

**T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**



**ABBAS V1 ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI,
SUNUMU VE
UYGULAMALARI

BİTİRME TEZİ**

Hazırlayanlar

Akif Sercan HACIOĞLU	2011010226003
Fatih ERASLAN	2011010226004
Yunus ŞİMŞEK	2011010226011

Tez Danışmanı

Yrd. Doç.Dr. Cihan MIZRAK

KARABÜK-2016

KABUL ve ONAY

KABUL ve ONAY

Akif Sercan HACIOĞLU, Fatih ERASLAN ve Yunus ŞİMŞEK'e ait "ABBAS VI
DÜZ BOYUTLU YAZICI TASARIMI, SUNUMU VE UYGULAMALARI" başlıklı
bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onayladım. 22.08/2016

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Cihan MİZRAK Y.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliğiyle oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği
Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 22.08/2016

Akademik Unvanı, Adı ve Soyadı

İmzası

Tez Kurulu Başkanı

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Oye

Doç. Dr. İ. Haluk Teyyar

Oye

Yrd. Doç. Dr. Can Rıdvan Fidan

KBU Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve
Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onaymıştır. 22.08/2016

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Mekatronik Mülk. Bölüm Bşk.

ÖZET

ABBAS V1 ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI, SUNUMU VE UYGULAMALARI

Akif Sercan HACIOĞLU
Fatih ERASLAN
Yunus ŞİMŞEK

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Cihan MIZRAK

Bu çalışmada geleneksel yöntemler kullanılarak üretilmiş bir üç boyutlu yazıcı referans alınarak ABBAS V1 modeli yeni bir üç boyutlu yazıcı prototipi yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerle üretilmiş üç boyutlu yazıcı bağlantı parçalarının ölçüleri baz alınarak yeni bağlantı parçaları tasarlanmıştır. Tasarlanan bu bağlantı parçaları geleneksel üç boyutlu yazıcıdan bastırılarak ABBAS V1 üç boyutlu yazıcının üretiminde kullanılmıştır.

ABSTRACT

ABBAS V1 3D PRINTER DESIGN, PRESENTATION AND APPLICATIONS

Akif Sercan HACIOĞLU
Fatih ERASLAN
Yunus ŞİMŞEK

Thesis Advisor:

Yrd. Doç. Dr. Cihan MIZRAK

ABBAS V1 3D Printer prototype has been developed based on a 3D printer which was produced by using traditional methods. The new connection parts have been esigned, based on the size of 3D Printer connection parts. The connection parts which have been designed by using traditional 3D printers, have been printed and used on producing the ABBAS V1 3D Printer.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamızda bize yol gösteren, tecrübeleriyle, bilgi birikimiyle tezin her aşamasında bize rehberlik eden çok değerli danışman hocamız Yrd. Doç. Dr. Cihan MIZRAK'a; bizden yardımlarını esirgemeyen, zamanını ayıran sevgili arkadaşımız Canberk İLGÜL'e; bizim bu bilgi birikimimize gelmemizde katkıları olan değerli bölüm hocalarımıza ve bize maddi ve manevi olarak destek olan ailelerimize sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Akif Sercan HACIOĞLU

Fatih ERASLAN

Yunus ŞİMŞEK

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
KISALTMALAR.....	xi
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1. PROBLEM.....	2
1.2. PLASTİK ÜRÜNLER İÇİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI GELİŞİMİ	3
1.3. ÇALIŞMA KAPSAMI.....	3
1.4. ÇALIŞMA PLANI.....	4
1.5. ÇALIŞMANIN BEKLENTİLERİ	4
1.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICI NEDİR?	4
1.7. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN AVANTAJLARI.....	9
1.8. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİ	10
1.9. ÜÇ BOYUTLU YAZICIDA KULLANILAN MALZEMELER	10
1.9.1. ABS Plastik.....	11
1.9.2. PLA Plastik.....	11
1.9.3. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Malzeme Listeleri	12
1.10. ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI.....	16
1.11. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN CAD PROGRAMLARI	18
1.12. GELECEKTE ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ	19
BÖLÜM 2.....	21
ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE PİYASADAKİ ÇALIŞMALAR	21
2.1. TÜRKİYE’DE 3 BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER.....	21
2.1.1. Türkiye’de Filament Üreten Firmalar	28
2.2. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR	28
2.1.1. ABS ve PLA Malzemelerinin Mekanik Özellikleri.....	34
BÖLÜM 3.....	36
ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI VE PARÇA DİLİMLEME PROGRAMLARI.....	36
3.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI	36
3.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI BAĞLANTI PARÇALARI TASARIMI.....	38
3.8.1. Mil Üzerinde Hareket Eden Parça (Z Eksen)	38
3.8.2. Mil Üzerinde Hareket Eden Parça 2 (Z Eksen)	38
3.8.3. Motor Tutucu Parça	39
3.8.4. Mil Tutucu Parça	40
3.8.5. Tabla Hareketini Sağlayan Parça.....	40

3.8.6.	<i>Kayış Tutucu Parça</i>	41
3.8.7.	<i>Extruder'i Taşıyan Parça</i>	41
3.8.8.	<i>Filament Taşıyan Parça</i>	42
3.3.	ÜÇ BOYUTLU YAZICI BAĞLANTI PARÇALARI	42
3.4.	ÜÇ BOYUTLU YAZICININ MEKANİK PARÇALARI	44
3.4.1.	<i>Extruder</i>	44
3.4.2.	<i>Kayış ve Kasnaklar</i>	44
3.4.3.	<i>Lineer Rulmanlar</i>	44
3.4.4.	<i>Bağlantı Elemanları (Civatalar, Miller, Somunlar ve Pullar)</i>	45
3.5.	ELEKTRONİK KONTROL	45
3.5.1.	<i>Arduino Mega 2560</i>	45
3.5.2.	<i>Kontrol Kartı</i>	46
3.5.3.	<i>LCD Ekran</i>	47
3.5.4.	<i>Adım Motoru</i>	47
3.5.5.	<i>Adım Motoru Sürücü Devresi</i>	48
3.5.6.	<i>Güç Kaynağı</i>	48
3.5.7.	<i>EndStop</i>	48
3.5.8.	<i>Istıtcı Zemin</i>	49
3.6.	ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ'NİN MALİYETİ	50
3.7.	ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ	51
3.8.	ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI	52
3.8.1.	<i>Üç Boyutlu Nesne Dilimleme Programı – Cura</i>	52
3.8.2.	<i>Üç Boyutlu Nesne Dilimleme Programı – Repetier</i>	60
3.8.3.	<i>Print Settings / Baskı Ayarları</i>	64
3.8.3.1.	<i>Layers and Perimeters</i>	64
3.8.3.2.	<i>Infill / Doluluk</i>	65
3.8.3.3.	<i>Skirt and brim / Etek Atma Ayarları</i>	66
3.8.3.4.	<i>Support Material / Destek Atma Ayarları</i>	66
3.8.3.5.	<i>Filament Settings / Malzeme ve Sıcaklık Ayarları</i>	67
3.8.3.6.	<i>Cooling Menüsü</i>	67
3.8.3.7.	<i>Printer Settings / Yazıcı Ayarları</i>	68
3.8.3.8.	<i>General Menüsü</i>	68
3.8.3.9.	<i>Custom G-code Menüsü</i>	68
3.8.3.10.	<i>Extruder 1 / Extruder Ayarları</i>	69
3.8.3.11.	<i>G-Kodu Dosyasını Kaydetme</i>	69
BÖLÜM 4		70
SONUÇLAR VE ÖNERİLER		70
4.1.	SONUÇLAR	70
4.2.	ÖNERİLER	70
ÖZGEÇMİŞ		74

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 1.1 KARTEZYEN 3 BOYUTLU YAZICI	5
ŞEKİL 1.2 DELTA ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	6
ŞEKİL 1.3 CORE XY MANTIĞI İLE ÜRETİLMİŞ ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	6
ŞEKİL 1.4 METAL BASKI YAPAN ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	7
ŞEKİL 1.5 METAL BASKI YAPAN ÜÇ BOYUTLU YAZCININ HAZNELERİ.	8
ŞEKİL 1.6 METAL BASKI YAPAN YAZICI.....	8
ŞEKİL 1.7 METAL BASKI YAPAN ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	9
ŞEKİL 1.8 CURA ARA YÜZÜ.	17
ŞEKİL 1.9 MAKERWARE ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMI ARAYÜZÜ. ...	17
ŞEKİL 1.10 REPETİER ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME VE YAZICI KONTROL PROGRAMININ ARAYÜZÜ.....	17
ŞEKİL 2.11 4B MÜHENDİSLİK ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	21
ŞEKİL 2.12 3D TÜRK PRİNTERS ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	22
ŞEKİL 2.13 3D TÜRK PRİNTERS ESP MÜHENDİSLİK ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	22
ŞEKİL 2.14 3D TÜRK PRİNTERS ESP MÜHENDİSLİK ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	23
ŞEKİL 2.15 SANEM CUBE II ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	23
ŞEKİL 2.16 KEMİQ 3 BOYUTLU YAZICI.....	24
ŞEKİL 2.17 VOKSEL M3D ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	24
ŞEKİL 2.18 3DÖRTGEN FİRMASINA AİT ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	25
ŞEKİL 2.19 3DÖRTGEN FİRMASINA AİT ÜÇ BOYUTLU YAZICI.	25
ŞEKİL 2.20 3BFAB FORMLABS FORM1 ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	26
ŞEKİL 2.21 3BFAB ZORTRAX 3 BOYUTLU YAZICI.	26
ŞEKİL 2.22 AREM ELEKTRONİK/3D MAKERTech WANHAO DUPLICATOR 4S ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	27
ŞEKİL 2.23 AREM ELEKTRONİK/3D MAKERTech WANHAO DUPLICATOR 4S ÜÇ BOYUTLU YAZICI.....	27
ŞEKİL 2.24 DÜNYA ÜZERİNDE HIZLI PROTOTİPLEME ALANINDA BİRİM SATIŞLAR. ..	28
ŞEKİL 2.25 FDM İŞLEM ŞEMASI.	30
ŞEKİL 2.267 KLASİK 3 BOYUTLU YAZICI.	31
ŞEKİL 2.27 METAL DÖKÜM TEKNOLOJİSİ; a) SLS YÖNTEMİ KULLANILMADAN ÜRETİLEN PARÇA b) SLS YÖNTEMİ KULLANILARAK 3 BOYUTLU BASILAN METAL PARÇA.....	31
ŞEKİL 2.28 HIZLI PROTOTİPLEME YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.	32
ŞEKİL 2.29 STEREOLİTOGRAFI.....	32
ŞEKİL 2.30 FDM İŞLEMİ ŞEMATİK GÖSTERİMİ.	33
ŞEKİL 2.31 SLS EKİPMANININ ŞEMATİK GÖSTERİMİ.	33
ŞEKİL 3.1 ÜST GÖRÜNÜŞ.....	36
ŞEKİL 3.2 YAN GÖRÜNÜŞ.....	36
ŞEKİL 3.3 1-İZOMETRİK GÖRÜNÜŞ.....	37
ŞEKİL 3.4 2-İZOMETRİK GÖRÜNÜŞ.....	37
ŞEKİL 3.5 Z EKSENİ HAREKETİ SAĞLAYAN PARÇA	38
ŞEKİL 3.6 Z EKSENİ HAREKETİ SAĞLAYAN PARÇA	39
ŞEKİL 3.7 MOTOR TUTUCU PARÇA.....	39
ŞEKİL 3.8 MİL TUTUCU PARÇA	40
ŞEKİL 3.9 RULMAN TUTUCU PARÇA.....	40
ŞEKİL 3.10 EXTRUDER TAŞIYICI PARÇA.....	41
ŞEKİL 3.11 KAYIŞ TUTUCU PARÇA.....	41
ŞEKİL 3.12 FİLAMENT TAŞIYICI PARÇA.....	42

ŞEKİL 3.13 MİL ÜZERİNDE HAREKET EDEN PARÇA (Z EKSENİ)	42
ŞEKİL 3.14 MİL ÜZERİNDE HAREKET EDEN PARÇA 2 (Z EKSENİ).....	42
ŞEKİL 3.15 MOTOR TUTUCU PARÇA.....	43
ŞEKİL 3.16 MİL TUTUCU PARÇA.	43
ŞEKİL 3.17 Y TUTUCULARI.....	43
ŞEKİL 3.18 MK8 EXTRUDER	44
ŞEKİL 3.19 ARDUİNO MEGA 2560 R3	45
ŞEKİL 3.20 RAMPS ELEKTRONİK KONTROL KARTI.	46
ŞEKİL 3.21 LCD KONTROL EKRANI.	47
ŞEKİL 3.22 NEMA 17 ADIM MOTORU	47
ŞEKİL 3.23 STEP MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ.	48
ŞEKİL 3.24 LİMİT SWİTCH.....	49
ŞEKİL 3.25 GÜÇ KAYNAĞI.....	48
ŞEKİL 3.26 MK3 ISITICI TABLA.	49
ŞEKİL 3.27 ABBAS 3D YAZICI	51
ŞEKİL 3.28 CURA PROGRAMI.	52
ŞEKİL 3.29 STL UZANTILI DOSYAYI YÜKLEME.....	52
ŞEKİL 3.30 ÜRÜN MODELİ.	53
ŞEKİL 3.31 BASİC AYARLARI.....	54
ŞEKİL 3.32 MODEL AYARLARI.....	55
ŞEKİL 3.33 START/END GCODE SEKMESİ.	56
ŞEKİL 3.32 SCALA SEKMESİ.....	57
ŞEKİL 3.33 ÜRÜN MODELİNİN BEŞ KAT BÜYÜTÜLMÜŞ HALİ.	57
ŞEKİL 3.34 ROTATE SEKMESİ.	58
ŞEKİL 3.35 VIEW MODE SEKMESİ.	58
ŞEKİL 3.36 GÖZLÜK MODELİNİN ÖN İZLEMESİ.	59
ŞEKİL 3.37 SAVE TOOLPATH SEKMESİ.	59
ŞEKİL 3.38 REPETİTER PROGRAMI GİRİŞ EKRANI.	60
ŞEKİL 3.39 DOSYA YÜKLEME SEKMESİ.....	60
ŞEKİL 3.40 GÖZLÜK MODELİ.	61
ŞEKİL 3.41 DOSYA SİLME.	61
ŞEKİL 3.42 "ROTATE" KOMUTU İLE MODELİ DÖNDÜRME.....	62
ŞEKİL 3.43 OBJE MERKEZLE.	62
ŞEKİL 3.44 DİLİMLEYİCİ MENÜSÜ.....	63
ŞEKİL 3.45 DİLİMLEME ARAÇLARI.	64
ŞEKİL 3.46 KATMAN KALINLIĞI AYARLARI.	64
ŞEKİL 3.47 MODEL DOLULUK ORANI AYARLARI.....	65
ŞEKİL 3.48 İÇ BOŞLUKLARI OLUŞTURMA DESEN ÇEŞİTLERİ.	65
ŞEKİL 3.49 ETEK ATMA AYARLARI.	66
ŞEKİL 3.50 DESTEK ATMA AYARLARI.....	66
ŞEKİL 3.51 FİLAMENT VE SICAKLIK AYARI.	67
ŞEKİL 3.52 SOĞUTMA AYARLARI.....	67
ŞEKİL 3.53 G-CODE MENÜ.....	68
ŞEKİL 3.54 YAZICI AYARLARI.	68
ŞEKİL 3.55 EXTRUDER AYARLARI	69
ŞEKİL 3.56 KAYIT İŞLEMİ.	69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

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 (ErimiÇ Birikimli Modelleme)
3DP	: 3 Dimensional Printing (3 Boyutlu Yazdırma)
LOM	: Laminated Object Manufactur (Lamine Nesne Malzeme)
SL	: Stereolitografi
RP	: Rapit Prototip (Hızlı Prototipleme)
UV	: Ultraviyole IÇık
RT	: Rapit Tooling (Hızlı Takım)
RM	: Rapit Manufacturing (Hızlı Çmalat)
RC	: Rapit Casting (Hızlı Döküm)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üç boyutlu yazdırma, dijital ortamda hazırlanan üç boyutlu dosyadan (CAD çizimleri) üç boyutlu katı nesneler üretme sürecidir. Bu işlemleri gerçekleştiren makineler üç boyutlu yazıcı olarak adlandırılır. Bu makineler sayesinde üç boyutlu olarak tasarlanan modeller, kısa süre içinde ele alınıp incelenmesi mümkün nesneler haline gelebilmektedir. Üç boyutlu model, bilgisayar ortamında dilimlenerek katmanlara ayrılır ve bu katmanlar üç boyutlu yazıcı ile baskı esnasında ergitilen malzeme üst üste gelecek şekilde yazdırılarak somut nesneler haline dönüştürülür.

3 boyutlu yazıcı teknolojileri katmanları üst üste yığma tekniği ile çalışmaktadır. Fakat bu katmanları oluşturma yöntemleri farklılık gösterebilir. Bu yöntemlerden en yaygın olarak bilineni plastik malzemenin ergitilerek katı nesneler oluşturanlarıdır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojileri yeni bir ürün tasarlayıp geliştirme süreçlerinde meydana gelebilecek olan problemleri önceden görülmesini sağlayarak bu gibi problemlere üretilecek çözüm yollarını hızlandırmaktadır. Dijital ortamda çizilmiş olan tüm tasarımların seri üretime geçme aşamasından önce prototiplerinin hazırlanıp, gerekli testlerden geçirilmesi gerekmektedir. Geleneksel yöntemlerle prototip hazırlama süreci hem maliyetli hem de oldukça zaman alıcı faaliyetleri kapsamaktadır. Oysa üç boyutlu yazıcılar sayesinde istenilen prototipler saatler içerisinde üretilebilir. Elde edilen bu prototipler hem görsel olarak hem de fonksiyonlarını yerine getirebilmesi açısından test edilip rahatlıkla incelenebilirler. Değerlendirmeler sonucu yapılan tasarımda değişikliğe gidilebilir ve yeniden yapılan tasarımın prototipi üretilip incelenebilir. Bu da daha az maliyetle daha hızlı test edilebilir prototipler elde etmemize edilmesine imkan verir.

Hammadde olarak metali kullanan üç boyutlu yazıcılar termoplastik polimer malzemeleri hammadde olarak kullanan üç boyutlu yazıcılara göre daha maliyetli olmasından dolayı geri planda kalmış görünmektedirler. Metal parçaların üç boyutlu yazıcılardan yazdırılmasına imkan sağlayan sistemlerin son derece pahalı olması nedeniyle günümüzde bu sistemleri yalnızca büyük sanayi devleri kullanmaktaydılar. Fakat geliştirilen son teknolojiler sayesinde metal yapıların da oldukça ekonomik bir şekilde imal edilmesi mümkün olmuştur. Geliştirilen bu yöntem sayesinde bir kaynak robotu, metal bir yüzey üzerine kaynak yapar gibi metal yığmaktadır. Yazdırılan metal hızlı bir şekilde katılaşır ve sertleştiği için desteğe ihtiyaç duymamaktadır. Metal yapıları üç boyutlu yazıcılarda yazdırmak için pahalı bir teknolojiyi satın alıp kullanmak yerine bu yeni geliştirilen yöntem sayesinde büyük yatırım masrafları ortadan kalkmaktadır. Maliyeti düşük ve nispeten kolay bir yol olması sebebiyle birçok üniversitenin ve sanayi kuruluşlarının AR-GE birimlerinde benimsenip hızlı bir gelişim kaydedecektir. Böylelikle hem bilimsel araştırmalar hız kazanacaktır hem de sanayi hızlı bir şekilde büyüyecektir.

1.1. PROBLEM

Geleneksel yöntemlerle parça üretme süreci hem maliyetli hem de oldukça zaman alıcı faaliyetleri kapsamaktadır. Bu faaliyetler içerisinde freze, torna gibi çeşitli tezgahların kullanımı söz konusudur. Bu çalışmada geleneksel imalat yöntemlerine ihtiyaç duymadan mümkün olan en kısa zamanda gerekli parçaların üretilmesi ve maliyetlerin minimuma çekilmesi hedeflenmiştir.

Geleneksel yollarla üretilmiş bağlantı parçaları kullanılarak yapılmış bir üç boyutlu yazıcının üzerinden bağlantı parçalarının ölçüleri alınarak, yeni bağlantı parçaları tasarlanıp daha az maliyetli olacak şekilde üç boyutlu yazıcıdan yazdırılması planlanmıştır. Yeni bağlantı parçaları geleneksel üç boyutlu yazıcıda üretilerek yeni üç boyutlu yazıcıda kullanılmıştır. Böylece geleneksel üretim metotlarına daha az ihtiyaç duyularak 3 boyutlu yazıcı üretimi yapılmıştır.

1.2. PLASTİK ÜRÜNLER İÇİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI GELİŞİMİ

Üç boyutlu yazıcılar ilk olarak 1970’li senelerin sonlarına doğru bilim dünyasının gündemine yerleşmeye başlamıştır. O yıllarda boyutsal anlamda çok büyük olup oldukça pahalı makinelerdi.

İlk üç boyutlu yazıcı Charles Hull tarafından 1984 yılında üretilmiştir. 1986 yılında üç boyutlu yazıcılar için ilk şirket kurulmuştur. 1988 yılında kurulan bu şirket tarafından geliştirilen SLA-250 adında ilk üç boyutlu yazıcı tanıtılmıştır. Ve yine aynı yıl içerisinde Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri keşfedilmiştir. 1993 yılında Massachusetts Institute of Technology (MIT) iki boyutlu yazıcılarda kullanılan injet teknolojisinden yola çıkarak yeni bir teknoloji geliştirdi ve buna 3 Dimensional Printing (3DP) ismi verildi. 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 tasarladı. Bu yazıcı aynı zamanda renkli basım yapabilme yeteneğine de sahipti. 2007 yılında Reprap adıyla ilk açık kaynak kodlu yazıcılar piyasaya çıkmaya başladı. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcıları geliştirme imkanı hızla arttı. 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.

1.3. ÇALIŞMA KAPSAMI

1. Plastik ürün için üç boyutlu yazıcı tasarımı,
2. Plastik ürün için üç boyutlu yazıcı prototipi,
3. Plastik ürün için üç boyutlu yazıcı kontrolü,
4. Ürün tasarım programlarının tanıtımı ve program seçimi,

1.4. ÇALIŞMA PLANI

1. Geleneksel imalat yöntemi ile üç boyutlu yazıcı tasarımı ve mekanik montajı,
2. Üç boyutlu yazıcının elektronik montajı ve bilgisayarla bağlantısı,
3. Üç boyutlu yazıcının kontrol programı kullanımı,
4. Üç boyutlu yazıcı için CAD programı ve örnek tasarımlar,
5. Örnek uygulamalar,
6. Tersine mühendislikle yeni yazıcı elemanları tasarımı,
7. Yeni yazıcı elemanlarının üretimi,
8. Yeni yazıcının montajı ve kontrolü,

1.5. ÇALIŞMANIN BEKLENTİLERİ

9. Plastik ürünler için üç boyutlu yazıcıların tasarım ve inşasını öğrenme,
10. Plastik ürünler için üç boyutlu yazıcıların elektronik bağlantılarını öğrenme,
11. Plastik ürünler için üç boyutlu yazıcıların kontrolünü öğrenme,
12. Üç boyutlu yazıcılarda üretim için plastik ürünlerin tasarımını öğrenme,
13. Üç boyutlu yazıcılarda plastik ürünlerin üretimini öğrenme,
14. Tersine mühendisliği üç boyutlu yazıcılarda uygulama,

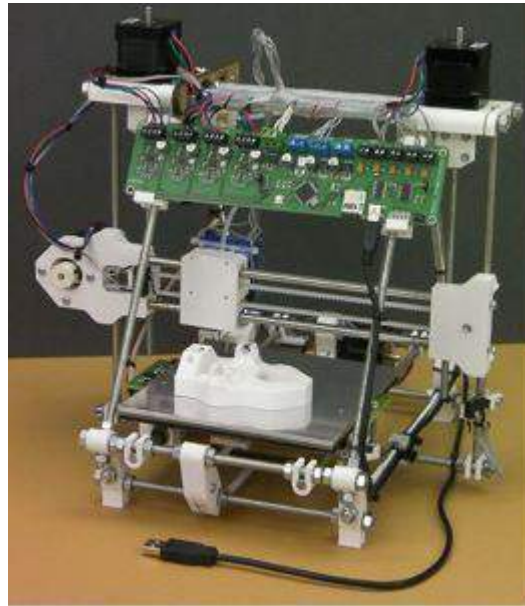
1.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICI NEDİR?

Üç boyutlu yazdırma, dijital ortamda hazırlanan üç boyutlu dosyadan (CAD çizimleri) üç boyutlu katı nesneler üretme sürecidir. Bu işlemleri gerçekleştiren makineler üç boyutlu yazıcı olarak adlandırılır.

Üç boyutlu yazıcı bilgisayar verisini el ile tutulabilir gerçek nesnelere dönüştüren bir makinedir. Bu makineler geleneksel imalat yöntemleri kullanılarak üretilme imkanı olmayan karmaşık geometriye sahip parçaları üretebilmektedir.

Üç boyutlu yazdırma işlemini gerçekleştirmek için ilk olarak imal edilecek parça ya da parçaların üç boyutlu tasarım programlarında veya üç boyutlu tarama sistemleri yardımıyla bilgisayar verisi oluşturulur. Modeli oluşturulan parça genellikle STL uzantılı dosya olarak kaydedilir ve üç boyutlu yazıcı kontrol programına aktarılır. Model üç boyutlu yazıcı kontrol programında dilimlenerek katmanlara ayrılır ve “G kodu” dosyası oluşturulur. Daha sonra “G kodu” dosyası üç boyutlu yazıcıya hafıza kartı yardımıyla veya doğrudan bilgisayar bağlantısıyla aktarılarak baskı işlemi gerçekleştirilir. Üç boyutlu yazdırma işleminde nesne katmalar halinde üst üste serilerek meydana getirilir. Bu katmanları oluşturmak için farklı yöntemler kullanılabilir. Bunlar plastik ergitme, lazer sinterleme, sterolitografi gibi yöntemlerdir.

Üç boyutlu yazıcıların kartezyen yazıcı, delta yazıcı ve core xy yazıcı gibi çeşitleri bulunmaktadır. Kartezyen mantığında çalışan üç boyutlu yazıcılar genellikle bilgisayar kontrollü xyz kartezyen platformuna bağlanmış termoplastik püskürtücüden oluşurlar. Bu yazıcıların iskeletleri çelik çubuklardan veya profillerden oluşurlar. Bağlantı elemanları ya geleneksel yollarla imal edilerek ya da bir başka üç boyutlu yazıcıdan imal edilerek kullanılan plastik parçalardır. X ve Y eksenindeki hareketler eksantrik triger kayışı tarafından sağlanırken Z eksenindeki hareket vidalı miller kullanılarak iki adet step motor sayesinde kontrol edilir. Şekil 1.1’ de kartezyen üç boyutlu yazıcı görülmektedir.



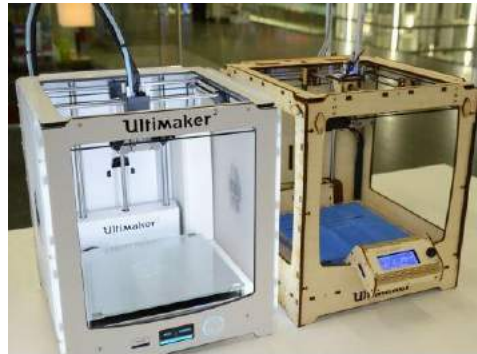
Şekil 1.1 Kartezyen 3 boyutlu yazıcı

Delta yazıcıları diğer yazıcılardan ayıran temel fark, dikey Z eksenindeki hareketi sağlamak için üç yerden birer step motor ile tahrik edilmesidir. Bunun sebebi delta yazıcıların üçgen biçiminde olan şekillerinden kaynaklanmaktadır. Şekil 1.2' de delta üç boyutlu yazıcı görülmektedir.



Şekil 1.2 Delta üç boyutlu yazıcı.

Core XY mantığıyla çalışan üç boyutlu yazıcılarda X ve Y eksen hareketi kayış kasknaklar yardımıyla gerçekleşmektedir. Burada ergitmenin yapıldığı kafa XY koordinat sistemine bağlanmıştır. Z eksen hareketi tablaya verilmiştir. Tabla vidalı miller aracılığıyla step motorlar ile kontrol edilmektedir. Şekil 1.3' de core xy mantığı ile üretilmiş üç boyutlu yazıcı görülmektedir.



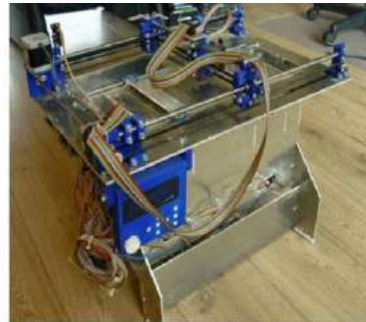
Şekil 1.3 Core xy mantığı ile üretilmiş üç boyutlu yazıcı

Günümüzde ham maddesi metal olan üç boyutlu yazıcılar da bulunmaktadır. Ancak bu yazıcılar maliyet açısından oldukça pahalı olduklarından şimdilik büyük firmalar tarafından kullanılmaktadır. Metal baskıyı yaygınlaştırmak için bazı teknikler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu yöntemlerden biri ise bir kaynak robotu, metal bir yüzey üzerine kaynak yapar gibi metal yığmaktadır. Yazdırılan metal hızlı bir şekilde katlaşıp sertleştiği için desteğe ihtiyaç duymamaktadır. Metal yapıları üç boyutlu yazıcılarda yazdırmak için pahalı bir teknolojiyi satın alıp kullanmak yerine bu yeni geliştirilen yöntem sayesinde büyük yatırım masrafları ortadan kalkmaktadır. Şekil 1.4’ de metal baskı yapan üç boyutlu yazıcı görülmektedir .



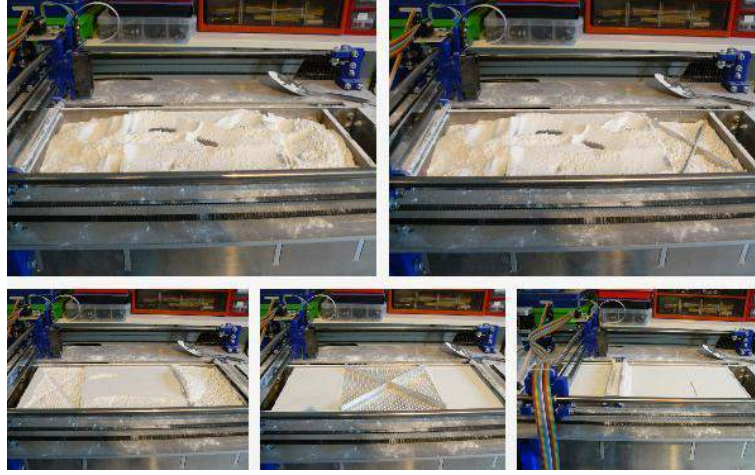
Şekil 1.4 Metal baskı yapan endüstriyel robot.

Bir başka metal üç boyutlu yazıcı da şekil 1.5’de görülmektedir. Şekil 1.5’ de görülen metal üç boyutlu yazıcıyı diğer metal yazıcılardan ayıran en önemli farkı içerisinde özel bir bağlayıcı maddenin kullanılmasıdır. Bu bağlayıcı madde baskı esnasında enjekte edilerek toz parçacıklarının birbirine bağlanmasını sağlamaktadır.



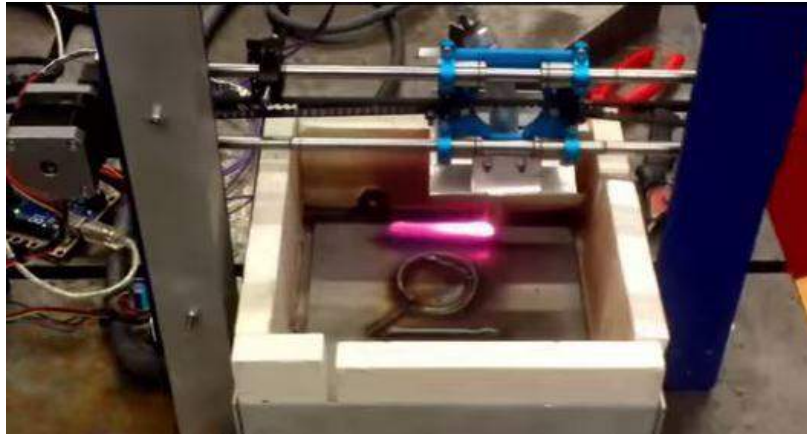
Şekil 1.4 Metal baskı yapan üç boyutlu yazıcı.

Makinenin içerisinde üç bölümden oluşan hazneye (şekil 1.6), toz ana malzeme konulur ve bu toz malzemeye sıkıca baskı uygulanır. Üretimi düşünülen tasarım yazıcı kartuşun içerisinde bulunan bağlayıcı malzemeyi, toz malzemenin üzerine işlemesi ile birinci katman oluşturulur ve bundan sonra bir katman toz üzerine serilmesiyle birinci katman ile ikinci katmana geçiş elde edilmiş olur. Zaman açısından tasarımın tamamlanması modelin büyüklüğüne göre değişiklik gösterir. Baskı işlemi bittikten sonra çıkan malzemeye yapıştırıcı ile mukavemet kazandırılır.

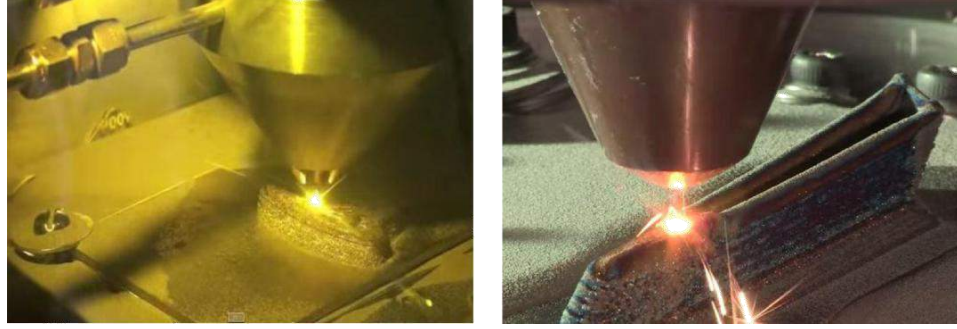


Şekil 1.5 Metal baskı yapan üç boyutlu yazcının hazneleri.

Metal tozlarını püskürterek baskı yapan üç boyutlu metal yazıcılar şekil 1.6 ve şekil 1.7’ de görülmektedir.



Şekil 1.6 Metal baskı yapan yazıcı.



Şekil 1.7 Metal baskı yapan üç boyutlu yazıcı.

1.7. ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN AVANTAJLARI

1. Bilgisayar ortamında çizimi yapılmış her çeşitten ürünün modeli saatler hatta dakikalar içinde somut nesnelere dönüştürülüp incelenebilir hale gelir.
2. Üç boyutlu yazıcılar sayesinde geleneksel yöntemlerle üretim yapılırken ihtiyaç duyulan makine, teçhizat ve işçilik ortadan kalkar. Ciddi emek gerektiren işleri (frezeleme, tornalama, üretim sonrası talaş temizleme vb.) ortadan kaldırır.
3. Karmaşık yüzey geometrisine sahip tasarımlar rahatlıkla gerçek nesnelere dönüştürülebilir.
4. Kullanılan sarf malzemesi PLA filamentleri olup bunların temini hem kolaydır hem de uygun fiyattadır.
5. Kullanılan sarf malzemesi mısır nişastasından üretilmiş PLA adında bir bioplastiktir. Bu malzemenin sağlığı olumsuz yönde etkileyecek özelliği yoktur. Ergitilirken çevreye zehirli gaz çıkarmaz, koku yapmaz. Bunlara ilave olarak doğada çözünebilme özelliği ile çevreye de zarar vermez.
6. Üç boyutlu yazıcılarla yapılan üç boyutlu baskılar işçiliği ortadan kaldırdığı için zamandan kazanç sağlar. Yapılan tasarımların geleneksel yöntemlere göre daha hızlı prototipleri üretilip incelenebilir.
7. Daha az maliyetle üretim yapılabilir. İşçilik masraflarının ortadan kaldırılması, daha ucuz sarf malzemelerin kullanılması, parça üretiminin kolay olması maliyetleri düşürmektedir.

1.8. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİ

Üç boyutlu yazıcılar birbirinden farklı teknolojileri kullanarak üretim yapabilmektedir. Bunlardan en yaygın olarak bilineni ve kullanılanı FDM (Fused Deposition Modelling) ya da birleştirme yoluyla yığma teknolojisidir. Bu teknikte ısı ile şekil alabilen termoplastik (PLA, ABS) malzemeler kullanılmaktadır.

Çok kullanılan diğer bir yöntem ise SLS (selective laser sintering) yöntemidir. Türkçede karşılığı seçici lazer sinterleme olarak geçmektedir. Sinterleme genelde toz metalürjisinde kullanılan toz metallerin ısı ve basınç altında katı nesnelere dönüştürülmesini kapsayan teknolojidir. Burada lazer ışınları toz malzemenin üzerine hızlı bir şekilde yansıtılarak katmanlar meydana getirilir. Lazer teknolojisinin gücüne bağlı olarak metal, plastik ve seramik gibi birçok farklı malzeme kullanılabilir.

FDM ile SLS teknolojisi karşılaştırıldıklarında SLS teknolojisinin FDM teknolojisine göre oldukça yavaş üretim yaptığı görülmektedir. Bunun sebebi ise üç boyutlu baskı yapılırken her katman için düzgün bir toz yüzeyinin serilmesi gerektiğindendir. Tozun yüzeye düzgün serilebilmesi için serici kafa çok yavaş hareket etmek zorundadır. Yavaş hareket etmesine rağmen karmaşık geometriye sahip nesneleri rahatlıkla imal edebilmesi nedeniyle günümüz endüstrisinden tercih edilen yöntemlerden biridir.

1.9. ÜÇ BOYUTLU YAZICIDA KULLANILAN MALZEMELER

Üç boyutlu yazıcılarda yaygın bir şekilde kullanılan malzemelerin başında ABS ve PLA malzemeleri gelmektedir.

1.9.1. ABS Plastik

ABS plastik (Akrilonitril Butadin Stiren), 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.

1.9.2. 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 [8].

1.9.3. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Malzeme Listeleri

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’ nde faaliyet gösteren “Makergeeks” firmasına ait 3B Filament malzeme listesi Çizelge 1.1’de görülmektedir.

Çizelge 1.1. 3B Filament malzeme listesi [14].

- Maker Filament Brand, - Filament Sampler Paks (Filament Numune Paks), - PLA Filament 1.75mm, - PLA Filament 3.00, - Ninjaflex PLA, - Easyfil PLA Filaments, - High Temperature PLA (Yüksek Sıcaklık PLA), - Polymakr 3D Filaments, - Glow In The Dark (Karanlıkta Parlayan Malzeme), - Biodegradable PLA (Geri Dönüşümlü PLA), - Color Changing PLA (Renk Değiştiren PLA), - Carbon Fiber PLA (Karbon Fiber PLA), - Conductive ABS (İletken ABS), - UV Sensitive ABS (UV Duyarlı ABS), - Polycarbonate ABS (Polikarbonat ABS), - Odorless ABS Filament	- Nylon 3D Filament (Naylon 3B Filament), - Metallic 3B Filament, - Translucent Filament (Saydam Filament), - Pet 3D Filament, - HIPS Filament, - Ceramic 3D Filament (Seramik 3B Filament), - Stone 3D Filament (Taş Görünümlü 3B Filament), - Porous 3D Filament (Gözenekli 3B Filament), - Dissolving Filament (Çözünen Filament), - Polystyrene Filament (Polistiren Filament), - Real Wood 3D Filament (Gerçek Ahşap 3B Filament), - FDA Approved Filament (FDA Onaylı Filament), - Food Approved Filament (Yiyecek Onaylı Filament), - Flexible/Soft Filament (Esnek/Yumuşak Filament), - Metal 3D Printing Filament (Metal 3B Baskı Filament), - High Dentsity/Radiation
---	--

Çin’ de faaliyet gösteren “Esun3d” firmasına ait 3B Filament malzeme listeleri Çizelge 1.2’ de görülmektedir.

Çizelge 1.2. 3B Filament malzeme listesi [15].

- Color change (Renk Değiştiren), - PETG, - PLA, - ABS, - HIPS, - PVA, - PC, - Luminous (Parlak), - Nylon (Naylon), - Conductive (İletken), - Wood (Ahşap), - Flexible (Esnek), - Cleaning, - PLA/PC Alloy (PLA/PC Alaşımı), - PLA/ABS Alloy (PLA/ABS Alaşımı), - PLA/POM Alloy (PLA/POM Alaşımı), - PLA/HIPS Alloy (PLA/HIPS Alaşımı).
--

Hollanda’ da faaliyet gösteren “formfutura” firmasına ait 3B Filament malzeme listeleri Çizelge 1.3’ de görülmektedir.

Çizelge 1.3. 3B Filament malzeme listesi [16].

EasyFil PLA,
Premium PLA,
EasyFil ABS,
Premium ABS,
ABSpro,
ClearScent ABS
EasyFil HIPS,
FlexiFil-Flexible TPC (Esnek TPC),
AquaSolve,
LimoSolve,
Thermochrome EcoPLA,
PET,
Wood (Ahşap),
Taulman,
Laybrick,
Crystal Flex (Esnek kristal),
Moldlay,
Porolay.

Polonya’ da faaliyet gösteren “marwiol” firmasına ait 3B Filament malzeme listeleri Çizelge 1.4’ de görülmektedir.

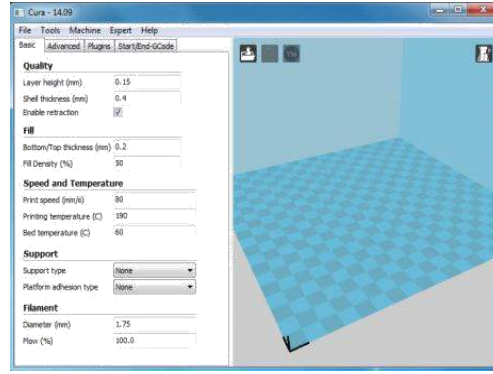
Çizelge 1.4. 3B Filament malzeme listesi [17].

ABS 1.75mm / 3.00mm,
PLA 1.75 / 3.00mm,
Guma 1.75 / 3.00mm,
HIPS 1.75 / 3.00mm,
PC (Poliweglan),
TPE (Elastomer term.),
Lay-Brick,
LayWoo-d3,
LayFomm,
PVA,
PET,
BendLay,
Nylon (Naylon).

1.10. ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI

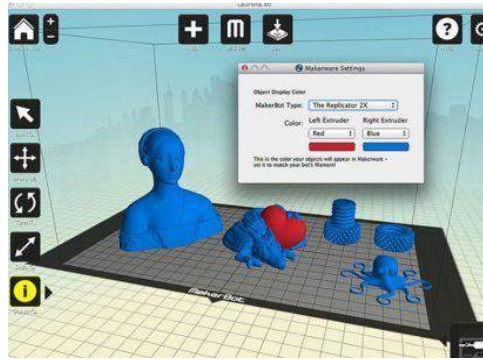
Üç boyutlu yazıcılardan ürün çıkarabilmek için ilk aşamada bu ürünün dijital ortamda üç boyutlu olarak tasarlanmış olması gerekir. Dijital ortamda tasarlanan ürün STL formatında kaydedilir ve üç boyutlu yazıcı kontrol programlarına aktarılır. Üç boyutlu yazıcı kontrol programlarında baskısı yapılacak 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.

Piyasada markalaşmış üç boyutlu yazıcıların kendine özel tasarımları olan dilimleme ve kontrol programları bulunmaktadır. Bunlardan en sık rastlananları Ultimaker’ in kullanıcıları için ücretsiz olarak sunduğu Cura adındaki dilimleme programıdır. Şekil 1.9’ da Cura üç boyutlu nesne dilimleme programının ara yüzü görülmektedir.



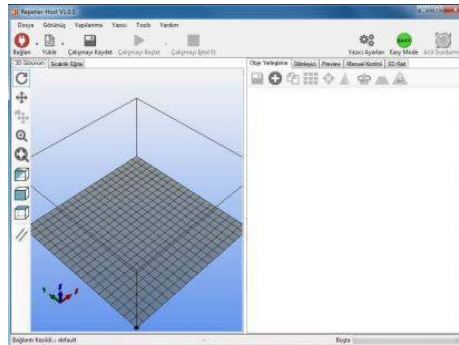
Şekil 1.8 Cura ara yüzü.

Bir diğer kontrol programı ise Makerbot'un tasarlayıp kullanıcılarına ücretsiz olarak sunduğu Makerware üç boyutlu nesne dilimleme programıdır. Şekil 1.10' da Makerware üç boyutlu nesne dilimleme programının arayüzü görülmektedir.



Şekil 1.9 MakerWare üç boyutlu nesne dilimleme programı arayüzü.

Bu tez çalışmasında kullanılacak olan program "Repetier" üç boyutlu yazıcı kontrol ve dilimleme programıdır. Bu program ile hem dilimleme işlemi hem de üç boyutlu yazıcı kontrolü yapılabilmektedir. Şekil 1.11'de Repetier üç boyutlu yazıcı kontrol programının arayüzü görülmektedir.



Şekil 1.10 Repetier üç boyutlu nesne dilimleme ve yazıcı kontrol programının arayüzü.

1.11. ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN CAD PROGRAMLARI

Üç boyutlu 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. Aşağıda günümüzde yaygın olarak kullanılan ve bilinen birçok CAD programının isimleri verilmiştir.

1. Solidworks
2. Autodesk
3. AutoCad
4. Rhino
5. 3DS Max
6. Maya
7. ZBrush
8. Blender
9. Inventor
10. Mudbox
11. Creo
12. Modo
13. LightWave
14. Mathematica
15. Cinema4D
16. SketchUp
17. OpenSCAD
18. FreeCAD
19. TinkerCad
20. 3D Tin [1].

1.12. GELECEKTE ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ

Gelecekte üç boyutlu yazıcıların kullanımı yaygınlaştıkça maliyetleri de giderek azalacaktır. Üç boyutlu yazıcı maliyetlerinin düşmesiyle beraber hemen hemen her eve girmeye başlayacaktır. Bu durum birçok avantajı beraberinde getirecektir.

Örneğin; çocuklar internetten indirdiği üç boyutlu bir oyuncak verisi ile kendi oyuncakını yapabilme şansına sahip olacaklardır. Ya da evde kullanılan cihazların herhangi bir parçası bozulduğu zaman bu parçayı direkt fabrikadan getirtmek yerine yalnızca gerekli olan geometri ve malzeme bilgisi için ödeme yapmak yeterli olacaktır. Bu durum malın transferinden çok bilginin transferine önem kazandıracaktır.

Tıp alanında ise doğrudan, hastalara özel hammaddesi seramik olan protez imalatı gerçekleştirilebilecektir. Örneğin; diş hekimleri bilgisayar destekli tomografi verisine bağlı olarak hastanın yapısına uygun protezi el emeğini en aza indirerek kolaylıkla imal edebilecektir. Yakın bir gelecekte, insanların ihtiyaç duyduğu organların üç boyutlu yazıcılarla üretilmesi beklenmektedir.

Yakın gelecekte metal hammadde kullanan üç boyutlu yazıcıların sayısı ve üretim hassasiyeti hızla artacaktır. Bu da en fazla içinde soğutma kanallı açılmış metal kalıpların imalatında kullanılacaktır.

Aynı zamanda birden fazla malzeme kullanılarak (metal, plastik, seramik vb.) karmaşık malzeme özelliklerine sahip parçalarla mekanik ya da elektromekanik parça gruplarını imal edebilen cihazlar artacaktır. Bu konuya verilebilecek en iyi örnek Almanya’ daki MicroTEC firmasının bir enjektör iğnesinin içine girebilecek küçüklükte motor ve mekanizmalar üretmiş olmasıdır. Bunlara ilave olarak son senelerde mikron seviyede parçalar üreten teknolojiler konusunda araştırmalar ve uygulamalar hız kazanmıştır. Mikro düzeyde üretim teknolojisi sayesinde biyoteknoloji ve medikal uygulama alanlarında artış olacağı tahmin edilmektedir.

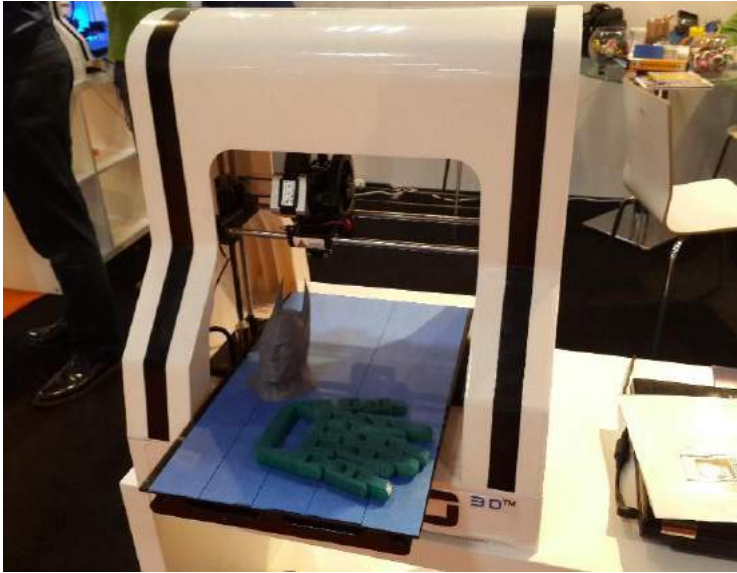
Üç boyutlu baskı esnasında katman kalınlığı eğer atom veya molekül sayıları ile ölçülebilecek kadar inceltilebilirse elektronik kısımları da birlikte üretilebilir. Bu sayede artık problem olan imalat zorluğu değil, mükemmel ürün tasarımı yapabilme konusu olacaktır.

BÖLÜM 2

ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE PİYASADAKİ ÇALIŞMALAR

2.1. TÜRKİYE’DE 3 BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER

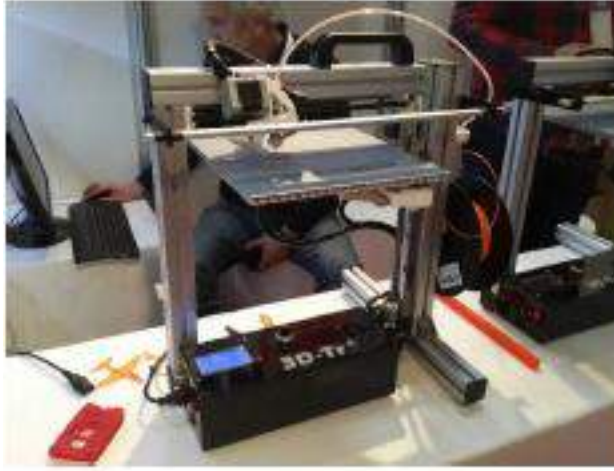
05-07 Mayıs 2016’ da düzenlenen “3D Print Expo Turkey” üç boyutlu yazıcı fuarında Türkiye’ de bu alanda yapılan çalışmalar takip edilmiştir. Şekil 2.1’ de 4B Mühendislik’in üretmiş olduğu üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



- Baskı hacmi: 254x228x203mm
- Hassasiyet: 0.1mm (100mikron)
- Nozzle çapı: 0.4mm
- ABS&PLA ile baskı alabilme
- Isıtmalı tabla
- Filament (hammadde) çapı: 1.75

Şekil 2.11 4B Mühendislik üç boyutlu yazıcı.

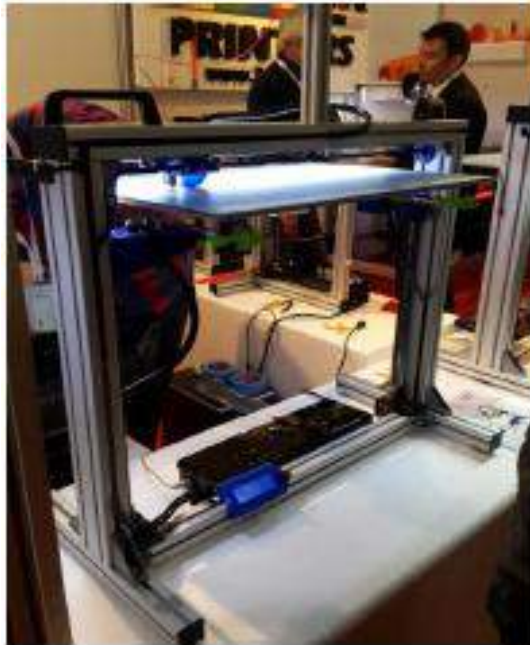
Şekil 2.2’ de imalatı Türkler tarafından Bursa’ da yapılan küçük boyutlarda üretilmiş üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



- Baskı hacmi: 254x228x203mm
- Hassasiyet: 0.05mm
- Nozzle çapı: 0.35
- Filament çapı: 1.75mm
- Tabla ısıtınalı
- ABS&PLA ile baskı alabilme

Şekil 2.12 3D Türk printers üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.3’ de imalatı Türkler tarafından Bursa’ da yapılan orta boyutlarda üretilmiş üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



- Baskı hacmi: 300x600x390mm
- Hassasiyet: 0.05mm
- Nozzle çapı: 0.35mm
- Filament çapı: 1.75-3mm
- 0.4-0.5mm Extruder ucu opsiyonu
- Optik endstop 0.35 sensörler

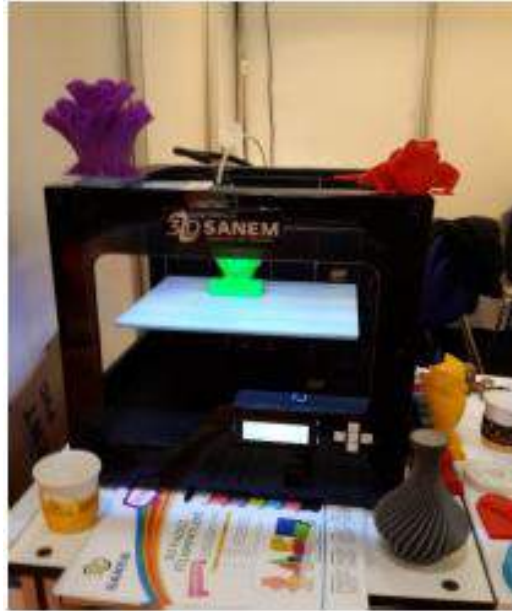
Şekil 2.13 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.4’ de imalatı Türkler tarafından Bursa’ da yapılan büyük boyutlarda üretilmiş üç boyutlu yazıcı görülmektedir.



Şekil 2.14 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.5’ de Sanem Cube II 3 boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir. 3D Sanem firması aynı zamanda yerli filament üretici firmalardan biridir. PET, PLA, ABS filamentlerin çeşitli renklerde üretimini gerçekleştirmektedir.



- Baskı hacmi: 260x230x200mm
- Hassasiyet: 100-300 mikron
- Nozzle çapı: 0.4
- Filament çapı: 1.75mm
- Firmanın ürettiği filament çeşitleri: PET, PLA, ABS

Şekil 2.15 Sanem Cube II üç boyutlu yazıcı.

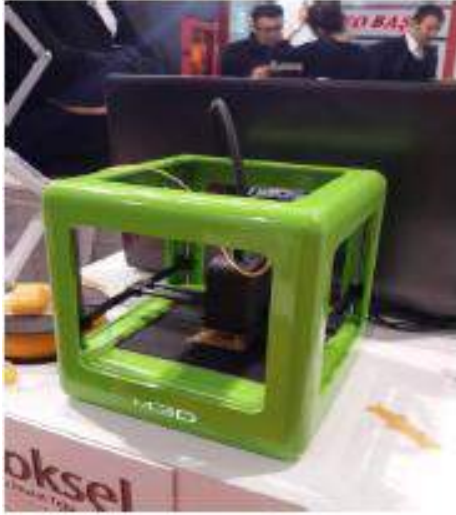
Şekil 2.6’ da Kemiq firmasının fuarda tanıttığı üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



-Baskı
hacmi:245x245x245mm
-Hassasiyet:70-400 mikron
-Nozzle çapı:0.4
-Filament çapı:1.75mm
- PLA,ABS,PC ABS, Nylon
malzemeleri ile baskı alabilme
özellği

Şekil 2.16 Kemiq 3 boyutlu yazıcı.

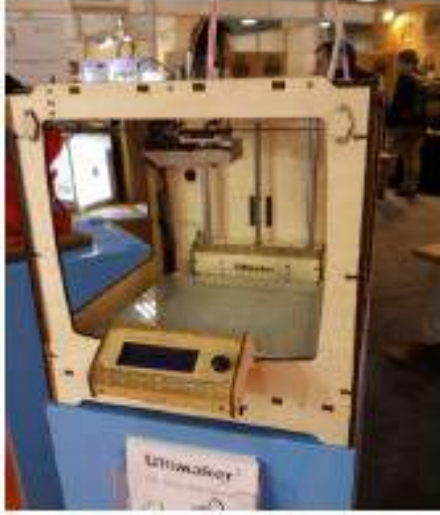
Şekil 2.7’ de Voksel firmasına ait M3D üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



-Baskı hacmi:
109x113x116mm
-Hassasiyet: 50-350 mikron
-Nozzle çapı:0.4
-Filament çapı:1.75mm
- PLA,ABS,Nylon
malzemeleri ile baskı alabilme
özellği

Şekil 2.17 Voksel M3d üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.8’ de 3 Dörtgen firmasına ait Ultimaker üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



- Baskı hacmi: 210x210x205mm
- Hassasiyet: 20 mikron
- Nozzle çapı: 0.4
- Filament çapı: 1.75-3mm
- PLA, ABS malzemeleri ile baskı alabilme özelliği

Şekil 2.18 3Dörtgen firmasına ait üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.9’ da 3 Dörtgen firmasına ait Ultimaker 2, Ultimaker 2 Extended üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



Ultimaker 2:

- Baskı hacmi: 230x230x205mm
- Hassasiyet: 20 mikron
- Nozzle çapı: 0.4
- Filament çapı: 3mm

Ultimaker 2 Extended:

- Baskı hacmi: 230x230x305mm
- Hassasiyet: 20 mikron
- Nozzle çapı: 0.4
- Filament çapı: 3mm
- Filament çapı: 1.75-3mm

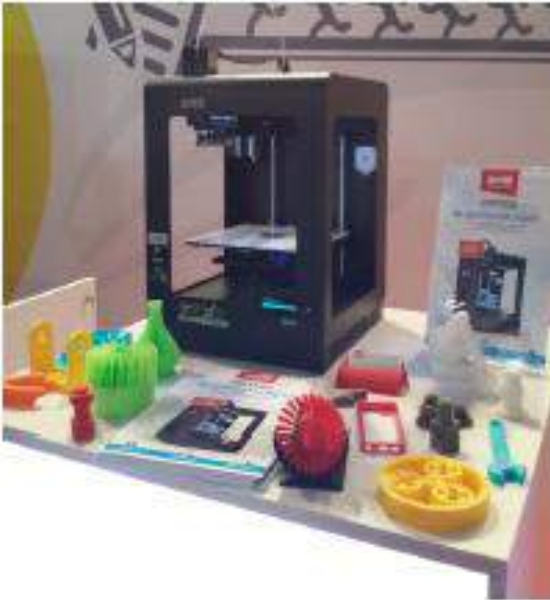
Şekil 2.19 3Dörtgen firmasına ait üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.10' da 3bFAB firmasının fuarda tanıttığı Formlabs Form1 isimli üç boyutlu yazıcı ve özellikleri, şekil 2.11'de Zortrax isimli üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



- Baskı hacmi:125x125x165mm
- Hassasiyet: 20/50/100 mikron
- Teknoloji: Stereolithography(SLA)
- Hammadde: Formlabs reçine
- Çalışma sıcaklığı: 18-28 C
- Kullanım alanları: Kuyumculuk

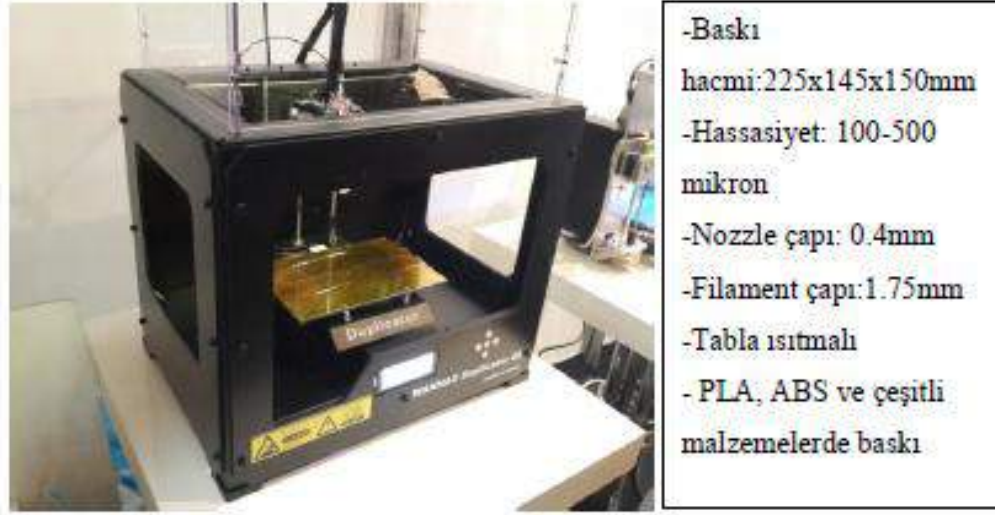
Şekil 2.20 3bFAB Formlabs Form1 üç boyutlu yazıcı.



- Baskı hacmi:200x200x185mm
- Hassasiyet: 90-400 mikron
- Nozzle çapı: 0.4mm
- Filament çapı:1.75-3mm
- Tabla ısıtmalı
- PLA, ABS, Flex, Hips, Glass transparan malzemeleri ile baskı alabilme özelliği

Şekil 2.21 3bFAB Zortrax 3 boyutlu yazıcı.

Şekil 2.12’ de Arem Elektronik ve 3D MakerTech firmalarının fuarda tanıttığı Wanhao Duplicator 4S isimli üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



Şekil 2.22 Arem Elektronik/3D MakerTech Wanhao Duplicator 4S üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.13’ de 3D MakerTech firmasının fuarda tanıttığı Wanhao D5s MINI isimli üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



Şekil 2.23 Arem Elektronik/3D MakerTech Wanhao Duplicator 4S üç boyutlu yazıcı.

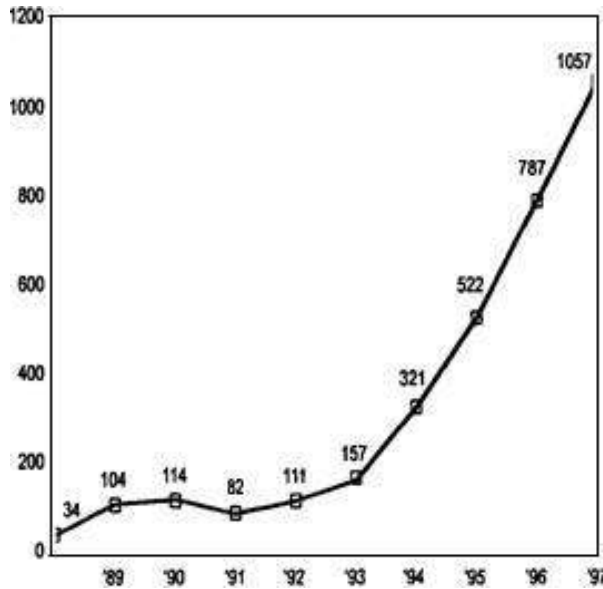
2.1.1. Türkiye’de Filament Üreten Firmalar

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 “Pure Imagination” firmasıdır. ABS, PLA, Nylon, Flex PLA, HIPS olmak üzere beş farklı filament üretilip satışa sunulmuşlardır.

Son olarak “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.

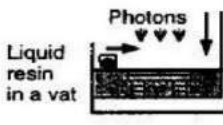
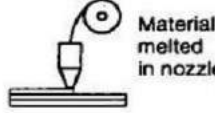
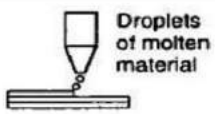
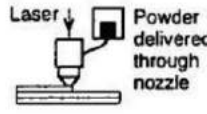
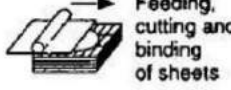
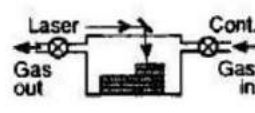
2.2. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

1998 yılında yapılan çalışmada o dönemdeki katı üretim ve hızlı prototipleme alanındaki araştırma ve gelişmeleri özetlenmeye çalışılmıştır. Hızlı prototiplemenin dünya üzerinde yayılışı gözlemlenerek (Şekil 2.14), kullanılan teknolojilere değinilmiştir.



Şekil 2.24 Dünya üzerinde hızlı prototipleme alanında birim satışlar.

Çizelge 2.1. Hızlı prototiplemede kullanılan teknolojiler.

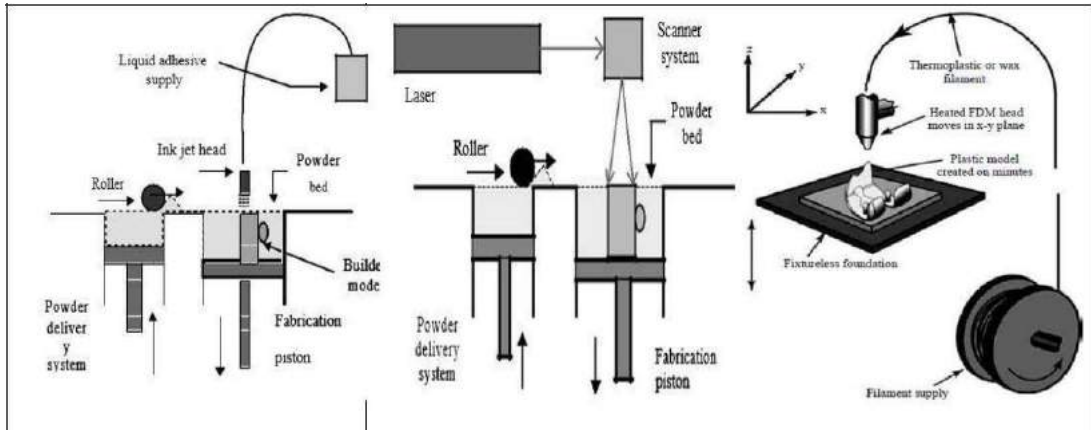
Stereo-lithography(SL)	
Fused Deposition Modelling (FDM)	
Ink Jet Printing (IJP)	
Three Dimensional Printing (3D-P)	
Selective Laser Sintering (SLS)	
Laser Cladding	
Laminated Object Manufactur (LOM)	
Selective Laser Chem. Vapour Deposition	

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 (Şekil 2.15). 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.

Stereolitografi (SLA): Bu işlemde, yazıcı SLS yazıcı gibi bir fıçı içine ışık ile serleştirilebilen sıvı reçine yüzeyi üzerine bir lazer ışınına odaklanır. Bu durumda, lazer ışını bir mor ötesi ışını olan 3D modelini oluşturuncaya kadar bir seferde bir katman çizer, ve kür ya da reçine sağlamlaştırılır.

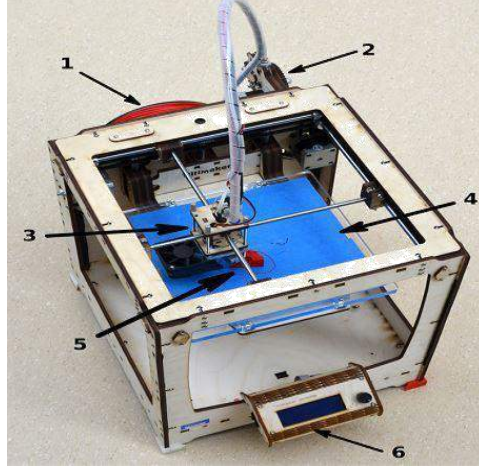
SLS teknolojisi bir lazer yardımıyla toz halindeki malzemeyi katmalar halinde birleştirerek üç boyutlu hale getirir. Bu yöntem, toz haline getirilen, polistiren üzerine bir lazer ışınının odaklanmasıdır, örneğin; seramik, cam, naylon, çelik, titanyum, alüminyum, gümüş katmanlar halinde ışın ona dokunduğunda toz halindeki katmanların (sinterlemiş) kaynaşmasıdır. Bu yöntemin bir avantajı sinterlenmiş toz kalması ve bu kalan sinterlenmiş tozun diğer projeler için tekrar kullanılabilir olmasıdır.

FDM işlemi sıcaklık kontrollü bir kafa tabakası ile termoplastik malzeme tabakası ekstrüde edildiği bir hızlı prototipleme (RP) sistemidir. Şekil 2.15' te FDM işleminin şematik hali görülmektedir.



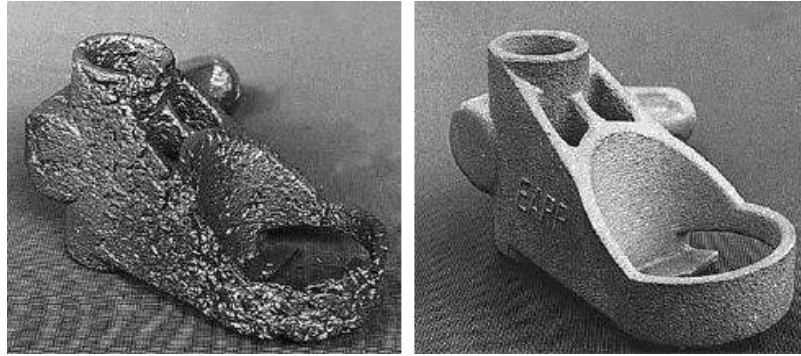
Şekil 2.25 FDM işlem şeması.

Üç boyutlu yazıcıların tıp mühendisliğine olan faydasını değerlendirmek için MR uyumlu bileşenleri oluşturan düşük bütçeli 3 boyutlu baskı teknolojisi test edilmiştir. Bunun için klasik bir 3 boyutlu yazıcı kullanılmıştır.



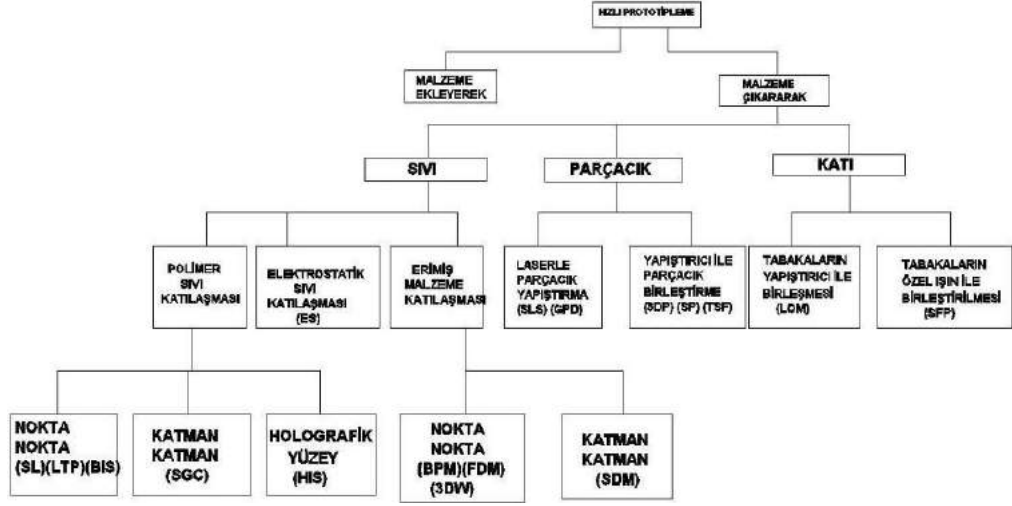
Şekil 2.267 Klasik 3 boyutlu yazıcı.

İmalat (AM) tekniklerinden biri olan metal döküm (Şekil 2.17) teknolojisinin sanayi uygulamaları gözden geçirilmiştir. Kapsamlı bir araştırma ile kavramlar, teknikler, yaklaşım ve çeşitli ticari hızlı döküm (RC- Rapit casting) çözümleri geleneksel döküm yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.



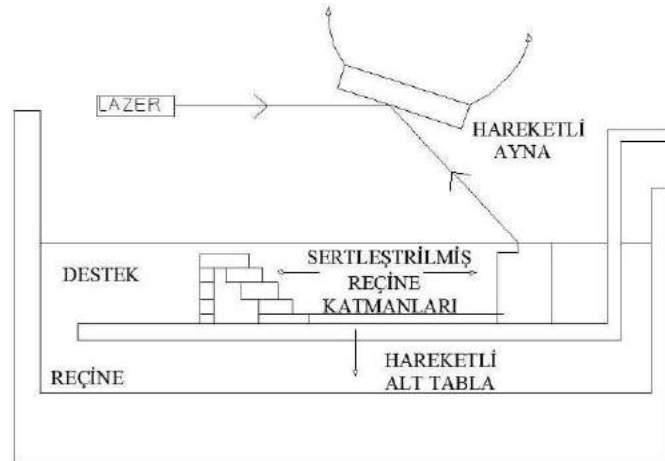
Şekil 2.27 Metal döküm teknolojisi; a) SLS yöntemi kullanılmadan üretilen parça b) SLS yöntemi kullanılarak 3 boyutlu basılan metal parça.

Hızlı prototipleme (RP) insan müdahalesine az ihtiyaç duyulan, bir kaç saat içinde CAD modellerini doğrudan üretebilecek yeni teknolojileri içeren bir terimdir .



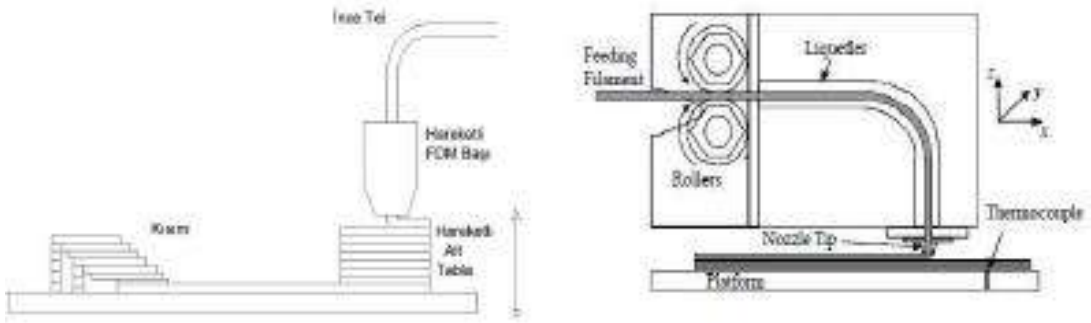
Şekil 2.28 Hızlı prototipleme yöntemlerinin sınıflandırılması.

Üç boyutlu prototipleme (SLA): RP teknolojileri arasında en popülerleri belki stereolitografidir. Bu teknoloji ışıkla monomer reçinesi üzerinde dayanır. Bu işlemde bir polimer oluşturulur ve ultraviyole ışığa (UV) maruz kaldığında katılaşır (Şekil 2.19).



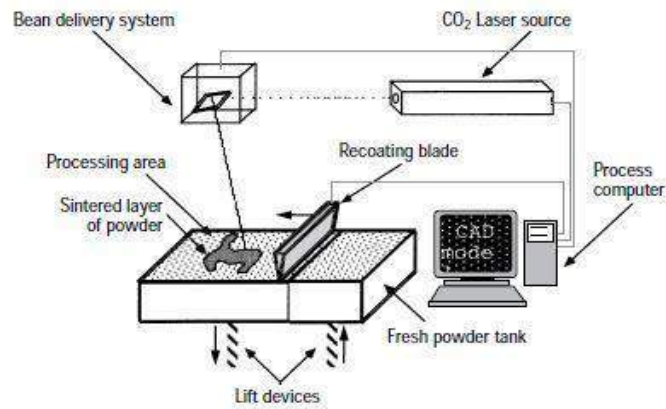
Şekil 2.29 Stereolitografi.

Erimiş birikim modelleme (FDM): FDM makinesi, alt-tabaka üzerine bir iplik halinde erimiş malzemenin hareket edebilen bir kafa içinden geçerek akmasıdır. Akıtılan malzeme katmanlar olarak tablaya akıtılır (şekil 2.20) ve yaklaşık 0.1 saniyede katılaşır.



Şekil 2.30 FDM işlemi şematik gösterimi.

1998 yılında doğrudan hızlı takımların kullanımı hakkında mevcut araştırmalar makale haline getirilmiştir. Bu çalışmada yeni hızlı prototipleme (RP) yöntemleri sayesinde imalat sanayisine kazandırılan avantajlardan bahsedilmiştir. Burada hızlı prototipleme yöntemi olarak SLS (Selective laser sintering) yöntemine değinilmiştir (Şekil 2.21). Hızlı prototipleme sayesinde üretimin hız kazanmış olması ve maliyetlerin azaltıldığı anlatılmıştır.



Şekil 2.31 SLS ekipmanının şematik gösterimi.

2.1.1. ABS ve PLA Malzemelerinin Mekanik Özellikleri

ABS sert, rijit ve tok bir malzemedir. Yüksek darbelere dayanıklıdır. Darbe sonucu kırılması sünektir. Yüksek ısıya dayanıklı,aleve dayanıklıdır. Uzun süre güneş etkisinde kalırsa rengi,darbe mukavemeti,sünekliliği azalır.

Akrilonitril Butadin Stiren, plastik enjeksiyon sektöründe de oldukça sık kullanılan hafif ama sert bir Termoplastik polimerdir. Popüler bir örnek vermek gerekirse Lego parçaları bu malzemenin yapılmaktadır. Bir petrol ürünü olan ABS aseton ile çözülebilmektedir. ABS kullanarak print edilen ürünler - 20°C İla 80°C arasında kullanabilir. Erime başlangıç sıcaklığı 105 derece olması nedeniyle 80°C üzerinde yumuşama ve şekil bozulması yaşanabilir. ABS malzemesi yoğun güneş ışınlarına maruz kalırsa hasar görebilir. Bu nedenle ciddi bir şekilde güneş altında kalacak ürünlerde parçayı boyamak iyi bir çözümdür.

Katı halde ürün olarak herhangi bir zararı bulunmazken 230°C - 250°C derecede 3D Yazıcı ile eritilirken HCN gazı açığa çıkabilmektedir. Bu gaz az miktarda salınsa da oldukça zehirli bir gazdır. Bir diğer negatif özelliği ise 3D yazıcıda kullanım sırasında daha yüksek sıcaklık gerektirmesi nedeni ile daha zorlu bir proses kalibrasyon işlemi gerektirmesidir yani ABS ile güzel bir parça üretmek PLA dan daha zordur. Gene yüksek sıcaklıkta proses edilmesi nedeniyle işlem sırasında büyük parçalarda çarpılma riski oldukça fazladır. Çarpılmayı engellemek için ısıtıcı yazma platformu kullanılması gerekmektedir.

Polilaktik Asit ise şu an ki istatistiklere göre en çok kullanılan 3D Yazıcı malzemesi özellikle ev kullanıcılarının bu malzemeyi tercih etmesinin başında daha düşük sıcaklıklarda erimesi nedeni ile kolay çalışılabilir olması yatıyor. Yani PLA kullanarak bir parçayı 3D Yazıcı ile basmak ABS ye oranla daha kolay. Ayrıca PLA, çarpılma ihtimalinin düşük olması nedeni ile ısıtıcı bir platform gerektirmiyor.

Polilaktik asit ABS den farklı olarak petrolden değil nişasta içeren ürünlerden elde edilir. Örneğin mısır,şeker kamışı vb. Bu nedenle sağlık açısından ABS den üstündür. Hatta PLA medikal sektöründe implant ve protezlerde sıkça

kullanılmaktadır. İnsan vücudu içinde parçalanma süresi 6 ay ile 2 yıl arasında değişmektedir.

PLA nin negatif özellikler ise ABS den çok daha düşük mukavemete sahip olmasıdır. Yani 3D yazısını ile yük taşıyacak ya da darbe alması muhtemel bir parça üretmek isteniyorsa bu noktada PLA doğru seçim olmayabilir. Ayrıca PLA' nın ısı altındaki dayanımı ABS ye oranla oldukça kötüdür. 50 °C üzerinde uygulamalarda kullanmak pek iyi bir fikir olmayabilir. Erime sıcaklık aralığını ABS ye oranla daha geniş olması çarpılma ihtimalini azaltırken, malzemenin yavaş sertleşmesi nedeni ile yazım hızı arttırıldığında kötü sonuçlar vermektedir. Yazım hızını arttırabilmek için işlem sırasında parça bir fan yardımı ile soğutulabilir.

BÖLÜM 3

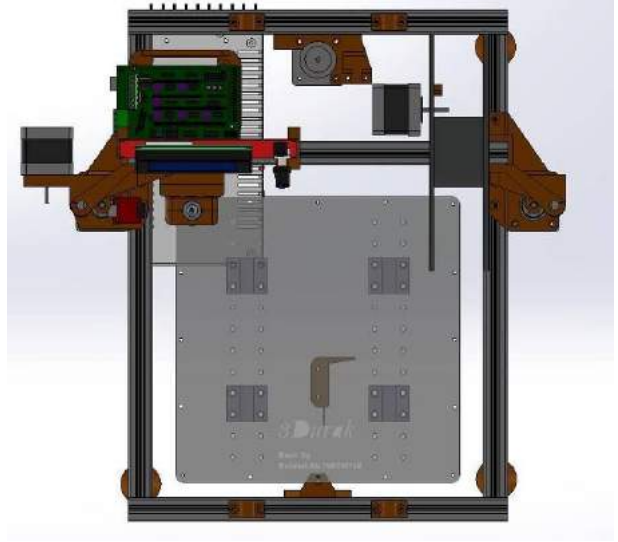
ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI ve PARÇA DİLİMLEME PROGRAMLARI

3.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI

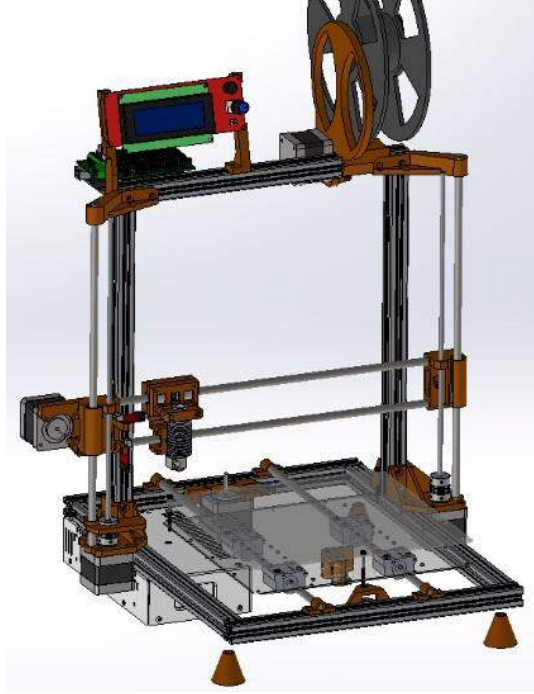
Geleneksel yöntemlerle üretilmiş bağlantı parçaları tersine mühendislik tekniği uygulanarak yeniden modellenmiştir. Geleneksel yöntemler kullanılarak üretilmiş parçaların üzerinden delik merkezlerinin uzaklıkları ve delik çapları ölçülerek üç boyutlu yazıcıda üretilecek yeni parçalar tasarlanmıştır. Üç boyutlu yazıcıda üretilecek parçaların geometrileri daha karmaşık olup aynı zamanda daha az malzeme kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Tersine mühendislik uygulanarak tasarlanan yeni parçalarla yapılan tasarımın ön görünüşü Şekil 3.1' de, yan görünüşü Şekil 3.2' de üst görünüşü Şekil 3.4' de izometrik görünüşü ise Şekil 3.5-3.6' da görülmektedir.



Şekil 32 Yan Görünüş



Şekil 33 Üst Görünüş.



Şekil 34 1-İzometrik görünüş

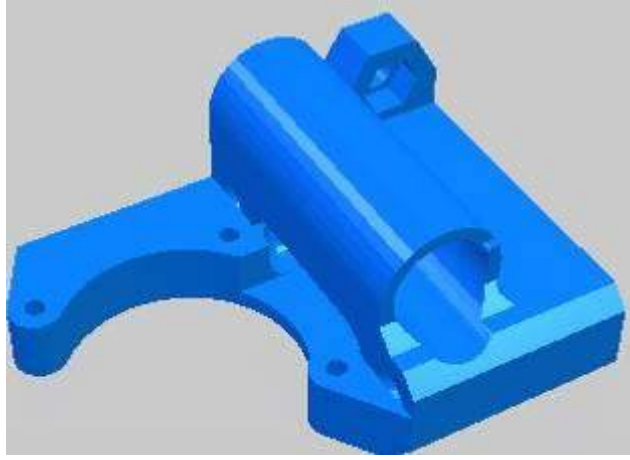


Şekil 35 2-İzometrik görünüş.

3.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI BAĞLANTI PARÇALARI TASARIMI

3.8.1. Mil Üzerinde Hareket Eden Parça (Z Eksen)

Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş ve kullanılmış olan parça tasarımı Şekil 3.5’ de görülmektedir.



Şekil 36 Z eksen hareketi sağlayan parça

3.8.2. Mil Üzerinde Hareket Eden Parça 2 (Z Eksen)

Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş ve kullanılmış olan parça 2’nin tasarımı Şekil 3.6’ de görülmektedir.

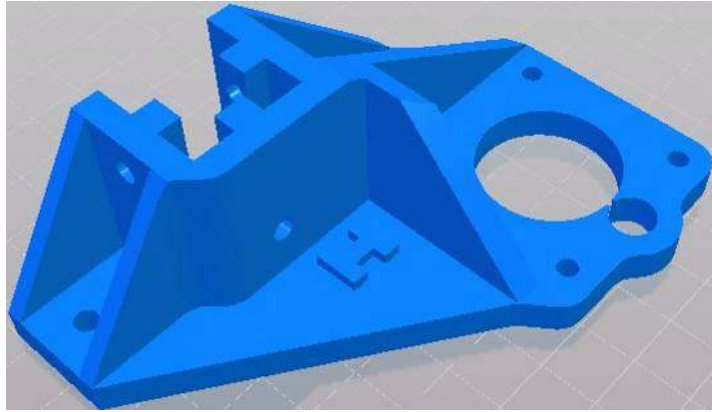


Şekil 37 Z eksenini hareketi sağlayan parça

3.8.3. Motor

Tutucu Parça

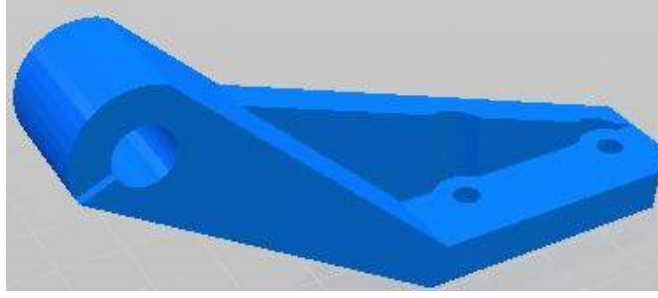
Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş ve kullanılmış olan z eksenini motor tutucu parça tasarımı Şekik 3.7’da görülmektedir.



Şekil 38 Motor tutucu parça

3.8.4. Mil Tutucu Parça

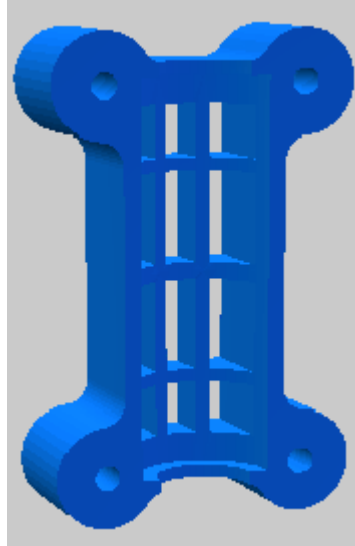
Üç boyutlu yazıcı kullanarak üretilmiş ve kullanılmış olan mil tutucu parçanın tasarımı Şekil 3.8’ de görölmektedir.



Şekil 39 Mil tutucu parça

3.8.5. Tabla Hareketini Sağlayan Parça

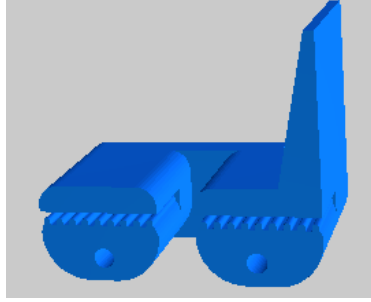
Üç boyutlu yazıcıda, yazıcının tabla hareketi lineer rulman tarafından sağlanır. Yapılacak üç boyutlu yazıcıda kullanılacak rulman için şekilde görölen rulman tutucu parça tasarlanıp üretilmiştir.



Şekil 40 Rulman tutucu parça

3.8.6. Kayış Tutucu Parça

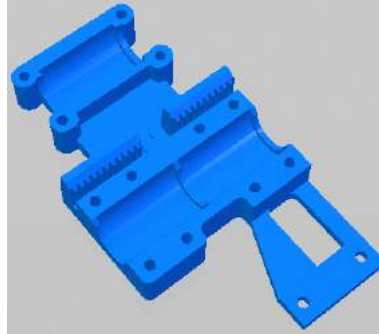
Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş ve kullanılmış olan kayış tutucu parça tasarımı Şekil 3.10' de görülmektedir.



Şekil 41 Kayış tutucu parça

3.8.7. Extruder'i Taşıyan Parça

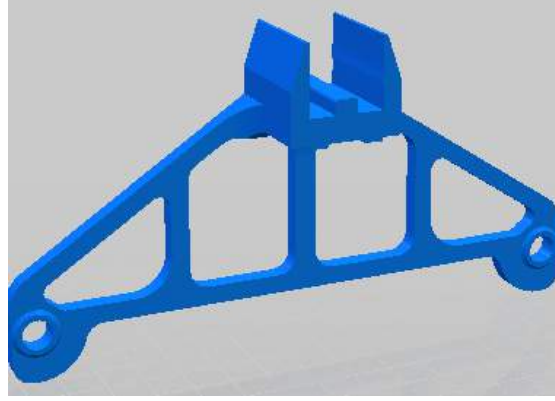
Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş ve kullanılmış olan kayış tutucu parça tasarımı Şekil 3.11' te görülmektedir.



Şekil 42 Extruder taşıyıcı parça

3.8.8. Filament Taşıyan Parça

Üç boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiş ve kullanılmış olan filament parça tasarımı Şekil 3.12’ de görülmektedir.



Şekil 43 Filament taşıyıcı parça.

3.3. ÜÇ BOYUTLU YAZICI BAĞLANTI PARÇALARI

Tersine mühendislik uygulanarak tasarlanmış parçalar üç boyutlu yazıcı kullanarak üretilmiştir. Şekil 3.13’ de z ekseninde kullanılan, içine rulman takılarak mil üzerinde hareket etmesini sağlayan parça görülmektedir. Motoru üç yerden motor tutucu parçaya bağlamak yeterli olmuştur.



Şekil 45 Mil üzerinde hareket eden parça (z eksen)



Şekil 44 Mil üzerinde hareket eden parça 2 (Z eksen).

Şekil 3.15' de z ekseninde kullanılan motor tutucu parça görülmektedir. Motoru dört yerden motor tutucu parçaya bağlamak yeterli olmuştur.



Şekil 46 Motor tutucu parça.

Şekil 3.16' de z ekseninde kullanılan, mil z hareket etmesini sağlayan mil tutucu parça görülmektedir.



Şekil 47 Mil tutucu parça.

Şekil 3.17' da içine rulman yerleştirilmiş tabla hareketini sağlayan parça ve kayış tutucu parça görülmektedir.



Şekil 48 Y tutucuları.

3.4. ÜÇ BOYUTLU YAZICININ MEKANİK PARÇALARI

3.4.1. Extruder

Filament' i ısıtıcı uca doğru iten mekanizmaya extruder denmektedir (Şekil 3.18).

Extruderler kalınlığı 1.75 mm ile 3 mm arasında olan malzeme ile çalışabilecek yapıdadırlar.



Şekil 49 MK8 Extruder

3.4.2. Kayış ve Kasknaklar

Üç boyutlu yazıcılarda çoğunlukla 'GT2' kayışı ve buna uygun kasknaklar kullanılmıştır. Poliüretan maddeden oluşan kayışın yapısı ve dişleri kimyasallara ve kirletici maddelere karşı direnç sağlamaktadır.

Tekrar gerdirme ve yağlama gerektirmez. Uzun çalışma ömrüne sahiptir. Extruder' in hareket mekanizmasını oluşturur. Bu nedenle kaliteli olmayan bir kayış 3d baskıda hata payını yükseltir.

3.4.3. Lineer Rulmanlar

Lineer rulmanlar, plastik parçalar ile montajlanarak z eksenindeki hareketin sürtünmesiz olmasını sağlamaktadır. Katmanlar halinde üretim yapıldığından z ekseninde kullanılan rulmanların sürtünmesiz hareketleri üretilen parçanın kalitesine zarar vermez.

3.4.4. Bağlantı Elemanları (Civatalar, Miller, Somunlar ve Pullar)

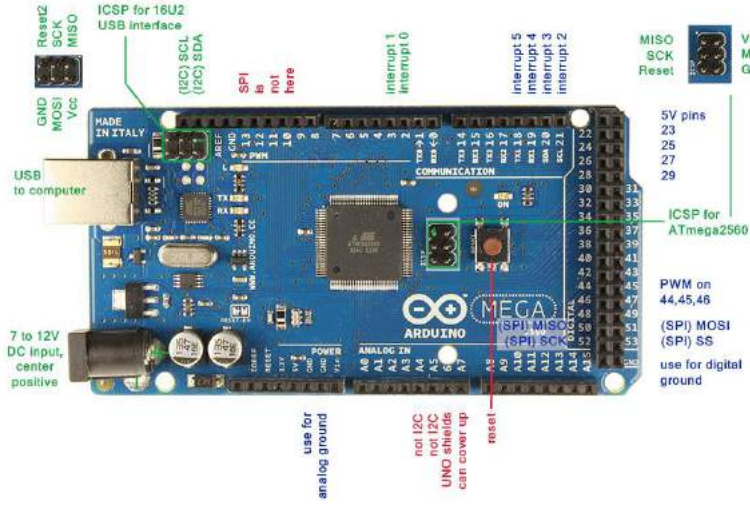
Bu çalışmada çeşitli uzunlukta M3-M4-M6 civatalar ve buna uygun pullar ve somunlar kullanılmıştır.

3.5. ELEKTRONİK KONTROL

Üç boyutlu yazıcı için gerekli elektronik ekipmanlar bu bölümde anlatılmıştır.

3.5.1. Arduino Mega 2560

3 Boyutlu yazıcının beynidir. Komut gönderen karttır. 16 analog girişi, 4 UART (serial port), 16 MHz kristal osilatörü, USB bağlantısı, adaptör girişi, ICSP çıkışı ve bir reset butonu vardır. Arduino Duemilanove ve Diecimila için tasarlanmış tüm eklentilere(shield) uyumludur.



Şekil 50 Arduino Mega 2560 R3

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.

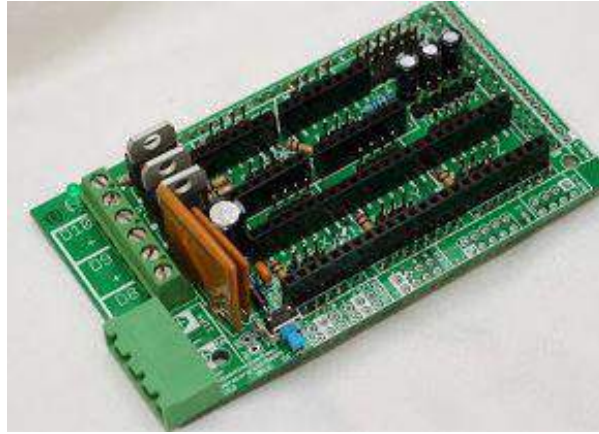
Arduino Mega2560' ın diğer kartlardan farkı FTDI USB-to-serial sürücü entegresi kullanılmamış olmasıdır. USB-to-Serial entegresi yerine ATmega16U2 USB-to-serial dönüştürücü olarak programlanmıştır.

Arduino IDE'si üzerinden programlanır. Bootloader (karta yazılım yüklemeye yarayan kod parçası) ı üzerinde gelir. İstenilirse bootloaderı atlayıp kendiniz ICSP üzerinden direkt olarak mikrodnetleyiciyi programlanabilir.

3.5.2. Kontrol Kartı

Günümüzde kullanılan bütün üç boyutlu yazıcıların kontrol kartları Arduino' ya dayanmaktadır. Bu kontrol kartlarının en temel görevleri step motorları, ısıtıcı nozzle"ı ve ısıtıcı tablayı kontrol etmektir. Şekil 3.20' de RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) elektronik kontrol kartı görölmektedir. Bu kart Arduino ek kartıdır. Üç boyutlu yazıcı için ihtiyaç duyulan tüm elektronik kontrol işlevini yerine getirmek için tasarlanmıştır.

Şekil 3.20' de görülen kartın tam olarak kullanılabilmesi için üzerine Arduino Mega ve A4988 step sürücü devrelerinin eklenmesi gerekmektedir.



Şekil 51 Ramps elektronik kontrol kartı.

3.5.3. LCD Ekran

LCD; yazıcının bilgisayardan bağımsız çalışmasını sağlar, LCD den yazıcı kontrol edilebilir, SD kart takarak parçaları basılabilir. Baskı sırasında bazı bilgileri görülebilir ve baskıya müdahale edilebilir. Aslında bilgisayarın sürekli açık kalmaması için kullanılır. Ramps 1.4 ile uyumlu bu 4x20 Karakter LCD kiti, 3 boyutlu yazıcılarda basılacak dosyayı seçmek ve kalibrosyanları bilgisayardan bağımsız olarak yapmak için kullanabileceğiniz akıllı bir kontrol kartıdır.



Şekil 52 LCD kontrol ekranı.

LCD Kartı üzerinde 4x20 karakter mavi üzerine beyaz yazılı LCD ekran, menülerdeki geçişleri yapmak için potansiyometre (buton olarak da potansiyometre kullanılmaktadır), durdurmak için buton, uyarı çıkışı için buzzer, LCD'nin kontrastını ayarlamak için trimpot ve SD kart soketi yer almaktadır.

3.5.4. Adım Motoru

Bu çalışmada iki adet z eksen kontrolü için, birer adet x ve y eksenleri kontrolü için, bir adet filament çekmek için olmak üzere toplam beş adet adım motoru kullanılmıştır. Şekil 3.22' de kullanılan Nema 17 adım motoru görülmektedir.



Şekil 53 Nema 17 adım motoru

3.5.5. Adım Motoru Sürücü Devresi

Adım motor sürücüsü üç boyutlu yazıcıda kullanılan adım motorlarının hareketini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Arduino üzerinden geçen güç, motorları hareket ettirmekte yetersiz kaldığı için bu görevi adım motor sürücü devresi yerine getirmektedir (Şekil 3.23).



Şekil 54 Step motor sürücü devresi.

3.5.6. Güç Kaynağı

3 Boyutlu Yazıcı yaparken ilk başta güç kaynağını doğru ve yeterli seçmek gerekmektedir. ABS (ısıtmalı tabla kullanılacaksa) en az 12V 20A ve üstü, PLA kullanılacak ise 12V 7A ve üstü bir güç kaynağına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada PLA kullanıldığından 12V 10A bir güç kaynağı uygun görülmüştür.

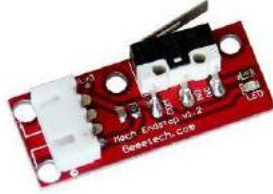


Şekil 55 Güç kaynağı.

3.5.7. EndStop

Endstop ve limit switch olarak adlandırılan bu anahtarlar, 3 boyutlu yazıcıların eksenleri üzerine yerleştirilerek, eksenin sonuna gelindiğinde sistemin durmasını sağlamaktadır.

Minik boyutlu kart üzerine yerleştirilmiş bıyık switch ufak bir tepkide mekaniksel olarak kapanmakta ve kontrol kartına bunun sinyali göndermektedir. Bu sayede eksen sonuna gelindiği anlaşılarak o eksendeki hareket noktalanmaktadır. Bir ucu 4'lü JST konnektörü olan kablunun diğer ucu ise tekli dişli heade şeklindedir.



Şekil 56 Limit switch.

3.5.8. Isıtıcı Zemin

Isıtıcı zemin baskı esnasında malzemenin yüzeye yapışmasını, çarpılmasını önlemek amacıyla kullanılmaktadır. PLA malzeme için ısıtıcı zeminin kullanılması çok gerekmemekle birlikte ABS malzemenin baskısı esnasında çarpılmasını önlemek için mutlaka kullanılması gerekmektedir. Şekil 3.26' te ısıtıcı zemin görülmektedir [2].



Şekil 57 MK3 ısıtıcı tabla.

3.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ'NİN MALİYETİ

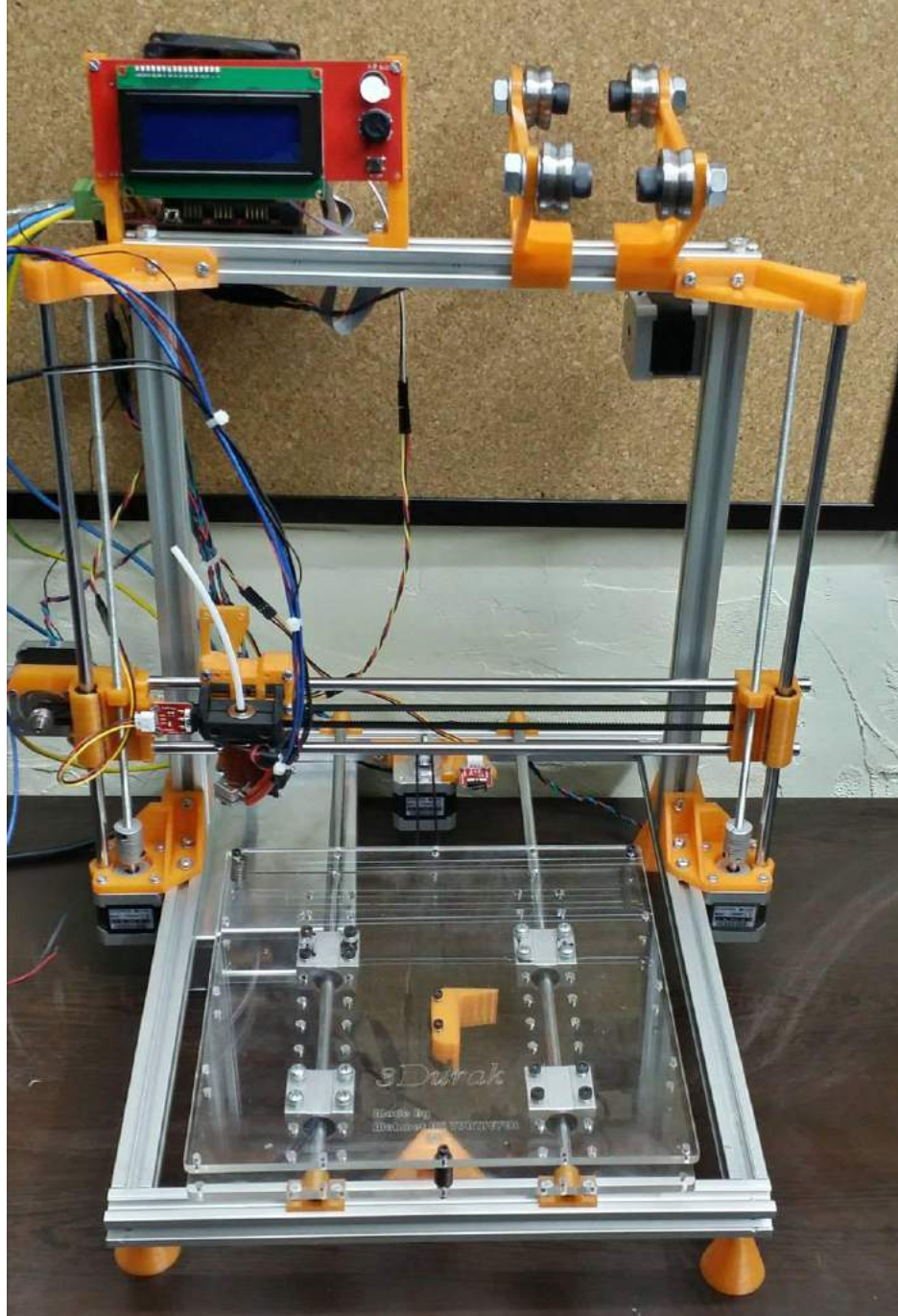
Çizelge 4.1' de üç boyutlu yazıcının maliyet tablosu verilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılmak üzere üretilmiş üç boyutlu yazıcı prototipinin maliyeti 826 TL' dir.

Çizelge 1

	Birim/metre/kg Fiyatı (TL)	Adet/m		Toplam (TL)
Arduino Mega Kartı	35	1	Adet	35
Ramps 1.4	17	1	Adet	17
Step Motor Nema 17	25	5	Adet	125
Motor Sürücü Devresi	4	4	Adet	16
LCD Ekran	21	1	Adet	21
Sıcak Tabla	45	1	Adet	45
Profiller 20x20	6	2.5	Metre	15
Alaşımli Çelik Miller	14	2.5	Metre	35
Vidalı Miller M5	5	1	Metre	5
Sıcaklık Ölçüm Termistör	10	2	Adet	20
End Stop	3	4	Adet	12
MK8 Extruder	90	1	Adet	90
Lineer Rulman	8	11	Adet	90
Cıvata, somun,	0,5	100	Adet	50
GT2 Kayış	10	2	Metre	20
Kasnak	10	2	Adet	20
Kaplin	10	2	Adet	20
PLA	100	1	Kg	100
Bağlantı Elemanları	10	9	Adet	90
Toplam				826 TL

3.7. ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ

Şekil 3.26’ da Tersine mühendislik uygulanarak üretilmiş bağlantı parçaları ile imal edilmiş üç boyutlu yazıcı prototipi görülmektedir.



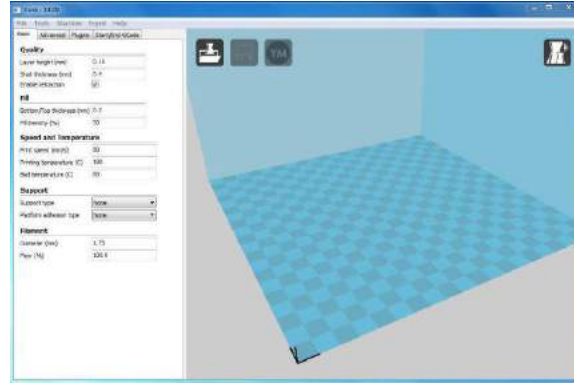
Şekil 58 ABBAS 3D yazıcı

3.8. ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI

Üç boyutlu nesne dilimleme programları bu bölümde anlatılmıştır. Bu tez çalışmasında “Repetier” üç boyutlu nesne dilimle programı kullanılmıştır.

3.8.1. Üç Boyutlu Nesne Dilimleme Programı – Cura

Üç boyutlu nesne dilimleme programlarından birisi Cura’ dır. Şekil 3.27’ de cura programının ara yüzü görülmektedir.



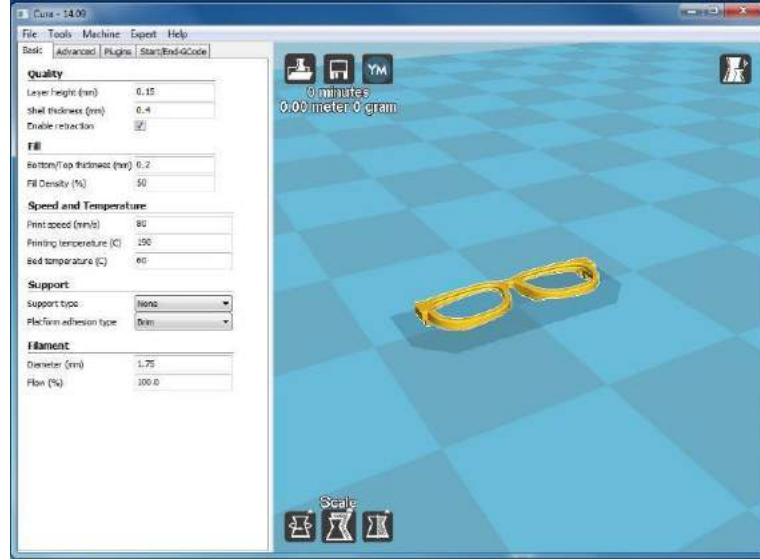
Şekil 59 Cura programı.

Üretilmek istenen ürün modeli önceden STL formatında kaydedilmiştir. Daha sonra bu dosya cura programına çağırılır. Dosya yükleme işlemini Load sekmesinden yapılmaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 60 STL uzantılı dosyayı yükleme.

Ürün modeli Şekil 3.28’ de görüldüğü gibi cura program ortamına gelmiştir.



Şekil 61 Ürün modeli.

1. Quality: Kalite Ayarları

Layer height: Tabaka yüksekliği

Shell thickness: Kabuk kalınlığı

Enable retraction: Extruderin geri çekilmesini sağlamak

2. Fill: Doluluk Ayarları

Bottom top thickness: Alt üst kalınlığı

Fill density: Doluluk yoğunluğu

3. Speed and Temperature: Hız ve Sıcaklık Ayarları

Print speed: Baskı hızı

Printing temperature: Yazdırma sıcaklığı

Bed temperature: Tabla sıcaklığı

4. Support : Destek Ayarları

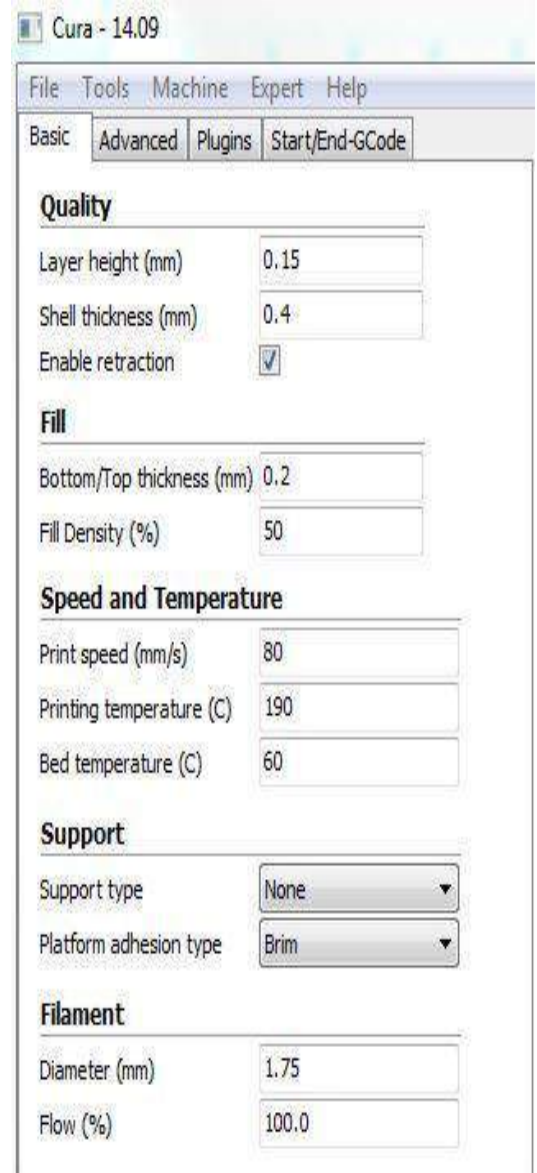
Support type: Destek türü

Platform adhesion type: Etek oluşturma türü

5. Filament : Filaman Ayarları

Diameter: Filaman çapı

Flow: Filaman akış oranı



Şekil 62 Basic ayarları.

Şekil 3.30' da Advanced sekmesinden ürün modelinin detaylı ayarları yapılmaktadır.

1. Machine: Makine

Nozzle size: Nozzle çapı

2. Retraction: Geri çekilme Ayarları

Speed: Hız (saniyede geri çekilme hızı)

Distance: Mesafe (geri çekilme mesafesi)

3. Quality: Kalite Ayarları

Initial layer thickness: İlk tabaka Kalınlığı

Initial layer line width: İlk katman çizgi genişliği

4. Speed: Hız Ayarları

Travel speed: Sürüş hızı

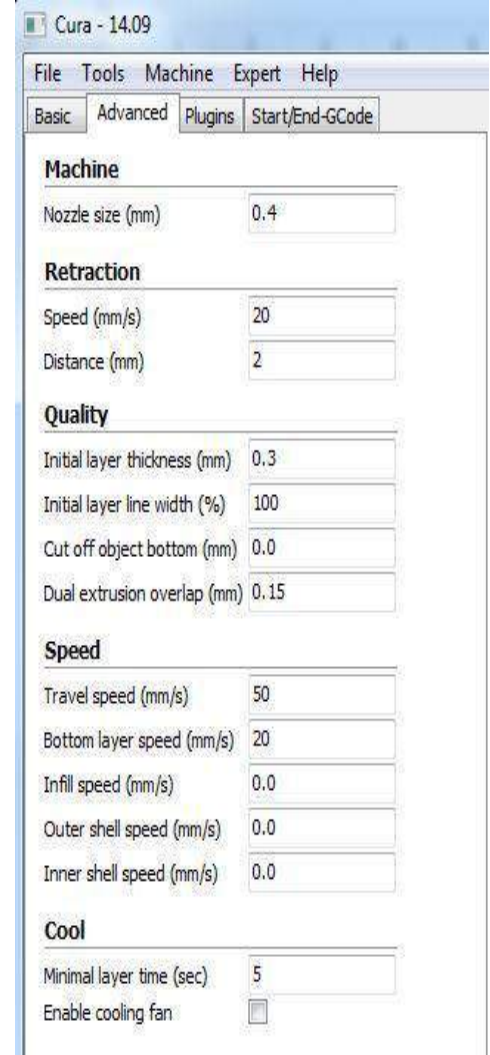
Bottom layer speed: Alt tabaka hızı

Infill speed: Dolgu hızı

5. Cool:

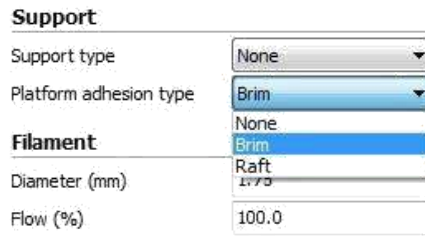
Minimal layer time: Minimal kaplama zamanı

Enable cooling fan: Soğutma fanı etkinleştirme



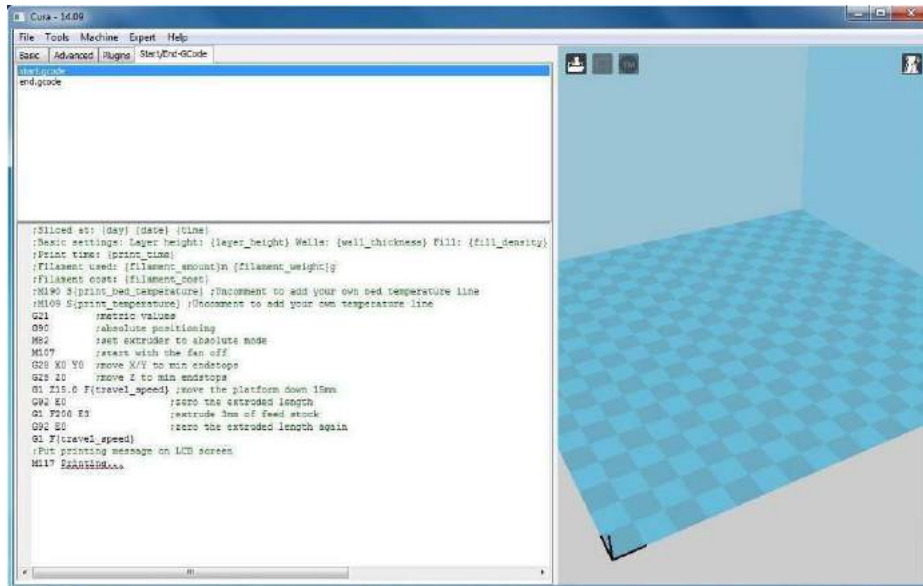
Şekil 63 Model ayarları.

Cura programında iki çeşit destek atma türü bulunmaktadır. Şekil 3.31’ de Support (destek) oluşturma türleri görülmektedir



Şekil 3.31 Destek atma türleri.

Üç boyutlu baskı için gcode dosyası oluşturulurken başlangıçta ve bitişte olması gereken komutlar bir kere yazılır bir sonraki gcode dosyasında aynılarını yazmaya gerek kalmaz. Örneğin “M190 S{print_bed_temperature} ;Uncomment to add your own bed temperature line” komut satırı yazıcıyı çalıştırdığımızda tablanın ısınmasını beklemeden baskı işlemini başlatır. Şekil 3.32’ de Start/End “G kodu” sekmesi ve beraberinde gelen hazır komut satırları görülmektedir.



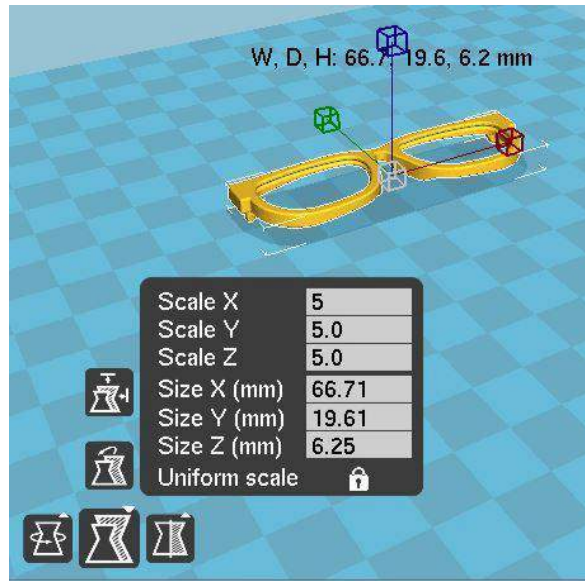
Şekil 64 Start/End Gcode sekmesi.

Ürün modelinin boyutlarını ayarlamak için “Scala” sekmesi kullanılmaktadır. Scala sekmesinden ürün modelini istenilen ölçülerde büyütüp küçültebiliriz. Model seçili iken Şekil 3.32’ de görülen Scala sekmesi aktif hale gelecektir.



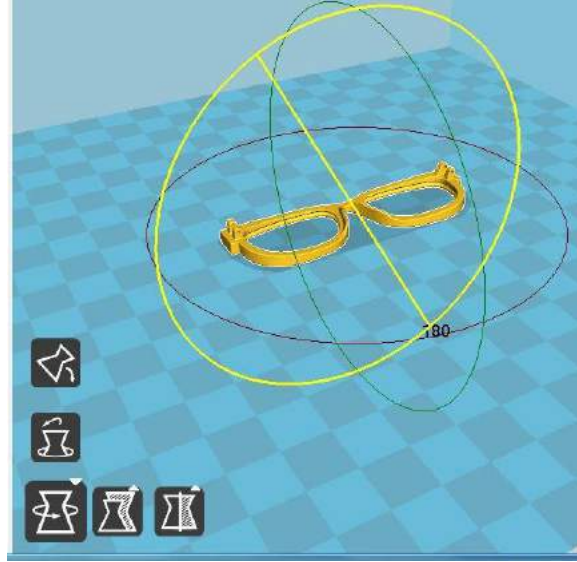
Şekil 65 Scala sekmesi

Şekil 3.33’ de ürün modelinin boyutları 5 kat büyütülmüştür.



Şekil 66 Ürün modelinin beş kat büyütülmüş hali.

Modeli daha rahat üretebilmek için gözlük modelinin düz tarafını tablaya yapıştırmamız gerekir. Bu da “Rotate” sekmesinden yapılmaktadır. Şekil 3.34’ de Rotate sekmesine tıklanmış olup, y eksenini çevreleyen çemberi seçilerek gözlük modeli el ile 180 derece döndürülmüştür.

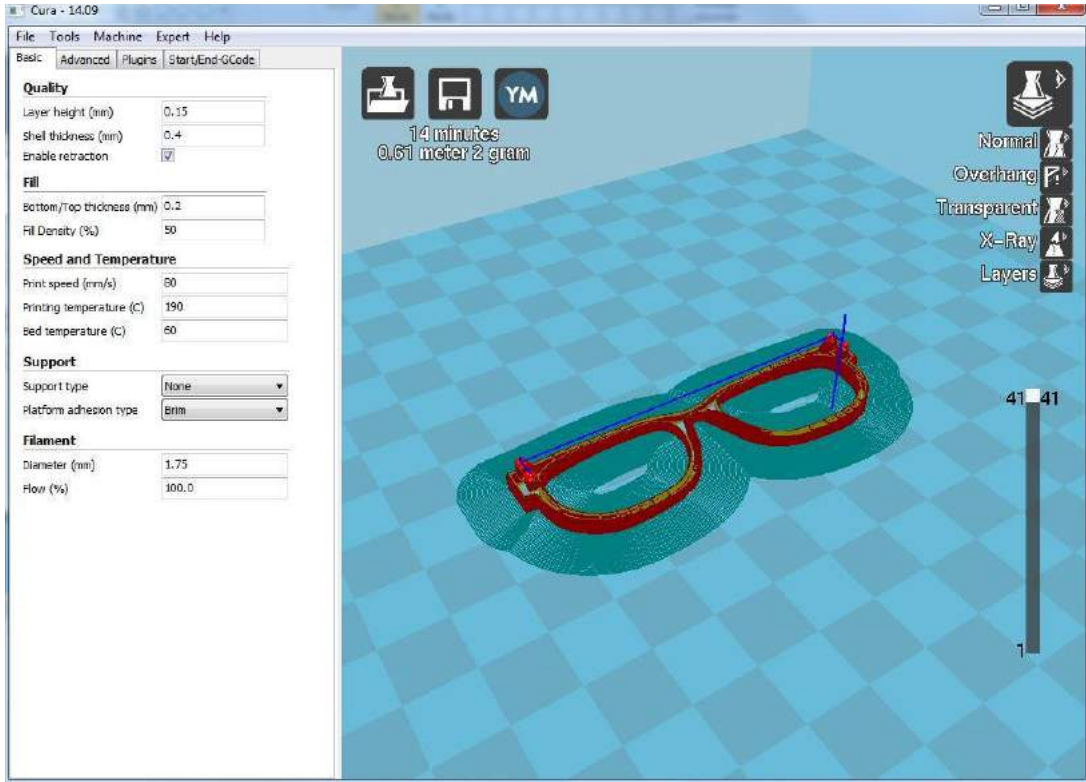


Şekil 67 Rotate sekmesi.

Programın sağ üst köşesinde “view mode” sekmesi bulunmaktadır. Şekil 3.35’ de “view mode” sekmesi gösterilmiştir. Bu sekmenin altında bulunan “layers” sekmesine tıklandığında Şekil 3.35’ de de görüldüğü gibi gözlük modelinin üç boyutlu yazıcıdan nasıl çıkacağını bir ön izlemesini görebiliriz.



Şekil 68 View mode sekmesi.



Şekil 69 Gözlük modelinin ön izlemesi.

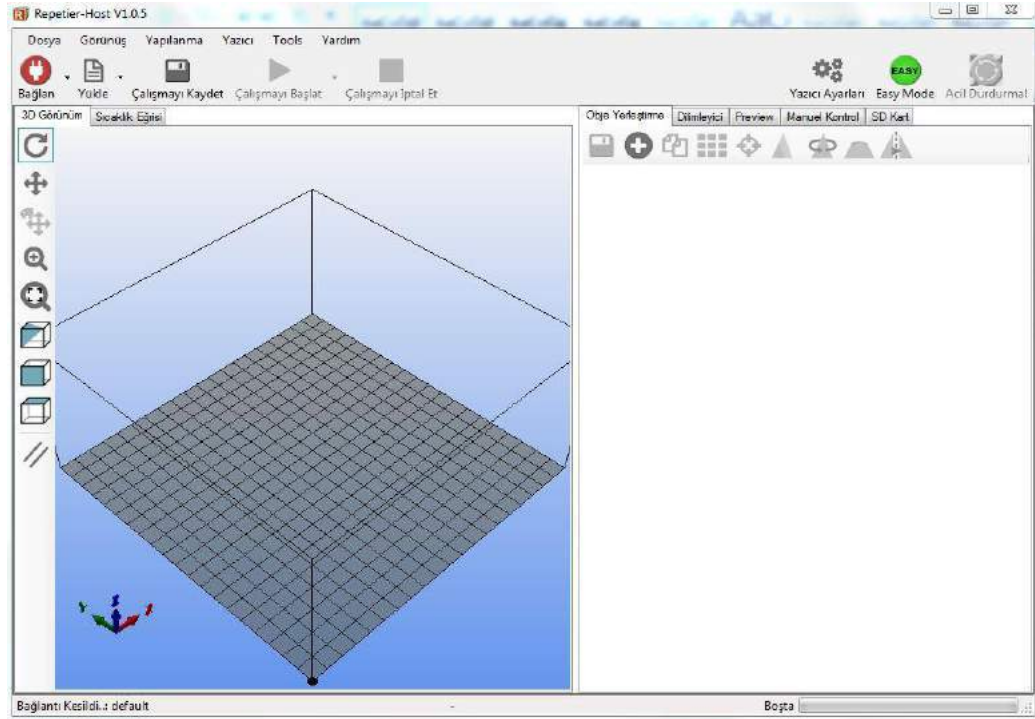


Şekil 70 Save toolpath sekmesi.

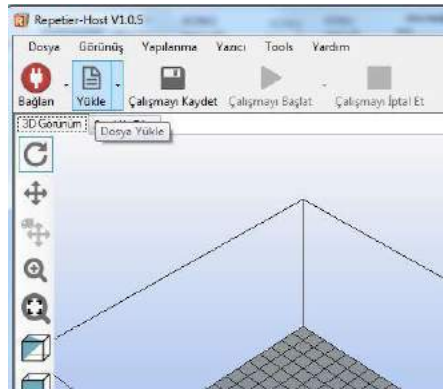
Bütün ayarlar yapıldıktan sonra “save toolpath” sekmesini tıklayarak g kodu dosyasını bilgisayarımıza kaydedebiliriz. Şekil 3.37’ de “save toolpath” sekmesi görülmektedir. Aynı zamanda bu modelin yazdırılmasının 14 dakika süreceğinin ve 0.61 metre filament kullanılacağı bilgisi de görülmektedir.

3.8.2. Üç Boyutlu Nesne Dilimleme Programı – Repetier

“Repetier” diğer bir üç boyutlu nesne dilimleme programıdır. Şekil 3.38’ de “Repetier” programının giriş ekranı görülmektedir.



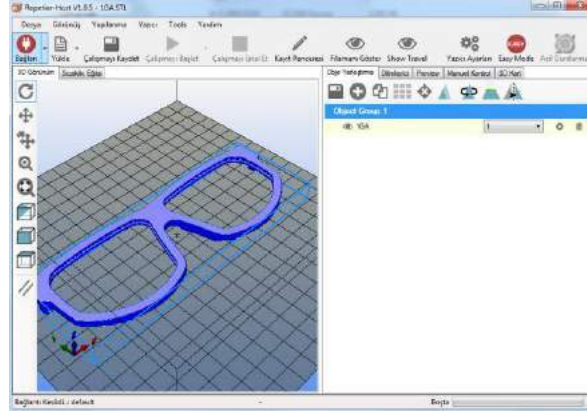
Şekil 71 Repetier programı giriş ekranı.



Şekil 72 Dosya yükleme sekmesi.

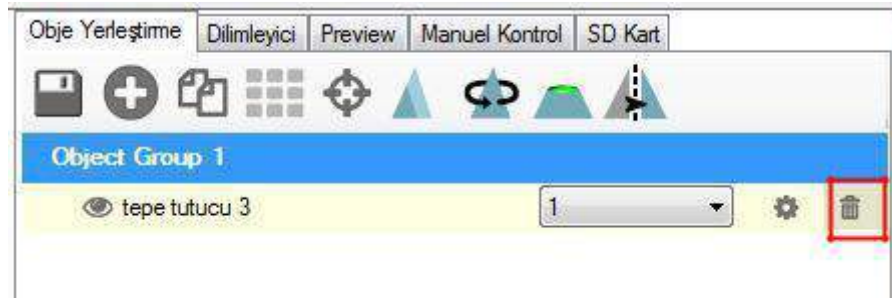
STL uzantılı dosya program ortamına “Yükle” sekmesinden çağırılır Şekil 3.39’ da dosya yükleme sekmesi görülmektedir.

Şekil 3.40’ da program ortamına çağırılan gözlük modeli görülmektedir.



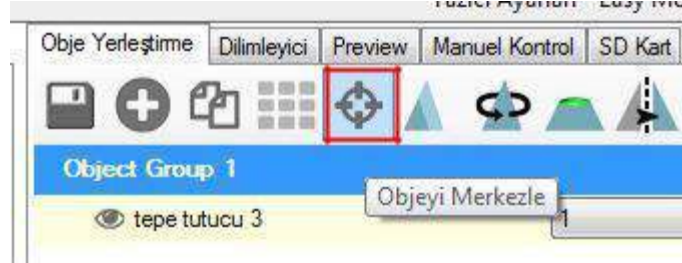
Şekil 73 Gözlük modeli.

Modeli silmek için “Obje Yerleştirme” menüsü altından çöp kovası simgesini tıklamamız yeterlidir (Şekil 3.41).



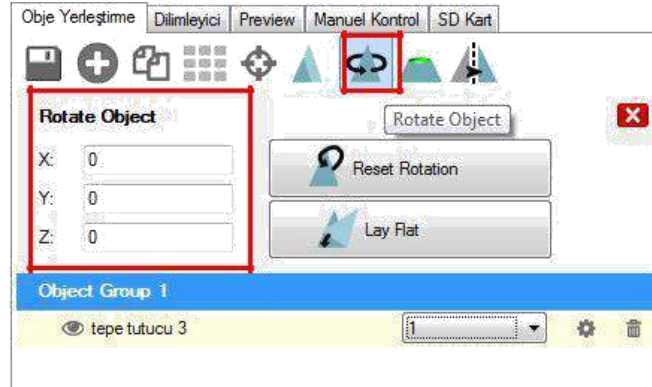
Şekil 74 Dosya silme.

Modeli, farenin sağ tuşuna basılı tutarak tablanın istediğimiz yerinde yazdırmak üzere sürükleyebiliriz. Eğer modeli tablanın tam ortasında yazdırılmak istenirse Obje Yerleştirme Menüsü altında Objeyi Merkezle sekmesi seçilir (Şekil 3.42).



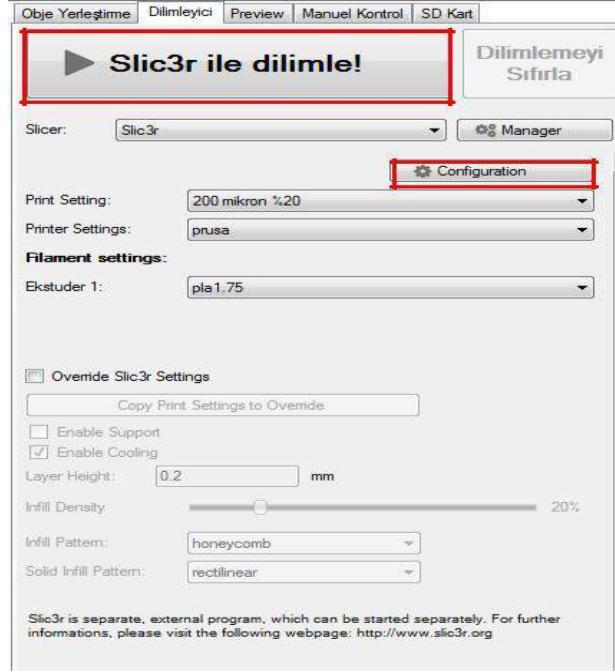
Şekil 75 Obje merkezle.

Gözlük modelinin düz tarafını tablaya yapıştırıp daha uygun bir yazdırma işlemi yaptırabilmemiz için "Rotate" komutu ile modeli döndürmemiz gereklidir. Şekil 3.43' de görüldüğü gibi modeli x,y,z koordinatlarında istediğimiz açı değerlerini girerek döndürebiliriz.



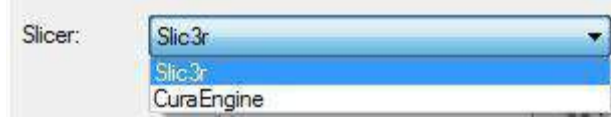
Şekil 76 "Rotate" komutu ile modeli döndürme.

“Configuration” sekmesi altında ürün yazdırma kalitesi, katman kalınlığı, yoğunluk oranı, yazdırma sıcaklığı gibi ayarlar yapılmaktadır (Şekil 3.44). Configuration sekmesinden gerekli ayarlar yapıldıktan sonra “Slic3r ile dilimle” butonuna tıklandığında “G kodu” dosyası oluşacaktır.



Şekil 77 Dilimleyici menüsü.

Dilimlemenin hangi dilimleme aracı ile yapılacağı “Slicer” menüsünden seçilir (Şekil 4.45).



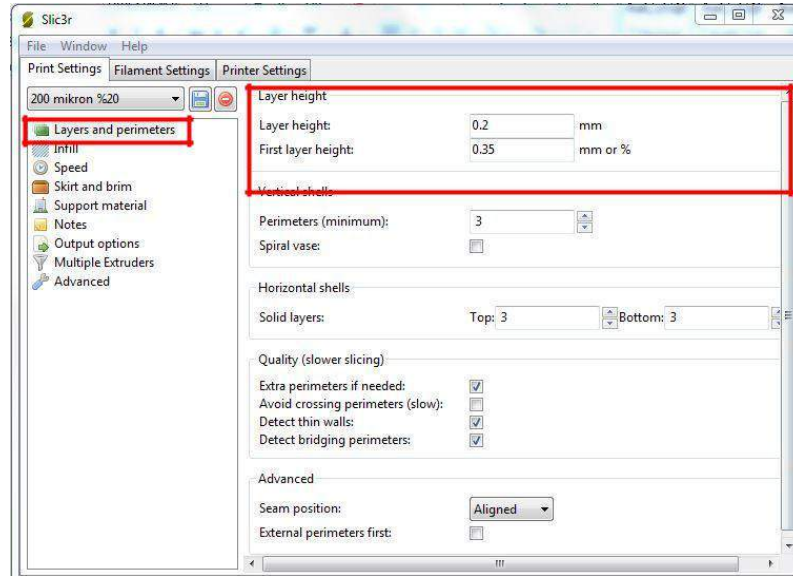
Şekil 78 Dilimleme araçları.

3.8.3. Print Settings / Baskı Ayarları

Yazdırma işlemi için gerekli ayarlar bu sekmenin altından yapılmaktadır.

3.8.3.1. Layers and Perimeters

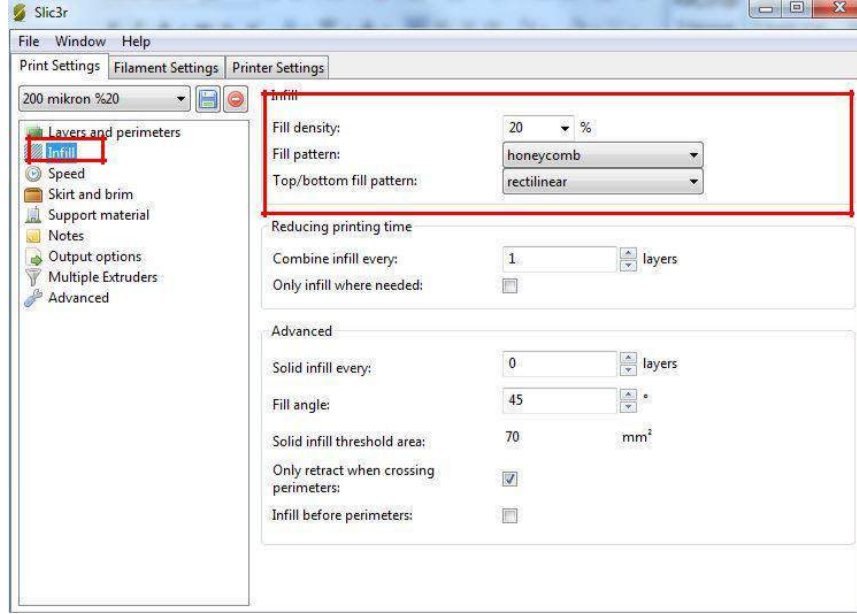
Katman kalınlığı 200 mikron (0,2 mm). İlk katman kalınlığı 350 mikron (0,35 mm) (Şekil 3.46).



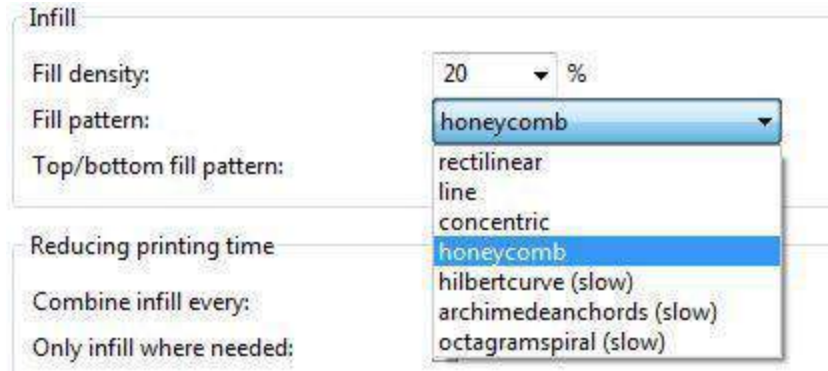
Şekil 79 Katman kalınlığı ayarları.

3.8.3.2. Infill / Doluluk

Model doluluk oranı %20' dir. Üst ve alt dolgu deseni Top/bottom fill pattern' den seçilir (Şekil 3.47). Modelin iç boşlukları oluşturma şekilleri Fill pattern' den seçilir (Şekil 3.48).



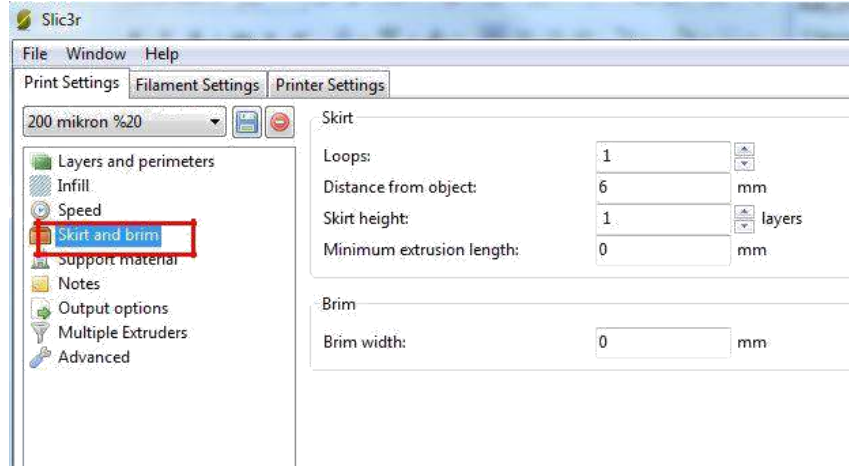
Şekil 80 Model doluluk oranı ayarları.



Şekil 81 İç boşlukları oluşturma desen çeşitleri.

3.8.3.3. Skirt and brim / Etek Atma Ayarları

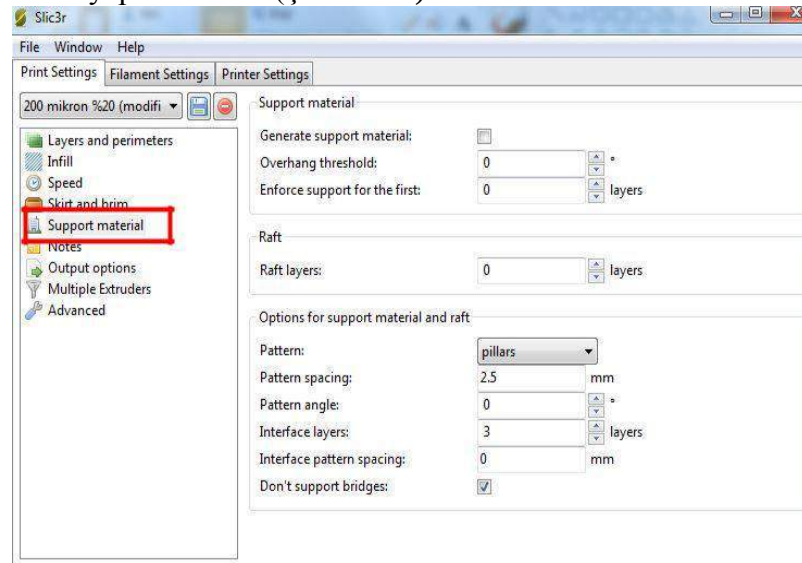
Modelin tablaya daha iyi yapışmasını sağlamak için kenarlarına etek atılır. Bu eteğin genişliği katman kalınlığı gibi ayarlar buradan yapılmaktadır (Şekil 3.49)



Şekil 82 Etek atma ayarları.

3.8.3.4. Support Material / Destek Atma Ayarları

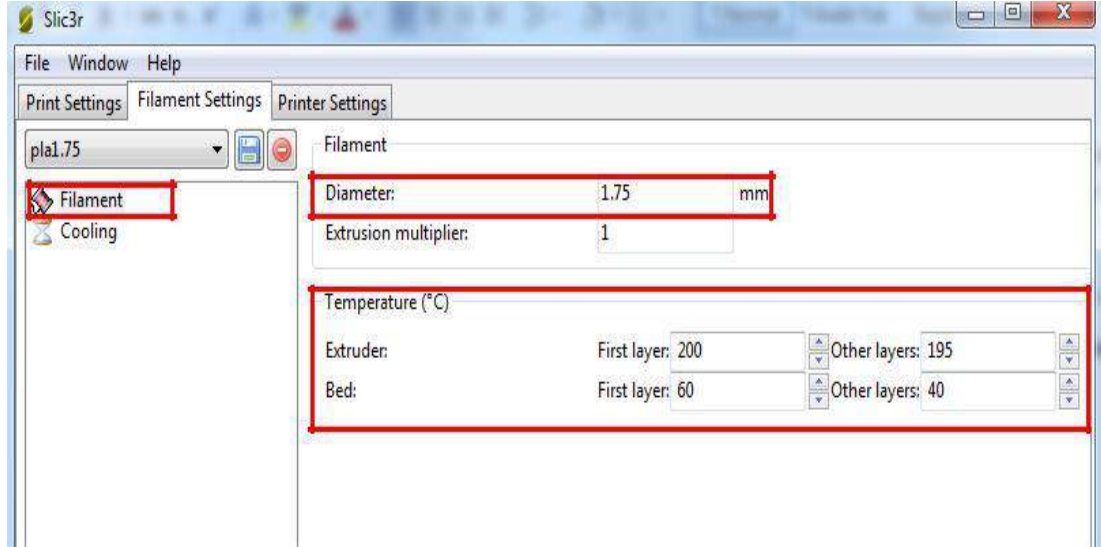
İç boşluklu parçalarda düzgün üretim olabilmesi için iç kısımlara daha sonra koparılmak üzere destek atılması gerekir. Destek atma ayarları Support material sekmesi altından yapılmaktadır (Şekil 3.50).



Şekil 83 Destek atma ayarları.

3.8.3.5. Filament Settings / Malzeme ve Sıcaklık Ayarları

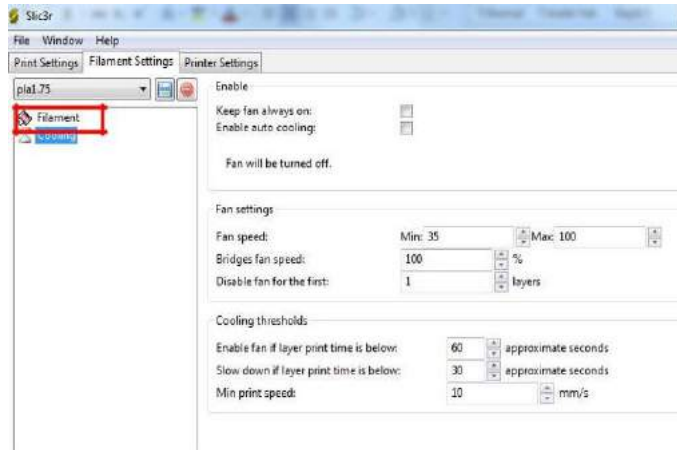
Kullanılan PLA/ABS malzemenin çapı 1.75. Nozzle sıcaklığı ilk katmanda 200 °C, diğer katmanlarda 195 °C olarak ayarlanmıştır. Tabla sıcaklığı ilk katmanda 60 °C, diğer katmanlarda 40 °C olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.51).



Şekil 84 Filament ve sıcaklık ayarı.

3.8.3.6. Cooling Menüsü

Soğutma ayarları “Cooling” sekmesinden yapılmaktadır (Şekil 3.52).



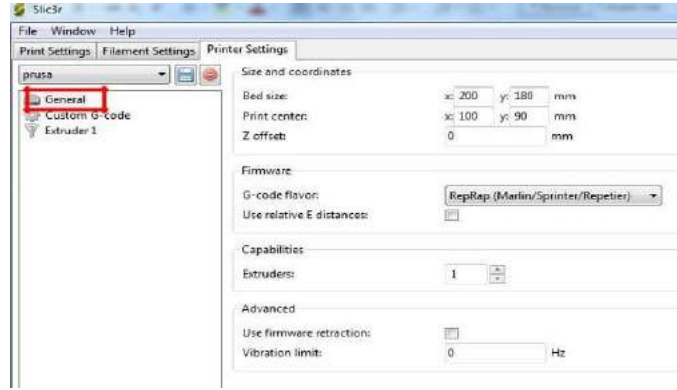
Şekil 85 Soğutma ayarları.

3.8.3.7. Printer Settings / Yazıcı Ayarları

Yazıcının tabla boyutları, filament çapı gibi ayarlar bu sekmeden yapılmaktadır.

3.8.3.8. General Menüsü

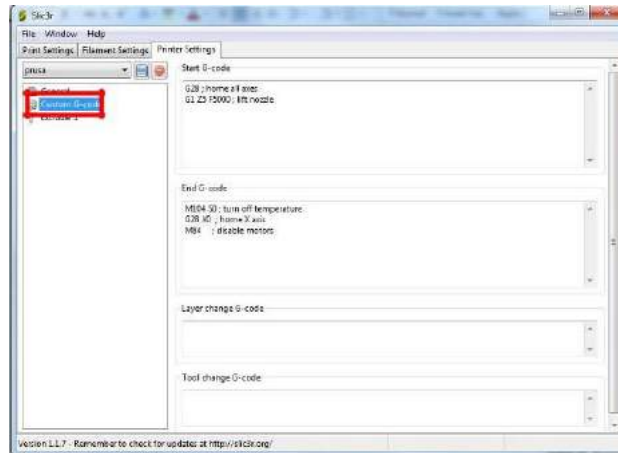
Tabla boyutu, baskı merkezi mesafesi gibi ayarlar “General” sekmesinden yapılmaktadır (Şekil 3.53).



Şekil 86 Yazıcı ayarları.

3.8.3.9. Custom G-code Menüsü

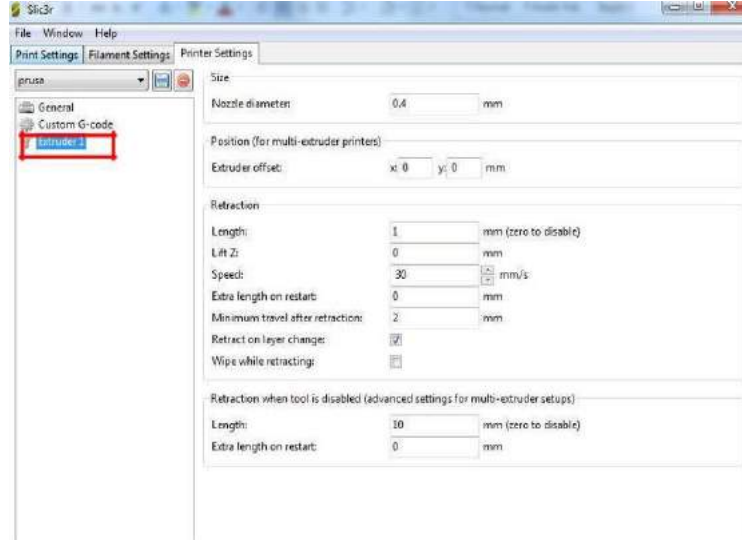
G-code dosyası oluşturulurken başlangıçta ve bitişte otomatik olarak algılanması gereken komutlar buraya kaydedilir (Şekil 3.54).



Şekil 87 G-code menü.

3.8.3.10. Extruder 1 / Extruder Ayarları

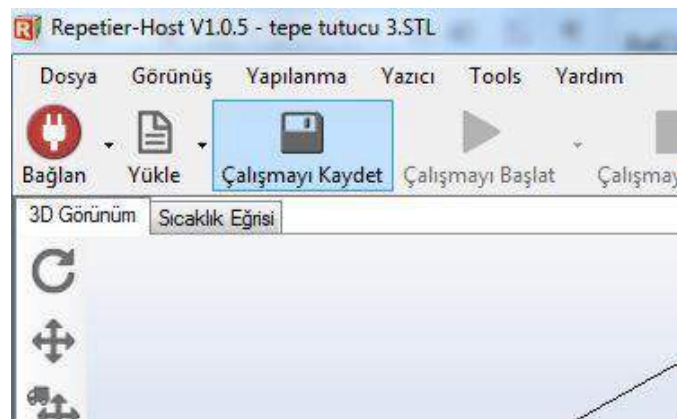
Nozzle çapı 0,4 mm olarak ayarlanmıştır (Şekil 3.55).



Şekil 88 Extruder ayarları

3.8.3.11. G-Kodu Dosyasını Kaydetme

Tüm ayarlar yapıldıktan ve dilimleme gerçekleştirildikten sonra “Çalışmayı Kaydet”e tıklayarak “g-kod” dosyasını istediğimiz yere kaydedebiliriz (Şekil 3.56).



Şekil 89 Kayıt işlemi.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. SONUÇLAR

Yeni bir endüstriyel devrim olarak adlandırılan 3 Boyutlu yazıcının, ABBAS 3d modelinin montajı, kalibrasyonu yapılmıştır. İlerde yapılacak çalışmalar ile yazıcıya bir bluetooth ya da wifi modülü eklenebilir. Bu sayede 3Boyutlu yazıcı bilgisayara gerek duyulmadan internet üzerinden çalıştırılabilir. Ayrıca prusa i3 modelinin en büyük sıkıntılarından birisi olan kablo kirliliğide saklayıcı bir kasa yardımıyla çözülebilir. Bu geliştirmelerin yanı sıra Arduino kartı yerine Rasperry Pi, RAMPS yerine MKS kart ile de aynı denemeler yapılabilir.

Şu bir gerçek ki yeni bir teknoloji olan 3B 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.

4.2. 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 ve tabla sıcaklığı da aynı derecede önem kazanmaktadır. Katman kalınlığının inceltilmesi durumunda yazdırma hızı düşürülmeli ve iyi bir tutuşun sağlanıp, üretilen modelin tablaya iyi yapışması için tabla sıcaklığının kullanılan malzeme için optimum düzeye getirilmelidir.

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

Bugün 3D yazıcının dünya üzerindeki kullanım oranına baktığımızda %38 ABD, %12 Japonya, %8 Almanya olduğu görülecektir. Türkiye ise bu pastadan sadece %1.2 lik bir pay alabilmiştir. Bu durum gerçektende kat etmemiz gereken yolun büyüklüğünü göstermektedir. Bize düşen ise doğru stratejilerle var olan bu teknolojiyi en iyi biçimde kullanmak, geliştirmek ve yaygınlaşmasını sağlamaktır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “Kendini Kopyalayan Üç Boyutlu Yazıcı”, <http://www.3byazici.com/2012/10/reprap-kendini-kopyalayan-3d-yazici-1.html> (2014).
2. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “3D Printers and Components”, <http://3d.grabercars.com/?p=125> (2014).
3. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “3D Printers”, <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-original> (2014).
4. Roberson, D. A., Espalin, D. and Wicker, R. B., “3D printer selection: A decision-making evaluation and ranking model”, *Virtual and Physical Prototyping*, 8 (3): 201-212 (2013).
5. Dr. Yavuz Kerem Dirbaş ve Bora Arlı ,**Uygulamalarla 3 Boyutlu Yazıcı Yapımı ve Kullanımı**, Abaküs Yayınevi, 2003, İstanbul.
6. İnternet: Üç Boyutlu Metal Yazıcılar, “3D Printing Industry”, <http://3dprintingindustry.com/2014/02/21/free-form-metal-3d-printer-3doodler-steroids/> (2014).
7. Billiet, T., Vandenhaute, M., Schelfhout, J., Vlierberghe, S. V. and Dubruel, P., “A review of trends and limitations in hydrogel-rapid prototyping for tissue engineering”, *Biomaterials*, 33 (1): 6020-6041(2012).
8. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “Metal 3D Printer?”, <http://www.3byazicial.com/2014/09/ack-kaynak-metal-3d-printer.html> (2014).
9. Kroll, E. and Artzi, D., “Enhancing aerospace engineering students learning with 3D printing wind-tunnel models”, *Rapid Prototyping Journal*, 17 (5): 393 – 402 (2011).
10. Turner, B. N., Strong, R. and Gold, S. A. ,“A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. process design and modeling”, *Rapid Prototyping Journal*, 20 (3): 192-204 (2014).
11. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcı Malzemeleri, “3D Filament”, <http://www.makeergeeks.com/pla3dfilament.html> (2014).

11. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcı Malzemeleri, “3D Filament”, <http://www.esun3d.net/product.aspx?TypeId=2> (2014).
12. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcı Malzemeleri, “3D Filament”, <http://www.formfutura.com/175mm-filaments/> (2014).
13. İnternet: Türk Tasarımı Üç Boyutlu Yazıcı Yapımı “ABBAS”, <http://www.priyoid.com/haberler/turk-tasarimina-sahip-3d-yazici-abbasin-yapimi/>
14. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcı Malzemeleri, “3D Filament”, http://marwiol.pl/en_GB/index (2014)
15. Prince, D., “3D printing: an industrial revolution”, *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11 (1): 39-45 (2014).
16. Gibson İ. ve Rosen D. ve Stucker B. , 2010, Additive Manufacturing Technolies; Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Amerika: Springer
17. Taylan F. ve Salman Ö. ve Kayacan C. , Seçici Laser Ergitme Yöntemi İle Üretilmiş DIN 1.4404 Malzemenin EDM ile İşlenebilirliği
18. İnternet Kaynağ, Adres: <http://3dmast.com.tr/3d-yazici-teknolojiler/>, Katmanlı İmalat Teknolojileri, Erişim Tarihi: 20.05.2016
19. Sofu M. ve Delikanlı K. , Hızlı Direkt İmalat Yöntemleri ve Uygulamaları 3D systems company 26081avenue hall valencia, CA 91355 USA Adres: www.3dsystems.com
20. Vaezi M. ve Seitz H. Ve Yang S. , A review on 3D micro-additive manufacturing technologies
21. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcı Forumu, <http://3dyazicidestek.com/> (2016).
22. İnternet: ABBAS Üç Boyutlu Yazıcı Tasarım ve Üretim, <http://abbas3b.blogspot.com.tr/> (2016)
23. DERYA ÇELİK, “ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIM, PROTOTİPİ VE TERSİNE MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI”, YÜKSEK LİSANS TEZİ, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük.

ÖZGEÇMİŞ

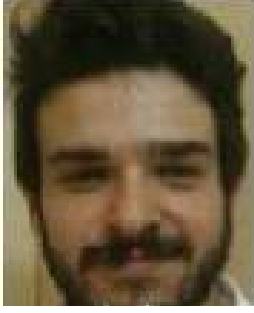


Akif Sercan HACIOĞLU 1992'da Çanakkale'de doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Yenişehir Ertuğrul Gazi Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres: İpekçilik Caddesi No. 55, D: 4
Yıldırım / BURSA

E-posta: a.sercanhacioglu@gmail.com



Fatih ERASLAN 1991'de Samsun'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Ladik Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres: Tiryakioğlu Caddesi No. 4
Ladik / SAMSUN

E-posta: f.eraslann@gmail.com



Yunus ŞİMŞEK 1993'de İstanbul' doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Kurtköy Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2011 yılında Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

İletişim Bilgileri

Adres: Sanayi Cad No. 23, D: 8
Pendik / İSTANBUL

E-posta: yunussimsek93@gmail.com