

3 Boyutlu Kartezyen Tipli Yazıcının Tasarım ve Üretimi

İlhan Tarımer¹, Eren Yılmaz^{2*}

^{1,2} Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü / Teknoloji Fakültesi / Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
(eyilmaz0560@gmail.com)

Özet – Bu çalışma, sigortalı biriktirme modellemesi (eritmeli yığma modeli) yöntemine dayalı olarak sade, şık ve kartezyen tipinde üç boyutlu bir yazıcı tasarım ve üretiminin yapılması ile ilgilidir. Yapılan yazıcı modellemesinde, poliaktik asit plastik malzemesi, yüksek sıcaklık ile eritilmekte ve nozzle donanımıyla katmanlar halinde dikey doğrultuda dökülerek üretim yapılmaktadır. Tasarım aşamasında 3 boyutlu yazıcının temel konstrüksiyon ve ana metal gövde perspektif şekilleri ile cihazda kullanılacak olan metal gövde destek ve alt kısım parçalarının çizimleri yapılmıştır; ayrıca 3 boyutlu yazıcıya ait parçaların üretimden önceki son halleri optimize edilerek tasarlanmıştır. Montaj ve üretim aşamalarında tasarlanarak çizilen 3 boyutlu yazıcının tüm parçaları PLA filamentleri kullanılarak başka bir 3 boyutlu yazıcıda yazdırılmış; böylelikle yeni bir 3 boyutlu yazıcının tüm parçaları montajlanarak üretimi tamamlanmıştır. Bu çalışmanın özünü teşkil eden ve özgün bir tasarım ile üretilen kartezyen tipli üç boyutlu yazıcı X, Y ve Z eksenlerini kullanarak sağa sola, öne arkaya ve yukarı aşağı yönlü hareketlerini temin edebildiği görülmüştür. Nihai ürün olarak elde edilen 3 boyutlu yazıcının PLA maddesini eriterek biriktirdiği ve böylece 3 B baskı işlemini gerçekleştirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üç Boyutlu Kartezyen Yazıcı, Biriktirme Modelleme, PLA,

Designing and Manufacturing of a Cartesian Type 3 Dimensional Printer

Abstract – This study is dealt with designing and manufacturing of a simple, elegant and Cartesian three-dimensional printer based on the fused deposition modeling method (melt stacking model). In the modelling of 3D printer made, plastic material called polylactic acid is melted with high temperature and produced by pouring from the bottom upwards in layers with nozzle equipment in the state of layers. In the processes of designing this 3D printer, basic structural and perspectives of the main metallic body, and metallic supportive parts also bottom parts of the printer have been drawn on a computer software. In addition to these, all the belongings to the printer have been optimized once again, and then the last conditions of these have been designed before the production. All parts of this printer have been obtained by using PLA filaments on another 3D printer during production and mounting processes. At the end of these processes, all the segments of the printer have been completed by mounting. The 3D printer which presents the originality and also produced by a special design, is a cartesian type, and we've seen three actions that it directed to 3 dimensions as X, Y, and Z axis. The 3D printer that is obtained as a final product for this study, can deposit PLA material as melting, and can make a 3D printing duty.

Keywords: 3D cartesian type printer, fused deposition modelling, PLA

1. GİRİŞ

3 Boyutlu baskı sanal ortamda tasarlanmış herhangi şekildeki bir 3 boyutlu nesnenin katı formda basılması işlemidir ki bu işlemi gerçekleştiren cihazlar, değişik türlerde ve tekniklerde baskı yapabilen 3 boyutlu yazıcılar vardır. Yaygın kullanılan 3 B bir yazıcının çalışma prensibi, bilgisayar çizim tasarım programında hazırlanmış herhangi bir 3 boyutlu bir nesnenin sanal olarak katmanlara bölünmesi ve her bir katmanın eritilerek dökülen hammaddenin üst üste gelecek şekilde basılmasına dayanır.

3 B yazıcı teknolojisi sürekli geliştiğinden, 3 B yazıcıların gelişim ivmesi 2010 yılından itibaren hızla artmaktadır. Makalenin bu kısmında, önceki yıllarda yapılmış olan çeşitli araştırma ve geliştirmelerden örnekler verilmektedir.

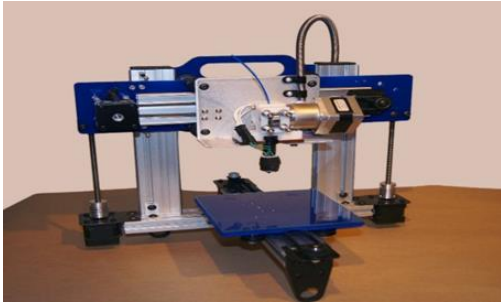
Çelik, yapmış olduğu YL tezinde, 3 B yazıcı tasarım, prototip ve tersine mühendislik uygulamalarını ele almıştır (Çelik, 2016). Gökçearslan, 3 B bir yazıcının grafik tasarım alanına yansımalarını göstermiştir (Gökçearslan, 2017). Taylan, vd., kitaplarında Seçici Laser Ergitme Yöntemi İle Üretilmiş Malzemenin EDM ile İşlenebilirliğini incelemiştir (Taylan vd., 20). Demir vd., makalelerinde, 3 B yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımını ve Türkiye'deki uygulamaları incelemiştir (Demir, vd., 2016).

Bu bildirinin iş akışı şu şekilde düzenlenmiştir: 2. Bölümde, 3 boyutlu bir yazıcının tanıtımı ve anlatımı yapılmıştır. 3. Bölümde, 3 boyutlu bir kartezyen yazıcının üretimi ve tasarımı yapılmıştır. 4. Bölümde, sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

2. 3 BOYUTLU YAZICI TANITIMI

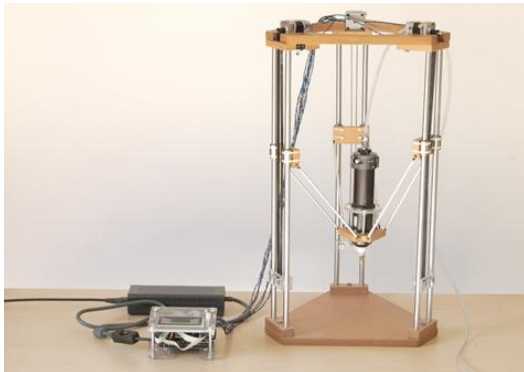
Sanal ortamda tasarlanmış 3 boyutlu nesnelere katı formda somut nesnelere dönüştüren makineler, 3 boyutlu yazıcılardır. 3 B baskı teknolojisi ile ihtiyaç duyulan herhangi bir aparat, bir nesne basılabilir, 3 B tarayıcı ile taranan bir cismin çıktısı alınabilir, çizilen bir tasarım prototipleyebilir, kendi ürününüz oluşturulabilir, kısacası 3 boyutlu yazıcılar ile istenen her şey basılabilir.

3 Boyutlu yazıcıların kartezyen, delta ve çekirdek XY çeşitleri bulunmaktadır. Kartezyen mantığında çalışan 3 boyutlu yazıcılar genellikle bilgisayar kontrollü X (sağa sola), Y (öne arkaya), ve Z (yukarı aşağıya) yönlerini kartezyen platformuna bağlanmış termoplastik püskürtücüden elde ederler. Bu yazıcıların iskeletleri çelik çubuklar veya profillerden oluşur. Bağlantı elemanları ya geleneksel yollarla imal edilmiş ya da bir başka 3 boyutlu yazıcıdan bastırılmış plastik parçalardır. X ve Y eksenindeki hareketler eksantrik triger kayışı tarafından sağlanırken, Z eksenindeki hareket ise vidalı miller kullanılarak step motor sayesinde elde edilir. Şekil 2.1’de kartezyen tip bir 3 boyutlu yazıcının görüntüsü verilmiştir.



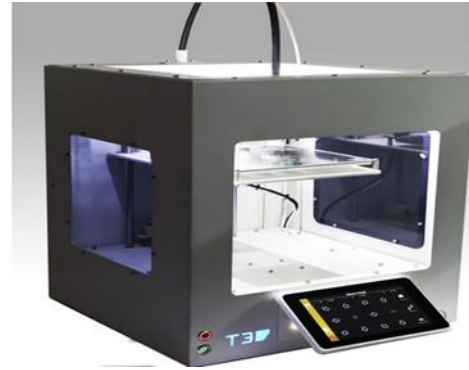
Şekil 2.1 – Kartezyen Tip 3 Boyutlu Yazıcı

Delta tip yazıcılar X, Y ve Z eksenlerinin miller üzerinden "ip" diye tabir edilen tutucu aparatlarla çekme itme kuvvetinin ve doğal olarak torkun sağlanması sonucu çalıştırılırlar. Millere akupile edilmiş adım motorları sayesinde eksenlerin aşağı yukarı hareketi sağlanır (Z yönlü hareket). Core XY tipli yazıcılar "X" ile "Y" eksen hareketlerini aynı anda sağlarken, delta tipli yazıcılarda "X", "Y", "Z" eksen hareketleri daha sistematiktir. Bu yazıcının, diğer yazıcılara göre baskı boyutu genelde çok daha fazla olduğu görülmektedir. En büyük ürün tasarımlarının, bu tip yazıcılardan alındığı bilinmektedir. Delta tipi bir yazıcının ısıtıcı tablası daire şeklindedir. Şekil 2.2’de Delta tip 3 boyutlu bir yazıcının görüntüsü verilmiştir.



Çekirdek tipli yazıcılar, kartezyen tiplilere göre daha az elektrik harcamalarından dolayı genelde endüstriyel amaçlı olarak kullanılır. Bu tip yazıcıların (COREXY) çalışma aşamalarında "x" ve "y" ekseninin hareketi, aynı anda sağlandığı için basım süresi düşüktür. Bu da elektrik tüketimini en aza indirir.

Endüstri tipi 3 B yazıcılar, tamamen kayış sistemi üzerinden eksen hareketlerini sağlamaktadır. Dolayısıyla diğer yazıcılara göre daha hızlı çalışırlar. Ayrıca yapısı itibari ile kapalı bir kutu oluşturduğu için "ABS" filament basımı daha kolaydır. Kapalı olan bu ortam, ayrıca ısı yalıtımını sağladığından elektrik tüketimini de düşürmektedir. Bu tip yazıcıların baskı boyutları kartezyene göre daha büyüktür; genelde biyo-medikal sektörüne yönelik tasarımları haizdir (DBOT ve HBOT tasarımları). Şekil 2,3’de çekirdek tip 3 boyutlu bir yazıcının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.3 – Core XY Tip 3 Boyutlu Yazıcı

3 B yazıcılarda FDM teknolojisini kullanan modellerinin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu modeller mekanik, elektronik, yazılımsal ve ısıyla ilişkisi bulunan bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşur. Mekanik parçalar; eksen ve hareket milleri, vidalı (bilyalı) miller ve lineer rulmanlar, profil ve raylar, dişli kayışlar, gijonlar (saplamalar), kramayer dişlisi ve pinyon, kaplin ile sıcak baskı ucu olmaktadır. Elektronik parçalar ise kontrol kartı, güç kaynağı, sınır anahtarı (end stop), sıcak baskı zemini (heat bed), step motorları, soğutucu fanları ve filamentler ’dir.

Ayrıca, 3 B bir yazıcı için yazılım ve ısıyla ilişkisi olan bileşenler; G – Code, CAD tasarım uygulama ve model çıkartımı, baskı ayarları, filament ayarları, dilim yazılımı (repetier-host), repetier ayarları, printer ayarları, repetier genel ayarları, sınır anahtar ayarları (end stop), ısı ayarları ve kullanıcı arayüz ayarlarıdır.

2.1. 3 Boyutlu Yazıcılardaki Baskı Teknikleri

FDM (Fused Deposition Modeling – Birleştirmeli Yığma Modellemesi): 3 B baskıda en yaygın kullanıma sahip

tekniktir. Tabanın en altından başlayarak Z koordinatı boyunca katmanları serer.

MJP (Multi – Jet baskı): Termoplastik malzeme kullanan mürekkep püskürtmeli yazıcılara benzer bir 3 B yazdırma işlemidir.

DMS (Direct Metal Sintering): 3 B yazıcı yatağına ince metal tozlar serpilerek lazer ışınları yardımıyla bir araya getirilmesi ile sonuca ulaştırılmaktadır.

CJP (Color- Jet Baskı): Özel bir toz üzerine renkli likitin püskürtülmesiyle ve tasarım ürünün sertleşmesi ile ortaya çıkmaktadır.

SLS (Seçici Lazer Sinterleme: Katılaştırma): İşlem bir lazer ile yapılır. Bu malzemelere naylon, cam, seramik, alüminyum gibi örnekler verilebilir.

SLA (Stereolitografi): 3 B yazıcılarda akışkan özel bir plastik hammadde işlenerek katı forma dönüşüyor ve baskı elde edilir.

LOM (Tabakalı Nesne İmalatı): Hammadde ısı ve basınç ile eritilir, bilgisayar kontrollü bir bıçak veya lazer ile kesilerek şekillendirildiler. Hızlı prototipleme imkânı sağlar.

2.2. 3 Boyutlu Yazıcılarda Filament Kullanımı

3 B yazıcılarda birleştirilmeli yığma (veya katmanlı üretim modeli) denilen baskı teknolojisini haiz 3 B yazıcılarda kullanılan filamentler önemlidir. Bu tip yazıcılarda baskı kalitesini filamentlerin üretim türlerinden kaynaklanan kaliteleri belirler.

3 B yazıcılardaki filamentler, extruder tarafından itilerek ısıtma işlemi gerçekleştirilir ve nozzle ucundan eritilmiş plastik akıtılarak yığmalı ya da katmanlı olarak katı nesne ortaya çıkartılır. 3 B yazıcılar için ticari anlamda bulunabilen filament türleri; ABS, PLA, PETG, HIPS ve PVA'dır. Bu filament ürünlerinin açıklamaları alt kısımlarda yapılmaktadır.

ABS filament; 3 B bir yazıcıda sorunsuz ve kaliteli baskılar alınabilecek plastik ürünlerdir. LEGO parçaları da ABS'ye bir örnek olarak verilebilir. PLA filament; mısır nişastası ve şeker kamışından üretilen organik bir termoplastiktir. İnsan sağlığına zararlı değildir. ABS ile kıyaslandığında daha parlak bir görüntüye sahiptir. PETG filament; meşrubat, yiyecek ve içecek kapları, mutfak gereçleri, kurabiye kalıpları ve sentetik fiber gibi kullanım alanları vardır. ABS ve PLA'ya alternatif olan PETG, ABS'den daha güçlü ve esnek bir yapıya sahiptir. HIPS filament ise 3 B yazıcılar için en sağlam plastik ürünlerdir. Bunlar, ABS filamentleri ile kullanılan eriyebilen bir termoplastiktir. HIPS filamentini kullanarak kaliteli ve sağlam destek yapıları üretilir. PVA filament; karışımli bir yapıda olup suda eriyebilen bir termoplastiktir. 3 B yazıcılarda PVA filament ile daha kaliteli ve sağlam destek yapıları üretilir.

2.3. 3 Boyutlu Yazıcılarda PLA ve ABS Filament Karşılaştırılması

Tablo 2.1'de, halen yaygınlıkla kullanılmakta olan PLA ile ABS cinsi filamentlerin teknik özellikleri karşılaştırılmaktadır.

Tablo 2.1 – PLA – ABS Isıl Özellik Tablosu

Isıl Özellikler	PLA	PLA Plus	ABS	ABS Plus
Erime Akış İndeksi	10.3cm ³ /10dk	3.4 cm ³ /10dk	9.7cm ³ /10dk	15.9cm ³ /10dk
Kırılganlık Sıcaklığı	60 – 65 °C	60 – 65 °C	105 °C	108 °C
Gevşeme Sıcaklığı	70 – 80 °C	70 – 80 °C	110 – 125 °C	110 – 125 °C
Erime Sıcaklığı	160 – 190 °C	160 - 190 °C	210 – 240 °C	210 – 240 °C
Basım Sıcaklığı	190 – 220 °C	205 – 225 °C	230 – 250 °C	220 – 260 °C
Yatak Sıcaklığı	50 – 70 °C	60 – 80 °C	80 - 120 °C	80 – 120 °C

Tablo 2.1'den, çok kullanılan termoplastik filamentlerin ısıl özelliklerinin ayrıntılarının bir karşılaştırması görülebilir. Bu tabloya göre, PLA cinsinin daha düşük ısıda, ABS'nin ise daha yüksek ısıda plastiği ergiterek nesne oluşturabileceği anlaşılmaktadır.

3 B yazıcı çalıştırma aparatları kullanımı dahilinde PLA termoplastiklerinin daha uygun olduğu bilinmektedir. 3 B yazıcı için basım sırasında en çok yaşanan sorunlardan biri eğilme/kalkmadır. Bunun nedeni, basım sırasında ilk katmanlardaki malzemenin soğumasından dolayı malzemenin büzülerek yataktan ayrılması ve diğer katmanları etkilemesidir. Bir diğer sorun ise basılan parçanın üst katmanlarında çatlaklar oluşmasıdır. ABS kullanırken bu sorunlarla karşılaşmak daha olasıdır. Bu nedenle, ABS ile yüksek bir basım kalitesi yakalayabilmek için birkaç basım denemesine ek olarak 3 B yazıcı için uygun ince mekaniksel ayarlar da yapılmalıdır.

PLA filamentlerinin kullanılması halinde ilk katmanlarda kalkma ve daha sonraki katmanlarda çatlama sorunları ile karşılaşılır. PLA ile basılan nesne, ABS'ye nazaran yataktan daha kolay ayrılabilir. ABS basım için daha yüksek sıcaklığa gerek duyar. Bu filamentlerin kullanılması halinde ise ilk katmanlarda kalkma ve sonraki katmanlarda çatlama sorunları sıkça ortaya çıkabilir. Bu sorunları aşmak için yatağa yapışma türü olarak raft denilen bir çeşit yapıştırıcı jeli kullanılır. Ayrıca, fan ile aşırı soğutmadan kaçınılması gerekir. 3 B yazıcı için PLA kullanımında ilk katmanlar için yapıştırıcı jel ve saç spreyi yardımcı olurken, ABS'de ise daha pahalı olan şerit bant ve ucuz bulunabilecek güçlü saç spreyi önerilir.

Polimer malzemeler ile üretimlerde genellikle bir koku hissedilir. Bu koku, kullanılan malzemeye ve basım sıcaklığına göre değişir.

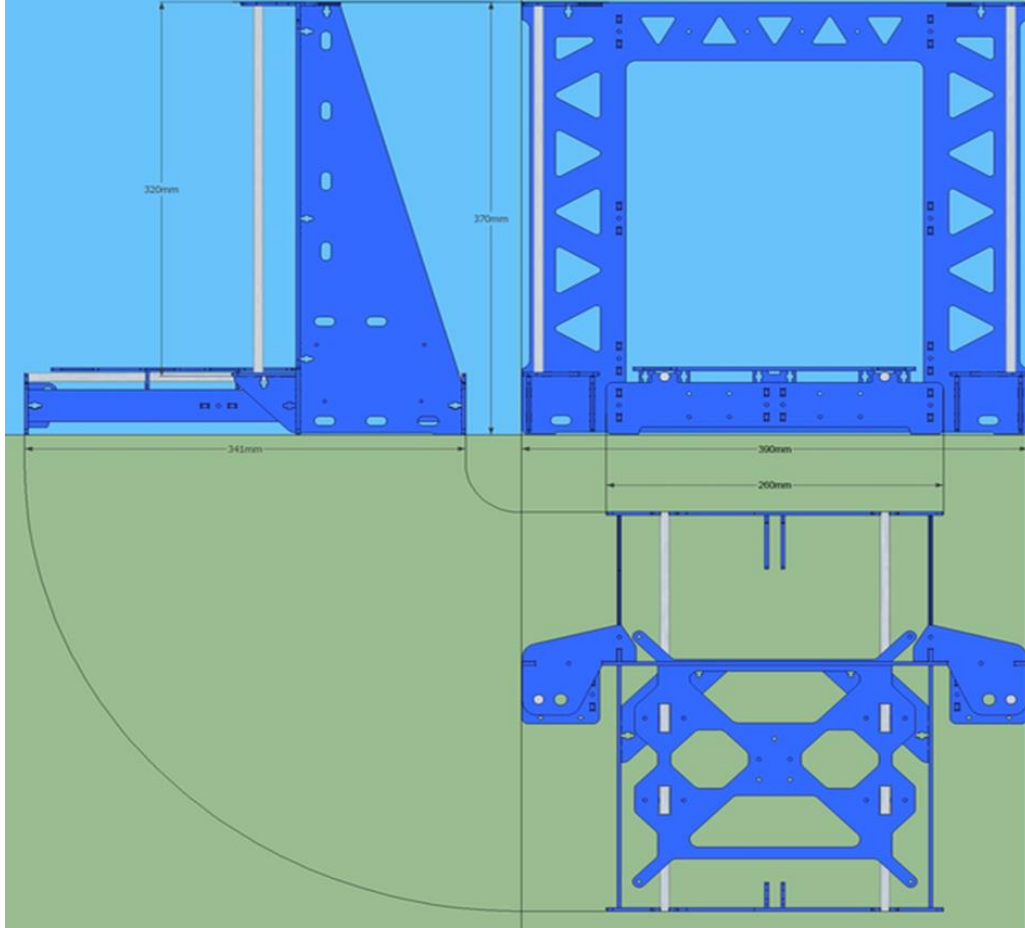
PLA organik biyopolimer bir malzemedir ve bitkilerden üretilir; doğada kolayca parçalanabilir. ABS biyopolimer olmadığı için doğada parçalanamaz, ancak yine de geri dönüştürülebilir bir üründür.

3. 3 BOYUTLU KARTEZYEN BİR YAZICININ TASARIMI VE ÜRETİMİ

Bu çalışmada geleneksel yöntem kullanılarak önce, 3 boyutlu bir kartezyen yazıcı tasarlanmıştır. Bunun ardından yazıcının üretim aşamalarına geçilmiştir.

3.1. 3 Boyutlu Yazıcı Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Bu kısımda, özellikle 3 B kartezyen tip yazıcının tasarım ve yapım şekillerine yer verilmektedir. Bu şekiller, ölçülendirilmiş olup gerekli olanların ana metal gövde perspektif resimleri ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

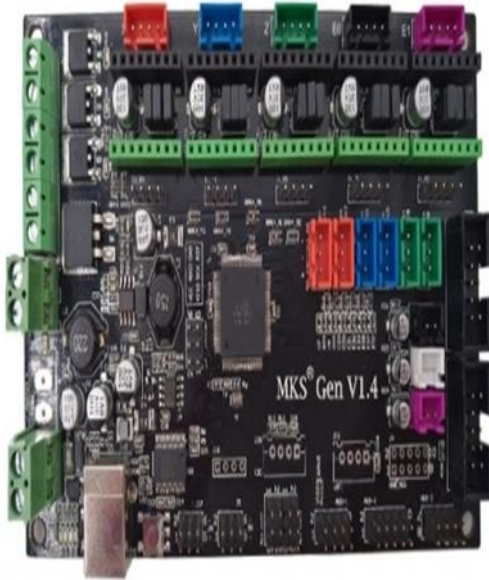


Şekil 3.1 – Ana Metal Gövde Perspektifi

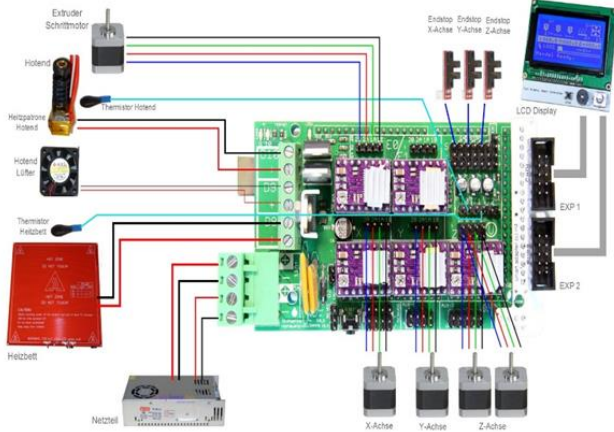
Şekil 3.1’de ana metal gövdesi tasarım çizimi görülmektedir. Bunun adı Ana Metal Gövde Prusa I3’tür. 3 B yazıcıyı meydana getiren omurga yapısı, bu yapım şeklindeki ölçülere göre üretilmiştir. Bu metal gövdenin en önemli özelliği yazıcının kartezyen tipinde tasarımı düşünüldüğünden dolayı eksenlerin daha rahat hareket etmesine (X eksenin sağa – sola, Y eksenin öne – arkaya ve Z eksenin yukarı – aşağı yönde hareketine) kolaylık sağlamasıdır. Bu neden, yaklaşık 6 kg. ağırlığındaki ana metal gövdenin 2 kısımdan oluşmasına yol açar.

3 B yazıcının kontrol kartı, Mks Gen v1.4 adlı bir ticari ürün olup yazıcıdaki her türlü işlevi kontrollü olarak yürütmektedir. Bu kartın elektronik yapısında, Arduino Mega 256 ile RAMPS 1.4 kartlarının birleşiminden oluşan bir devre modülü kullanımı tercih edilmiştir. Mks Gen v1.4 kontrol kartı, tasarlayıp üretilen 3 B yazıcıda, kullanılan 5 adet adım motorunun kontrolünü, nozzle ucunun ısıtılmasını, SD kart veya usb bağlantısıyla bilgisayardan gelen program komutlarının motorlar tarafından algılanmasını, heat bed (baskı yatağı)’in ısıtılmasını, motorların kendilerine komutlar vasıtasıyla verilmiş olan sınırların belirlenmesini, yazıcı

üzerindeki sıcaklığın kontrol edilmesini, soğutucu fanların belirtilen hız limitleri doğrultusunda çalıştırılmasını sağlamaktadır. Mks Gen V1.4, 12V-24V güç aralığında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu kart, 3 B yazıcılar için mevcut Marlin, Repetier ve Sprinter gibi editör yazılımlarını desteklemektedir. Şekil 3.2’de Mks Gen v1.4 kontrol kartının üst görünümü ve Şekil 3.3’de ise bu kartın, tüm 3 B yazıcı modülleri ile olan elektronik bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 3.2 – MKS Gen v1.4 Kontrol Kartı



Şekil 3.3 – MKS Gen v1.4 Kontrol Kartının Modül Bağlantı Şeması

3 B yazıcılar için 12864 model grafik LCD akıllı kontrol ekranı yaygın olarak kullanılmaktadır. % 100 Ramps cihazlarla uyumluluğu ve LED'li arka aydınlatmaya sahiptir. 128x64 piksel görüntü verebilir ve SD kart okuyucu özelliği mevcuttur. Üzerinde acil durum butonu bulunur.

3 B yazıcılarda ürün çıktısının alındığı alt tabla, ısı yatağı olarak bilinir. Isıtılarak 3 B yazıcının baskı esnasında nesnenin zemine uyum sağlamasını sağlar. PLA'lar için ısıtma yatağı 105 – 110 derece arasına kadar ısıtılmaktadır. Geniş bir blok aracılığıyla ısıyı zemine eşit olarak dağıtabilir. Geliştirilen 3 B yazıcıda 5 adet adım motoru kullanılmaktadır. Bunlar, NEMA 17 hibrid tipi bir step motoru olup unipolar veya bipolar şekilde kullanılabilirler. Motorun boyutları; 42,3 mm x 42,3 mm x 48 mm dir. Ağırlığı 350 gr.dır (Şekil 3.3). Motorlar 3 B yazıcının X, Y ve Z eksenlerinin hareketlerinin belirlenmesini sağlar; eksenleri hareket ettirir. 3 B bu yazıcıda kullanılan step motorları, güçlerini bağlantılı oldukları kontrol kartından almaktadır.



Şekil 3.3 – Bipolar Nema 17 Adım Motor

Şekil 3.3'de görülen bu step motoru, geliştirilen 3 B yazıcıda kullanılmış olup 3 B yazıcının eksenleri üzerine yerleştirilmiştir. Eksenlerin tablanın sonuna geldiklerinin anlaşılması ve mekanik sistemin zarar görmemesi için step motorlarının hareketleri, mikro switch'ler (son-anahtarlar) vasıtasıyla sonlandırılır.

Bu çalışmada üretilen 3 B yazıcı cihazının güç beslemesi, bir güç kaynağından yapılmaktadır. Bu kaynak, şebeke gerilimini (220V), 3 boyutlu yazıcılar için gerekli olan 12V değerine düşürürler ve tüm cihazın elektrik beslemesini sağlarlar.

3 B yazıcı cihazında bulunan 3 adet soğutucu fanı güç kaynağından beslenen kontrol kartı, motor sürücülerini ve diğer donanımların aşırı ısınmasını önler. 3 B yazıcı tasarımında, mutlaka ramps'lar bulunur; buralarda ısınmayı minimize etmekte kullanılan soğutucular takılı haldedir.

Geliştirilen bu 3 B yazıcıda, X-Y-Z eksenleri için dikey ve yatay yönde yerleştirilmiş 6 adet rulman kullanılmıştır. Filament bobinini döndürmek üzere 4 tane rulman kullanılmıştır. Rulmanlar, motorlar ile miller arasında bağlantıyı sağlar; yük kapasitesinin tutundurulmasını yerine getirir. Kartezyen tipli 3 B bu yazıcıda toplam 10 adet lineer rulman kullanılmıştır.

3 B bu yazıcıda eksenlerin hareketleri miller vasıtasıyla sağlanmaktadır. Eksenlerin ileri – geri, sağa – sola ve yukarı – aşağı yönlü olarak hareket etmesindeki en büyük paya sahiplerdir. Genellikle rulmanlar vasıtasıyla hareket ederler. Kartezyen tipli bu yazıcıda 6 adet 8 mm'lik krom kaplı mil kullanılmıştır. Bunlar X eksenini için 37 cm, Y eksenini için 36,5 cm ve Z eksenini için ise 32,5 cm boyundadır. Vidalı miller ise 3 boyutlu yazıcının Z eksenini dikey olarak montaj edilen 2 adet motor ile bağlanarak aşağı – yukarı yönlü hareketi sağlamaktadır. Motor ve vidalı miller lineer rulmanlar vasıtasıyla birbirine bağlıdır.

Kasnak dişlisi ve kayış, GT2 modeli olup 20 dişli ve 6 mm'lidir. Bu dişli, step motorlardan şaft çığına göre sınıflandırılır. Kayışlar ise X ve Y eksenleri üzerindeki hareketi sağlamaktadır. Motorların hareket ettirmesiyle X eksenini, sağa – sola; Y eksenini de öne – arkaya kayışlar gidip gelirler. Burada kayışların gerginliğinin ayarlanması, oldukça önemlidir. Çünkü kayış gerginliği, motorun hareket kabiliyetine doğrudan etki eder.

3 B bu yazıcıda nema 17 step motoru kullanılmıştır. Bunun mil çapı 5mm'dir. Kullanılan 2 step motorunun mili ile 8 mm'lik vidalı millerin birbirlerine bağlantısı, kaplin denilen aparat ile sağlanmıştır. Kartezyen tipli bu yazıcıda 2 adet

kaplin kullanılmıştır. Bu ara elemanın kullanım amacı motor ve vidalı mil eksenlerinin ayrılmaması ve kaymalarının engellenmesidir. Böylelikle dönme hareketi sürekli ve devamlılığını korumaktadır. GT2 rulmanlı avare kasnak ise ısı yatağının (Heatbed), alt tablasının ileri geri hareketini yapmasını sağlamakta kullanılan bir ara parçadır.

Bu çalışmadaki 3 B yazıcının aksel hareketlerinin kontrollü olarak sağlanması için step motorlarının adım açıları (yönleri) bir ara yüz üzerinden kontrol edilmiştir. Bu adım sayıları tam adım, yarım adım, çeyrek adım, 1/8 adım ve 1/16 adım olarak işletilir.

Üretilen 3 B yazıcıda kullanılan ekstruder, hotend termistör ve nozzle elemanları, 3 boyutlu yazıcıların çıktı veren en sıcak parçalarıdır. Hotend sıcak ucun ısınmasını sağlayan, 12V ile çalışan 40W'lık bir seramik ısıtıcıdır. Silindirik bir şekli vardır ve sıcak ucun hemen üzerindeki metal bölmeye girer. Termistör (sıcaklıkölçer) ise hemen bunun yanında yer alır ve sıcak ucun kaç dereceye ısındığını ölçer. Nozzle, sıcak PLA filamentinin baskı için çıktığı kafa noktasıdır. Çapı genellikle 0,4 mm olan tercih edilmektedir.

3 B yazıcımızda kullanılan diğer parçalar, plastik aksamlar sınıfında bulunmaktadır. Çok sayıda bu nesnelere, başka bir 3 B yazıcıda üretilmişler; çalışmada geliştirilen bu 3 B yazıcıya monte edilmişlerdir.

3 B kartezyen tip yazıcı tasarımında ücretsiz indirilip kullanılabilen "Repeater-Host V.2.1.3" dilimleme programının kullanımı tercih edilmiştir (<https://www.repetier.com/>). Dilimleme işlemi, tasarlanan 3 B nesnenin baskısının, katmanlar halinde dilimleyerek basılması sağlamaktadır. Bu program kullanılarak, 3 B nesnelerin çizimi yapıp görünümü elde edilir. Yazıcıdan 3 B nesne çıktısını almak için çizim dosyası SD karta kayıt edilir. Save for SD Print seçilirse SD karta STL uzantısı ile kayıt yapılır. Ardından bu kaydedilmiş dosya, SD kart ile 3 B yazıcının LCD panelinde sokete takılarak dosya yazıcı tarafından kullanılmak üzere hazır hale getirilir.

3.2. 3 Boyutlu Kartezyen Yazıcının Tasarım Maliyeti

Tablo 3.2'de bu çalışma kapsamında geliştirilerek üretilen 3 B kartezyen tip yazıcının prototipine ait maliyet listesi verilmiştir.

Tablo 3.2. 3 Boyutlu Prototip Kartezyen Tip Yazıcı Maliyet Tablosu

Malzeme Adı	Birim Fiyatı	Adet/m	Gereken Miktar	Fiyatı (TL)
Ana Metal Gövde	145	Adet	1	145
Yazıcı Kontrol Kartı (MKS Gen v1.4)	280	Adet	1	280
12864 Grafik LCD Akıllı Kontrol Birimi	79	Adet	1	79
Bipolar Nema 17 Step Motor	48	Adet	5	240
Mil Sabitleme Burcu 8mm	3,5	Adet	6	21
GT2 Kayış 6mm.	11	Metre	2	22
MK3 Isıtıcı Tabla	84	Adet	1	84
8 MM Krom Kaplı indüksiyonlu Mil	32,20	Metre	2,2	70,84
GT2 Rulmanlı Avare Kasnak 16T 3mm	15	Adet	2	30
MK8 Paslanmaz Çelik Extruder dişlisi	12	Adet	1	12
GT2 Kasnak 20 Dişli, 6mm kayış için	11	Adet	2	22
DC 12 Volt 50x50x10mm Fan	11	Adet	1	11
MR105zz Bilyalı Rulman	5,6	Adet	1	5,6
LM8UU Lineer Rulman	5,25	Adet	12	63
Mekanik Limit Switch (Endstop)	7,5	Adet	3	22,5
Salyangoz Fan, DC 12 volt AV-5015S	16	Adet	1	16
DC 12 Volt 40x40x10mm Fan	9,9	Adet	1	9,9
Spiral Kablo Düzenleyici Siyah	5,5	Metre	2	11
Siyah PLA 3D Printer Filamenti 1.75mm	85	Kg	1	85
Güç Kaynağı 12V 30 Amper	60	Adet	1	60
A4988 Step motor sürücü	12	Adet	4	48
J-Head, E3D V6 Metal Ekstruder Hotend	69	Adet	1	69
			Toplam	1406,84

Tablo 3.2, bu çalışma kapsamında tasarlanarak üretilen 3 B yazıcının üretim maliyetini göstermektedir. Tablodaki toplam rakama bakıldığında, bu 3 B yazıcının benzerlerine göre 1/3 oranında ucuza mal edildiği anlaşılabılır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma için tasarlanarak üretilen 3 B kartezyen tip yazıcı, montaj edilerek çalıştırma ve deneme baskıları yapılmıştır. Fakülte ve işyeri imkânlarıyla geliştirilen bu ürünün maliyetinin benzerlerinden 1/3 oranında daha düşük olduğu, ciddi bir tasarruf sağlayabileceği görülmüştür. Ayrıca bu cihazla yapılan test baskılarının da oldukça kaliteli şekilde sonuçlandığı anlaşılmıştır.

Bu 3 B yazıcı cihazı, yığılmalı sistem bir iş süreci ile işlemektedir. Bu teknik ise, çıktı olarak alınan 3 B nesnelere kırılabilirlik olmasına engel olmaktadır. Bu da geliştirilmiş olan 3 B yazıcımıza ayrı bir katma değer sağlamaktadır.

Bu 3 B yazıcısı, SD kart üzerinden dosyaların LCD paneline aktarılması suretiyle çalıştırılmaktadır. Bundan sonraki süreçte, Wifi bağlantısı ile (internet üzerinden) 3 B yazıcıyı doğrudan çalıştırabilmek hedeflenmektedir. Ayrıca kartezyen tipteki yazıcıların en büyük dezavantajlarından birisi olan arka kısmında oluşan kablo fazlalığının kablo kanallı bir metal gövde ile giderilebilecektir.

3 B nesnenin üzerinde oluşacak olan tırtıklı yapıyı en aza indirerek yazdırma kalitesini en üst düzeye çıkartmak için baskı katman kalınlıkları daha da azaltılabilir. Böylelikle ürün görünümünün daha iyileşmesi sağlanabilir. Yazdırma hızı ve ısı yatağı sıcaklığının artırılması da baskı esnasındaki katman kalınlığının kalınlaşmasına sebebiyet vermekte, inceltilmesi için hızın düşürülmesi gerekmektedir. Böylece baskı kalitesi daha da arttırılabilir.

Baskı işlemi yapıldığı esnada çevresel faktörlerin de dikkate alınması gerekir. Yazdırma esnasında ortamda rüzgâr meydana getirecek cam, kapı gibi yerlerin açık tutulmasının yazdırmayı doğrudan etkilediği unutulmamalıdır. Böyle durumlarda baskı malzemelerinin ani soğuması kalitesiz baskıyı meydana getirebilir. Ayrıca alt tablaya baskıdan önce mutlaka yapıştırıcı jel sürülmesi faydalı olabilir. Böylelikle baskıdan çıkan ürün cama yapışacak ve sabitlemesi sağlanır. Ürünün yer değişikliği veya ani hareketle kayması olmayacaktır.

Son zamanlarda sağlık sektöründeki yapay organların 3 boyutlu yazıcılar sayesinde oluşturulmasının gerek maddi gerekse manevi olarak herkesi etkilemektedir. Bu nedenden dolayı ülkemizin kalkınması ve daha fazla üretim ile istihdam sağlaması açısından bu sektör, çok önemli hale gelmiştir. Yakın gelecekte özellikle tıp alanı başta olmak üzere, şehir planlama, savunma sanayisinde, otomotiv sektöründe, gıda koruma ürünleri, üretim alanının her safhasında bu teknolojiye yararlanılacaktır. Bu sürecin sonunda 3 B yazıcının alt yapısının gelişerek 4 B yazıcıya doğru geçiş yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: <http://hitit3d.blogspot.com/2016/12/uc-boyutlu-yazici-tipleri.html> adresinden alınmıştır. (2019, 05 23)

2. İnternet: <https://3dclayprinting.com/build-your-own-ceramic-delta-3d-printer/> adresinden alınmıştır. (2019, 05 23)
3. Demirbaş, Y. (2015). Uygulamalarla 3 Boyutlu Yazıcı Yapımı ve Kullanımı. İSTANBUL, Abaküs Yayın Dağıtım
4. İnternet: <https://www.artiboyut.com/index.php/tr/bilgi-bankasi/39-3d-yazici-filament-ozellikleri> adresinden alınmıştır. (2019, 05 23)
5. İnternet: <https://www.robotlinkmarket.com/mks-gen-y1-4-3d-printer-kontrol-karti.html> adresinden alınmıştır. (2019, 05 24)
6. İnternet: <https://www.robotistan.com/bipolar-nema-17-200-adim-42x48mm-4v-step-motor> adresinden alınmıştır. (2019, 05 24)
7. İnternet: <https://akademikadam.com/3d-printer-malzemeleri-nelerdir-3-boyutlu-yazici-malzemeleri/> adresinden alınmıştır. (2019, 05 25)
8. İnternet: <http://www.robotpark.com.tr/A4988-Step-Motor-Surucu> adresinden alınmıştır. (2019, 05 25)
9. İnternet: <https://www.repetier.com/> adresinden alınmıştır. (2019, 05 26)
10. Derya ÇELİK, “ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIM, PROTOTİP ve TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI”, YÜKSEK LİSANS TEZİ, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, Sayfa: 17-18, (2016).
11. Taylan F. ve Salman Ö. ve Kayacan C. , Seçici Laser Ergitme Yöntemi İle Üretilmiş Malzemenin EDM ile İşlenebilirliği.
12. Demir, E. B. K., Çaka, C., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H. ve Kuzu, A. (2016). 3 B yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye’deki uygulamalar. Ege Eğitim Dergisi, 481-503.