-jet metodu, piezoelektrik ink-jet metodu, ekstrüzyon metodu ve lazer metodudur.



Şekil 1. 3D yazıcılarda kullanılan baskı prensipleri [4]

Çok yönlü baskı teknolojisi ile çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere modeller elde edilmektedir. Örneğin, fotoresist filmlerin kullanımı ile katman hassasiyeti yüksek modeller alınıp diş tedavisinde kullanılabilir. Canlı hücreler kullanılan bio-yazıcılar ile 3 boyutlu yapılar oluşturulabilmektedir, deri, kıkırdak, tendon, kalp kası ve kemik vb. gibi [5]. 3D doku örneklerinin oluşturulması sürecinde ön-işleme, işleme ve işlem sonrası aşamaları mevcuttur. Ön-işlem aşamasında organ formunun ortaya çıkartılması için MRI gibi bio-görüntüleme sistemleri kullanılır. Elde edilen görüntüler standart taslak kütüphanesine (STL) formatına dönüştürülür. İşlem aşamasında ise bio-yazıcılar canlı hücrelerin içinde barındırıldığı bio-mürekkepler kullanır. Bu süreçte istenilen tasarımlar elde edilir. İşlem sonrası sürecinde ortaya çıkan 3 boyutlu doku örneği cerrahi yöntem kullanılarak implant edilir [6].

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son çeyrek yüzyıl içinde dördüncü endüstri devriminin getirdiği yenilikler içinde 3D yazıcı cihazları önemli bir yer tutmaktadır. 3D baskı teknolojisi additive manufacturing (katkı imalatı) olarak tanımlanan bu teknoloji ürünü makineler artık birçok farklı alanda kaçınılmaz derecede ihtiyaçlara cevap verir olmuştur [7-9]. Bu nedenle kullanım alanlarının her geçen gün artması ile 3D yazıcılardan birçok farklı ürün elde edilmesi yazıcılara olan ihtiyacı da vazgeçilmez ölçüde artırmıştır. Bunun en büyük nedenlerinden biri kullanılan farklı baskı teknolojileridir. Bazı 3D yazıcılar ya sıvılaştırılmış ya da yumuşak materyal kullanırken diğer taraftan bazı yazıcılar yüksek enerjili UV lazerler kullanır.

En sık kullanılan 3D yazıcı teknolojileri arasında;

- 2.1. Stereolitografi (Stereolithography – SLA)
- 2.2. Eriyik birikim modellemesi (Fused deposition modelling – FDM)

- 2.3. Seçici lazer sinterleme (Selective Laser Sintering – SLS)
- 2.4. Lamine nesne üretimi (Laminated object manufacturing – LOM)
- 2.5. Dijital ışık işleme (Digital Light Processing – DLP)

2.1. Stereolitografi (Stereolithography – SLA)

SLA yazıcılar lazer teknolojisini kullanarak genellikle prototip modelleri çıkartılması amaçlı kullanılır. Ultraviyole lazer polimer hammaddesi üzerinde baskı elde edilmesi amacıyla kullanılır. Polimer hammaddesi katman katman işlenerek baskı ortaya çıkartılır. Polimer maddenin katman katman işlenmesi ile pürüzsüz ve bilgisayar ortamında tanımlanan kesin ölçüler ile birebir uyumlu model ortaya çıkartılmış olur [10].



Şekil 2. Stereolitografi 3D Yazıcı [17].

2.2. Eriyik birikim modellemesi (Fused deposition modelling – FDM)

Model ya da baskı çıkartma amaçlı en sık kullanılan yazıcı teknolojisidir. Termoplastik filamentlerin eritilmesi ile elde edilen baskı ürünleri yazıcıdan katman katman baskı prensibine bağlı olarak oluşturulur [11]. Katman prensibinde püskürtülen eriyik madde akıtıldıktan sonra fan hava akımı ile anlık soğutulur model oluşturulur. SLA yazıcı modellerine kıyasla daha ucuz olması ve modellerin daha hesaplı bir şekilde elde edilmesi bu yazıcıların en fazla tercih edilmesinin nedenleri arasındadır. Diğer taraftan SLA yazıcılarının avantajlı olmasına karşın FDM yazıcılar ile oluşturulan modeller SLA yazıcılardan elde edilen modellere kıyasla daha az doğruluk payı bulunmaktadır. Diğer bir deyişle SLA yazıcılar ile FDM prensibindeki yazıcılara kıyasla daha kesin model oluşturur.



Şekil 3. Eriyik birikim modellemeli 3D Yazıcı [18].

2.3. Seçici lazer sinterleme (Selective Laser Sintering – SLS)

Lazer enerjisi kullanarak plastik, seramik ya da cam partiküllerinin birleştirilmesi ile model oluşturulur. Yazıcı tabla üzerinde bulunan hammaddeye gönderdiği lazer ışını aracılığı ile partikülleri sıkıştırır ve

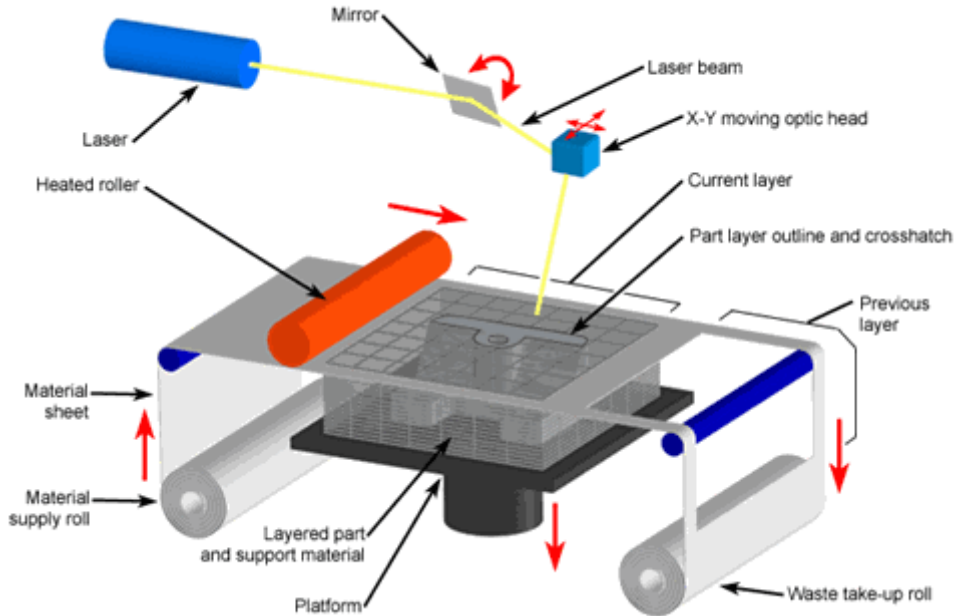
böylece bu metot sayesinde çizimler somut modellere katman katman işlemlerin tekrarlanması sonucunda hazır hale getirilir. Yukarıdaki iki farklı teknolojiye kıyasla SLS yazıcılarda model oluşturulurken herhangi bir destek elemanı oluşturulmaz. Diğer bir deyişle hammadde israfı olmaz [12]. SLS yazıcılar ile en kompleks modeller tek parça halinde ortaya çıkartılabilir. SLS yazıcılarının bu özellikleri diğer yazıcı teknolojileri arasında en fazla öne çıkan özelliktir.



Şekil 4. Seçici lazer sinterleme 3D Yazıcı [19].

2.4. Lamine nesne üretimi (Laminated object manufacturing – LOM):

LOM yazıcılar model oluşturmak için plastik parçaları ya da plastik blokları kullanır. Model, yüksek ısı ve basınç ile katmerli ya da kaynaşık halde bulunan plastik maddenin bilgisayar kontrollü lazer ya da bıçak yardımı ile oluşturulması ile ortaya çıkar [13]. LOM yazıcıların maliyeti düşük olmakla beraber model için gerekli olan hammaddelere erişim ise çok kolaydır. Kompleks ya da fonksiyonel modellerin elde edilmesi bu metot ile hiçte zor değil.

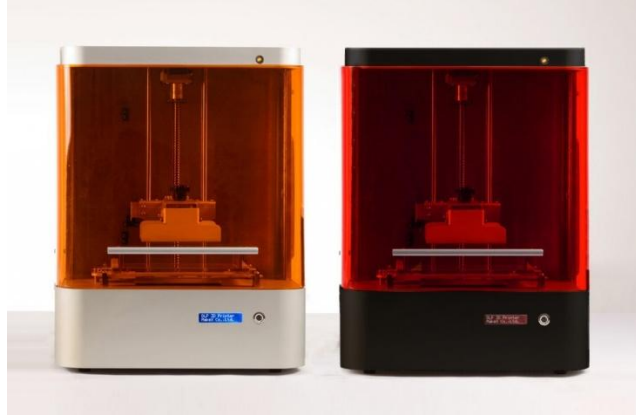


Şekil 5. Lamine nesne üreten 3D Yazıcı [15].

2.5. Dijital ışık işleme (Digital Light Processing – DLP):

Çalışma prensibi bakımından SLA yazıcılara benzemekte sadece kullandıkları ışık kaynağı açısından farklılık görülmektedir. DLP yazıcılar daha kesin ve yüksek çözünürlüklü modellerin oluşturulmasında başarılı sonuçlar verir. SLA yazıcılara kıyasla model oluşturmak daha hızlı olmakla beraber daha az atık

madde üretir. Detaylı modellerin elde edilmesi ışığa duyarlı plastik reçinesinin kullanımı ile gerçekleştirilir [14].

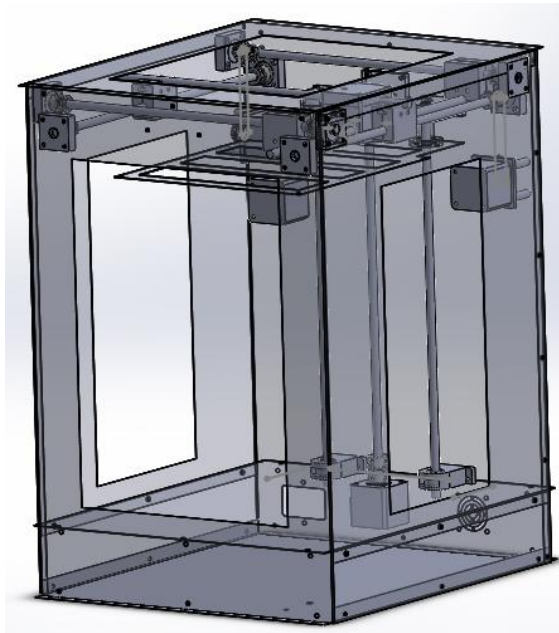


Şekil 6. Lamine nesne üreten 3D Yazıcı [16].

Genel olarak 3D Max, Solidworks vb. gibi CAD (Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımları aracılığıyla hazırlanan modeller 3D yazıcılara gönderilmeden önce dilimlenmesi gerekmektedir. Dilimleme yazılımları için CAD yazılımlarından hazırlanan modellerin Sterolitografi (STL) formatı, Sanal Gerçeklik Modelleme Dili (VRML) formatı gibi format türlerinde kaydedilmesi gerekmektedir. Katı model formatlarına dönüştürülen modeller dilimleme yazılımları sayesinde 3D yazıcıların kullanabileceği G-Code'lara dönüştürülür ve sonunda modelin baskısı alınabilir.

3. 3D YAZICI TASARIMI

Çalışma kapsamında kullanımda olan profesyonel 3D yazıcılar incelendi yeni bir tasarımda dikkat edilmesi gereken unsurlar belirlendi. Hazırlanan 3D yazıcı tasarım açısından genişletilebilir, kompakt, sade ve kullanım açısından kolay olması gerekliliğine dikkat edildi. Bununla beraber belirlenen prensipler çerçevesinde ilk olarak 200x200x200 mm³ baskı alabilecek 3D yazıcı tasarlandı. Çalışmada ortaya çıkan yazıcının dış ölçüleri 360x370x520 mm³ ebatlarındadır. Yazıcının dış iskeletinde 1.2 mm sac profil kullanıldı.



Şekil 7. Solidworks tasarım programında hazırladığımız 3D Yazıcı

Yazıcının çizimleri SolidWorks makine modelleme yazılımı ile hazırlandı. İstenilen baskı boyutlarına bağlı olarak dış ölçülerinde değişiklikler yapılabilir ve böylece tekrar dizayn edilebilir. Yazıcının bu

avantajı sayesinde istenilmesi durumunda farklı baskı ölçülerinde modellerin elde edilmesi gerekliliğine ihtiyaç duyulması durumunda, örneğin yüksek ölçülere sahip protez üretimi gibi gereklilik durumlarında yazıcının ebatları, lineer hareket bileşenlerinde gerekli değişiklikler vb. gibi yapıldıktan sonra sanayi boyutunda 3D yazıcıya dönüştürülebilir. Yazıcıda FDM çalışma teknolojisi kullanılmaktadır. Yazıcının en önemli özelliklerinden biri değişebilen baskı ünitesi ile farklı amaçlar için tekrar kullanımı mümkün kılınmasıdır. Örneğin baskı ünitesinin farklı enerji düzeylerine sahip lazer başlıklar ile değiştirilmesi, kullanılan lazer başlığının enerji düzeyine göre yazıcının ya kesici etkisinden yararlanır ya da sadece yazı-çizim baskısı için kullanımı mümkün olur. Yazıcının tasarımı için kullanılan ekipmanlar çizelge 1’de detaylı olarak listelenmiştir. Yazıcının kontrolü için içinde Atmega 2560 mikroişlemci barındıran board kart kullanıldı, lineer hareketler LM08UU rulmanlar ile gerçekleştirildi, lineer hareketlerin sağlanması için destek parçaları Solidworks’ta tasarlandı, Arduino board kartın kontrolü Repetier yazılımı özelleştirilerek yapıldı ve yazıcıdan herhangi bir model alınma sürecinde dilimleme işlemi için Simplify yazılımı kullanıldı.

Çizelge 1: Yazıcıda kullanılan malzemeler;

Malzeme	Açıklama
Nema 17 DC motor	Eksen hareketleri için kullanıldı
LM08UU rulman	Lineer hareketler için kullanıldı
Arduino Mega 2560 Board	Yazıcının kontrol kartı
Ramps V1.4	Mekanik parçaların kontrolü için kullanıldı
MK8 alüminyum seti	Filamentin akış kontrolü için kullanıldı
Power supply	AC-DC dönüştürücü
Reprap ısıtıcı tabla	Modellerin oluşturulduğu ısıtıcı tabla
8 mm Krom Çelik paslanmaz çubuk	Lineer hareketler için
5-8 Kaplin	Z hareketinin sağlanması amaçlı kullanıldı
8 mm vidalı mil	Z hareketinin sağlanması amaçlı kullanıldı

Yazıcının değişken başlığı ve tasarımın değiştirilebilir olabilmesi istenilmesi durumunda sanayi boyutunda baskı alınabilecek boyutlara çıkartılabilir olması gibi birçok özellik yazıcı ile yapılacak çalışmalarda avantajlar arasındadır. Baskı tablası 300x300 mm ya da istenilmesi durumunda farklı baskı alanlarına sahip ve yüksekliği bir metre ya da istenilen yükseklikte çıkartılabilme olanağı bulunan yazıcıya dönüştürülebilmesi, yazıcının en büyük avantajlarından bir kaçıdır. Daha yüksek ebatlara sahip olunması ile örneğin büyük boyutlarda ortez-protez parçalarının tek parça halinde çıkartılması olanağı elde edilmiş olunur.

Geliştirilen yazıcı ile biyomedikal mühendisliği ders materyallerinin yanı sıra medikal materyallerde geliştirilecektir. 200x200 mm baskı alanına sahip yazıcıdan protez el üretimi ve birçok ortez-protez uygulaması modüler olarak geliştirilecektir. Diğer taraftan ders materyalleri arasında anatomi dersinde kullanılabilecek kalp simülatorü ya da hücre ve organellerinin baskı modeli alınabilecektir. Yazıcının değiştirilebilir başlığı sayesinde çift başlıklı yazıcı modeli elde edilebilir. Çift başlıklı yazıcının kullanımının en büyük avantajı birden fazla farklı malzemelerin eş zamanlı kullanılıyor olmasıdır. Suda çözülebilen PVA (Polyvinyl Alcohol) filament ile içi boş kapalı kompleks geometrik çizimlerin çıkartılabilir olması, örneğin kalp simülatorünün odacıkları ile beraber oluşturulması, PVA filamentini kullanarak modellenmesi açısından en uygun metotlardan biridir.

4. SONUÇ

Günümüzde profesyonel amaçlı satışı yapılan 3D yazıcıların en büyük dezavantajı sıradan bir bireyin karşılayabileceğinden fazla bir maliyette olmasıdır. Yapılan çalışma ile kullanımda olan hypercube kartezyen modellenmiş 3D yazıcılar örnek alınmış ve masaüstü kullanımına uygun 3D yazıcı geliştirilmiştir. Çalışmada hazırlanan 3D yazıcı makine mühendislerinin makine tasarımı için kullandıkları Solidworks yazılımı üzerinden tasarlandı. İstenilmesi durumunda kenar ve tabla boyutları değiştirilerek farklı ebatlarda baskı alınmasına imkân tanıyacak 3D yazıcı geliştirilebilir.

Özellikle biyomedikal mühendisliği alanında 3D yazıcıların kullanımı ile yapılacak birçok farklı çalışma olanağı bulunmaktadır. Bu olanaklar arasında mühendislik ders materyalleri – anatomi ders materyalleri vb. gibi, ortez-protez örnek prototip çalışmaları, canlı doku oluşturulması vb. gibi birçok çalışma

sıralanabilir. Farklı fonksiyonlara sahip 3D yazıcıların geliştirilmesi üzerinde yapacağımız çalışmaların yanı sıra hazırladığımız 3D yazıcı ile mühendislik çalışmalarını da kolaylıkla hazırlayabilme imkânı elde edilmiş olacaktır.

Çalışma kapsamında masa üstü kullanıma uygun 200x200x200 mm ölçülerinde 3D yazıcı geliştirildi. Tasarım aşamasında elde edilen birikim, 3D yazıcının bir sonraki aşamada ortez-protez ürünlerinin yerli üretilmesine imkan tanıyacak ölçülerde sanayi boyutunda yazıcıların geliştirilmesi, 3D biyo-uyumlu yazıcıların geliştirilmesi gibi devam çalışmalarına zemin oluşturacaktır. CAD tasarım yazılımları ile hazırlanan ortez-protezlerin üretilmesinin yanı sıra sonraki çalışmada 3D biyo-uyumlu yazıcı modeli ile canlı doku üretimi üzerinde çalışmaların yapılabilmesi açısından biyo-uyumlu 3D yazıcıların geliştirilmesi gibi farklı 3D yazıcıların geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu amaçla edinilen know-how ile biyo-uyumlu 3D yazıcının yanı sıra farklı teknolojileri kullanan 3D yazıcılar da geliştirilip kurulu bir 3D yazıcı laboratuvarı oluşturulması ve kullandıkları teknolojiler açısından çeşitlilik arz eden 3D yazıcılar ile birbirinden farklı çalışmaların elde edilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Schubert C, van Langeveld MC, Donoso LA. "Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs." Br J Ophthalmol. Sayfa 159-161, 2014.
2. Ozbolat IT, Yu Y. "Bioprinting toward organ fabrication: challenges and future trends." IEEE Trans Biomed Eng. Sayfa 691-699, 2013.
3. Ashraf M, Gibson I, Rashed MG. "Challenges and Prospects of 3Dprinting in Structural Engineering." 13th International Conference on Steel, Space and Composite Structures
4. Munaz A. et al. "Three-dimensional printing of biological matters", Journal of Science: Advanced Materials and Devices 1 (2016) 1e17
5. Murphy S.V., Atala A, "3D bioprinting of tissues and organs," Nat. Biotechnol. 32 (2014) 773e785.
6. Mironov V., Kasyanov V., Markwald R.R., "Organ printing: from bioprinter to organ biofabrication line," Curr. Opin. Biotech. 22 (2011) 667e673.
7. Mpofo TP., Mawere C, Mukosera M. "The Impact and Application of 3D Printing Technolog." International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-706
8. <http://www.chocedge.com> 12/2018
9. Lee JY, An J, Chua CK, "Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials, Applied Materials today." Vol. 7, (2017), pp.120-133, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352940717300173?via%3Dihub> 12/2018
10. Ba'rtolo PJ, Gibson I., "History of Stereolithographic Processes, Centre for Rapid and Sustainable Product." Polytechnic Institute of Leiria, Leiria, Portugal
11. Marcincinova LN, Kuric I, "Basic and Advanced Materials for Fused Deposition Modeling Rapid Prototyping Technology." Manuf. and Ind. Eng., 11(1), 2012, ISSN 1338-6549
12. Campanelli SL, Contuzzi N, Angelastro A, Ludovico AD., "Capabilities and Performances of the Selective Laser Melting Process." New Trends in Technologies: Devices, Computer, Communication and Industrial Systems, Meng Joo Er (Ed.), ISBN: 978-953-307-212-8, InTech
13. Kalmanovich G, "Curved-Layer" Laminated Object Manufacturing." Helisys™ Inc.

14. Jasveer S, Jianbin X., "Comparison of Different Types of 3D Printing Technologies." International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 8, Issue 4, April 2018 ISSN 2250-3153
15. <https://www.custompartnet.com/wu/laminated-object-manufacturing> 12/2018
16. <https://news.softpedia.com/news/MakeX-Intros-Affordable-Digital-Light-Processing-3D-Printer-447814.shtml> 12/2018
17. https://solidperfil3d.com/wp-content/uploads/2017/02/PDF-4_Intro-to-SLA-3D-Printing.pdf 12/2018
18. https://www.prusa3d.com/downloads/manual/prusa3d_manual_mk2_en.pdf 12/2018
19. https://www.3dsystems.com/sites/default/files/2017-12/eBook_Selective%20Laser%20Sintering.pdf?id=70134000001cGrI 12/2018