

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



3D PRINTERLAR VE BİR DELTA ROBOT PRINTER
TASARIM ÖRNEĞİ
BİTİRME TEZİ

Hazırlayanlar

Burcu UÇAŞ	2014010225023
İrem DUMAN	2015010225033

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Aytül BOZKURT

KARABÜK-2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
KABUL VE ONAY	x
ÖZET	xi
TEŞEKKÜR	xii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1.ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	2
1.2.ÜÇ BOYUTLU YAZICI TANIMI	3
1.3.ÜÇ BOYUTLU YAZICI TİPLERİ.....	4
1.3.1. KARTEZYEN TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR.....	4
1.3.2. DELTA TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR.....	4
1.4.ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİ	5
1.4.1. STEREOLITHOGRAPHY (SLA) TEKNOLOJİSİ.....	5
1.4.2. DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP) TEKNOLOJİSİ.....	5
1.4.3. FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) TEKNOLOJİSİ	6
1.4.4. SELECTIVE LASER SINTERING (SLS) TEKNOLOJİSİ	6
1.4.5. SELECTIVE LASER MELTING (SLM) TEKNOLOJİSİ	6
1.4.6. ELECTRON BEAM MELTING (EBM) TEKNOLOJİSİ.....	7
1.4.7. LAMINATED OBJECT MANUFACTURING (LOM) TEKNOLOJİSİ.....	8

1.5.ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA KULLANILAN HAMMADDELER.....	8
1.5.1. ABS Plastik.....	8
1.5.2. PLA Plastik.....	9
1.6. TÜRKİYE’DE ÜÇ BOYUTLU YAZICI ÇALIŞMALARI	10
1.6.1. TÜRKİYE’DE ÜRETİLEN FİLAMENTLER.....	15
1.7. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	15
 BÖLÜM 2.....	 19
2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN AVANTAJLARI	19
2.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA OLUŞAN SORUNLAR	20
2.2.1. 3D YAZICININ BAŞLARKEN FLAMENT AKITMAMASI.....	20
2.2.2. YETERSİZ VEYA FAZLA PLASTİK AKMASI	21
2.2.3. ÜRETİMİN TABLAYA TUTUNAMAMASI.....	22
2.2.4. AŞIRI ISINMA SORUNU	23
2.2.5. EKSEN YA DA KATMAN KAYMASI	24
2.2.6. OBJELERİN ÜST TARAFINDA DELİKLER OLUŞMAŞI	26
2.2.7. OBJELER ÜZERİNDE SAÇAKLANMA.....	27
 BÖLÜM 3.....	 30
3.1. DELTA ROBOT PRINTERDA KULLANILAN MALZEMELER.....	30
3.2. DELTA ROBOT PRINTERİN BAĞLANTI PARÇALARI.....	30
3.2.1. MOTOR TUTUCU	30
3.2.2. KAYIŞ TUTUCU	31
3.2.3. TEKERLEK SİSTEMİ	31
3.3. DELTA ROBOT PRINTERİN MEKANİK PARÇALARI	32

3.3.1. EXTRUDER.....	32
3.3.2. KAYIŞ VE KASNAKLAR	32
3.3.3. KOLLAR.....	32
3.3.4. BAĞLANTI ELEMANLARI (CİVATALAR, SOMUNLAR VE PULLAR) ..33	
3.4. DELTA ROBOT PRINTERDA ELEKTRONİK KONTROL.....	33
3.4.1. ARDUINO MEGA 2560 R3	33
3.4.2. RAMPS 1.4(RepRap Arduino Mega Pololu Shield).....	34
3.4.3. STEP MOTORLAR	35
3.4.4. LCD EKРАН	36
3.4.5. DRV8825 STEP MOTOR SÜRÜCÜSÜ.....	36
3.4.6. GÜÇ KAYNAĞI.....	37
3.4.7. END STOP	37
3.4.8. ISITICI TABLA	38
3.4.9. TERMİSTÖRLER.....	39
3.4.10. SOĞUTUCU FAN	39
 BÖLÜM 4.....	 40
4.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN CAD PROGRAMLARI	40
4.2.ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI.....	42
4.2.1. SIMPLIFY3D	42
4.2.2. CURA	45
4.2.3. MESHMIXER	46
4.2.4. Z - SUITE	47
4.3. BASKI AYARLARI	48
4.3.1. EXTRUDER AYARLARI.....	48

4.3.2. LAYER AYARLARI	49
4.3.3. SKIRT/ BRIM AYARLARI.....	49
4.3.4. INFILL AYARLARI.....	50
4.3.5. SUPPORT AYARLARI.....	50
4.3.6. TEMPERATURE AYARLARI	51
4.3.7. COOLING AYARLARI	51
4.3.8. G – CODE AYARLARI	52
4.3.9. SCRIPTS AYARLARI	52
4.3.10. SPEEDS AYARLARI.....	53
4.3.11. OTHER / DİĞER AYARLAR	53
4.3.12. ADVANCED / GELİŞMİŞ AYARLAR.....	54
 BÖLÜM 5.....	 55
5.1 SONUÇ.....	55
5.2. ÖNERİLER	55
 KAYNAKÇA	 57
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı.....	4
Şekil 1.2. Delta robot tipi üç boyutlu yazıcı	4
Şekil 1.3. SLS teknolojisi ile 3D yazıcı.....	6
Şekil 1.4. SLM teknolojisi 3D yazıcı çalışma yapısı.....	6
Şekil 1.5. EBM teknolojisi 3D yazıcı çalışma yapısı	7
Şekil 1.6. LOM teknolojisi 3d yazıcı çalışma yapısı	8
Şekil 1.7. (a) ABS Plastiğin kimyasal yapısı (b) 3D yazıcıda kullanıma hazır ABS Plastik	9
Şekil 1.8. PLA plastiğin kimyasal yapısı.....	10
Şekil 1.9. 4B Mühendislik üç boyutlu yazıcı.....	10
Şekil 1.10. 3Dörtgen Ultimaker S5 üç boyutlu yazıcı.....	11
Şekil 1.11. 3D Yazıcı Market Deha 3D üç boyutlu yazıcı	12
Şekil 1.12. Sanem Cubellüç boyutlu yazıcı	13
Şekil 1.13. KemiQBox üç boyutlu yazıcı.....	14
Şekil 1.14. KemiQBox LED durum göstergesi	14
Şekil 1.15. Dünya üzerinde hızlı prototipleme alanında birim satışlar	16
Şekil 1.16. FDM İşlem Şeması.....	17
Şekil 2.1. (a) Filamentin fazla gelmesi ile oluşmuş imalat hatası (b) Filamentin az gelmesi ile oluşmuş imalat hatası	21
Şekil 2.2. Nozzle' ın fazla ısınmasından kaynaklanan imalat hatası..	23
Şekil 2.3. Eksen kaymasına bağlı imalat hatası	25
Şekil 2.4. Üst yüzeyinde hata olan ürün.	26
Şekil 2.5. İmalat hatası saçaklanma..	27
Şekil 3.1. Delta Robot Printer Prototipi.....	29
Şekil 3.2. Motor Tutucu.....	29
Şekil 3.3. Kayış Tutucu.	30
Şekil 3.4. Tekerlek Sistemi.....	30
Şekil 3.5. Extruder.	31
Şekil 3.6. (a) , (b) Delta Robot Printer Kolları	32
Şekil 3.7. Arduino Mega 2560 R3	33

Şekil 3.8. RAMPS 1.4 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield).....	34
Şekil 3.9. Step Motor	34
Şekil 3.10. LCD Display.....	35
Şekil 3.11. DRV8825 Step Motor Sürücüsü.....	35
Şekil 3.12. Limit Switch (End Stop).....	36
Şekil 3.13. (a) Isıtıcı Tabla (b) Cam Tabla	37
Şekil 3.14. Termistör	38
Şekil 3.15. Soğutucu FAN	38
Şekil 4.1. Simplify 3D Konfigürasyon Sihirbazı.....	42
Şekil 4.2. Simülasyon ekranı	43
Şekil 4.3. Destek Özelleştirme ekranı.....	44
Şekil 4.4. CURA Arayüzü	45
Şekil 4.5. Meshmixer arayüzü	46
Şekil 4.6. Z- Suite Arayüzü.	47
Şekil 4.7. Extruder Parametreleri.....	47
Şekil 4.8. Layer Parametreleri.	48
Şekil 4.9. Etek atma Parametreleri.....	48
Şekil 4.10. INFILL Parametreleri	49
Şekil 4.11. Support Parametreleri.	49
Şekil 4.12. Temperature Parametreleri	50
Şekil 4.13. Cooling Parametreleri.....	50
Şekil 4.14. G-Code Parametreleri	51
Şekil 4.15. Scripts Parametreleri.....	51
Şekil 4.16. Speeds Parametreleri	52
Şekil 4.17. Diğer Parametreler.....	52
Şekil 4.18. Gelişmiş parametreler.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 Hızlı prototipleşmede kullanılan teknolojiler.....	26

KISALTMALAR DİZİNİ

CAD	: Computer-Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
PLA	: Polylactic Acid (Polilaktik Asit)
ABS	: Akrilonitril Butadin Stiren
SLS	: Selective Laser Sintering (Seçici Lazer Sinterleme)
FDM	: Fused Deposition Modelling (Erimiş Birikimli Modelleme)
3DP	: 3 Dimensional Printing (3 Boyutlu Yazdırma)
LOM	: Laminated Object Manufactur (Lamine Nesne Malzeme)
DLP	: Digital Light Processing (Dijital Işık İşleme)
SLM	: Selective Laser Melting (Seçici Lazer Eritme)
EBM	: Electron Beam Melting (Elektron Hüzme Eritmesi)

KABUL VE ONAY

İrem DUMAN ve Burcu UÇAŞ tarafından hazırlanan " 3D PRINTERLAR VE BİR DELTA ROBOT PRINTER TASARIM ÖRNEĞİ " başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım. 31.05/2019

Tez Danışmanı

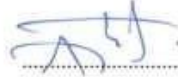
Dr. Öğr. Üyesi Aytül BOZKURT



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 31.05/2019

Tez Jürisi

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Aytül BOZKURT



Üye: Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU



Üye: Prof. Dr. Ahmet DEMİR



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 31.05/2019

Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Müh. Bölüm Bşk



ÖZET

Bu çalışmada günümüzde üretilen üç boyutlu yazıcılar örnek alınarak bir delta robot printer prototipi yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerle üretilmiş üç boyutlu yazıcı bağlantı parçalarına ek olarak kullanımı daha uygun ve prototipleme de daha hassas üretim için yeni bağlantı parçaları tasarlanmıştır. Tasarlanan bu bağlantı parçaları üç boyutlu yazıcıda bastırılarak delta robot printer prototipinde kullanılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında ve proje yapımında bize yol gösteren, desteğini ve her daim yardımını esirgemeyip bize karşı anlayışlı davranan çok değerli saygı değer danışman hocamız Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aytül BOZKURT' a teşekkürlerimizi sunarız.

Öğrenim süremiz boyunca bilgilerini bizden esirmeyen, bize daha iyi bir eğitim verebilmek için yenilikler deneyen bölüm başkanımız Sayın Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU' na teşekkürlerimizi sunarız.

Proje ve tez çalışmamız esnasında bizden yardımlarını ve manevi desteklerini esirgemeyen Aytekin BİLGİ ve Resul ÖZMEN' e, hayatımızın her anında yanımızda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen ailelerimize teşekkürlerimizi sunarız.

Burcu UÇAŞ

İrem DUMAN

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üç boyutlu baskı sanal ortamda tasarlanmış herhangi şekildeki bir üç boyutlu nesnenin katı formda basılması işlemidir. Bu işlemi gerçekleştiren cihazlara ise üç boyutlu yazıcı adı verilir. Baskılar birçok türde hammaddenin kullanılması ile yapılabilir. Normal kullanıcı bazında en yaygın kullanımı olan hammadde PLA ve ABS adı verilen sert plastiklerdir. Değişik türlerde ve tekniklerde baskı yapabilen üç boyutlu yazıcılar vardır. En yaygın kullanıma sahip olan üç boyutlu yazıcıların çalışma prensibi bilgisayar ortamında hazırlanmış herhangi bir üç boyutlu bir nesnenin sanal olarak katmanlara bölünmesine ve her bir katmanının eritilen hammadde dökülerek üst üste gelecek şekilde basılmasına dayanır. Üç boyutlu baskı teknolojisi 1980 yıllarda başlamıştır. Buna rağmen 2010 yılından sonra adı daha fazla duyulmaya başlanmış ve günümüzde çok daha yaygın bir şekilde kullanılır hale gelmiştir. Bunun nedenleri olarak medyada daha fazla yer almaya başlaması, birçok sayıdaki girişimci firmaların bu teknolojiye yatırım yapması, akademik çevrelerin ilgi göstermesi, teknolojinin birçok alanda getirdiği kolaylıklar ve avantajların yanı sıra üretim maliyetlerinin düşmesi gösterilebilir. İlk üç boyutlu yazıcı 1984 yılında Chuck Hull of 3D Systems firması tarafından üretilmiştir. Günümüzde ise birçok firma üç boyutlu yazıcı üretmeye ve satmaya başlamıştır. 2012 yılı itibari ile üç boyutlu yazıcıların market hacmi 2.2 milyar dolara erişmiş ve 2011 yılına göre %29 lük bir artış göstermiştir. Üç boyutlu yazıcılar büyük oranda kendi parçalarını basabilir. Elektronik parçalar ve motorlar dışında neredeyse bütün mekanik parçalar 3D yazıcı tarafından basılabilir. İleride üç boyutlu yazıcıların kendisini tamamen basabilecek özelliklerde olması tahmin edilmektedir. Günümüzdeki geleneksel 3D yazıcıların büyük kısmı ilk düşük maliyetli yazıcılardan olan açık kaynak olan RepRap projesini baz almıştır. RepRap projesi açık kaynak 3D yazıcılarda devrim niteliği taşımaktadır ve günümüzde 3D yazıcıların yaygınlaşmasında büyük bir öneme sahiptir. Üç boyutlu tasarımlar bilgisayar ortamında CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) programları ile tasarlanabilir. Ayrıca herhangi bir obje üç boyutlu tarayıcılar ile taranıp sanal ortama üç boyutlu tasarım olarak geçirilebilir. Üç boyutlu tarama işlemi gerçek bir objenin analiz edilmesi ve veri toplanması ile yapılır. Bu sayede üç boyutlu taranan herhangi bir objenin birebir kopyasını basmak mümkün hale gelmektedir.

Baskı işlemi bilgisayar ortamında başlayıp yazıcının baskıyı yapmasıyla tamamlanır. Bazı üç boyutlu yazıcılar bilgisayar bağlantısına gerek duymadan hafıza kartı üzerindeki tasarım dosyasını okuyarak baskı yapabilmektedir. Üç boyutlu tasarım dosyaları bilgisayar yazılımı aracılığı ile dilimleme işleminden geçirilir ve üç boyutlu olarak basılabilir dosya formuna dönüştürülür. Bu dosyalar STL dosya formatındadır. Üç boyutlu yazıcının baskı sırasında yapacağı bütün hareketler ve ne zaman ham maddeyi dökmeye başlayacağı bilgisi gibi bilgiler bu dosya içerisinde. Yazıcının çözünürlüğü katmanın kalınlığına ve x-y eksenleri üzerindeki hareket hassaslığına bağlıdır. Genelde baskı kalınlığı 100 µm (250 DPI). Fakat bazı yazıcılar çok daha yüksek çözünürlükte baskı yapabilmektedir. 16 µm (1,600 DPI). Baskı süresi yazıcıya ve basılan tasarıma göre değişkenlik göstermektedir.

1.1.ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Üç boyutlu yazıcılar 1970'li yılların sonlarına doğru bilim dünyasına girmeye başlamıştır. O yıllarda boyutsal olarak çok büyük ve çok pahalı cihazlardı. İlk üç boyutlu yazıcı Charles Hull tarafından 1984 yılında sayısal bilgi kullanarak 3 boyutlu obje üretimi için geliştirilmiştir. 1986 yılında Charles Hull Stereolithografi yöntemini geliştirip ve patentini almıştır. 3D Systems şirketini kurmuştur ve ilk ticari 3D yazıcı makinesini geliştirmiştir. Bu makinenin adı Stereolithografi cihazıydı. 1988 yılında bu şirket tarafından geliştirilen genel kullanıma yönelik SLA-250'yi tanıtmıştır. Aynı yıl içerisinde Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri bulunmuştur. 1993 yılında Massachusetts Institute of Technology (MIT) iki boyutlu yazıcılarda kullanılan injet teknolojisinden yola çıkarak yeni bir teknoloji geliştirilmiştir ve buna 3 Dimensional Printing (3DP) ismi verilmiştir. İlk renkli baskılar bu yazıcılarda üretildi. 1995 yılında üç boyutlu yazıcıların satışı yapılmaya bağlandı. 1996 yılında Z Corporation yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üreten ilk üç boyutlu yazıcıyı tasarlanmıştır. Bu yazıcı aynı zamanda renkli basım yapabilme yeteneğine de sahiptir. 2007 yılında Reprap adıyla ilk açık kaynak kodlu yazıcılar piyasaya çıkmaya başlamıştır. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcıları geliştirme imkanı hızla artmıştır. 2008 yılında Object Geometries şirketi, Connex500 ile aynı anda farklı malzemeler kullanarak ürün üretebildi. 2009 yılından itibaren Makerbot ve 3D Systems'in geliştirmiş olduğu Cubify gibi modeller sayesinde ev tipi üç boyutlu yazıcıların satışları giderek artmıştır [1].

1.2.ÜÇ BOYUTLU YAZICI TANIMI

Üç boyutlu yazıcı bilgisayar üzerinde tasarlanmış veya üç boyutlu olarak taranmış modelleri, birçok farklı malzeme kullanarak çok hızlı ve ekstra bir kalıp ya da fikstüre ihtiyaç duymadan üreten bir cihazdır.

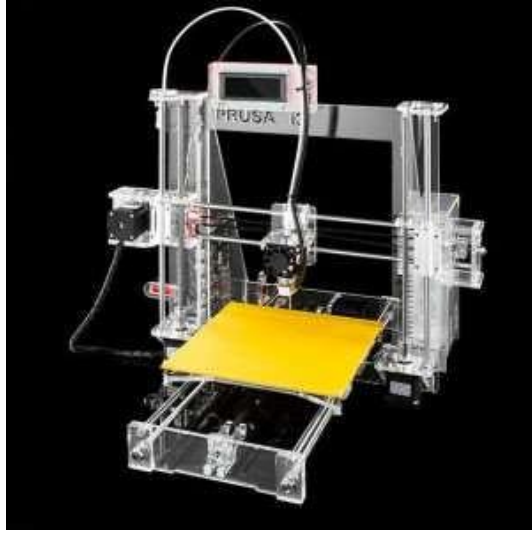
Üç boyutlu yazıcı, baskı yapmak üzere iki çeşit veri kabulü yaparlar. Bunlardan birincisi yazılımsal olan CAD programları ile modellenmiş bir cismin veri kabulüdür. Diğeri ise fiziksel olan ve oluşturulacak cismin aynısını lazer teknolojisiyle tarayarak gerçekleştirilen veri kabulüdür. Bu iki veri kabulü ile de üç boyutlu yazıcılar baskı yapmadan önce hafızalarında bu verileri .STL uzantısına dönüştürerek oluşacak cismi nanometrik katmanlara bölerler. Her örülen katmanda, cisim artık gerçek tasarımdan çıkıp gerçek yüzünü gösterir.

Üç boyutlu yazıcılar genellikle PLA ve ya ABS gibi termoplastik polimer malzemeler kullanmaktadır. ABS'ye örnek lego parçaları verilebilir. Dayanıklılık olarak elverişli fakat yüksek sıcaklığa karşı çok tehlikeli olan HCN gazı ortaya çıkarırlar. Bu yüzden PLA'nın özellikle üç boyutlu yazıcılardaki kullanımının daha çok olduğu görülmektedir.

1.3.ÜÇ BOYUTLU YAZICI TİPLERİ

1.3.1. KARTEZYEN TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR

Kartezyen 3D printerlarkartezyen koordinat sistemini kullanırlar yukarı aşağı, sağa sola, öne arkaya olarak (X-Y-Z düzlemlerinde) hareket ederler. Bu sistem bir nesneyi a noktasından b noktasına götürmek için en kolay yoldur. Çünkü her düzlemde düz bir çizgi izlenir. Bu tip yazıcılarda extruder ve tabla hareket eder. Özellikle tablanın ileri geri hareket ettiği sistemlerde ürün kalitesinde düşme gözlenebilir. Tablanın Z ekseninde hareketli olması (aşağı doğru hareket etmesi) daha kaliteli sonuçlar verir [2].



Şekil 1.1. Kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı.

1.3.2. DELTA TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR

Delta tipi üç boyutlu yazıcılar delta robot konseptine göre çalışırlar. Delta robotların endüstride birçok kullanım alanı vardır. Bu robotlar özellikle küçük ve hafif objeler ile yapılan çalışmalarda kullanılırlar. 3 kolu bulunan bu tipler bir başlıkta birleşirler ki üç boyutlu yazıcılarda bu başlık yazıcının extruderı oluyor. Her bir kol, hareketli bir taşıyıcıya bağlı olarak yukarı ve aşağı yönde hareket ediyor. Motorlar genellikle tablanın altında bulunuyorlar ve kolların hareket etmesini sağlıyorlar. 3 kol da birlikte hareket ederek objenin üretilmesini sağlıyor. Tablanın dolayısıyla objenin hiçbir şekilde hareket etmemesi ürün kalitesinin oldukça iyi olmasını sağlıyor [2].



Şekil 1.2. Delta robot tipi üç boyutlu yazıcı.

1.4.ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİ

1.4.1. STEREOLITHOGRAPHY (SLA) TEKNOLOJİSİ

3D yazıcı teknolojisindeki en eski teknik olsa da günümüzde hala kullanılmakta SLA tekniği. SLA teknolojisine sahip 3D yazıcılarda akışkan foto polimer (özel bir plastik çeşidi) hammaddeler işlenerek katı forma dönüşüyor ve baskı elde ediliyor. Hammadde yarı akışkan forma gelecek şekilde eritildikten sonra katman oluşuyor. Oluşan katmanlar bilgisayar kontrollü ultraviyole ışınlar ile bütün bir yapıya dönüşüyorlar. Her bir katman için bu işlem tekrar ediliyor ve baskının sonunda 3D katı bir model ortaya çıkıyor. İşlemler hızlı gerçekleşir ve detaylı, titiz baskılar elde edilir [3].

1.4.2. DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP) TEKNOLOJİSİ

DLP (Dijital Işık İşleme) tekniği SLA ile birçok ortak noktaya sahiptir. 2 teknikte de baskılar, akışkan polimerler ile gerçekleşir ve ikisi de baskıyı işlerken ışıktan faydalanırlar. Bu akışkan polimerler, reçine diye de tabir edilebilir. SLA ışığı lazer ile sağlar, DLP tekniği ise özel bir projektör ile. DLP tekniği fazlasıyla hızlı işler ve SLA tekniğindeki gibi temiz ve detaylı baskılar elde edilir [3].

1.4.3. FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) TEKNOLOJİSİ

FDM (Birleştirmeli Yığma ile Modelleme) masaüstü 3D baskıda en yaygın kullanıma sahip tekniktir. İşleme başlamadan önce yazıcıya bir 3D model verisi girilir. Bilgisayar destekli bu tasarım verisini yazıcı okur ve işlem başlar. Termo plastik malzeme yazıcının extruder diye adlandırılan bölgesinde ısıtılarak erimiş plastik olarak X ve Y koordinatlarında basılır. Tabanın en altından başlayarak Z koordinatı boyunca katmanlar serilir. Serilen katmanlar birleşerek katı formda bir model elde edilir [3].

1.4.4. SELECTIVE LASER SINTERING (SLS) TEKNOLOJİSİ

SLS (Seçici Lazer Sinterleme) tekniğinde SLA'de olduğu gibi işlem bir lazer ile yapılır. SLA ile aralarındaki önemli fark, SLS tekniğinde hammadde olarak akışkan yerine toz malzeme kullanır. Bu malzemelere naylon, cam, seramik, alüminyum gibi örnekler verilebilir. Bu

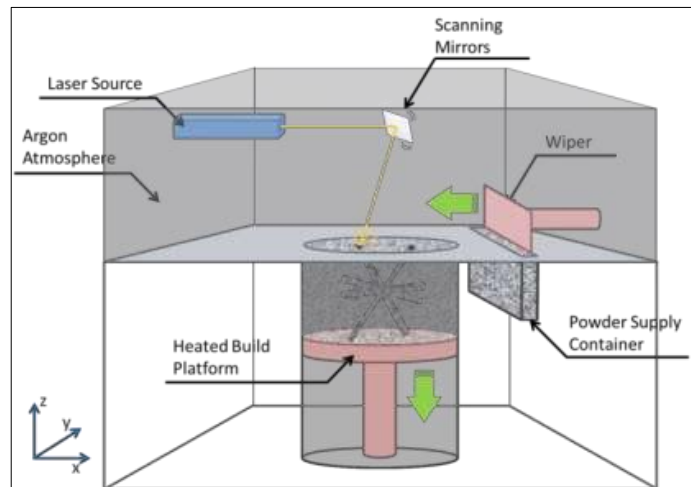
teknik yaygın olarak endüstride ürün geliştirmede ve hızlı prototiplemede kullanılır [3].



şekil11.3: SLS teknolojisi ile 3D yazıcı

1.4.5. SELECTIVE LASER MELTING (SLM) TEKNOLOJİSİ

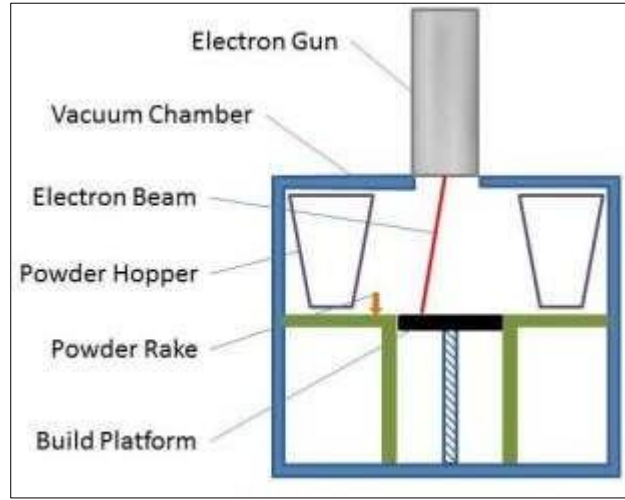
SLM (Seçici Lazer Eritme) tekniği biręok yerde SLS tekniği olarak addediliyor. Bu teknikte toz metaller yüksek güçte bir lazer ile 3D baskı haline getiriliyor. Bu teknoloji havacılık ve medikal sektörlerinde kullanılmaktadır. Alüminyum, paslanmaz elik ve titanyum gibi malzemeler kullanılabilir [3].



şekil 1.4: SLM teknolojisi 3D yazıcı çalışma yapısı.

1.4.6. ELECTRON BEAM MELTING (EBM) TEKNOLOJİSİ

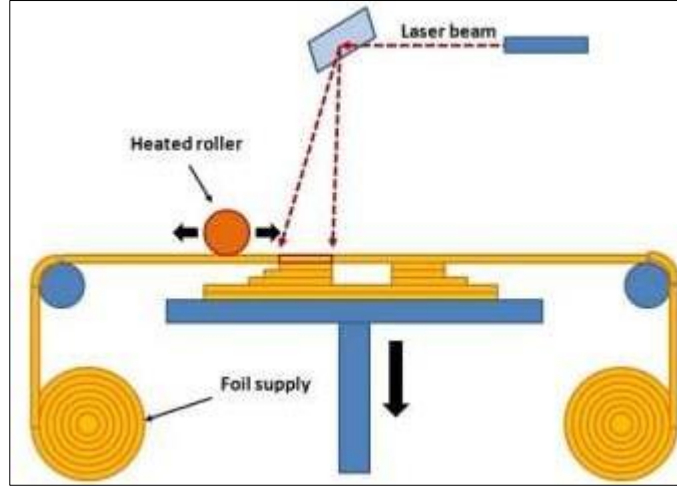
EBM (Elektron Hüzme Eritmesi) tekniği, toz taban füzyonu konusunda SLM tekniğine çok benziyor fakat iki tekniği birbirinden ayıran en önemli nokta kullanılan güç kaynakları. EBM teknolojisinde güç kaynağı olarak bir vakumun içindeki elektron demeti kullanılır ve çok yüksek sıcaklıklarda işlem yapar. Bunun haricinde SLM ile çalışma prensibi neredeyse aynıdır. EBM teknolojisinde de hammadde olarak metal kullanılır [3].



Şekil 1.5: EBM teknolojisi 3D yazıcı çalışma yapısı

1.4.7. LAMINATED OBJECT MANUFACTURING (LOM) TEKNOLOJİSİ

LOM (Katmanlı Mal İmalatı) tekniğinde ısı ve basınç yardımıyla üst üste birleştirilmiş kağıt, plastik veya metal laminantlardan oluşan hammaddeler kullanılır. Hammadde ısı ve basınç ile eritilir, bilgisayar kontrollü bir bıçak veya lazer ile kesilerek şekillendirilir. Hızlı prototipleme imkanı sağlar [3].



Şekil 1.6: LOM teknolojisi 3d yazıcı çalışma yapısı

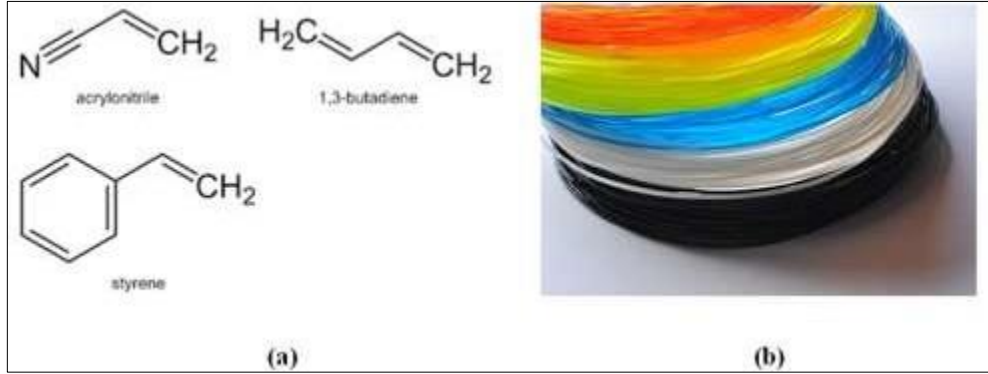
1.5.ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA KULLANILAN HAMMADDELER

1.5.1. ABS Plastik

ABS plastik(AkrilonitrilButadinStiren), sert bir termoplastik polimerdir. Bir petrol ürünü olan ABS aseton ile çözülebilmektedir. ABS malzemesi kullanarak yazdırılan ürünler, 20 ile 80°C arasında kullanıma uygundur. ABS malzemesinin başlangıçtaki erime sıcaklığı 105 °C olmasından dolayı 80 °C üzerindeki bir sıcaklığa çıkılması durumunda yumuşama ve şekil bozulması yaşanabilir. ABS malzemesi yoğun güneş ışınlarına maruz bırakılırsa zarar görebilir. ABS yüksek dayanım ve darbe direnci nedeniyle üç boyutlu yazıcılarda sıkça tercih edilen bir malzeme türüdür.

ABS malzemesinin negatif özelliği yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında HCN gazı çıkarmasıdır. Bu gaz az miktarda ortaya çıkmasına rağmen oldukça zehirli bir gazdır. Bundan dolayı üç boyutlu yazıcılar ile ABS kullanırken ortam havalandırılmak zorundadır. Katı halde yazdırılmış ürün olarak herhangi bir zararı yokken üç boyutlu yazıcı ile 230-250 derecede eritilirken HCN gazı açığa çıkarmaktadır. Başka bir negatif özelliği ise üç boyutlu yazıcıda kullanım sırasında PLA malzemesine göre çok daha yüksek sıcaklık gerektirmesinden dolayı daha zor bir kalibrasyon işlemi gerektirmesidir. ABS malzemesi ile iyi bir parça üretmek PLA malzemesine göre daha zordur. ABS malzemesinin yüksek sıcaklıkta yazdırılması nedeniyle büyük parçaların yazdırılması esnasında çarpılma riski

bulunmaktadır. Oluşabilecek çarpılmaların önüne geçmek için ısıtıcı yazma tablası kullanılması gerekmektedir [4].

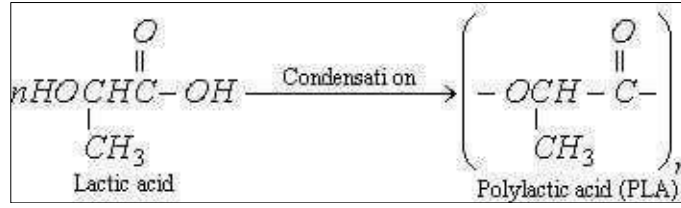


Şekil 1.7: (a) ABS Plastiğin kimyasal yapısı (b) 3D yazıcıda kullanıma hazır ABS Plastik

1.5.2. PLA Plastik

Polilaktik Asit ise şu anki istatistiklere göre en çok kullanılan üç boyutlu yazıcı malzemesidir. Bu malzemenin tercih etmesinin başlıca sebebi düşük sıcaklıklarda eriyebilmesinden dolayı kolay çalışılabilir olmasıdır. PLA malzemesinin yazdırılırken çarpılma ihtimali çok daha düşüktür. Bundan dolayı da ısıtıcı tabla kullanılmasını zorunlu hale getirmemektedir. Polilaktik asit ABS malzemesinden farklı olarak petrolden değil de nişasta içeren ürünlerden elde edilmektedir. PLA malzemesi medikal sektöründe implant ve protezlerde sıkça kullanılmaktadır. İnsan vücudu içinde parçalanma süresi 6 ay ile 2 yıl arasında değişmektedir.

PLA malzemesinin negatif özellikleri ise ABS malzemesinden çok daha düşük dayanıma sahip olmasıdır. PLA malzemesinin yüksek sıcaklıklara dayanımı ABS malzemesine göre oldukça düşüktür. PLA malzemesinin erime sıcaklık aralığı ABS malzemesine göre daha geniş olmasından dolayı çarpılma ihtimali düşüktür. Fakat PLA malzemesinin yavaş sertleşmesinden dolayı yazım hızı arttırıldığında ortaya kötü sonuçlar çıkabilmektedir. Yazdırma işleminin hızını arttırabilmek için yazdırılan parça, bir fan yardımı ile soğutulabilir [4].



Şekil 1.8: PLA plastiğın kimyasal yapısı

1.6. TÜRKİYE’DE ÜÇ BOYUTLU YAZICI ÇALIŞMALARI

Şekil 1.9’ da 4BMühendislik’in üretmiş olduğı üç boyutlu yazıcı görölmektedir.



Şekil 1.9:4B Mühendislik üç boyutlu yazıcı

Özellikleri

- Baskı Hacmi:254 mm x 228 mm x 203 mm
- Çözünürlük / Detay: <100 mikron – 300 mikron
- Pozisyon hassasiyet:XY 11 mikron (0.011 mm), Z 2.5 mikron (0.0025 mm)
- Yazılım:ROBO Metter Control
- Dosya tipleri:STL, OBJ
- 3D modelleme:Bütün CAD ve 3D yazılım programlarıyla uyumludur (SolidWorks, 3D Max, v.b...)
- Operating Systems:Windows (7+), Mac OS X (10.7+),
- Kullandığı hammadde:PLA ve ABS filament ve daha birçok plastik cinsi ile çok ucuz baskı maliyeti

- Sarf Malzeme kullanımı:75 mm kalınlığında farklı marka PLA ve ABS sarf malzem esi kullanılabilir
- Hızlı ve tutarlı 3 boyutlu baskı
- Isıtmalı Tabla Özelliği (Parçanın yamulmasını ve oynamasını engeller)
- CNC tipi plastik dökme özelliği (Parça yüzeyini en hassas şekle getirir) [5]

Şekil 1.10’ de 3Dörtgen firmasının yapmış olduğu Ultimaker S5 üç boyutlu yazıcı görülmektedir.



Şekil 1.10: 3Dörtgen Ultimaker S5 üç boyutlu yazıcı

Özellikleri

- Teknoloji: FDM
- Baskı Alanı: 330 x 240 x 300 mm (Tek ve Çift Nozzle Çalışma)
- Baskı Kafası: Kolayca Değiştirilebilir 2 Baskı Hücresi
- Hammadde: PLA / PLA Tough / ABS / CPE / CPE+ / NAYLON / PC / TPU 95A (Açık Filament Sistemi)
- Katman Kalınlığı:20 - 300 mikron Nozzle Çapı: 0.25 / 0.4 / 0.8 mm
- Hammadde Çapı:2.85 mm
- Baskı Kafası Hızı:300 mm/s (max)
- Platform: Isıtmalı, Otomatik Kalibrasyonlu
- Güç Kaynağı:500 W
- Yazdırma Yazılımı: Cura [6]

Şekil 1.11’ de 3D Yazıcı Market firması tarafından yapılmış olan Deha 3D yazıcısı görülmektedir.



Şekil 1.11: 3D Yazıcı Market Deha 3D üç boyutlu yazıcı

Özellikleri

- 90-300 mikron baskı çözünürlüğü
- Baskı kafası 1 (tek renk baskı)
- Baskı hacmi 205x205x200 mm
- Isıtıcı tablaya sahip
- LCD ekran ve SD kart ile bilgisayara bağımlı olmadan kullanabilme
- ABS, PLA, PVA malzeme kullanımına uygun
- 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0 mm istenildiğinde değiştirilebilir baskı uçlarına sahip
- Açık kaynak kodlu ücretsiz yazılımlar ile kullanıma uygun
- Filament çapı 1.75 mm [7]

Şekil 1.12’ de SanemCube II üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir. 3D Sanem firması aynı zamanda yerli filament üretici firmalardan biridir. PET, PLA, ABS filamentlerin çeşitli renklerde üretimini gerçekleştirmektedir.



Şekil 1.12: Sanem CubeIIüç boyutlu yazıcı

Özellikleri

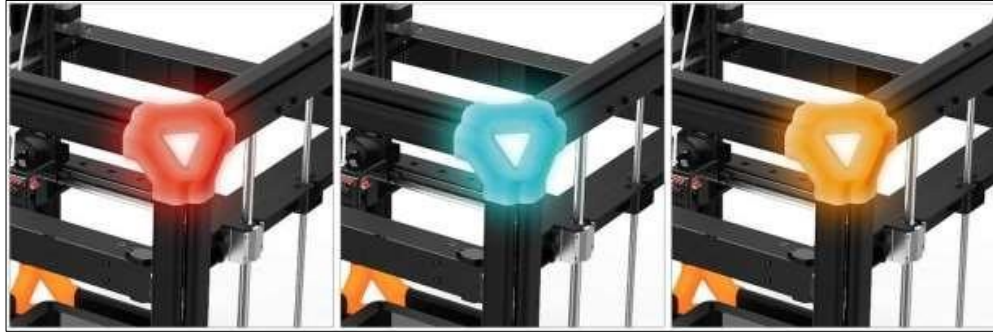
- Baskı Alanı: 26 x 23 x 20 cm
- Teknoloji: FDM
- Katman Kalınlığı: 100-300 mikron
- ABS, PLA malzemelere kullanıma uygun
- Baskı kafası 1 (tek renk baskı)
- Filament çapı 1.75mm
- Nozzle çapı 0.4 mm
- Veri Girişi: USB, SD kart
- Dosya Türleri: STL, GCO
- Yazıcı Yazılımı: replicatorg

Şekil 1.13.' de Kemiq firmasının yeni üç boyutlu yazıcısı görülmektedir.



Şekil 1.13: KemiqQBox üç boyutlu yazıcı

Kemiq'in yeni 3D yazıcısı QBox, daha da iyi bir deneyim için özelleştirilebilen mevcut yazdırma durumunu bildiren farklı renkli LED durum göstergeleri kullanır.



Şekil 1.14: KemiqQBox LED durum göstergesi

- Türkçe ve İngilizce arayüz desteği
- 5 inç dokunmatik LCD ekranı ile daha kararlı ve konforlu takip ve kontrol arayüzü sunar.
- Yeni motor kontrolü sayesinde, 3D baskı her zamankinden daha hızlıdır
- 80 °C'ye kadar ısıtılmalı, yüksek kalite tamperli cam baskı yüzeyi ile baskı konforunuzu katlıyor.
- USB bağlantı ve SD Kart ile çalışma

- Kontrol edilebilir iç aydınlatma
- Save& Stop' özelliği ile baskıya kaldığı yerden devam eder.
- Filament bitti uyarı sistemi sayesinde kendini otomatik beklemeye alır ve kaldığı yerden devam eder.

Baskı Alanı: X 400 / Y 400 / Z 400 mm

Baskı Malzemesi: PLA, ABS, COPOLYESTER-C, PET, HIPS, FLEX malzemeleri ile çalışır.

Katman Kalınlığı: 60 - 400 mikron çözünürlük

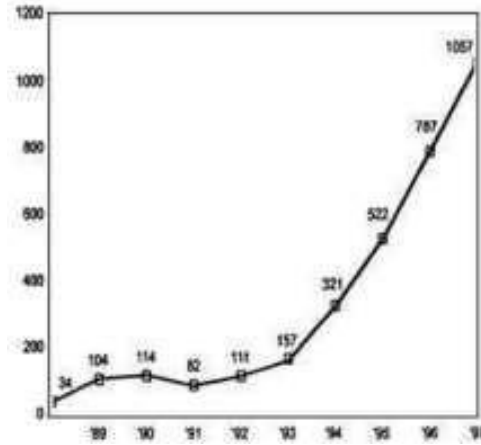
Enerji Kullanımı: 150w maksimum tüketim (masaüstü pc kadar) Aralıksız çalışma performansı [8]

1.6.1.TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN FİLAMENTLER

Türkiye'de filament üreten Türk firmalarından biri "3D SANEM" firmasıdır. PLA, PET ve ABS malzemeleri olmak üzere üç farklı filament üretilip satışa sunulmuşlardır. Bir diğer filament üretici firma "PureImagination" firmasıdır. ABS, PLA, Nylon, Flex PLA, HIPS olmak üzere beş farklı filament üretilip satışa sunulmuşlardır. "OO-KUMA" firması beş farklı filament üretilip satışa sunulmuştur. Bunlar: ABS, PLA, FLEX, Karbon Fiber ABS, Ahşap dolgulu PLA (%30'dan fazla ahşap lifleri barındırır)'dır. Son olarak "UZARAS" firması üç farklı filament üretilip bunlar; PLA, ABS ve PET G'dir.

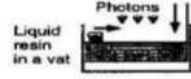
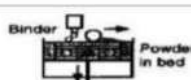
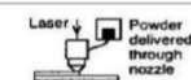
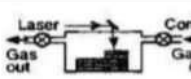
1.7.LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

1998 yılında yapılan çalışmada o dönemdeki katı üretim ve hızlı prototipleme alanındaki araştırma ve gelişmeleri özetlenmeye çalışılmıştır. Hızlı prototiplemenin dünya üzerinde yayılışı gözlemlenerek, kullanılan teknolojilere değinilmiştir



Şekil 1.15: Dünya üzerinde hızlı prototipleme alanında birim satışlar

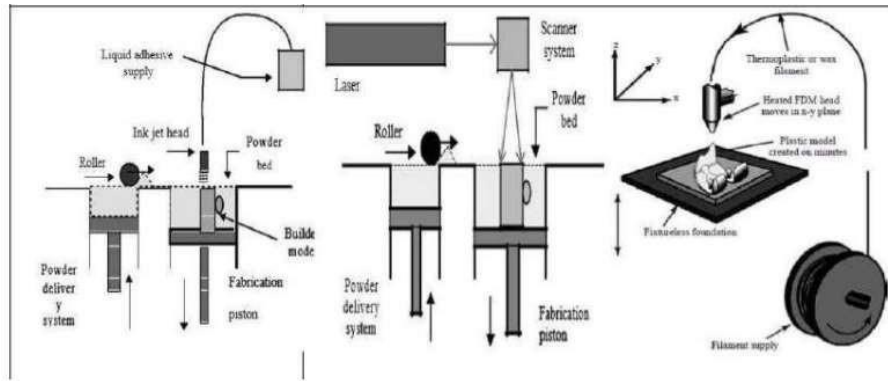
Çizelge 1.1: Hızlı prototiplemede kullanılan teknolojiler

Stereo-lithography(SL)	
Fused Deposition Modelling (FDM)	
Ink Jet Printing (IJP)	
Three Dimensional Printing (3D-P)	
Selective Laser Sintering (SLS)	
Laser Cladding	
Laminated Object Manufactur (LOM)	
Selective Laser Chem. Vapour	

Hızlı prototiplemenin amacı hızlı bir şekilde bilgisayar destekli tasarlanmış olan modelleri, karmaşık şekilli parçaları, doğrudan 3 boyutlu olarak imal edebilmektir. Bu şekilde üretimi gerçekleştirmek için “Katman katman tekniği” kullanılacaktır. Bu yeni yöntem, özellikle

cerrahi ve implantoloji alanında diş hekimliğinde dikkatleri çekmiştir. Bu çalışmada şu anda diş aletleri oluşturmak için kullanılan tarihsel gelişim ve çeşitli yöntemler anlatılmıştır. Aynı zamanda bu yeni teknolojiyi kullanarak diş hekimliğinin çeşitli dallarında elde edilebilir birçok faydayı ortaya çıkarmak da amaçlanmıştır.

FDM Tekniği: Hızlı Prototipleme FDM tekniğinde şerit halindeki plastik hammadde ekstrüzyon kafasına iletilir. Burada malzeme ısıtılarak eriyik hale getirilir. Ekstrüzyon kafası eriyik malzemeyi damlalar halinde boş bir tepsiye akıtarak parçayı oluşturacak ilk katmanı oluşturur. Her katmanda tepsi bir adım aşağıya iner ve böylece parça katmanlar halinde inşa edilir. İnşa sırasında destek görevi gören bir ayrı yapı oluşur ve üretim tamamlandıktan sonra bu yapı parçadan sökülür. Destek son yıllarda geliştirilen yeni malzemeler ile suda çözünebilir niteliktedir [9].



Şekil 1.16: FDM İşlem Şeması

SLA Tekniği:Hızlı Prototipleme Stereolithography tekniği oda sıcaklığına sıvı halde bulunan fotopolimer reçine tabakasının noktasal bir morötesi (ultraviyole) lazer ışını vasıtasıyla belirli bölgelerinin kürleştirilmesi prensibine dayanır. Reçine katmanı ilkinin üzerine sıvanır ve kürleştirme işlemi sırasıyla devam ederek parçanın üretilmesi sağlanır. Katmanlar tamamlandıktan sonra parça reçine havuzundan çıkarılır. Parça oluşurken destek görevi gören yapı parçadan mekanik olarak ayrıştırılır. Stereolithography teknolojisinde hammadde olarak bu yönetime özgü fotopolimer reçineler kullanılır[9].

SLS Tekniği: Hızlı Prototipleme SLS teknolojisinde toz halinde bulunan plastik malzeme bilgisayar destekli üretim (CAM) yazılımı ile hareket eden lazer ışınıyla taranır. Taranan bölgelerdeki malzeme sinterlenerek birbirine kaynaşır ve parçanın ilk katmanı oluşur. İkinci toz katmanı ilkinin üzerine sıvanır ve sinterleme işlemi sırasıyla devam ederek parçanın üretilmesi sağlanır. Katmanlar tamamlandıktan sonra parça toz havuzundan çıkarılır. Bu teknolojiye destek yapısı kullanılmaz. İnşa malzemesi olarak çoğunlukla poliamid kullanılır [9].

POLYJET Tekniği:Hızlı Prototipleme Polyjet tekniğinde oda sıcaklığında sıvı halde bulunan fotopolimer reçine enjeksiyon kafalarına yürütölür. Her bir enjeksiyon kafası üzerindeki 16 mikron çapındaki 1536 memeden malzeme püskürtölerek boş bir tepsinin üzerine bir katman oluşturulur. Püskürtölün hammadde morötesi (ultraviyole) lambalar ile dondurularak katılaştırılır. Her katmanda tepsi bir adım aşağıya iner ve katmanlar halinde parça inşa edilir. Polyjet sistemlerinde kullanılan hammadde bu yöntemle özgü fotopolimer reçinelerdir. Termal ve mekanik özellikleri birbirinden oldukça farklı olan bir dizi malzeme seçeneğine sahiptir [9].

BÖLÜM 2

2.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN AVANTAJLARI

- 3B yazıcıların toptan üretime oranla önemli bir üstünlüğü talebe uygun, kişiye özel, sınırsız çeşitlilikte ürün üretme imkânı sağlamasıdır.
- 3 boyutlu (3D) modelleme teknolojisi, fikirlerin uygulanması ve denenmesi için gerekli olan parça ve ürün ihtiyaçlarını hızlı, ucuz ve kaliteli bir şekilde çözüm getirmektedir.
- 3B yazıcıların kullanılmasıyla geleneksel yöntemlerle üretimde ihtiyaç duyulan makine, teçhizat ve işçilik minimize edilir. Frezeleme, tornalama gibi talaşlı işleme üretim yöntemlerine gereksinim duymadığı için ciddi işçilik gerektiren işlemleri ortadan kaldırır. İşçilik azaldığı için zamandan kazanç sağlanır.
- Karmaşık geometrilere sahip parçalar, bilgisayar ortamında tasarlandıktan sonra rahatlıkla gerçek nesnelere dönüştürülebilirler.
- Kullanılan sarf malzemesi (filament) genellikle mısır nişastasından üretilmiş bioplast olan PLA' dır. Bu malzemenin sağlığı olumsuz yönde etkileyen tespit edilmiş ve ispatlanmış bir zararı yoktur. PLA eritilirken çevreye zarar veren gaz çıkarmaz ve koku yapmaz. Bunlara ilave olarak doğada çözünebilme özelliği vardır.
- Tarama işlemi yapılarak, geleneksel ölçü alma yöntemleri ortadan kaldırıldığı için verilerin bilgisayar ortamına atma süresi ve dolayısıyla işlem için gerekli olan bekleme süreleri kısa olacak ve modellerin daha kısa sürede elde edilmeleri sağlanacaktır [10].

2.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA OLUŞAN SORUNLAR

2.2.1. 3D YAZICININ BAŞLARKEN FLAMENT AKITMAMASI

Bu durum yeni 3D yazıcıları olan kullanıcılar için çok yaygın bir sorundur.. Eğer yazıcı başta filamenti çıkartamıyorsa bunun 4 ana sebebi vardır.

Astar kısmında plastik akıtmaması;

Bunun sebebi extruderı ısıtırken plastiği akarak içinden boşalması. Bu boşalma içeride bir boşluk oluşturur ve objeyi üretmeye başladığımızda arkadan gelen plastik bu boşluğu doldurana kadar uç kısımdan çıkmaz ve objenin alt kısmında yapılmamış bir bölge olur ve dahası bu yapılmayan bölge yüzeye tutunmadığı için baskının ilerleyen zamanlarında objede tabladan kalkma olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bunu önlemek için arayüz programında objenin oluşturulacağı yerin çevresine çizgi çekmek suretiyle bu boşluğun doldurulması sağlanılabilir. Veyahut baskıya başlamadan hemen önce filamentı akıtıp o boşluk doldurulabilir.

Exruder dişlisinin karşısındaki plastiğin soyulmuş olması;

Birçok 3D yazıcı filamentı itmek için küçük dişliler kullanır. Bu dişli plastiği sıkıştırıp aşağı doğru iter. Eğer dişli plastiği sıkıştıramayacak kadar aşınmış ise boşa döner ve plastik aşağı itilmediği için yazıcı başından plastik çıkmaz ve akıtmama sorunu yaşanır. Bu sorunu çözmek için dişlinin karşısındaki plastiği aşınmamış konuma getirmek ve baskıyı tekrardan başlatmak. Yazıcının kafasının tablaya çok yakın olması itirici dişlinin karşısındaki plastiğin aşınmasının sebeplerinden biridir.

3D yazıcısının kafasının tablaya çok yakın olması;

3D yazıcının kafasının tablaya çok yakın olması plastiğin kafadan kaçabilecek bir konumunun olmamasına sebebiyet verir ve objeyi yapamamızla sonuçlanır. Bu sorunu çözmek için G-code dan offset vermemiz yeterli olacaktır. Biraz yukarıda başlattığımız kafadan çıkan plastik ile artık objeyi oluşturabiliriz. Başka yöntem olarak ise donanımsal müdahale etmemiz. Tablayı biraz aşağı aldığımızda sorun çözülecektir.

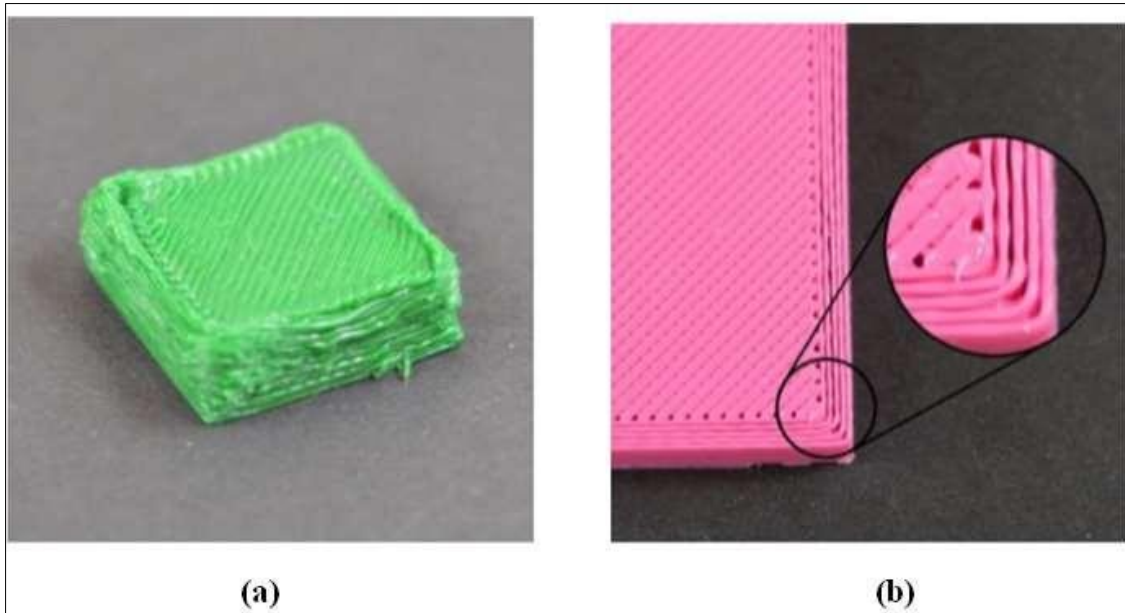
Yazıcı Başının Tıkanması

Eğer yukarıda bahsedilenler çözüm getirmediyse son olarak yazıcının kafasının tıkanmış olma ihtimali geriye kalıyor. Bazı plastik kalıntılar veya plastiğin uzun bir süre ucunda beklemesi yazıcı başının tıkanmasına sebep olabilir. Bu sorunu düzeltmek için 3D yazıcının başını söküp temizlemek gerekmektedir [11].

2.2.2. YETERSİZ VEYA FAZLA PLASTİK AKMASI

3D yazıcıların arayüz programında itirme yoğunluğu girmiş olduğumuz nozzle ucu ile tahmin edilmeye çalışılır. Ama bazen tahmin edilen değer yeterli olmamaktadır. Yazıcının filamenti itirme yoğunluğunun uygun değerde olup olmadığını test etmek için 3 cm lik bir küp üretebilir ve deneme yanılmayla sorun çözülebilmektedir.

Arayüz programından itirme yoğunluğu ve nozzle ucunu doğru olup olmadığına bakılması gerekmektedir. Eğer değilse itirme yoğunluğunu arttırmamız gerekmektedir [11].



Şekil 2.1. (a) Filamentin fazla gelmesi ile oluşmuş imalat hatası (b) Filamentin az gelmesi ile oluşmuş imalat hatası

2.2.3. ÜRETİMİN TABLAYA TUTUNAMAMASI

3D üretimde ilk katmanın tablaya çok iyi bir şekilde tutunması çok önemlidir. Çünkü bütün geri kalan üretim bunun üzerine inşa edilir. Eğer ilk katman güzel yapışmazsa üretimin ilerleyen sürecinde sıkıntı yapar. Yapışma sorunu ile başa çıkmanın birçok yolu var.

Tablanın Ayarının Bozuk Olması;

Çoğu yazıcı ayarlanabilir tabla şeklinde gelmektedir. Eğer tablaya yapışmama sorunu yaşıyorsanız. İlk kontrol etmek isteyeceğimiz yer tablanın düz olup olmadığıdır. Düz olmazsa tablanın bir ucu yazıcı başına çok yakın diğer ucu ise gereğinden daha uzak olur.

Yazıcının Kafasının Olması Gerekinden Yukarıda Olması;

Tablayı ayarladığımız zaman yazıcı kafasına olan uzaklığına göre düz yapılması gerekmektedir. Tabla ile kafa arasındaki mesafe yaklaşık A4 kağıdı kadar olmalıdır. Eğer yazıcı kafası biraz yukarıda olursa içinden çıkan hammadde tablaya yapışmaz ve üretimin devamını gerçekleştirmekte sıkıntı yaşanabilmektedir.

İlk Katmanın Çok Hızlı Sürülmesi,

İlk katmanı hızlı bir şekilde inşa ettiğimizde kullandığımız plastik 2. katmana geçildiğinde tablaya yapışmak için yeterli zamanı bulamayacaktır. Bu sebepten ötürü ilk katmanı diğer katmanlardan %50 daha yavaş inşa etmek objenin tabladan kalkmasını engellemek için yapılacaklardan biridir.

Sıcaklık veya Soğutma Ayarları;

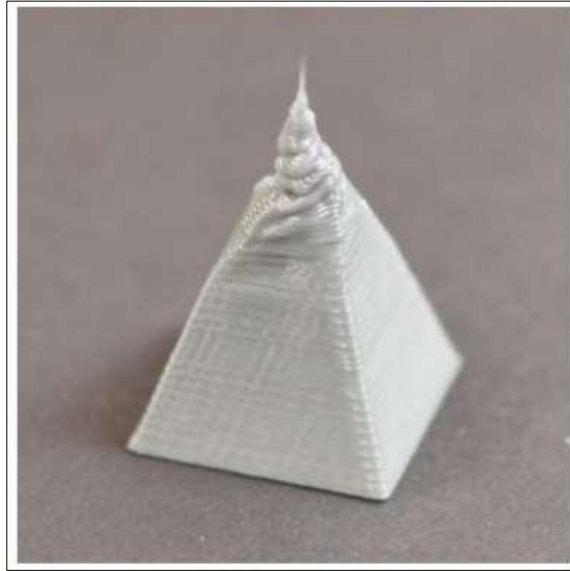
Plastikler yapı itibarıyla soğuduklarında kendilerine doğru çekerler. Bu soğuma tabla yüzeyinde hızlı gerçekleşirse objenin tabladan kalktığı gözlemlenmektedir. Bunu önlemek için ısıtıcı tablalar kullanılmaktadır. Isıtıcı tablalar ABS plastik için 100-120 derece arasında tutulursa daha uygun PLA plastik için ise 60-70 derece arasında tutulması daha uygun olmaktadır. 250 derecede eriyen ABS plastik bir anda oda sıcaklığı ile tanışmıyor onun yerine yarı sıcaklık olan tabla sıcaklığı ile karşılaşmamakta ve çekme gerçekleşmemektedir. Tabla sıcaklığı ise üretim sonuna kadar aynı sıcaklıkta tutulması gerekmektedir.

Üretim Yüzeyi;

Üretimde objenin kalkmasını önlemek için kullanılan plastiğin güzelce yapışabileceği bir yüzey kullanmak uygun olmaktadır. Bunun için birçok yöntem kullanılmakta. Bunlardan bazıları mavi bantlarla kaplanmış yüzey, cam olan yüzey, poliamid film ile kaplanmış yüzey, pai ile yapılmış yüzeyler. Bunların haricinde yüzeye sürülen yapıştırıcılarda yardımcı olmaktadır [11].

2.2.4. AŞIRI ISINMA SORUNU

Kullanılan plastik 190 – 240 derece arasında yazıcı kafasından çıkış gerçekleştirir. Bu sıcaklıktaki plastik kolayca bükülebilir ve kolayca şekillendirilebilir. Soğuduğunda ise hemen katı bir hal alır ve şeklini korur. Yapılması gereken işlem ise plastiğin yazıcının kafasından çıkarken ki sıcaklığı ve soğumasındaki dengeyi kurmak olmalıdır. Bu denge kurulamazsa eğer parçalarda her yerinde olmasa da bazı yerlerinde üretim hataları ile karşılaşabilmektedir.



Şekil 2.2. Nozzle' ın fazla ısınmasından kaynaklanan imalat hatası Yetersiz

Soğutma;

En yaygın aşırı ısıtma sorununda aslında yeteri kadar hızlı bir şekilde soğutmamasındanötürü oluşmaktadır. Bu sorunu plastiğin çıktığı yere fan koyarak halletmeye çalışılmaktadır. Eğer fan varsa daha güçlü çalışmayı denenmelidir.

Isının Çok Yüksek Olması;

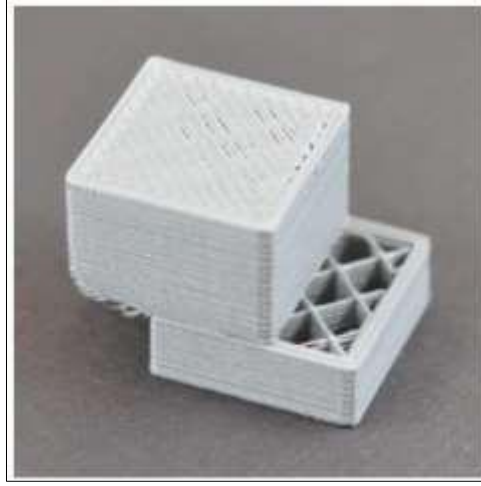
Eğer soğutucu pervane kullanılıyor ve hızı maksimum yapıldığında dahi aynı sorunla karşılaşılıyorsa. Yazıcı kafasının sıcaklığını 5-10 derece azaltılması denenmelidir. Sıcaklığı plastiğin kafadan çıkamayacağı kadar düşürmemeye dikkat edilmelidir.

Çok Hızlı Üretim Yapılması;

Eğer her katman çok hızlı üretilirse plastik soğumaya vakit bulamayabilir. Bu genellikle küçük parçalarda olmaktadır. Yazıcının hızı arayüz programından ayarlanıp düşürülmelidir[11].

2.2.5. EKSEN YA DA KATMAN KAYMASI

Çoğu 3D yazıcı açık döngülü kontrol mekanizması kullanmaktadır. Bu şu demektir ki makine nozzleın bulunması gereken nokta ile aslında bulunduğu noktayı karşılaştıramaz. Geri bildirim mekanizması yok demektir. Yazıcı nozzle'ı belirli bir noktaya götürebilmek için hareket eder ve oraya varacağını ümit eder. Çoğu durumda gayet güzel çalışır. Güzel çalışmasını step motorların kafayı gayet güzel ittirmesi ve üzerinde aşırı yük olmamasından dolayıdır. Lakin herhangi bir şeyin yanlış gitmesi halinde yazıcı bunu fark edemez. Örneğin üretim esasında yazıcıya çarpılması ile yazıcının kafasında oynama meydana gelirse yazıcının geri bildirim mekanizması olmadığından bu değişim fark edilemez. Sonra sanki hiçbir değişiklik olmamış gibi işleme devam eder. Ne yazık ki böyle bir durum gerçekleştiğinde yazıcının bunu fark edip düzeltmesi gibi bir seçenek yoktur.



Şekil 2.3. Eksen kaymasına bağlı imalat hatası Yazıcı.

Kafasının Çok Hızlı İlerlemesi;

Eğer çok hızlı bir üretim gerçekleştirilse kullanılan motorlar bu hızı devam ettirmeyedayanamayabilir. Motorlarda çok yükleme olduğunda zaten “click” sesleri gelmeye başlar. Böyle olduğunda yazıcının kafası daha önce üretilmiş kısmın üzerine dökememeye başlar. Bu durumda yazıcının hızı %50 azaltılmalıdır. Hız yarıya indirildiğinde sorun hala devam ediyorsa motorların ivmelenmesinin de azaltılması denenebilir.

Mekanik ve Elektriksel Sorunlar;

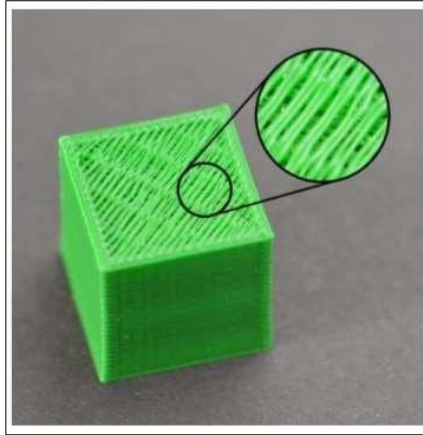
Eğer eksen kayması sorunu devam ederse. Sorun makinenin mekaniğinde veya elektriginde. Birçok yazıcı yazıcının kafasını oynatmak için kayış kullanır. Bu kayışlar zamanla gevşemiş olabilir. Kayışı gerdirep tekrar üretim almak denenebilir. Kayış gerginliği ise motorun dönmesini engelleyecek boyutta olmamalı ve eksen kayması yaşatacak kadarda gevşek olmamalıdır. İkisi arasında uygun bir gerginlikte bulunmalıdır.

Başka mekanik sorun ise motor mili ile kasnağı birbirine tutturan setskur gevşemiş olabilir. Böyle bir durumda motorun mili döner ama kasnak dönmez. Bunun akabinde dönme hareketi kasnağa aktarılmadığı için kasnakta hareket etmez. Bunu düzeltmek için setskur’u sıkılamak gerekmektedir. Ayrıca birçok elektriksel sorunda eksen kaymasına sebep olabilmektedir. Örneğin; motorlara yeterince akım gitmemesi motorların adım kaçırmasına sebep olup ve eksen kayması yaşanmaktadır. Başka elektriksel sorun ise motor sürücünün

çok ısınmasıdır. Çok ısınan motor sürücü soğuyana kadar çalışmaz ve adım kaçırmaya sebep olur. Bunu önlemek için kartların olduğu bölgeye fan koymak gerekmektedir[11].

2.2.6. OBJELERİN ÜST TARAFINDA DELİKLER OLUŞMAŞI

Çoğu yazıcılar plastikten tasarruf yapmak için iç kısmını delikli kabuk kısmını ise tam kapanacak şekilde üretmektedir. Örnek verirken iç doluluk oranı %20 olan bir objenin kabuk kısmından sonraki yerde %20 dolulukla doldurulur sonra üst kısma gelince kabuk yapıp kapatılmaktadır. Kabuğun katman sayısını 5 vermiş isek kabuk kısmına gelindiğinde 5 katman tam dolu olacak şekilde akıtma işlemi yapılmaktadır. Bu işlem yine istediğimiz objeyi katı bir şekilde almak için yapılmaktadır. Ama daha öncede belirtildiği gibi içinin hepsi kabuklar gibi tam dolu değildir. Belirtilen değerde doluluk sağlanıp diğer kalan kısımlarda hava kalmaktadır. Maddeden ve zamandan tasarruf etmek için yapılan bu hareket daha sağlam bir obje istendiğinde terk edilip %100 doluluk verilirse tam dolu daha sağlam bir madde elde edilmektedir.



Şekil 2.4. Üst yüzeyinde hata olan ürün.

Yeteri Kadar Kabuk Katman Sayısı Verilmemesi:

Objenin en az 0,5 mm kabuk kalınlığının olması gerekmektedir. Eğer 200 mikronluk üretim yapılıyorsa en az 3 kat katman verilmesi 100 mikronluk üretim yapılıyorsa en az 5 kat katman sayısı verilmelidir.

İç Doluluk Yüzdesi Çok Az Olması:

Eğer iç doluluğu çok az yapılırsa kabuk kısmı sürülürken çökmeler yaşanacaktır ve bu da objenin tepesinde açıklıklar meydana getirecektir. Böyle bir durumda iç doluluğu arttırmak gerekmektedir. İç doluluk yaygın olarak en düşük %20 verilerek üretim yapılır.

Yazıcının Az Plastik Akıtması:

Yazıcının az plastik akıtması buna benzer sonuçlar doğurabilmektedir. Bu konuyu daha önce değiniliştir [11].

2.2.7. OBJELER ÜZERİNDE SAÇAKLANMA

Objenin üzerinde ip oluşması ya da başka bir deyişle sızma yapması ya da saçaklı üretim yapması yazıcının bir noktadan uzak başka bir noktaya geçerken gerçekleşmektedir.

Geri çekme ayarları yazıcının kafasının bir yerden başka bir yere giderken yazıcının kafasından plastiğin sızmasını engellemek için yapılan bir ayardır. Ayarda belirtilen değer filamentin kaç mm geri çekileceğini belirtmektedir.



Şekil 2.5. İmalat hatası saçaklanma.

Geri Çekme Mesafesi;

İlk önce kontrol edilmesi gereken ayar geri çekme mesafesidir. Bu ayar yazıcının kafasının bir noktadan başka uzak bir noktaya hareket ederken filamentin ne kadar geri çekileceğini belirtmektedir. Direkt beslemeli yazıcılarda geri çekme ayarı 0,5 - 2mm arası yeterli olmaktadır ama uzaktan beslemeli yazıcılarda 15mm veya daha fazla geri çekmek gerekebilmektedir. Saçaklı bir üretimle karşılaşıldığında geri çekme ayarını 1mm arttırarak tekrar denenmelidir. Sorun çözülmezse bir kaç defa tekrarlanmalıdır.

Geri Çekme Hızı:

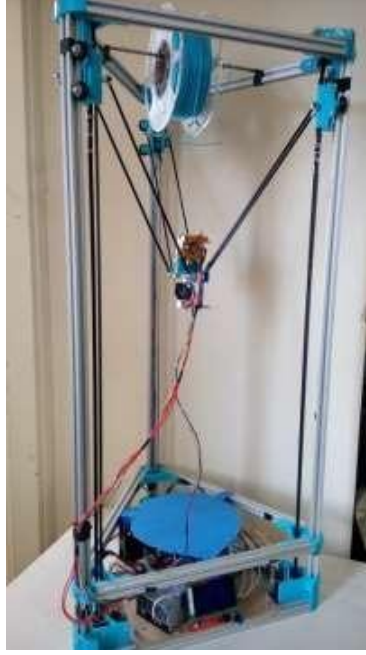
Sorun hala çözüme ulaşmadıysa bir sonraki geri çekme ayarı olan geri çekme hızını kontrol etmek gerekmektedir. Bu ayar filamentin ne kadar hızlı geri çekileceğini belirtir. Eğer geri çekme hızı yavaş olursa yolun yarısına geldiğinde istenilen ölçüde geri çekme yapılmış olacak o zamana kadar olan mesafe de ise yine saçaklar belirecektir. Eğer geri çekme çok hızlı olursa filamentin ucundaki sıcak bölme ile soğuk bölme birbirinden ayrılır ve sıcak olan bölge aşağıda kaldığı için yine sızma meydana gelmektedir. Hızlı hareket etmenin başka zararlı bir yanı ise ittirici dişlinin filamenti oymas. Oyulan filament o oyuk kısmı atlatılınca kadar itilemez ve filament itilemediği için üretim gerçekleştirilemeyip üst katmanlar doldurulamamaktadır. En iyi geri çekme ayarlarını söylemek gerekirse 20- 100 mm/s' dir. Bu ayar aslında kullanılan filamente göre değişmektedir. En iyi değeri bulmak için biraz deneme yapılması gerekmektedir.

Sıcaklık Ayarı;

Geri çekme mesafesi ve geri çekme hızı kontrol edilip ve hala aynı sorunla karşılaşılıyorsa muhtemelen yazıcının kafası çok ısıtılmaktadır. Çok fazla ısının yazıcı kafasında sızmalar meydana gelmekte ve böyle sorunlarla karşılaşılmaktadır. Lakin sıcaklıkta yeteri kadar olmayınca ittirme gerçekleşmemektedir. Tam ara değer bulması oldukça önemlidir [11].

BÖLÜM 3

3.1. DELTA ROBOT PRINTERDA KULLANILAN MALZEMELER



Şekil 3.1. Delta Robot Printer Prototipi.

3.2. DELTA ROBOT PRINTERIN BAĞLANTI PARÇALARI

3.2.1. MOTOR TUTUCU

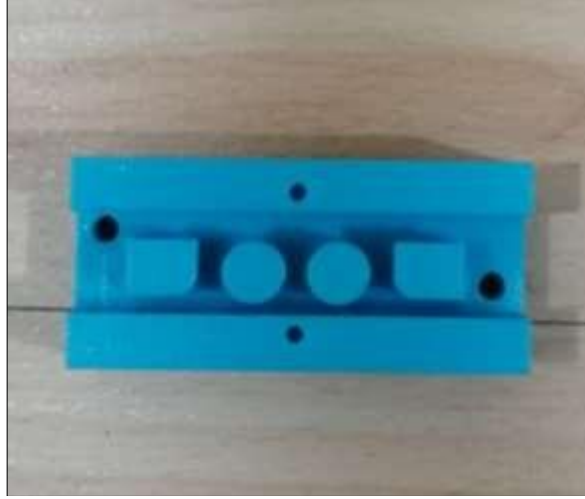
Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş olan motor tutucu parça tasarımı şekil 3.2.'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Motor Tutucu.

3.2.2. KAYIŞ TUTUCU

Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş kayış tutucu parça tasarımı şekil 3.3.' te görülmektedir.



Şekil 3.3. Kayış Tutucu.

3.2.3. TEKERLEK SİSTEMİ

Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş tekerlek sisteminin tasarımı şekil 3.4.' te görülmektedir.



Şekil 3.4. Tekerlek Sistemi

3.3. DELTA ROBOT PRINTERİN MEKANİK PARÇALARI

3.3.1. EXTRUDER

Extruder, filamenti ısıtıcı uca doğru iten mekanizmadır. Kullanılan filament kalınlığına (1.75mm -3mm) göre farklı özelliklere sahip olabilmektedir.



Şekil 3.5. Extruder.

3.3.2. KAYIŞ VE KASNAKLAR

Kasnak, step motor ile kayış arasındaki bağlantıyı sağlar. Avare kasnaklar rulmanlı kasnaklardır. Dişleri yoktur. Kayışın geri ileri dönüşünü lineer olarak aktarır.

Kayış lineer olarak hareketi aktarır. Kayış uzunluğu tasarıma göre ayarlanmalı aksi takdirde kayış uzun olması durumunda kasnak diş kaçıracaktır bu da yazıcının baskı halinde basım hatalarına sebep olacaktır. Kayış ile kasnağın hatvesi aynı ve gergin olmalı.

3.3.3. KOLLAR

Alt ve üst kol olmak üzere üçer adetten altı adet kola sahiptir. Üst kollar step motorlara alt kollar ise alt gövdeye bağlıdır.



Şekil 3.6. (a) , (b) Delta Robot Printer Kolları

3.3.4. BAĞLANTI ELEMANLARI (CİVATALAR, SOMUNLAR VE PULLAR)

Bu çalışmada çeşitli uzunlukta M3-M4-M5 civatalar buna uygun pullar ve somunlar kullanılmıştır.

3.4. DELTA ROBOT PRINTERDA ELEKTRONİK KONTROL

3.4.1. ARDUINO MEGA 2560 R3

ATmega2560 tabanlı bir Arduino kartıdır. 54 dijital I/O pini vardır. Bunların 14 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. 16 analog girişi, 4 UART (serial port), 16 MHz kristal osilatörü, USB bağlantısı, adaptör girişi, ICSP çıkışı ve bir reset butonu vardır. Arduino Mega 2560, 3 Boyutlu yazıcılar için hazırlanmış olan yazılımı yüklediğimiz ve Ramps 1.4 ile iletişimi sağladığımız bir karttır.

Arduino Mega 2560 USB ‘den ve harici bir adaptör veya batarya ile beslenebilir. 3 Boyutlu yazıcı için besleme Ramps 1.4 üzerinden yapılır. Kart 6-20V arasında bir harici kaynaktan beslenebilir. Eğer 7Vun aşağısında besleme kullanılırsa 5V çıkış pini 5V veremez ve kart dengesiz çalışabilir. 12V’tan yukarı bir harici güç kaynağı kullanılırsa voltaj regülatörü fazla ısınıp karta zarar verebilir. Dolayısıyla 7 ila 12 Volt kullanılması önerilir.

Arduino Mega2560’ ın diğer kartlardan farkı FTDI USB-to-serial sürücü entegresi

kullanılmamış olmasıdır. USB-to-Serial entegresi yerine ATmega16U2 USB-to-serial dönüştürücü olarak programlanmıştır [12].

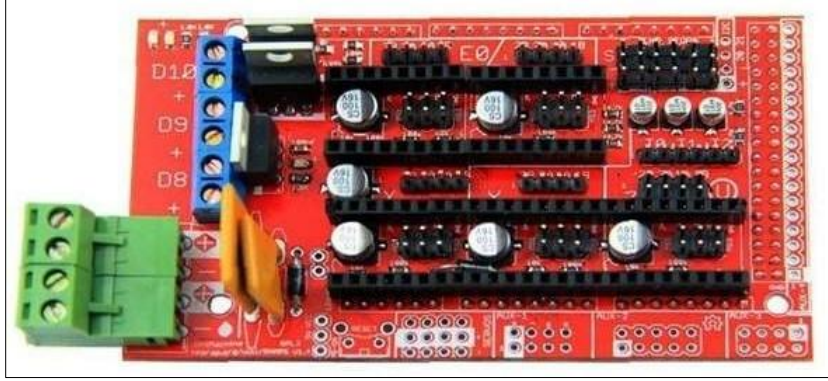


Şekil 3.7. Arduino Mega 2560 R3.

3.4.2. RAMPS 1.4(RepRap Arduino Mega Pololu Shield)

Üç boyutlu printerlarda oldukça sık kullanılan bir kontrol kartıdır. Kontrol kartı motorların kontrolü, bilgisayardan gelecek hareket kodlarının(G-code) motor hareketlerine tercüme edilmesi, sıcak ucun ısıtılması, ısısının kontrol edilmesi, filament beslemesi yapan extruder motorunun çalıştırılması, sıcak baskı yatağının ısıtılması, soğutma fanlarının farklı hızlarda döndürülmesi, sınır anahtarlarının durumunun kontrol edilmesi gibi pek çok işi yöneten beyin işlevi görmektedir. Arduino Mega modeli veya benzer pin dizilimine sahip bir çok kart ile beraber kullanılabilir olan Ramps1.4; shield yapısı sayesinde Arduino Mega'nın direk olarak üzerine oturtularak kullanılabilir.

RepRap, Mendel ve Prusa uyumlu olan Ramps, 5 adet step motorun kontrolüne imkan vermektedir. Ürün üzerine 5 adet A4988 motor sürücü kartı takılarak uygun step motorların kontrolleri sağlanabilir. X eksenine için 1, Y eksenine için 1 Z eksenine için 2 motor desteği sunan Ramps, 2 tane de Extruder için step motor desteğini sunmaktadır. Bu özelliklere ek olarak yine 3 adet ısıtıcı çıkışı ve 3 adet de limit-switch girişi yer almaktadır. Ayrıca Ramps ile uyumlu LCD ekran girişi de yine ürün üzerinde yer alan konnektörden sağlanmaktadır [12].



Şekil 3.8. RAMPS 1.4 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield).

3.4.3. STEP MOTORLAR

Genel olarak 3D yazıcılarda NEMA 17 büyüklüğünde step motorlar kullanılmaktadır. Step motorlar, mikro işlemci yada bilgisayar ile pozisyonları ve hızları kontrol edilebilen motorlardır. Bazı özel modeller olsa da bir step motor bir turunu 200 stepte tamamlamaktadır. Yani en küçük kontrol açısı 1.8 derecedir [12].

Bu çalışmada 4 adet Nema 17 step motor kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Step Motor.

3.4.4. LCD EKRAN

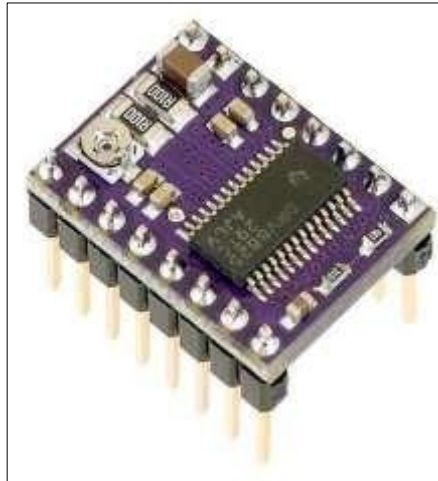
RepRap Ramps 1.4 ile uyumlu 128x64 Piksel Grafik LCD, Adından da anlaşılacağı üzere değerleri grafik(simgeli) olarak göstermektedir. Daha geniş bir ekrana sahiptir [12].



Şekil 3.10. LCD Display.

3.4.5. DRV8825 STEP MOTOR SÜRÜCÜSÜ

DRV8825 step motor sürücü kartı, kanal başına 1.5A akım verebilmektedir. Zorlanma ve ani durumlarda bu değer 2.2A'e kadar çıkabilmektedir. Sürücü ayarlanabilir akım sınırlaması, aşırı akım ve aşırı sıcaklık koruması ve altı mikrostep çözünürlük(1/32 Step) özelliklerine sahiptir. 8.2V ve 45V arasında geniş bir çalışma voltaj aralığı ile birçok projede rahatlıkla kullanılmaktadır [12].



Şekil 3.11. DRV8825 Step Motor Sürücüsü.

3.4.6. GÜÇ KAYNAĞI

Üç boyutlu yazıcılarda 12V' luk güç kaynağı kullanılmaktadır.Ramps 1.4 bu kaynak üzerinden beslemeyi yapıp ilgili yerlere gücü dağıtmaktadır.Eğer sadece PLA basacaksanız 16.5-20 amper arası bir güç kaynağı işinizi görecektir.Fakat ABS basacaksanız 20 amperin üzerinde bir güç gerekmektedir [12].

3.4.7. END STOP

End stop veya limit switch de denilmektedir. 3D printerlarda X,Y ve Z eksenlerinde son limitleri belirlemek için kullanılır. Limit switch üzerindeki metal çubuğun modül üzerindeki butona tıklayarak sistemin anahtarlama yapmasını sağlar. Bu modül 3D yazıcılarda eksen hareketinin son kısmına gelip gelmediğini tespit etmek için kullanılır.

Standart butonlardan farkı sistemi anahtarladıktan sonra bir miktar daha hareket edebilmesidir. Bu sayede sistem limit noktasına geldikten sonra bir miktar daha hareketine devam etse bile limit switch'e zarar vermez [12].



Şekil 3.12. Limit Switch (End Stop).

3.4.8. ISITICI TABLA

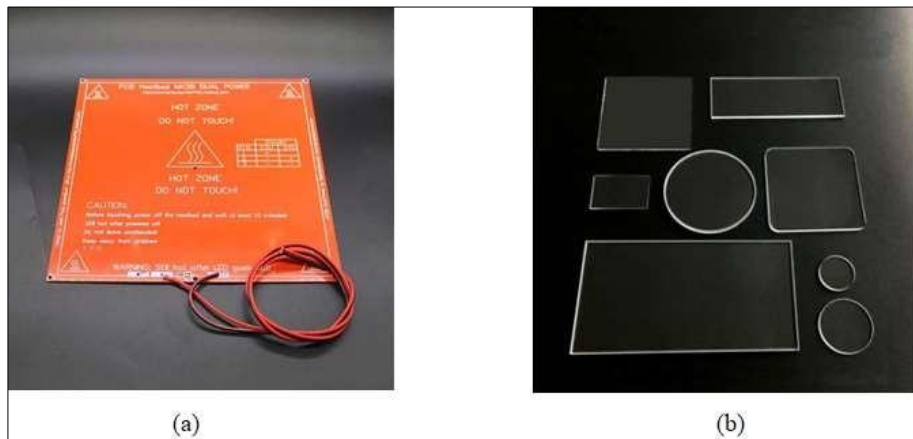
Bu parça genellikle baskı sırasında malzemenin yüzeye yapışmasını ve çarpılmamasını sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. PLA için ısıtıcı zemin kullanımı şart olmasa da ABS malzemenin çarpılmasını engellemek açısından şart olmaktadır.

Isıtıcı zemin PLA ile kullanılacaksa ısıya dayanıklı cam ile birlikte kullanılması gerekmektedir. 2-3mm kalınlığında kare şekilde ısıtıcı zeminin ölçülerine uygun olarak kesilmiş bir cam PLA'nın düzgün bir şekilde yüzeye yapışmasına yardımcı olurken, baskı yapılan parça yüzeyinin parlak ve oldukça güzel görünmesini sağlayacaktır. PLA için kullanılması gereken zemin sıcaklığı 50-60 C'dir.

PLA malzemede çarpılma sorunu olmaması nedeni ile ısıtıcı zemin kullanımı bir gereklilik değildir. PLA düzgün kesilmiş akrilik (pleksi glass) üzerinde de oldukça güzel performans vermektedir. Isıtıcı zemin ile karşılaştırıldığında akrilik kullanmak daha düşük maliyetli ve daha az sorunlu bir yöntem.

ABS, PLA ile karşılaştırıldığında oldukça çok çarpılan bir malzemedir. Bu nedenle ısıtıcı zemini de 100-110 C civarında kullanılması gerekmektedir. Buna ek olarak ABS cam yüzeye yapışması daha zor olduğu için cam ile birlikte ısıya dayanıklı Kapton bant kullanılması gerekmektedir. Tüm bu önlemlere rağmen ABS'nin çarpılmasını engellemek büyük parçalarda oldukça zor olmaktadır [12].

Bu tez çalışmasında ısıtıcı tabla yerine cam tabla kullanılmıştır. Isıtıcı tablaya göre daha yüksek verim elde edilmiştir.



Şekil 3.13. (a) Isıtıcı Tabla (b) Cam Tabla.

3.4.9. TERMİSTÖRLER

Heatbed ve hotend in sıcaklığını kontrol etmek için kullanılan 100k' lık termistörlerdir. 3D yazıcı üzerinde 2 adet kullanılmaktadır. Değişik toleranslarda satılmaktadırlar [12]. Bu tez çalışmasında ısıtıcı tabla kullanılmadığı için 1 adet termistör kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Termistör.

3.4.10. SOĞUTUCU FAN

3 Boyutlu yazıcılarda fan baskı kalitesini, yazıcının sağlıklı çalışabilmesini doğrudan etkilemektedir. Ramps üzerinde en az 1 tane güçlü fan bulunmalıdır. Çünkü sürücüler ve diğer devre elemanları yazıcı çalışırken çok ısınmaktadırlar.

Hotend kısmında da bir tane yada 2 tane fan takılmalıdır. Burada hotend in bağlı olduğu plastiği eritebilme durumu olduğundan dolayı ve katmanların soğutulması için fan kullanılmaktadır. Hotend kısmı için 4x4 cm ebatında bir fan yeterlidir. Ramps için ise 6x6cm veya 8x8cm büyüklükte bir fan takılabilir [12].



Şekil 3.15. Soğutucu FA.

BÖLÜM 4

4.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN CAD PROGRAMLARI

3D yazıcılar için bilinen tüm CAD programları uyumludur. Tek yapılması gereken herhangi bir CAD programında tasarımı yapılmış modelin STL formatında kaydedilip üç boyutlu yazıcı kontrol programına aktarılmasıdır.

Solidworks: Bu programlama ABD merkezli olan bir firma tarafından 1993 senesinde piyasaya çıkartılmıştır. Her daim kendisine yenilik katan bir programdır. İçerisinde çok karmaşık bilgiler bulunuyor gibi görünse de öğrenmesi oldukça basit bir kodlama türüdür. Bu programlama türünü genel olarak makine, ürün ve tesisi tasarımlar oluşturmak isteyen kişiler tarafından kullanılmaktadır.

Autodesk: 1982 senesinde piyasaya çıkan ve John Walker tarafından oluşturulan bir yazılım firmasıdır. Firmayı tanınır kılan en büyük özellikleri arasında 3D modeller ve diğer yazılımlar üzerinde yapmış oldukları başarılı işlerdir.

AutoCAD: İlk olarak piyasaya 1980 yılında çıkan ve Autodesk destekli olan bu program günümüzde en yaygın şekilde kullanılan CAD programları arasındadır.

Rhino: Bu program özellikle 3B sanayi modelleme ve protipleme için oluşturulmuş bir yazılımdır.

3DS Max: Bu program Autodesk firması tarafından geliştirilmiş olup 3B modelleme ve Animasyon oluşturma gibi işlemlerde kullanılmaktadır.

Maya: Uzun seneler boyunca Alias firması tarafından piyasaya sürülen bu ürün daha sonraları Autodesk'in satın almasıyla beraber 3B animasyon modelleme uygulaması olarak tercih edilmektedir.

ZBrush: Pixologic firması tarafından üretilen ve çıkartılma aşamasındayken çığır açacak denilen bu kodlama ile gerçek zamanlı ve oldukça ayrıntılı 3B işlemleri gerçekleştirebileceksiniz.

Blender: Bu program diğer programların aksine özgür bir üç boyutlu işlem gerçekleştirme programıdır.

Mudbox: Bilgisayar yazılımı lan bu program genellikle heykeltıraşlar tarafından tercih edilmekte olan 3B bir yazılımdır.

Lightwave: Yazılım firması olan Newtek tarafından oluşturulan ve piyasaya sunulan bir bilgisayar grafiği yazılımıdır.

Mathematica: Wolfram Research tarafından oluşturulmuş olan bu program oldukça yüzeysel bir matematik yazılımıdır. Bu sistem içerisine herhangi bir denklem girmek kolaydır.

Cinema4D: Bilgisayar üzerinde kullanılmak üzere oluşturulmuş bir üç boyutlu yazılım programıdır. Yapmış oldukları başarılı güncellemeler sayesinde Avrupa ülkelerinde son zamanlarda oldukça tercih edilen bir yazılım olma yolunda ilerlemektedir.

SketchUp: Genel itibariyle bu program mimarlar, mühendisler ve film yapımcıları gibi üç boyutlu işlemler gerçekleştirmek isteyenler için oluşturulan bir yazılımdır.

FreeCAD: tamamıyla açık kaynak altında geliştirilmiş olan bu yazılım üzerinde üç boyutlu işlemlerinizi gerçekleştirebilirsiniz.

TinkerCAD: Nerdeyse her yaştaki bireyin rahatlıkla kullanabileceği tarayıcı tabanlı olan 3D modelleme ve tasarımı amacıyla kullanılan programdır [13].

4.2.ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI

Üç boyutlu yazıcılardan ürün çıkarabilmek için ilk aşamada bu ürünün dijital ortamda üç boyutlu olarak tasarlanmış olması gerekir. Dijital ortamda tasarlanan ürün STL formatında kaydedilir ve üç boyutlu yazıcı kontrol programlarına aktarılır. Üç boyutlu yazıcı kontrol programlarında baskısı yapılacak olan ürünün yüzey kalitesi, doluluk oranı gibi istenilen özellikleri ayarlanır. Gereken ayarlar yapıldıktan sonra dilimleme işlemi yapılarak ürün katmanlara ayrılır ve “G kodu” dosyası oluşturulur. Oluşturulan bu dosya ya hafıza kartı aracılığıyla ya da doğrudan bilgisayar bağlantısı ile üç boyutlu yazıcılara aktarılarak ürün baskısı gerçekleşir.

4.2.1. SIMPLIFY3D

Bu tez çalışmasında “Simplify3D” üç boyutlu yazıcı kontrol ve dilimleme programıdır. Bu program ile hem dilimleme işlemi hem de üç boyutlu yazıcı kontrolü yapılabilmektedir.

Simplify3D, yenilikçiler tarafından tercih edilen birinci sınıf 3D baskı yazılımıdır, mühendisler ve dünya çapında profesyonel kullanıcılar tarafından kullanılmaktadır. Güçlü, hepsi bir arada tipinde bir yazılım uygulamasıdır. 3D yazdırma işlemini kolaylaştırırken, güçlü özelleştirme araçları sağlar. Aynı zamanda kullanıcıları 3D yazıcılarında daha kaliteli sonuçlar elde etmeleri için güçlendirir. Yazılım yüzlerce 3 boyutlu yazıcı markasını destekler ve dünya çapındaki geniş bir endüstri ortakları listesiyle kullanıma sunulmaktadır.

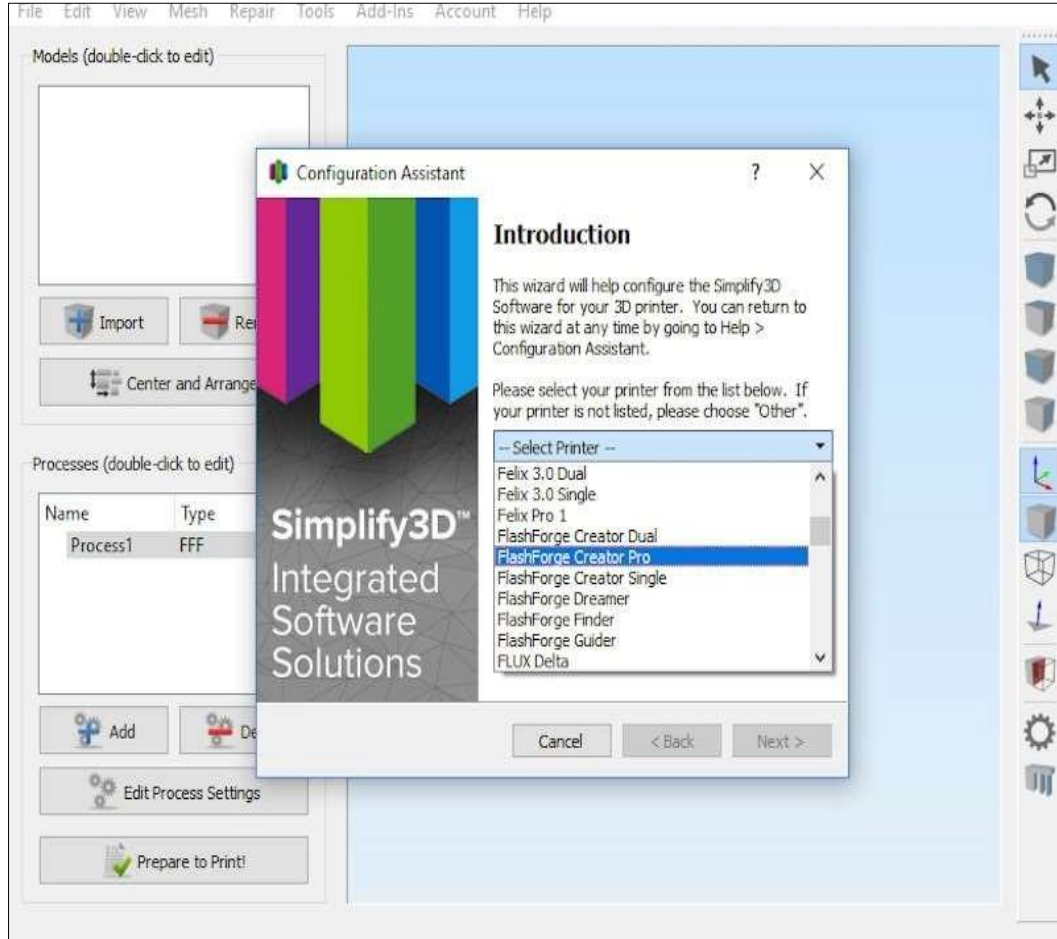
En Önemli Özellikleri

Yüzlerce Farklı 3D Yazıcı Desteği

Simplify3D, yazılımın en yeni 3D baskı donanımıyla uyumlu olmasını sağlamak için 30'dan fazla ülkedeki 3D baskı şirketleriyle ortaklık kurmuştur. Bu programda: kutudan çıkar çıkmaz olağanüstü sonuçlar alabilmeniz için yüzlerce farklı 3D yazıcı test ve optimize edilmiştir.

Birden Çok Makine Arasında Kolayca Geçiş

Yapılacak her 3D yazıcı için farklı bir yazılım programı öğrenmek yerine, tüm 3D baskı donanımı için aynı uygulama kullanılabilir. Yazılım, farklı makine konfigürasyonları arasında hızlı bir şekilde değiştirilerek, her şeyin tek bir merkezi uygulamadan kontrol edilmesine olanak sağlar.



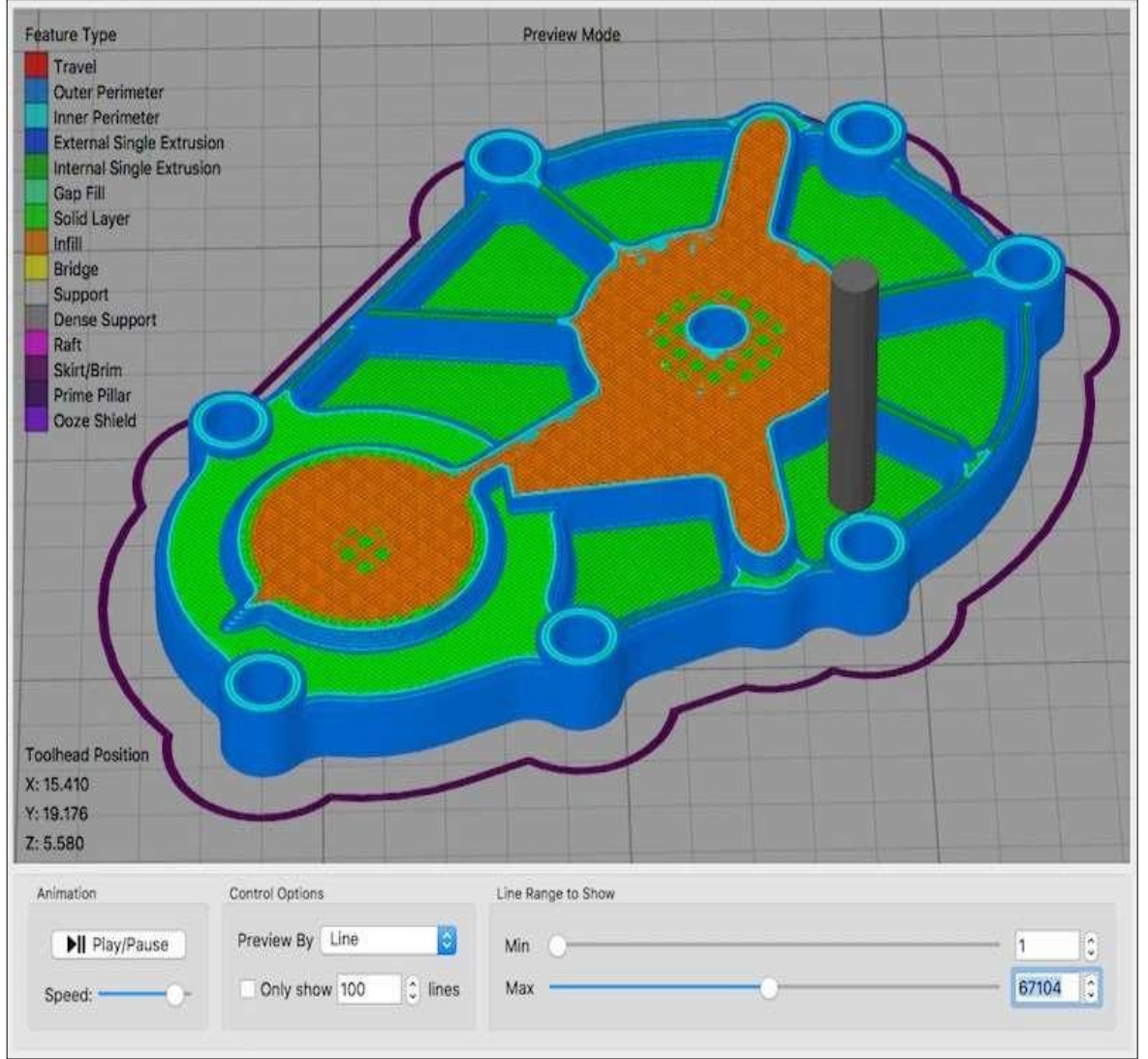
Şekil 4.1. Simplify 3D Konfigürasyon Sihirbazı.

Gerçekçi Simülasyonlar

Simplify3D, yazdırmaya başlamadan önce 3D yazıcının gerçekleştireceği eylemleri tam olarak görmeye imkan sağlayan inanılmaz derecede gerçekçi bir ön baskı simülasyonu içerir. Extruderin bir animasyonunu, her bir plastik çizgiyi ortaya koyarken izlenebilir ve her zamankinden daha fazla bilgi edinmeye olanak sağlar.

Önceden Belirlenmiş Sorunları Tanımlama

Simülasyon, bu ayarları bir bakışta hızlı bir şekilde doğrulayabilmeniz için baskı için kullanılan tam hızlar, sekanslar ve ayarlarla ilgili bilgileri içerir. Arızalı baskılarda zaman kaybetmemek ve 3D yazıcı açılmadan önce olası sorunları tespit etmek için gerçekçi simülasyonu kullanılması tavsiye edilir.



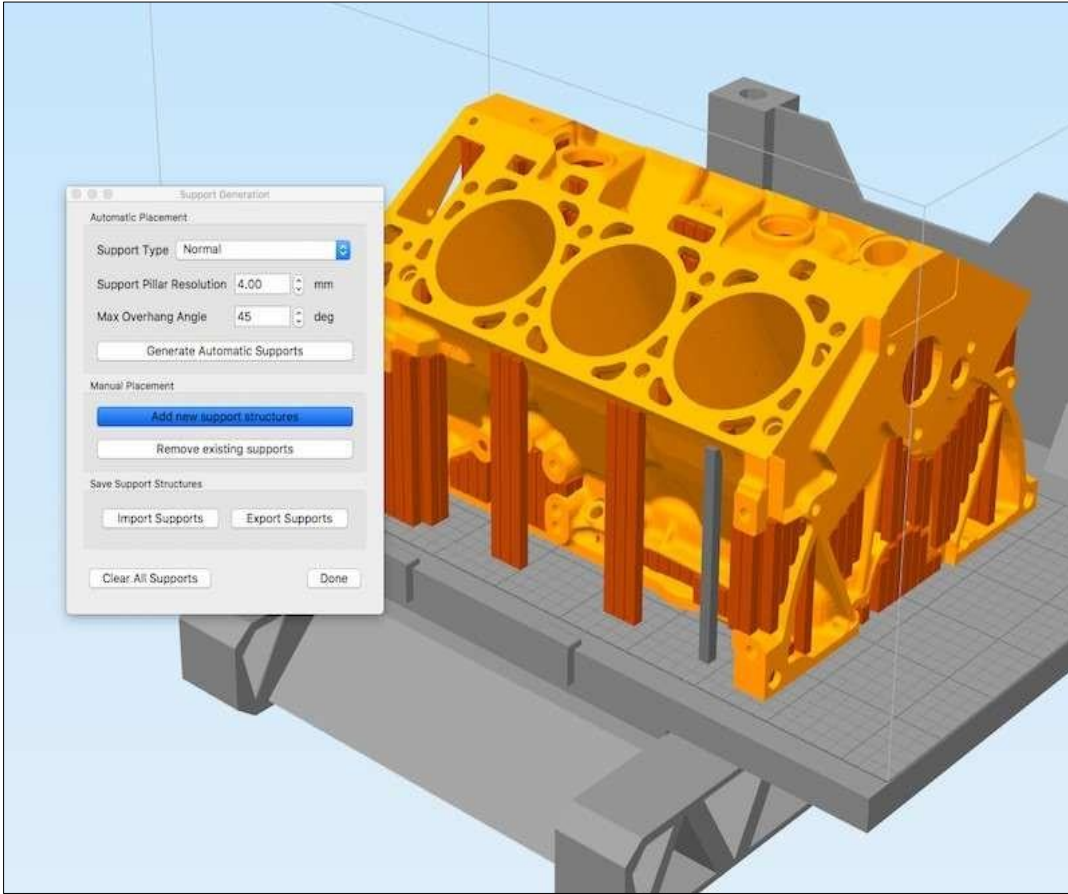
Şekil 4.2. Simülasyon ekranı.

Geliştirilmiş Baskı Kalitesi ve Kolay Ayrılma Kaldırma

Simplify3D, mevcut en iyi destek yapılarını sağlayarak en karmaşık baskılar için bile en yüksek yüzey kalitesini elde etmenizi sağlar. Baskı tamamlandığında, destekler herhangi bir özel alet veya işlem sonrası olmadan kolayca kırılabilir.

Kusursuz Baskı için Destek Özelleştirme

Yazılım otomatik olarak, destek malzemesinin nereye eklenmesi gerektiğini önerir. Kararsızlığa yatkın bölgelerde kolayca daha fazla destek eklenebilir veya daha hızlı yazdırma süreleri için gereksiz destekler kaldırılabilir.



Şekil 4.3. Destek Özelleştirme ekranı.

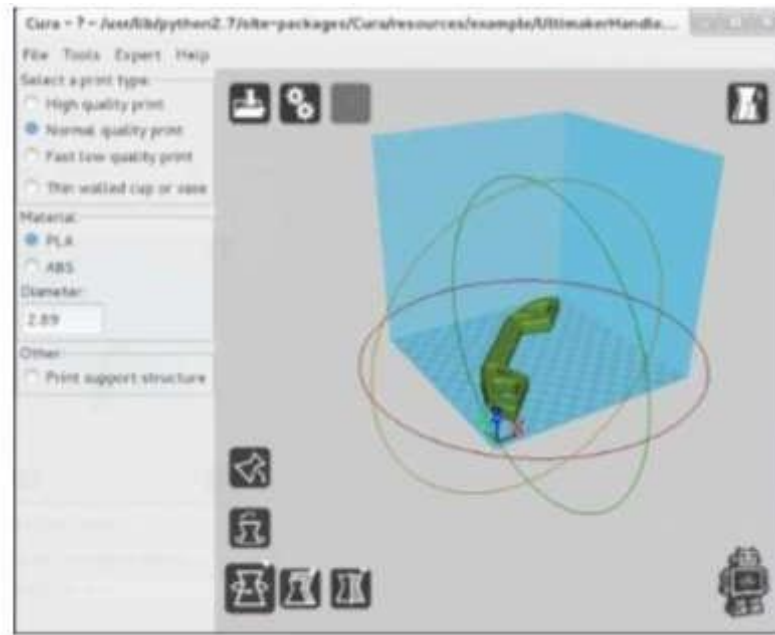
4.2.2. CURA

Cura programı Ultimaker firmasının yaptığı, Ultimaker 3D yazıcılarda ve birçok RepRap 3d yazıcıda kullanılan açık kaynak kodlu bir arayüz programıdır. Çok hızlı ve kullanımı oldukça kolay bir programdır. Ayarları çok fazla kurcalamak istemeyen kullanıcılar için hızlı baskı, 3d yazıcısını tüm özellikleriyle kullanıp tam performans almak isteyen kullanıcılar için ise tüm ayarlar seçeneği mevcuttur.

Cura ile modelinizi baskıya vermeden önce kolayca boyutlandırabilir, yönünü değiştirebilir, et kalınlığını ve doluluk oranını ayarlayabilirsiniz. Hatta baskıya başlamadan önce baskının ön izlemesini yapabilir, ne kadar sürede yapılacağını ve ne kadar ham madde harcanacağını öğrenebilirsiniz.

Cura, piyasadaki programların çoğuna göre daha kullanışlı bir programdır. Cura ile OBJ dosyalarınızı açıp STL dosyasına bile çevirebilirsiniz. Olumsuz özellik olarak ise destek malzemelerini yapış şeklidir. Ürettiğiniz objedeki destek malzemelerini ve bıraktığı izleri temizlemek diğerlerine göre daha zahmetli olabiliyor.

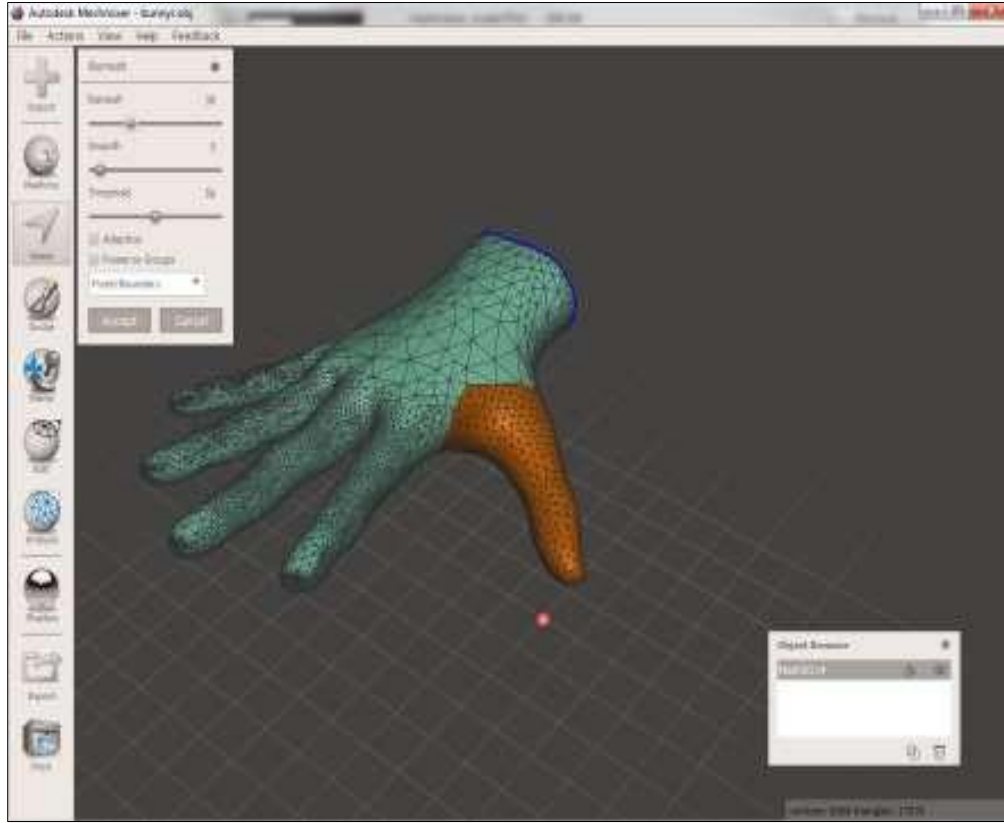
Ayrıca Cura'nın Türk kullanıcılar için Türkçe seçeneği de mevcuttur [14].



Şekil 4.4. CURA Arayüzü.

4.2.3. MESHMIXER

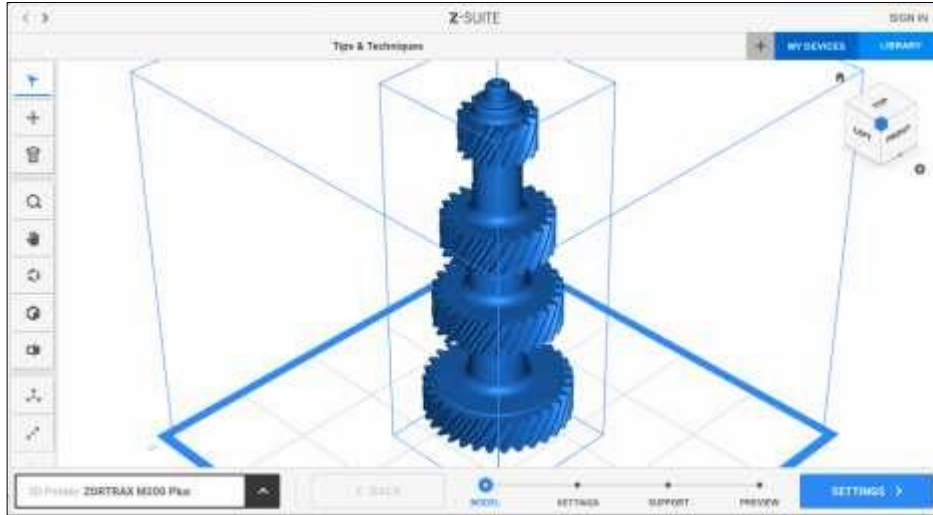
Meshmixer, özellikle Makerbot ve birçok 3D yazıcı ile uyumlu çalışabilen bir arayüz programıdır. Meshmixer ile stl dosyalarınız üzerinde değişiklik yapabilir, boyutlandırabilir, modelin formunu düzenleyebilirsiniz. Ayrıca Meshmixer'in en iyi özelliği ise çok kolay koparılabilen ve az miktarda destek malzemesi oluşturabilmesidir. Eğer baskısını alacağınız obje yüzeyi karmaşık bir model ise Meshmixer kullanarak destek malzemesi oluşturmanız işinizi kolaylaştıracaktır [14].



Şekil 4.5. Meshmixer arayüzü.

Z – SUITE

Z-Suite, Zortrax 3d yazıcılarda kullanılmak için yapılmış bir arayüz programıdır. Eğer Zortrax marka bir 3d yazıcınız yok ise programı indirilemez. Eğer seri numarasına sahip iseniz o kod ile sınırsız sayıda Z-Suite programı indirebilirsiniz. Z-Suite size sadece izin verdiği bir kaç ayar üzerinde değişiklik yapmanıza izin verir. Baskı malzemesinin türüne göre 0,09 mm ile 0,39 mm arasında değişen Z eksen çözünürlük değeri girilir. Baskı hızını High ya da Normal olarak ayarlanır, basit bir kaç support değeriyle oynayabilir ve Zortrax için özel olan .zcode'u oluşturulur. Sonrasında ise eğer çift renkli obje üretmek istiyorsanız istediğiniz katmanda yazıcınızın durması için ayarlayabilir, filament rengini değiştirebilirsiniz [14].



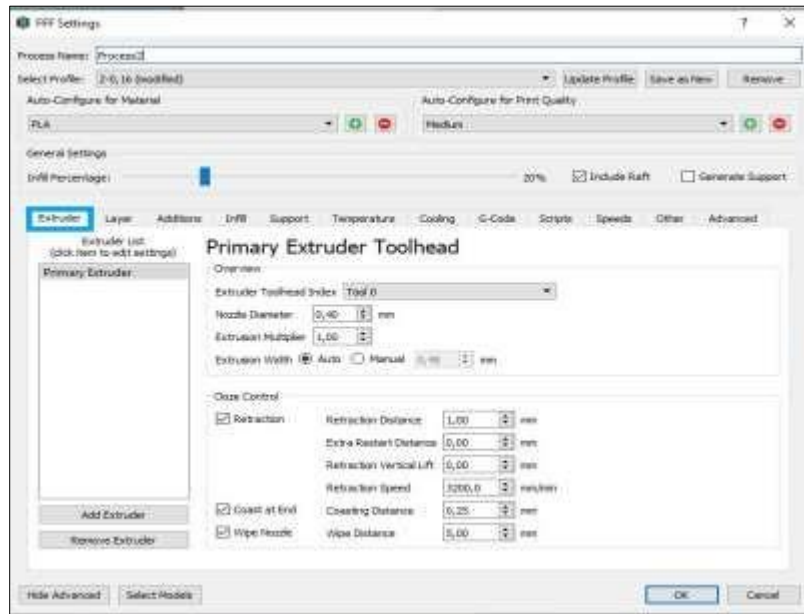
Şekil 4.6. Z- Suite Arayüzü.

4.3. BASKI AYARLARI

Yazdırma işlemi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

4.3.1. EXTRUDER AYARLARI

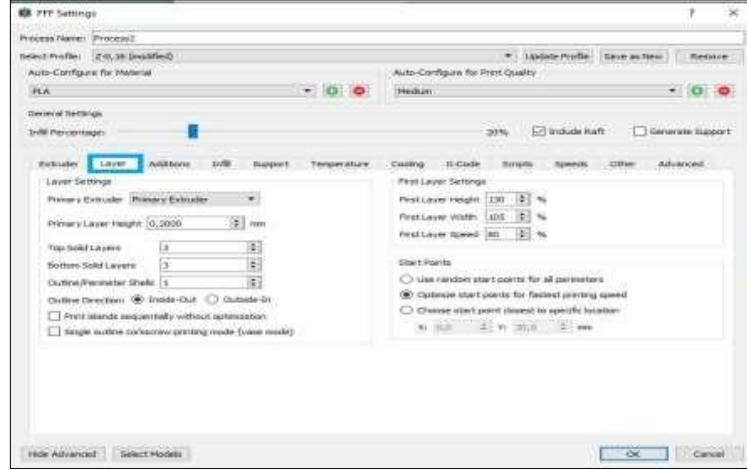
Kullandığımız extruder sayısı, nozzle çapı, geri çekme uzunluğu, geri çekme hızı gibi ayarlar extruder sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.7. Extruder Parametreleri.

4.3.2. LAYER AYARLARI

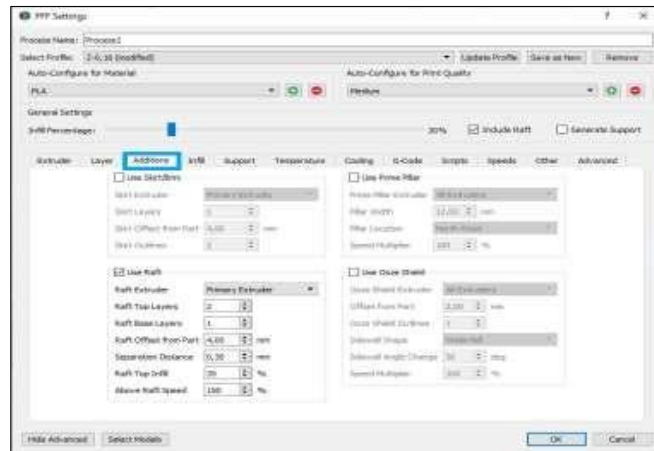
Katman kalınlığı, ilk katman baskı hızı, üst ve alt katman kabuk sayısı, dış çerper sayısı gibi ayarlar layer sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.8. Layer Parametreleri.

4.3.3. SKIRT/ BRIM AYARLARI

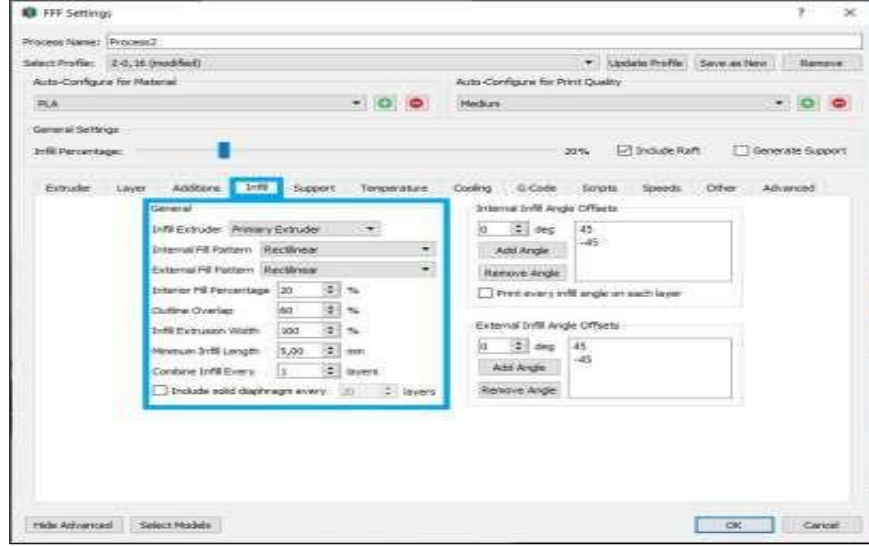
Baskıya başlarken hazırlık amacı ile atılan etek ayarları buradan yapılır. Modelin tablaya daha iyi yapışmasını sağlamak için kenarlarına etek atılır. Bu eteğin genişliği katman kalınlığı gibi ayarlar Additions sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.9. Etek atma Parametreleri.

4.3.4. INFILL AYARLARI

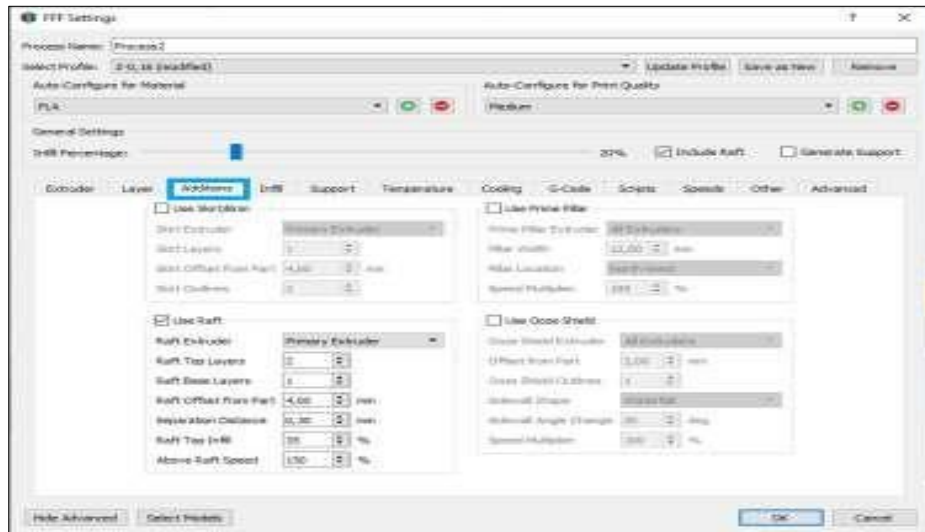
Dolgu şekli, dolgu yoğunluğu gibi dolgu ayarları Infill sekmesinden yapılmaktadır. Model doluluk oranı %20'dir.



Şekil 4.10. INFILL Parametreleri.

4.3.5. SUPPORT AYARLARI

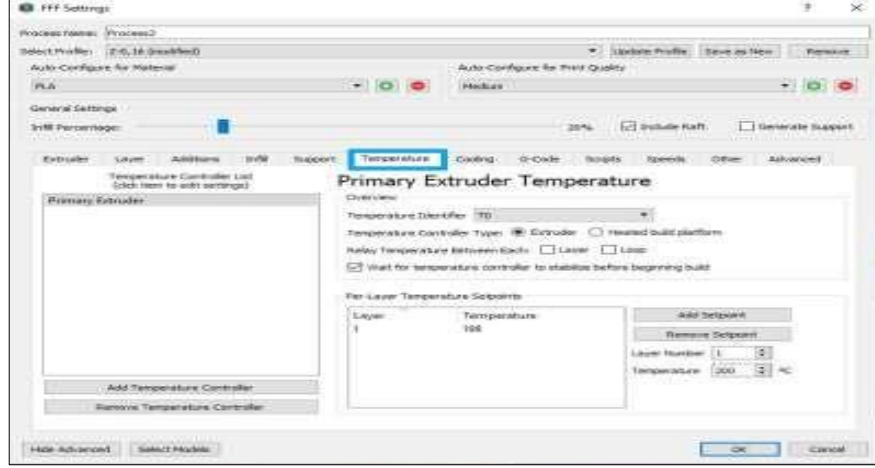
Destek yoğunluğu, destek ve parça arasındaki mesafe gibi destek ayarları Support sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.11. Support Parametreleri.

4.3.6. TEMPERATURE AYARLARI

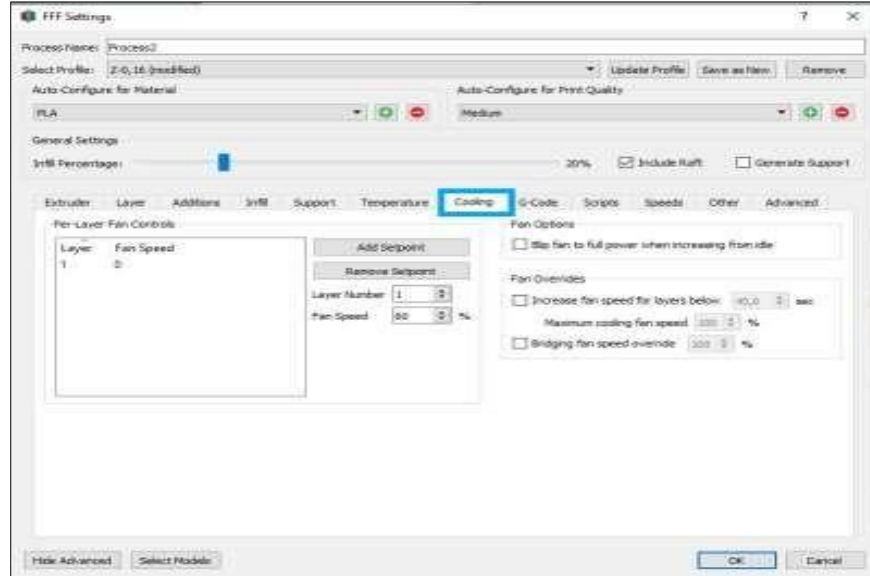
Katmanlara göre sıcaklık ayarları Temperature sekmesinden yapılmaktadır. Nozzle sıcaklığı 198 °C' dir.



Şekil 4.12. Temperature Parametreleri.

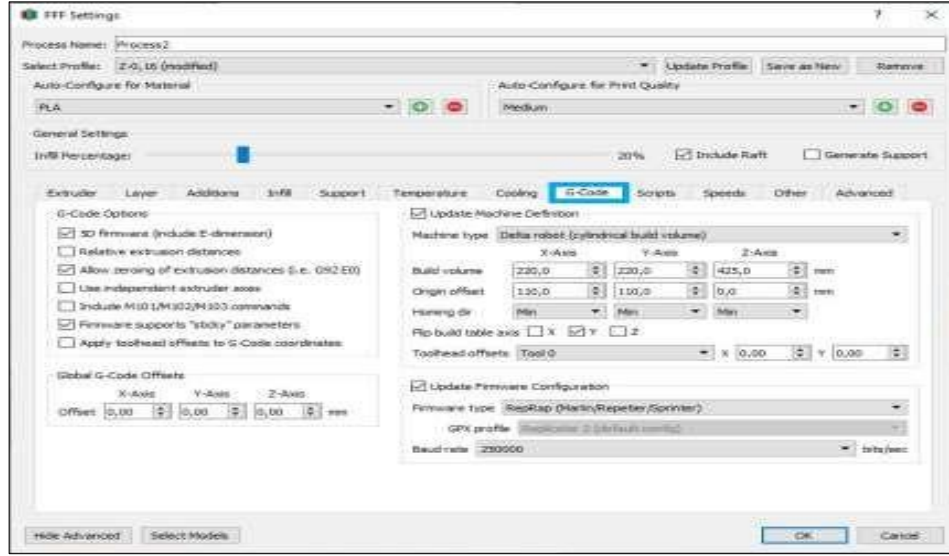
4.3.7. COOLING AYARLARI

Soğutma fan ayarları Cooling sekmesinden yapılmaktadır. İlk katmanı fansız atmak parçanın zemine tutunması için önemli rol oynamaktadır.



Şekil 4.13. Cooling Parametreleri.

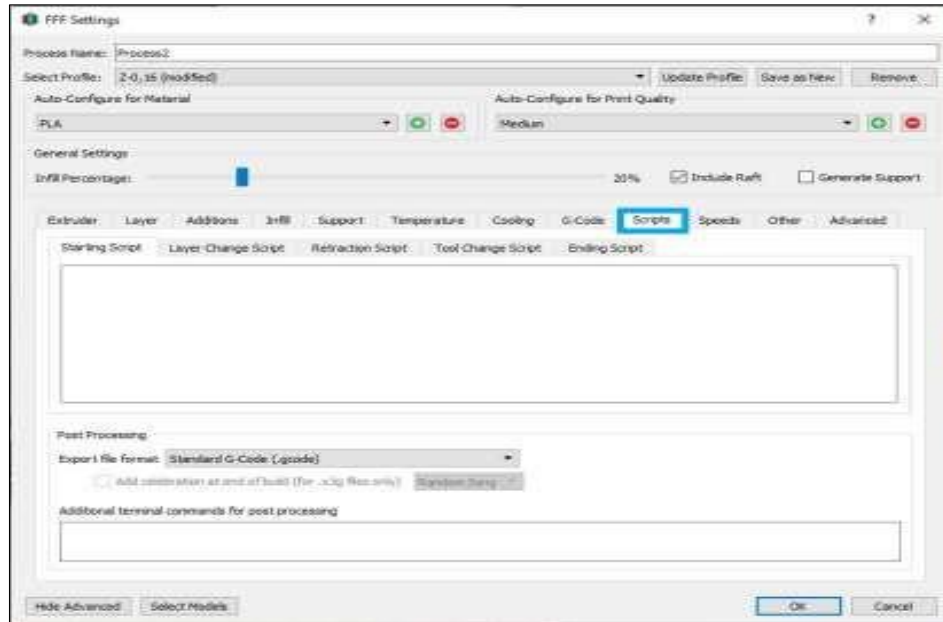
4.3.8. G – CODE AYARLARI



Şekil 4.14. G-Code Parametreleri.

4.3.9. SCRIPTS AYARLARI

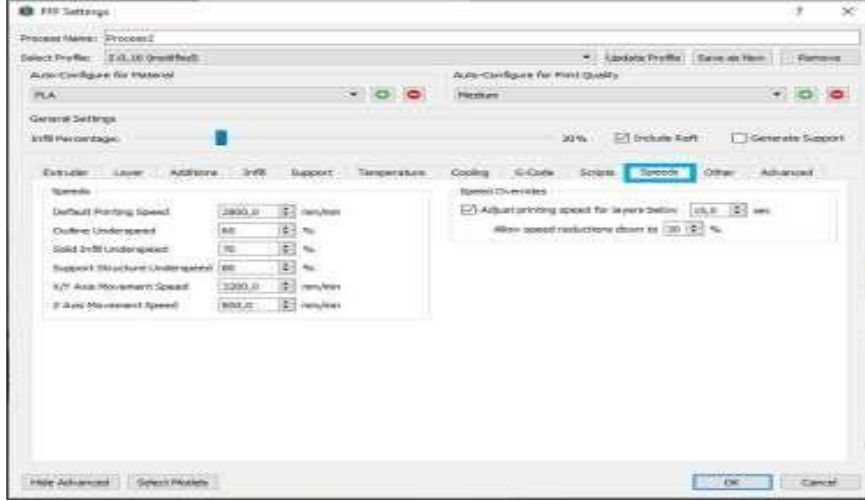
Başlangıç ve bitiş için gerekli G-Code ayarları Scripts sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.15. Scripts Parametreleri.

4.3.10.SPEEDS AYARLARI

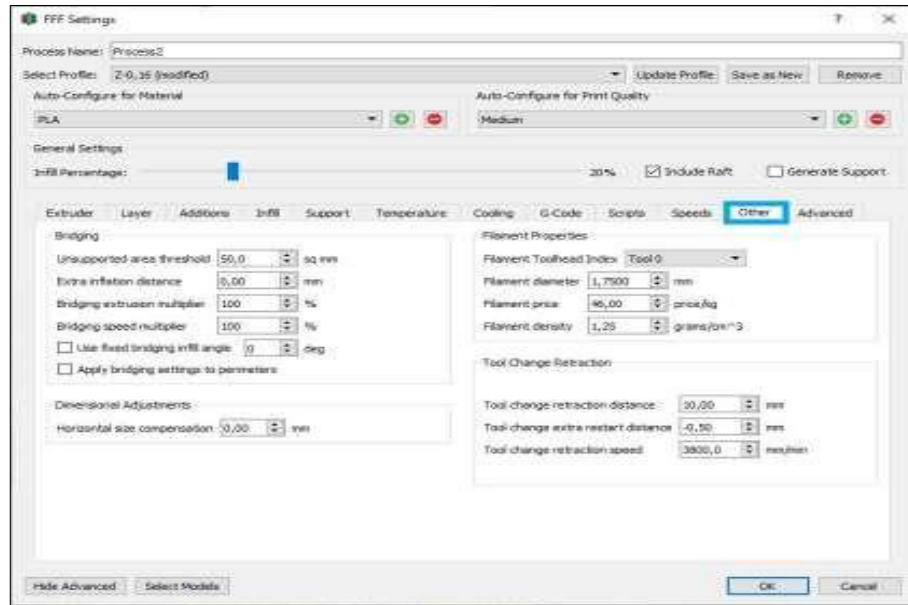
Baskı hızı, en dış katman baskı hız yüzdesi, kabuk katman hız yüzdesi, X,Y ve Z eksenleri hareket hızı gibi hız ayarları Speeds sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.16: Speeds Parametreleri

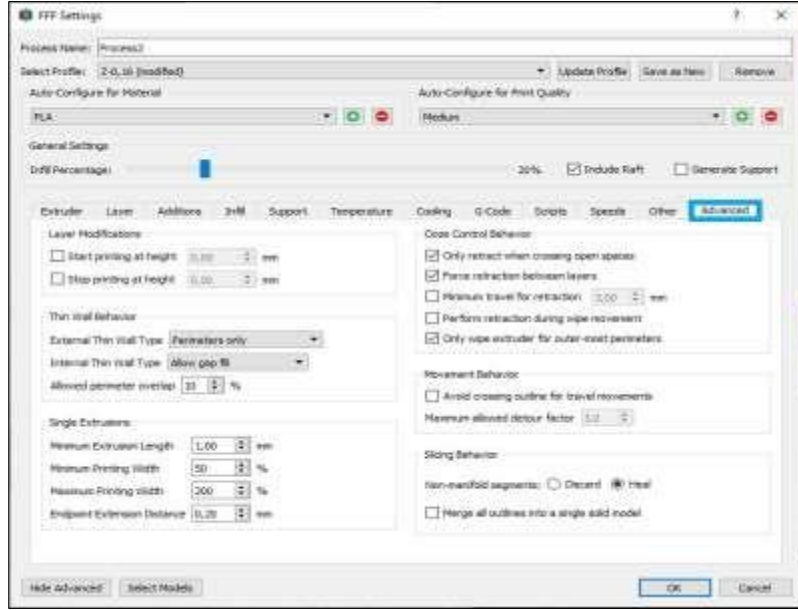
4.3.11. OTHER / DİĞER AYARLAR

Filament ayarları gibi diğer ayarları Other sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.17. Diğer Parametreler.

4.3.12. ADVANCED / GELİŞMİŞ AYARLAR



Şekil 4.18: Gelişmiş parametreler

BÖLÜM 5

5.1 SONUÇ

Delta robot printerin montajı ve kalibrasyonu yapılmıştır. Printerdan baskı alınarak denenmiştir. İleride extruder sayısını arttırıp çift renkli veya üç renkli baskılar elde edilebilir. Uygulama sonucu parçalardaki gözlemlerimize dayanarak; 3D yazıcının mekaniksel bağlantılarının ve fan ile ısıtıcı ucu soğutma işlemlerinin, baskı hassasiyetine büyük ölçüde etkisi olduğunu söylenebilir. Tasarlanan Delta robot printer, istenilen hassasiyete ve çalışma uzayı hacmine çıkarılabilir ise günlük hayatta veya daha farklı projelerde kullanılması düşünülen tasarım parçaları imalatı bu yazıcıda gerçekleştirilebilir.

Yeni bir teknoloji olan 3D yazıcılar, araştırmacılar için dopdolu bir kaynaktır. Farklı malzemelerin, farklı doluluklarda, farklı imalat teknolojileriyle üretiminin ardından, üretilen her parçanın yüzey pürüzlülüğü, çekme basma mukavemeti değerleri araştırılabilir.

5.2. ÖNERİLER

Yazdırma kalitesini arttırabilmek için katman kalınlıkları inceltilebilir. Böylelikle ürün ele alındığı zaman tırtıklı yapı en aza indirilmiş olacaktır. Bu da modelin hem daha hoş bir görüntüye sahip olması hem de daha kaliteli üretilmiş olması açısından önemlidir. Katman kalınlığının inceltilmesine bağlı olarak yazdırma hızı da aynı derecede önem kazanmaktadır. Katman kalınlığının inceltilmesi durumunda yazdırma hızı düşürülmelidir.

Nozzle ın ısınmaya bağlı tıkanmaması için soğutucu fan kullanılması önemlidir. Tıkanıklık yaşanması durumunda istenilen kalınlıkta parça basılmayacaktır veya parça basımı eksik kalacaktır.

Yazdırma esnasında ortamda rüzgar meydana getirecek cam, kapı gibi yerlerin açık tutulmasının yazdırma kalitesini doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. PLA malzemesi yazdırılırken rüzgara maruz kalması durumunda malzeme ani bir soğumaya uğrayarak

arpılabilmektedir. Ya da tablaya iyi bir tutuş sağlanmayıp modelin kenarları havaya kalkarak modelin yapısı bozulabilmektedir. Bundan dolayı yazdırma esnasında rüzgar meydana getirecek ortamlar engellenmelidir

KAYNAKÇA

1. İnternet: <https://suattosbat.blogspot.com/2016/07/3d-yazclarn-teknolojik-gelisimi.html> (2019)
2. İnternet: <http://hitit3d.blogspot.com/2016/12/uc-boyutlu-yazici-tipleri.html> (2019)
3. İnternet: <https://maker.robotistan.com/3d-yazici-printer/> (2019)
4. İnternet: <https://malzemebilimi.net/uc-boyutlu-yazicilar-da-hangi-malzemeler-kullaniliyor-3d-printer.html> (2019)
5. İnternet: <https://www.4bmuhendislik.com.tr/r1plus-3d-printer/> (2019)
6. İnternet: <https://www.3dortgen.com/ultimaker-s5> (2019)
7. İnternet: <http://3dyazicimarket.com.tr/urun/deha-3d-3-boyutlu-yazici/> (2019)
8. İnternet: <https://kemiq.com/collections/3byazicilar/products/kemiq-q-box> (2019)
9. İnternet: <https://www.poligonmuhendislik.com/hizmetlerimiz/hizli-prototipleme/> (2019)
10. İnternet: https://www.guralpvinc.com.tr/images2/ISITES2018_paper_85.pdf (2019)
11. İnternet: <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/#not-extruding-enough-plastic> (2019)
12. İnternet: <http://3boyutluyazicilar.net/3-boyutlu-yazici-mi-yapmak-istiyorsunuz-iste-malzeme-listesi-ve-detaylar/> (2019)
13. İnternet: <https://stlforest.com/uc-boyutlu-yazicilara-uyumlu-cad-programlari> (2019)
14. İnternet: <https://www.tasarimdanimalata.com/anasayfa/3d-printer-egitimi/> (2019)

ÖZGEÇMİŞ



Adı: Burcu

Soyadı: UÇAŞ

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: Üsküdar / İSTANBUL Doğum Tarihi: 24.03.1995

Eğitim Bilgisi:

2014 – 2019 Karabük Üniversitesi / Mekatronik Mühendisliği (Lisans)

2009 – 2013 Antalya Lisesi (Sayısal)

İletişim Bilgisi:

E – Posta: burcuucas07@gmail.com

ÖZGEÇMİŞ



Adı: İrem

Soyadı: DUMAN

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: Merkez / MERSİN Doğum Tarihi: 06.09.1996

Eğitim Bilgileri:

2015 – 2019	Karabük Üniversitesi / Mekatronik Mühendisliği (Lisans)
2012 – 2014	Ergün Öner Mehmet Öner Anadolu Lisesi
2012 – 2012	Osman Ülkümen Anadolu Lisesi
2010 – 2012	Mersin Ticaret ve Sanayi Odası Anadolu Lisesi

İletişim Bilgisi:

E – Posta: iremduman033@gmail.com





