

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİ BİR ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI VE İMALATI

Ufuk GÜNBAL

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

Prof. Dr. Murat KISA danışmanlığında, Ufuk GÜNBAL'ın hazırladığı “**Yeni Bir Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı**” konulu bu çalışma ..08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Murat KISA

Üye :

Üye :

Bu Tezin Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doc. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 17096

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Önemi ve Amacı	1
1.2. Tezin Kapsamı	1
1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler	1
1.4. İmalat usülleri	2
1.4.1. Klasik imal usulleri	2
1.4.1.1. Talaşlı imalat usulleri	2
1.4.1.1.1. Tornalama	2
1.4.1.1.2. Frezeleme	3
1.4.1.1.3. Planyalama, delme, broşlama, taşlama	4
1.4.1.2. Talaşsız imalat usulleri	5
1.4.1.2.1. Döküm	5
1.4.1.2.2. Kaynak	6
1.4.1.2.3. Plastik şekil verme, presleme, perçinleme	6
1.4.2. Modern imalat yöntemleri	7
1.4.2.1. Çok eksenli CNC makineler	7
1.5. 3b yazıcıların imal usülleri	7
1.5.1. FDM	8
1.5.2. POLYJET	9
1.5.3. SLA ve DLP	11
1.5.4. SLS	14
1.5.5. SLM	16
1.5.6. EBM	18
1.5.7. BİNDER JETTING	19
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	21
2.1. Piyasada En Yaygın FDM Tipi Üç Boyutlu Yazıcılar	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. Elektronik parçalar	25
3.1.1.1. Ramps 1.4	25
3.1.1.2. Arduino mega 2560	26
3.1.1.3. A4988 step motor sürücüsü	27
3.1.1.4. Limit sensörleri	28
3.1.1.5. Isıtıcı tabla	29
3.1.1.6. Nema 17 step motor	29
3.1.1.7. Lcd ekran	30
3.1.1.8. Isıtıcı fişek	32
3.1.1.9. Termosensörler	32
3.1.1.10. Güç ünitesi	33
3.1.1.11. Bağlantı kabloları soketleri	34
3.1.2. Mekanik parçalar	34
3.1.2.1. 20x20 sigma profiller	34
3.1.2.2. 8mm ve 10 mm miller	35

3.1.2.3. Ekstruder dişli seti	36
3.1.2.4. 8mm ve 10 mm traplezler	37
3.1.2.5. Köşebentler	38
3.1.2.6. Isıtıcı başlık blok	38
3.1.2.7. Barel	39
3.1.2.8. Teflon boru	39
3.1.2.9. SC8UU ve SC10UU	40
3.1.2.10. Vidalar ,somunlar	40
3.1.2.11. Noozle uçlar	40
3.1.2.12. 8 mm traplezler için somun	41
3.1.2.13. 10 mm traplezler için somun	41
3.1.2.14. Kaplin 8x5 ve kaplin 5x10	42
3.1.3. Yazılımlar	42
3.1.3.1. Kontrol kartına yüklenen programlar	42
3.1.3.1.1. Marlin	42
3.1.3.1.2. Repetier	43
3.1.3.2. Bilgisayarda kullanılan dilimleme programları	43
3.1.3.2.1. Cura	43
3.1.3.2.2. Simplyfile	43
3.1.3.2.3. Repirienter	44
3.2. Yöntem	44
3.2.1. Tasarım 3 boyutlu çizimi	44
3.2.2. Üç boyutlu yazıcının montaj aşamaları	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	63
4.1. Deneyler	63
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	69
5.1. Sonuçlar	69
5.2. Öneriler	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Yeni Bir Üç boyutlu Yazıcı Tasarımı ve İmalatı

Ufuk GÜNBAL

**Harran Üniversitesi
Fen bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Murat KISA
YIL: 2019, Sayfa: 75**

Günümüzün en dikkat çeken çalışma alanlarından biri olan 3 boyutlu yazıcı teknolojisi günden güne ilgi doğrultusunda gelişmektedir. Bu çalışmada piyasadaki giriş seviyesi yazıcılar ile maliyet olarak yakın ancak baskı hacmi olarak ise onlardan daha geniş bir yüzey alanına baskı yapabilen yeni bir üç boyutlu yazıcı tasarımı ve imali hedeflenmiştir. Yapılan tasarımlar sonucu bu amaç doğrultusunda uygun olan bir üç boyutlu yazıcı tasarımında karar kılınmış ve bu üç boyutlu yazıcının imali yapılmıştır. Yazıcı için uygun parçalar seçilerek gerekli yazılımla birlikte imalat işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamaya döküldüğünde bazı öngörülemeyen problemler ortaya çıkmış bu problemlerin çözülmesi sonucunda test numune baskıları alınarak çekme deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları cihazın sağlıklı bir şekilde çalıştığını göstermiştir. Bu çalışma kapsamında tasarımı ve üretimi yapılan 3 boyutlu yazıcı ile yerli yazıcı üretimine olan ilginin artırılması hedeflenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: 3 boyutlu yazıcı, kartezyen tipi, eklemeli yazıcı, imalat, plastik,

ABSTRACT

MSc Thesis

New 3D Printer Desing and Manufacturing

Ufuk GÜNBAL

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Murat KISA
Year: 2019, Page: 75**

3-D printer technology, one of the most remarkable work areas of today, develops day by day. In this study, it is aimed to design and manufacture a 3D printer that can print on a wider surface area as a cost-effective volume of print with the entry-level printers on the market. The result of the design of a three-dimensional printer that is suitable for this purpose was decided and the 3D printer was manufactured. Some unforeseeable problems have emerged when they are put into practice, and as a result of their elimination of these problems, tess specimens were printed and then they have been put into a tensile test by taking test pressures. The results of the experiment showed that the device functioned in a healthy way. With the design and production of 3D printer, within the scope of this study, it is aimed to increase the interest in the domestic printer production.

KEY WORDS: 3D printers, cartesian type, fdm printer, manufacturing, plastic

TEŐEKKÖR

Beni büyütüp bu yaşıma getiren annem Nurcan, babam İrfan GÖNBAL'a, yetişmemde emeği geçen nice eğitimci hocalarıma ve en önemlisi tezin konusunun seçiminde, uygulamasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Prof. Dr. Murat KISA'ya, şükran ve minnetlerimi sunar, teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Torna tezgahının çalışması.....	3
Şekil 1.2 Yatay ve dikey freze tezgahları.....	4
Şekil 1.3 Broşlama.....	4
Şekil 1.4 Kum kalıba döküm işlemi.....	5
Şekil 1.5. Kaynak yapan işçi.....	6
Şekil 1.6. Soğuk şekil verme.....	6
Şekil 1.7. 5 eksenli bir CNC.....	7
Şekil 1.8. FDM prensibi ile çalışan yazıcıların çalışma şekli.....	8
Şekil 1.9. FDM prensibi ile çalışan iki ağızlı yazıcıların çalışma şekli.....	9
Şekil 1.10. FDM tipi yazıcıyla basılmış süpürge prototipi.....	9
Şekil 1.11. Polyjet yazıcıların yazdırma kafasının çalışma prensibi i.....	9
Şekil 1.12. Polyjet prensibi ile baskı yapan yazıcıdan alınmış spor ayakkabı baskısı.....	10
Şekil 1.13. Polyjet yazıcıların yazdırma kafasının çalışma prensibi ii.....	11
Şekil 1.14. Polyjet yazıcıdan alınmış bisiklet kaskı baskısı.....	11
Şekil 1.15. SLA prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli.....	11
Şekil 1.16. DLP prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i.....	12
Şekil 1.17. SLA yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış yüzük çizimi.....	12
Şekil 1.18. SLA yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış diş kalıbı çizimi.....	12
Şekil 1.19. SLA ve DLP prensibi ile çalışan yazıcıdan basılmış insan büstü.....	13
Şekil 1.20. DLP yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış makina parçaları.....	13
Şekil 1.21. DLP prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii.....	14
Şekil 1.22. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i.....	14
Şekil 1.23. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcının baskı anı.....	15
Şekil 1.24. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii.....	15
Şekil 1.25. SLS yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış makina parçaları çizimi.....	15
Şekil 1.26. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcıdan alınmış test baskısı.....	16
Şekil 1.27. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıdan alınan baskı.....	16
Şekil 1.28. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i.....	16
Şekil 1.29. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii.....	17
Şekil 1.30. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli iii.....	17
Şekil 1.31. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcı ile basılmış ejderha tasarımı.....	17
Şekil 1.32. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcı ile basılmış jet motorparçası.....	18
Şekil 1.33. EBM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i.....	18
Şekil 1.34. EBM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii.....	19
Şekil 1.35. Binder Jetting prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli.....	19
Şekil 1.36. Binder Jetting yazıcıdan alınmış baskı örneği.....	20
Şekil 1.37. Binder Jetting yazıcıdan alınmış insan büstü.....	20
Şekil 2. 1. Moda tasarımında üç boyutlu yazıcı kullanımı.....	21
Şekil 2. 2. Zortax markasının FDM türü baskı yapan üç boyutlu yazıcısı.....	22
Şekil 2. 3. Ultimaker markasının FDM türü baskı yapan 3 boyutlu yazıcı ailesi.....	23
Şekil 2. 4. Prusa markasının i3 model FDM türü baskı yapan 3 boyutlu yazıcısı.....	23
Şekil 3. 1. RAMPS 1.4 devre kartı ön ve arka yüzeyi.....	25
Şekil 3. 2. RAMPS 1.4 devre kartı elektronik şeması.....	26
Şekil 3. 3. Arduino MEGA 2560 kontrol kartı.....	27
Şekil 3. 4. A4988 step motor sürücüsü pin çıkışları.....	27
Şekil 3. 5. A4988 step motor sürücüsü.....	27
Şekil 3. 6. limit switch kablosuyla.....	28
Şekil 3. 7. limit switch.....	28
Şekil 3. 8. Isıtıcı tabla “MK2B Dual Power”.....	29
Şekil 3. 9. Nema 17 motorunun standart ölçüleri.....	30
Şekil 3. 10. Nema 17 motoru.....	30
Şekil 3. 11. Akıllı ekran dönüştürücüsünün rams 1.4 ‘e bağlanan pinleri.....	31
Şekil 3. 12. Akıllı ekran dönüştürücüsünün akıllı ekrana bağlanan pinleri.....	31
Şekil 3. 13. Akıllı ekran seti.....	31
Şekil 3. 14. Akıllı ekranın arka kısmı.....	31

Şekil 3. 15. 12 volt ısıtıcı fişek.	32
Şekil 3. 16. Termosensör.	33
Şekil 3. 17. 12 volt 40 amper güç kaynağı.	33
Şekil 3. 18. Ramps 1.4 güç giriş bağlantısı.	34
Şekil 3. 19. Nema 17 motor ramps bağlantı kablosu.	34
Şekil 3. 20. 20x20 ebatlarında sigma profilin kesiti.	35
Şekil 3. 21. 20x20 sigma profil.	35
Şekil 3. 22. 8 mm indiksiyonlu mil.	35
Şekil 3. 23. 10 mm indiksiyonlu mil.	35
Şekil 3. 24. Filament itici set.	36
Şekil 3. 25. FDM tipi yazıcıların filament itme ve eritme yöntemi.	37
Şekil 3. 26. 8 mm traplez mil.	37
Şekil 3. 27. 10 mm traplez mil.	37
Şekil 3. 28. Köşebent.	38
Şekil 3. 29. Isıtıcı başlık blok.	39
Şekil 3. 30. Teflon boru.	39
Şekil 3. 31. SC8UU ve SC10UU.	40
Şekil 3. 32. Somun ve civatalar.	40
Şekil 3. 33. 0.8 mm çapında pirinç nozzle uç.	40
Şekil 3. 34. Farklı çaplarda pirinç nozzle uçlar.	41
Şekil 3. 35. 8mm traplez somun vidalar.	41
Şekil 3. 36. 10mm traplez somun vidalar.	41
Şekil 3. 37. 5x8 kaplin.	42
Şekil 3. 38. 5x10 mm kaplinler.	42
Şekil 3. 39. Cura uygulamasının arayüzünden bir görünüm.	43
Şekil 3. 40. Simplyfile uygulamasının arayüzünden bir görünüm.	43
Şekil 3. 41. Repirienter uygulamasının arayüzünden bir görünüm.	44
Şekil 3. 42. Tasarımın üç boyutlu görünümü i.	44
Şekil 3. 43. Tasarımın üç boyutlu görünümü ii.	45
Şekil 3. 44. Tasarımın üç boyutlu görünümü iii.	45
Şekil 3. 45. Tasarımın üç boyutlu görünümü iv.	46
Şekil 3. 46. Tasarımın üç boyutlu görünümü v.	46
Şekil 3. 47. Tasarımın üç boyutlu görünümü vi.	47
Şekil 3. 48. Üç boyutlu yazıcı şase sigma profilleri i.	47
Şekil 3. 49. Üç boyutlu yazıcı şase sigma profilleri ii.	48
Şekil 3. 50. Üç boyutlu yazıcı şase sigma profilleri iii.	48
Şekil 3. 51. Üç boyutlu yazıcı şase montaj i.	49
Şekil 3. 52. Üç boyutlu yazıcı şase montaj ii.	49
Şekil 3. 53. Üç boyutlu yazıcıda plastik baskı alınmış köşe bağlantıları i.	50
Şekil 3. 54. Üç boyutlu yazıcıda plastik baskı alınmış T köşe bağlantısı.	50
Şekil 3. 55. Üç boyutlu yazıcıda plastik baskı alınmış köşe bağlantıları ii.	51
Şekil 3. 56. X eksen yan raylar.	51
Şekil 3. 57. X eksen modülü.	52
Şekil 3. 58. Limit switchler.	53
Şekil 3. 59. Limit switchler ii.	53
Şekil 3. 60. Limit switchler iii.	53
Şekil 3. 61. Y eksen modülü i.	54
Şekil 3. 62. Y eksen modülü ii.	55
Şekil 3. 63. Z eksen modülü i.	56
Şekil 3. 64. Z eksen modülü ii.	57
Şekil 3. 65. Z eksen modülü iii.	57
Şekil 3. 66. Filament itici sistem.	58
Şekil 3. 67. Baskı ağız.	58
Şekil 3. 68. Z eksen baskı sırasında.	59
Şekil 3. 69. Filament itici sistem.	59
Şekil 3. 70. Isıtıcının tabla üzerindeki camının sabitletmesi.	60
Şekil 3. 71. Üç boyutlu yazıcının kontrol ekranı, güç ünitesi ve yazıcının genel görünümü.	61
Şekil 3. 72. Üç boyutlu yazıcının kontrol ekranı ve güç ünitesi.	61
Şekil 3. 73. Üç boyutlu yazıcının kontrol ekranı.	61
Şekil 3. 74. Ramps 1.4 pinlerin bağlanmış hali.	62

Şekil 4. 1. Çekme numunesinin iki boyutlu çizimi.	63
Şekil 4. 2. Çekme numunelerinin baskı alınması i.	63
Şekil 4. 3. Çekme numunelerinin baskı alınması ii.	64
Şekil 4. 4. Çekme numunelerinin baskı alınması iii.	64
Şekil 4. 5. Çekme testinden önce numunelerin görünümü i.	64
Şekil 4. 6. Çekme testinden önce numunelerin görünümü ii.	65
Şekil 4. 7. Çekme testinden önce numunelerin görünümü iii.	65
Şekil 4. 8. Shimadzu universal çekme cihazı.	65
Şekil 4. 9. Çekme testinden sonra numunelerin görünümü i.	66
Şekil 4. 10. Çekme testinden sonra numunelerin görünümü ii.	66
Şekil 4. 11. Çekme testiningrafiği.	67
Şekil 5.1. 10 mm traplez mil.	69
Şekil 5.2. 8 mm traplez mil.	70
Şekil 5.3. DRV8825 takılı ramps 1.4 kartı.	70
Şekil 5.4. Ara sigma profil destekleri.	71



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3. 1. A4988 için pin kombinasyonu.....	26
Çizelge 4. 1. Numunelerin çekme testi sonuçları.....	67
Çizelge 4. 2. Çekme testinin grafiği.....	68



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

N	Newton
ABS	Acrylonitrile butadiene styrene
PLA	Polylactic acid
PET	Polyethylene terephthalate
HIPS	High Impact Polystyrene Nylon
PCABS	Polycarbonate/Acrylonitrile Butadiene Styrene
FDM	Fused filament fabrication



1. GİRİŞ

1.1. Tezin Önemi ve Amacı

Üretim; insanlığın ferahı ve yaşamın daha rahat devam edebilmesi adına hayatın vazgeçilmezi haline gelmiştir. Günümüzde ilerleyen teknolojinin yansımaları üretim metotlarına da yansımıştır. Günden güne makineler gelişmiş çok farklı imalat yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerden biriside üç boyutlu yazıcı teknolojisidir. Kısaca üst üste yığma yöntemi ile imal etmemize olanak veren bu yöntem hayatımızın birçok noktasına dokunmaya başladı ve devam etmektedir.

1.2. Tezin Kapsamı

Yapılan bu tez çalışmasında maliyetini uygun tutarak baskı hacmi standartlara göre daha büyük bir üç boyutlu yazıcı tasarımının yapıp çalışır bir prototipinin üretilmesi üzerinedir. Üretilmesi planlanan bu üç boyutlu yazıcının baskı alanının kullanım önceliği geniş bir yüzey alanına sahip olması olarak tasarlanmıştır. Bu yönüyle yapılan çalışma yenilik taşımaktadır.

1.3. Tezin Katkısı ve Getireceği Yenilikler

Tez kapsamında imal edilmesi planlanan üç boyutlu yazıcı, piyasada bol miktarda bulunan ve uygun fiyatlı parçalardan tasarlanmıştır. Çalışmanın bu şekilde çok basit ve piyasada rahat bulunabilecek parçalardan tasarlanması hem maliyeti düşürmüş hem de cihazın basit bir yapıya sahip olarak daha az bilgiye sahip kullanıcılar tarafından imal edilebilirliğini arttırmıştır.

1.4. İmalat usülleri

İmalat (Manufacturing), Latince el (manus) ve yapım (factus) kelimelerinden türetilmiştir. Daha sonra el yapımı anlamında birleştirilmiş ve “manufactus” kelimesi doğmuştur (Kalpakjian, 1995)

Literatürlerde imalat kelimesinin tanımı başlıca şu şekillerde yer almaktadır;

*Malzemelerin cisme dönüşümü (DeGarmo et al., 1988)

*Büyük ölçekli operasyonlar vasıtası ile özellikle makinalar kullanılarak hammaddelerden ürün yapımı (Collins English Dictionary, 1998),

*Satış ile gelir üreten, maliyetlerin en küçüklendiği, ayrıntılı teknik çizimlere uygun olarak değişik süreçler, ekipmanları (cihazları), operasyonları ve işgücünü kullanarak hammaddeden ürün yapmak (Modern tanım).

Tanımlar göz önünde bulundurulduğunda,” İmalat, bir ürüne değer katan süreçtir.” denilebilir. İmalat sistemi de genel olarak, kar sağlamak amacıyla bir ürüne değer katmak için hammaddenin içinde bulunduğu şekilden başka bir şekle sokulduğu sistem olarak tanımlanabilir. Bir imalat sisteminde girdiler; malzeme, bilgi, enerji, işgücü sermaye, teknik çizimler ve çıktılar ise; ürün ve kar gibi ölçülmesi zor olan değerleri de kapsar.

1.4.1. Klasik imal usulleri

1.4.1.1. Talaşlı imalat usulleri

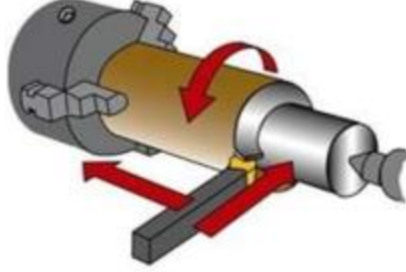
1.4.1.1.1. Tornalama

Tornalama iki hareketin birleşimidir. Şekil 1.1.’de gösterilmiştir. İş parçasının dönmesi ve takımın ilerleme hareketi. Takımın ilerleme hareketi iş parçasının eksenine boyunca olabilir, bu da parçanın çapının daha küçük bir ölçüye getirileceği anlamına gelir.

Çok Kullanılan Üç Tornalama İşlemi;

* Boyuna tornalama

- * Alın tornalama
- * Profil işleme

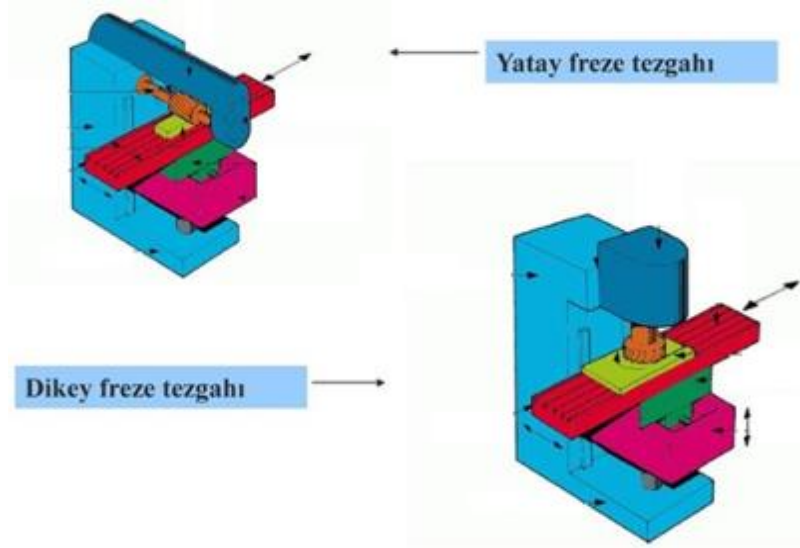


Şekil 1.1. Torna tezgahının çalışması (URL-1, 2019).

Dairesel hareket yapan bir iş parçası üzerinden talaş kaldırarak, parçaya silindirik veya dönel bir şekil verme olarak da tarif edilebilir. İş parçası dönmek suretiyle ana hareketi oluşturur. Paso ve ilerleme hareketini ise kesici takım gerçekleştirir. Aşağıda çeşitli tornalama işlemleri vardır.

1.4.1.1.2. Frezeleme

Frezeleme, kesme hareketi takımın kendi etrafında dönmesi ve parçanın ilerleme hareketi yapması ile gerçekleşen bir işlemdir. Şekil 1.2.'de gösterilmiştir. Frezeleme, takım çevresindeki dişler yardımıyla gerçekleşir. Frezeler işleme yöntemi bakımından çevresel ve alın olmak üzere ikiye ayrılır. Çevresel frezelemede talaş, takımın çevresinde bulunan dişlerin, alın frezelemede ise takımın alın yüzeyindeki dişler tarafından kaldırılır. Frezeler takımın bağlandığı mile göre adlandırılır. Milin konumu yatay olan frezeler; yatay freze, dikey olana; dikey freze denir. Ayrıca hem yatay, hem de dikey çalışan frezelere Universal tezgah adı verilir.



Şekil 1.2. Yatay ve dikey freze tezgahları (URL-2, 2019).

Freze takımları hız çeliğinden yapılmış yekpare ve sert metalden yapılan uçlu olabilirler. Yekpare takımlar değiştirilemezken, uçlu frezeler değiştirilebilir. Frezelerdeki önemli bir konuda diş sayısıdır. Diş sayısı malzemeye göre seçilir. Yumuşak malzemelerde büyük talaş kaldırılır ve diş sayısının az dişler arası boşluğun fazla olması gerekir. Sert malzemelerde ise diş sayısı fazla ve dişler arası boşluğun az olması gerekir.

1.4.1.1.3. Planyalama, delme, broşlama, taşlama



Şekil 1.3 Broşlama.

1.4.1.2. Talaşsız imalat usulleri

1.4.1.2.1. Döküm

Sıvı hammaddenin bir kalıba dökülmesiyle istenen biçimde nesneler elde etme işidir.

Kalıp ya içinde dökülecek parça biçiminde boşluk kalmak üzere işlenmiş bir katıdan (metal) ya da içinde böyle bir boşluk oluşturulabilecek bir gereçten (kum, alçı) yapılır. Şekil 1.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.4 Kum kalıba döküm işlemi.

Bu tür gereçlerin içinde, dökülecek parçanın modeli (ağaç, mum) ile gerekli boşluk oluşturulur ve hammadde (çeşitli alaşımlar, fiberglas, plastik, çelik vb.) kalıpta açılan deliklerden bu boşluğa akıtılarak döküm yapılır. Kimi dökümlerde model ya da kalıp ancak bir kez kullanılabilir ve döküm sonucunda bozulur. Özellikle boru yapımında ve kuyumculuk gibi hassas işlerde kullanılan santrifüj döküm tekniğinde, hammadde, hızla dönmekte olan bir kalıba dökülür. Çubuk ve levha üretiminde kullanılan sürekli döküm tekniğinde, hammadde suyla soğutulan açık uçlu kalıplara dökülür.

Kalıbın her döküm sonunda bozulduğu tekniklerden en önemlisi kum dökümdür. Bu teknikte, hammadde, iki kum kalıp arasında modelin oluşturduğu boşluğa akıtılarak katılaşması beklenir. Daha sonra üst kalıp kaldırılarak, dökülmüş parça kumdan çıkarılır. Bu teknik ucuz ve kolaydır. Ancak dökülen parçaları kesin

ölçüye getirmek için işlemek gerekir. Oysa metal kalıplara daha hassas ve daha pürüzsüz döküm yapılabilir. Plastik hammadde ise çoğunlukla metal kalıplara bir memeden püskürtülerek (enjeksiyon döküm) yapılır.

1.4.1.2.2. Kaynak

Kaynak, malzemeleri birbiri ile birleştirmek için kullanılan bir imalat yöntemidir, genellikle metal veya termoplastik malzemeler üzerinde kullanılır. Şekil 1.5.'de gösterilmiştir. Bu yöntemde genellikle çalışma parçalarının kaynak yapılacak kısmı eritilir ve bu kısma dolgu malzemesi eklenir, daha sonra ek yeri soğutularak sertleşmesi sağlanır, bazı hallerde ısı ile birleştirme işlemi basınç altında yapılır.



Şekil 1.5. Kaynak yapan işçi.

1.4.1.2.3. Plastik şekil verme, presleme, perçinleme



Şekil 1.6. Soğuk şekil verme.

1.4.2. Modern imalat yöntemleri

1.4.2.1. Çok eksenli CNC makinalar

Nümerik kontrol fikri II. Dünya savaşının sonlarında A. B. D. hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan kompleks uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgahları ile üretilmesi mümkün değildi. Bunun gerçekleştirilmesi için PARSONS CORPORATION ve MIT (Massachusetts Institute of Technology) ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak bir CINCINNATI-HYDROTEL freze tezgahını Nümerik Kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgahı imalatçısı Nümerik Kontrollü tezgah imalatına başladı.

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de (Computer Numerical Control) temel düşünce takım tezgahlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgah kontrol ünitesinin (MCU) parça programını kontrol edebilen sistemdir. Şekil 1.7.'de gösterilmiştir.



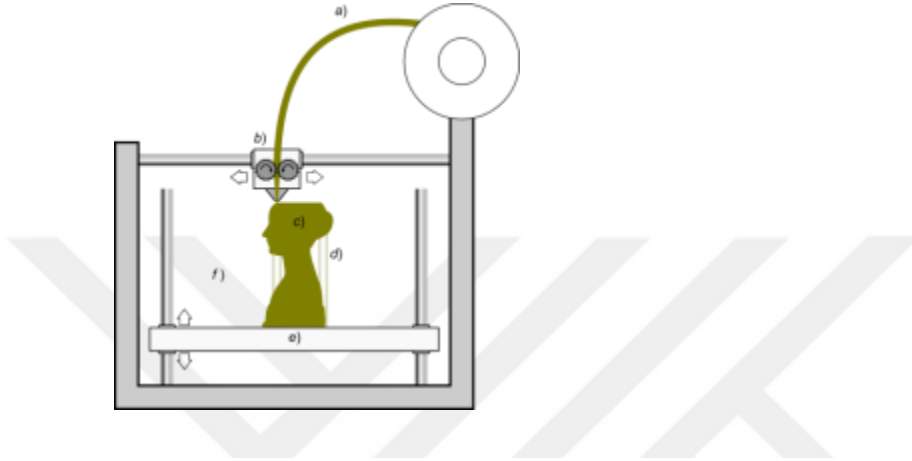
Şekil 1.7. 5 eksenli bir CNC.

1.5. 3b yazıcıların imal usulleri

3 boyutlu yazıcılar, hammaddelerin üst üste tabakalanmasıyla 3B nesne oluşturma teknolojisidir. Bu kullanılan hammaddeler çok çeşitli türlerde olabilir sıvı, plastik, filament (bir çeşit organik bileşik) gibi... Ayrıca 3 boyutlu yazıcıların

çalışması için yazılıma ihtiyaç vardır. Baskı alınacak olan nesneler bilgisayar destekli tasarım programlarıyla oluşturuluyor. 3 boyutlu yazıcılar kullanılan hammadde, eksen sayısı, yazıcı şase yapısı ve hammadde eriticisi gibi birçok faktörlerden dolayı ortaya farklı 3boyutlu yazıcı tipleri ortaya çıkmıştır.

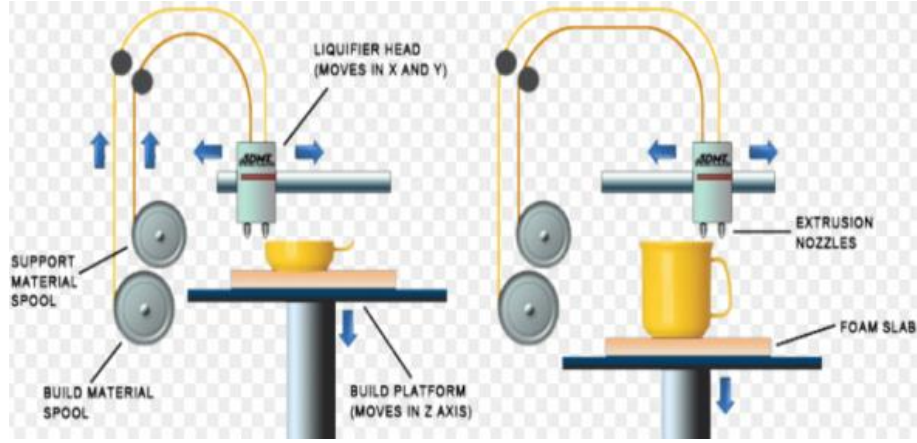
1.5.1. FDM



Şekil 1.8. FDM prensibi ile çalışan yazıcıların çalışma şekli (URL-3, 2019).

FDM (Fused Deposition Modeling) yani “eriyik katı yığma” teknolojisi en çok yaygın olarak kullanılan 3 boyutlu yazıcı teknolojisidir. FDM 3boyutlu yazıcılarında kullanılan malzeme, filament adı verilen, rulo olarak sarılmış sert bir termoplastiktir. Filament 0.1 mm, 0.4 mm, 1 mm veya daha fazla boyutlara kadar kalınlıklara kadar üretilmiş farklı ölçülerdeki sıcak bir nozzle uçtan geçerek inceltir ve bu ince plastik ile katmanlar oluşturulur. Şekil 1.8.’de gösterilmiştir. Daha sonra ise bu katmanlar eksenel hareketler yardımıyla belirli bir düzene göre üst üste ve yan yana dizilerek tasarlanan materyal imal edilir. Şekil 1.9.’da gösterilmiştir.

Termoplastik filament olarak birçok malzeme olanağı sağlayan FDM 3B yazıcıları ile ABS, PLA, PET, HIPS, Nylon, PCABS, ULTRAT, Karbon Fiber gibi birçok malzeme ile üretim yapılabilir. Şekil 1.10.’da gösterilmiştir.

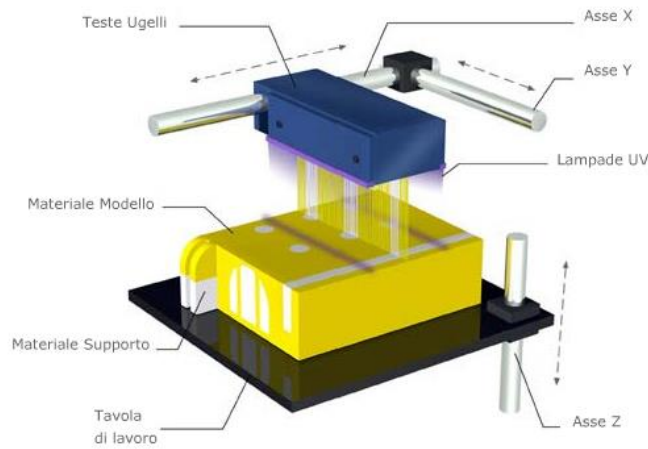


Şekil 1.9. FDM prensibi ile çalışan iki ağızlı yazıcıların çalışma şekli (URL-4, 2018).



Şekil 1.10. FDM tipi yazıcıyla basılmış süpürge prototipi (URL-4, 2018).

1.5.2. POLYJET



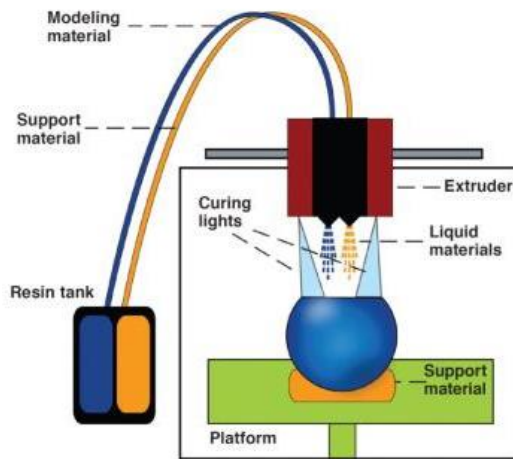
Şekil 1.11. Polyjet yazıcıların yazdırma kafasının çalışma prensibi i (URL-4, 2018).

Polyjet ve Multijet teknolojileri kağıt printerlardaki inkjet teknolojisine benzer bir şekilde malzeme püskürterek çalışmaktadır. Bu 3B yazıcılar, Ultra-Violet (UV) ışığı ile kürlenlen fotopolimer malzemeyi çok küçük damlalar şeklinde püskürtmektedir ve anında UV ile sertleşerek katmanları oluşturmaktadır. Şekil 1.11.'de gösterilmiştir. Bazı Multijet 3B yazıcılarda ise renkli malzemeler de kullanmak mümkündür. Multijet 3B yazıcıları ile SLA teknolojisinde olduğu gibi hassas ve pürüzsüz yüzey elde edilir ve birkaç renkte baskı yapmak mümkündür. Şekil 1.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Polyjet prensibi ile baskı yapan yazıcıdan alınmış spor ayakkabı baskısı (URL-4, 2018).

Polyjet ve Multijet teknolojilerinin patentleri tekil olarak birkaç firmada bulunduğu için hem cihaz maliyeti hem de kullanılan malzemeler diğer teknolojilerden çok daha maliyetlidir.



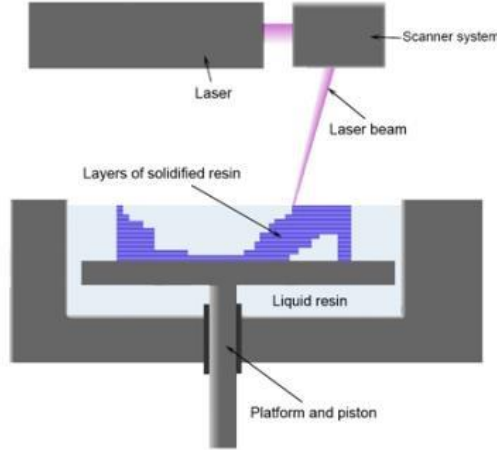
Şekil 1.13. Polyjet yazıcıların yazdırma kafasının çalışma prensibi ii (URL-4, 2018).



Şekil 1.14. Polyjet yazıcıdan alınmış bisiklet kaskı baskısı (URL-4, 2018).

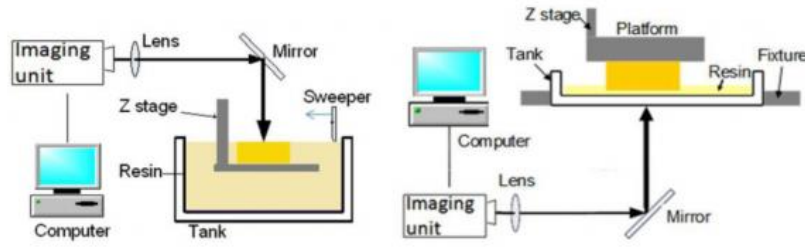
1.5.3. SLA ve DLP

SLA (Stereolithography) ve DLP (Digital Light Processing) teknolojileri Ultra-Violet (UV) ışığında kürlenerek ve sertleşen sıvı reçine kullanmaktadır. Şekil 1.5.'de gösterilmiştir. Buna göre, SLA ve DLP 3B yazıcıları sıvı reçineden katmanları oluşturarak çok hassas bir şekilde üretim yapabilmektedir.



Şekil 1.15. SLA prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli (URL-4, 2018).

SLA ve DLP 3B yazıcılarında üretim tablası genellikle ters mantıkla yukarıda bulunmaktadır ve üretim “yarasa” gibi ters yapılır. Reçine tankı ve tabla arasında bulunan ince boşluğa (25 mikron kalınlığında) gelen reçine UV ışığı ile kürlenerek katmanlar oluşturulur. Şekil 1.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.16. DLP prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i (URL-4, 2018).

SLA 3B yazıcılar çok ince lazer kullanılarak kütleme yaptıkları için baskı hassasiyeti ve yüzey kalitesi çok yüksektir. Bu hassasiyet kabiliyeti sayesinde SLA Teknolojisinin en çok döküm gerektiren parçalar, dental uygulamalar, kuyumculuk gibi yüksek hassasiyet ve pürüzsüz yüzey gerektiren prototip üretiminde tercih edilmektedir. Şekil 1.17.'de ve şekil 1.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.17. SLA yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış yüzük çizimi (URL-4, 2018).



Şekil 1.18. SLA yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış diş kalıbı çizimi (URL-4, 2018).

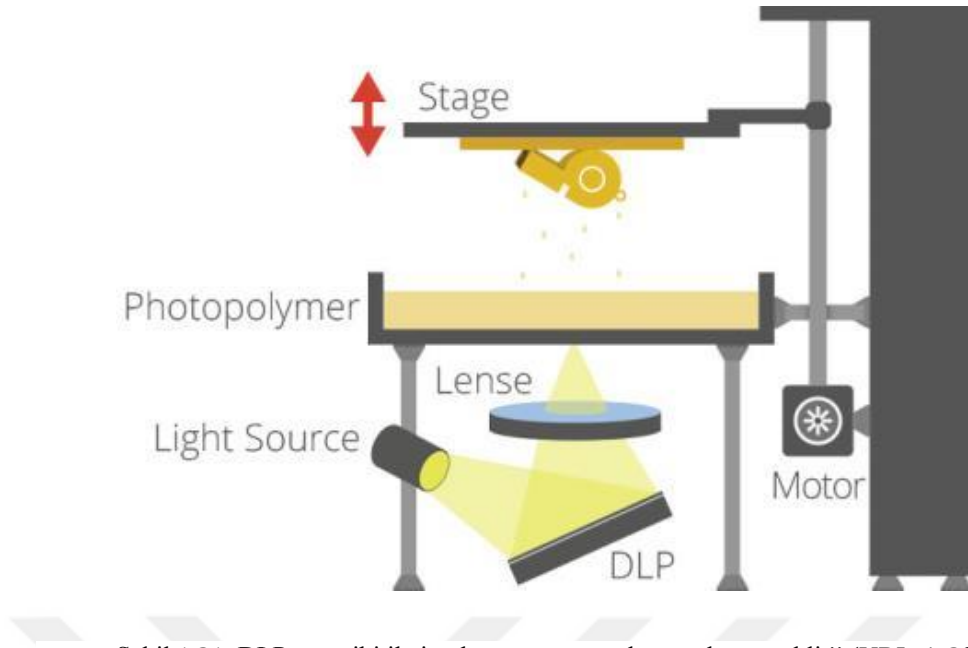
SLA ve DLP nin farkına geldiğimizde ise; SLA teknolojisinde FDM teknolojisi gibi baskı bir çizgi üzerinde ilerlemekte ve ilerlediği noktalardaki reçineyi sertleştirmektedir. DLP teknolojisinde ise baskı alınacak cismin dilimlenmiş olan her bir katmanı aynı anda sertleştirilerek nihai ürüne dönüştürülmektedir.



Şekil 1.19. SLA ve DLP prensibi ile çalışan yazıcıdan basılmış insan büstü (URL-4, 2018).



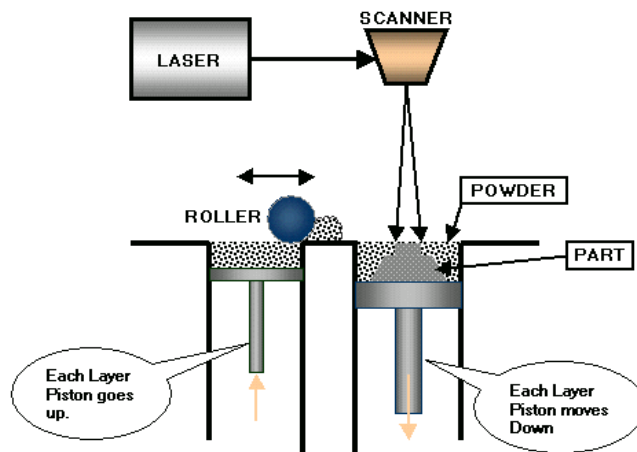
Şekil 1.20. DLP yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış makina parçaları (URL-4, 2018).



Şekil 1.21. DLP prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii (URL-4, 2018).

1.5.4. SLS

SLS (Selective Laser Sintering) yani “Seçici Lazer Sinterleme “ diye Türkçe’ye çevirebildiğimiz bu yöntem üç boyutlu katı nesneler oluşturmak için güç kaynağı olarak lazer kullanan bir tekniktir. Şekil 1.22.’de gösterilmiştir. Hammadde olarak toz malzeme kullanır. Bu kullanılan toz malzemelere bakacak olursak naylon, poliamid, alüminyum, çelik, gümüş, mateller, cam ve seramik vb. gibi birçok farklı maddenin toz halini kullanarak üç boyutlu baskı alınabilir.

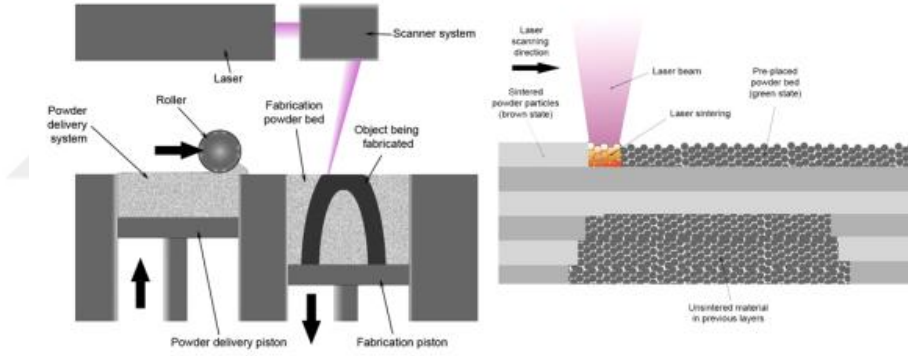


Şekil 1.22. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i (URL-4, 2018).



Şekil 1.23. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcının baskı anı.

Tozlu malzeme birleştirildiği için SLS ile üretilen parçaların yüzeylerinde toz halinde pürüzler oluşmaktadır. Daha çok endüstriyel uygulamalarda kullanılan SLS 3B yazıcıların destek kullanımına ihtiyaç duymadan baskı yapmaktadır. Şekil 1.23.'de gösterilmiştir.

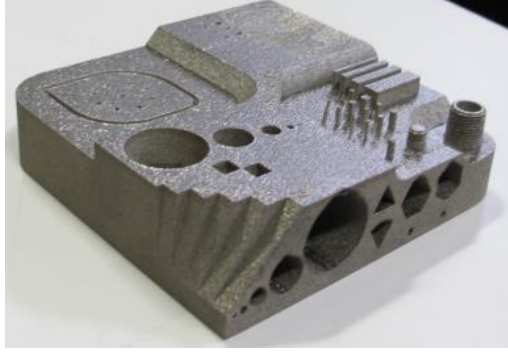


Şekil 1.24. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii (URL-4, 2018).

SLS teknolojisi, yüksek cihaz ve malzeme maliyetlerinden dolayı FDM veya SLA kadar yaygın kullanılmamaktadır.



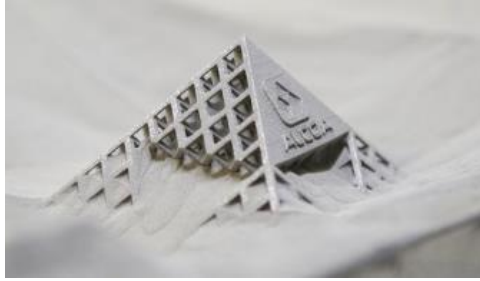
Şekil 1.25. SLS yöntemi ile üretim yapan yazıcıdan alınmış makina parçaları çizimi.



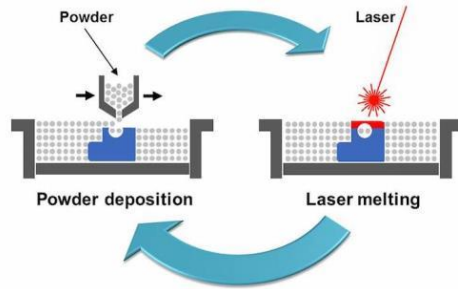
Şekil 1.26. SLS prensibi ile imalat yapan yazıcıdan alınmış test baskısı.

1.5.5. SLM

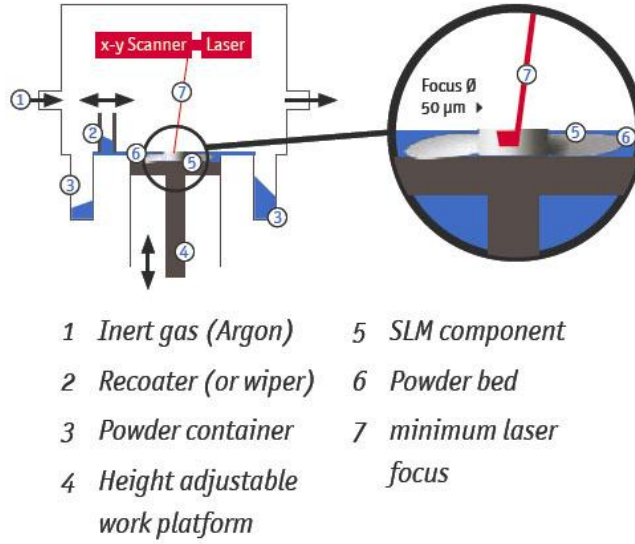
Bu tip yazıcı çeşidi farklı platformlarda da SLS'nin (seçici lazer sinterleme) bir alt çeşidi olduğu da geçmektedir. Bu tip yazıcılarda toz haldeki metaller kullanılır. Lazer, toz haldeki metalleri yazılım vasıtasıyla katman katman eritip, katılaştırarak baskı alabilmemizi sağlar. Şekil 1.28.'de gösterilmiştir. Kullanılan metal çeşitleri olarak paslanmaz çelik, titanyum, kobalt, krom ve alüminyum gibi metalleri baskı almak için kullanabiliriz.



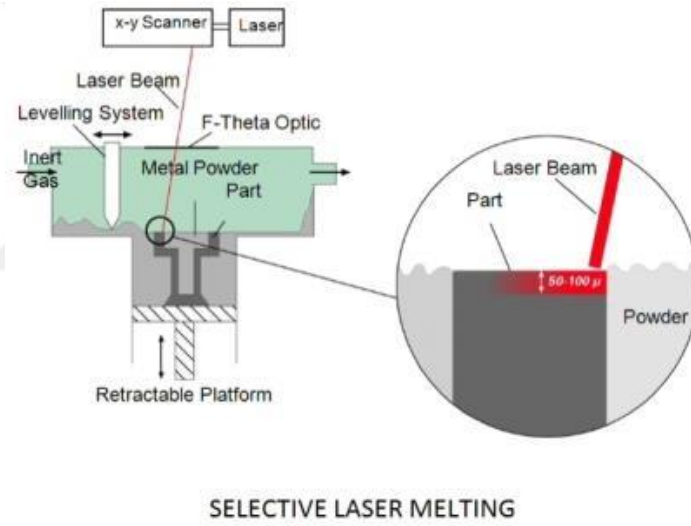
Şekil 1.27. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıdan alınan baskı.



Şekil 1.28. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i (URL-4, 2018).



Şekil 1.29. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii (URL-4, 2018).



Şekil 1.30. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli iii (URL-4, 2018).



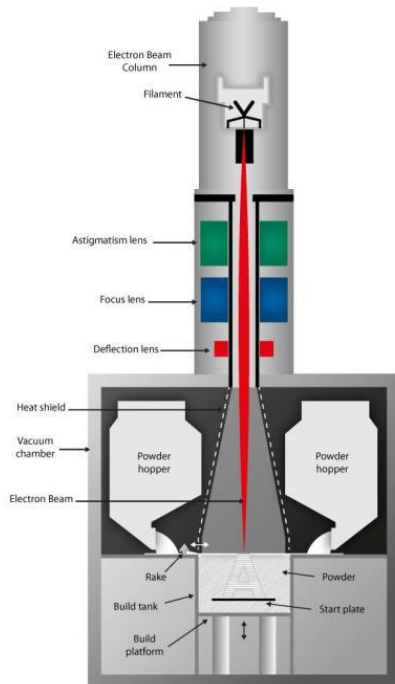
Şekil 1.31. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcı ile basılmış ejderha tasarımı.



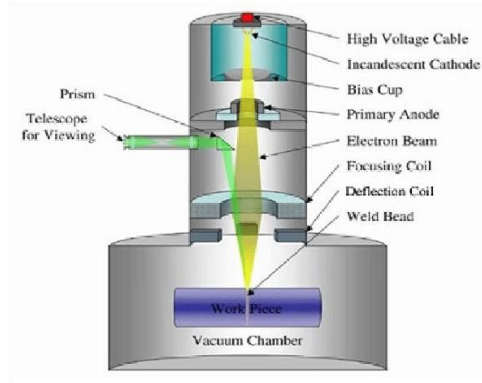
Şekil 1.32. SLM prensibi ile imalat yapan yazıcı ile basılmış jet motor parçası (URL-4, 2018).

1.5.6. EBM

Hammaddesi metal olan başka bir 3B yazıcı türüdür. Elektron ışını kullanılarak tozun bulunduğu yatak içinde bir nevi füzyon reaksiyonu yaratarak maddenin eritilerek katman katman sertleşmesiyle baskı alınır. Bu erime işlemi yaklaşık olarak $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın aşırı yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Şekil 1.33.'de gösterilmiştir. Fakat baskının alınma süresi uzun ve maliyetlidir. Kullanılan hammaddenin tedarigi de oldukça meşakkatlidir. En aygın kullanılan hammadde saf titanyumdur. Bu tip yazıcılar ağırlıklı olarak tıbbi implantlar ve havacılık alanında kullanılmaktadır.



Şekil 1.33. EBM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli i (URL-4, 2018).

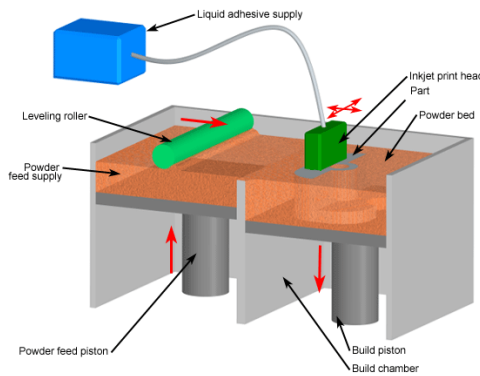


Şekil 1.34. EBM prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli ii (URL-4, 2018).

1.5.7. BİNDER JETTING

Binder Jetting teknolojisi özünde SLS teknolojisine benzer bir şekilde, yine toz malzemeyi birleştirerek çalışmaktadır. Fakat Binder Jetting teknolojisinde kullanılan kumtaşı tozu yapıştırıcı (Binder) kullanılarak birleştirilir ve aynı zamanda katmanların oluşumunda renk kullanılarak renkli baskı yapmak mümkündür. Şekil 1.35.'de gösterilmiştir.

Binder Jetting 3d yazıcılar nasıl çalışır? Binder Jetting 3d yazıcıları renkli insan figürü veya renkli maket yapımı gibi sunumlar için kullanılmaktadır. Kumtaşı tozu yapıştırıcı binder ile birleştirildiği için üretilen parçalar mukavemetli değildir. Ürünlerin baskısı tamamlandıktan sonra, parçalar toz haznesinin içinden çıkartılarak temizlenir. Temizleme sürecinden sonra kuvvetlendirici ve yapıştırıcı kimyasal içinde bekletilerek son ürün elde edilir.



Şekil 1.35. Binder Jetting prensibi ile imalat yapan yazıcıların çalışma şekli (URL-4, 2018).



Şekil 1.36. Binder Jetting yazıcıdan alınmış baskı örneği (URL-4, 2018).



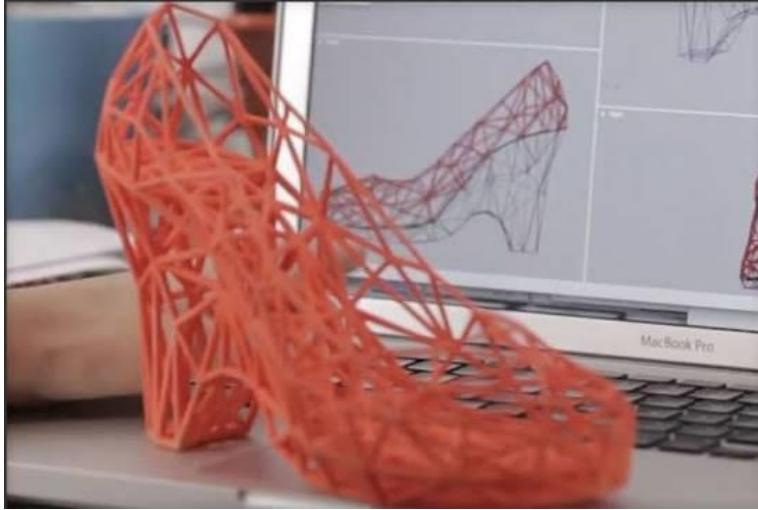
Şekil 1.37. Binder Jetting yazıcıdan alınmış insan büstü (URL-4, 2018).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu teknolojinin hayatımızda ne kadar farklı alanlara temas ettiğini bazı çalışmalarda şu şekilde görebiliriz;

Heykel sanatında tasarımcıların sanatlarını icra etmeden önce fikirlerini, yapmayı planladıkları eseri elle tutulur bir şekilde ortaya koymak adına üç boyutlu yazıcıların kullanılması üzerine araştırmalar yapmış ve sanatçının bu şekilde çalışması sonucu çok daha farklı ve güzel eserler ortaya koyabildiği sonucuna ulaşmıştır (Poyraz ve Dolunay., 2014).

Bir üç boyutlu yazıcının belki de en önemli parçalarından biride eritici uçtur. Bazı araştırmacılar en uygun eritici ağız tasarımına ulaşmak adına çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalardan birinde ise bizim tasarladığımız üç boyutlu yazıcıda kullandığımız eritici başlığın türevleri incelenmiştir. Ve bu çalışmada elde edilen değerlere göre fiyat performans olarak en uygun olan model tasarlanılan üç boyutlu yazıcıda kullanılmıştır (Jare-Mesa and ark., 2016).



Şekil 2.1. Moda tasarımında üç boyutlu yazıcı kullanımı.

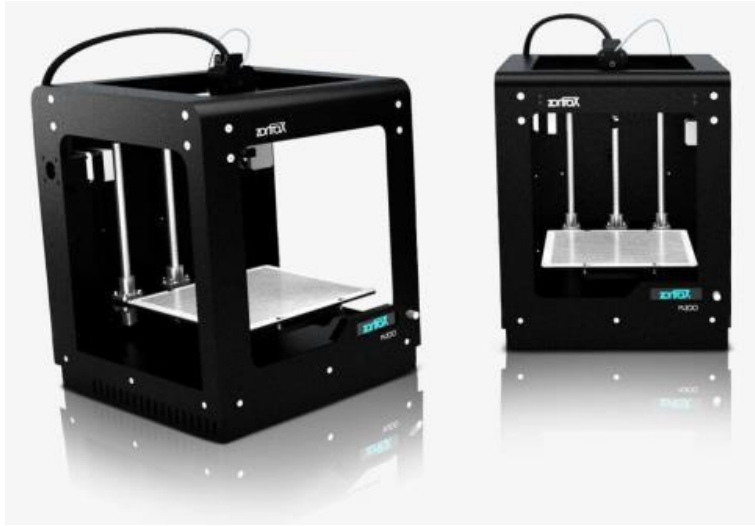
En önemlisi sayılabilecek bir alan ise eğitim alanında kullanılmaya başlanmasıdır. Ucuzlayan ve yaygınlaşan üç boyutlu teknolojisi ilk okul sınıflarına

kadar girebilmiş ve öğrencilerin hayal güçlerini hayata geçirebilmelerine olanak tanımıştır (Kuzu Demir ve ark., 2016).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin gelişip yaygınlaşması matematiksel modellerden, elle tutulabilir somut gerçek nesnelerin üretimini kolaylaştırmıştır. Bu çalışmada ise eriterek üst üste yığma metodunu kullanarak bir üç boyutlu yazıcı kullanarak, matematiksel denklemlerden yola çıkarak onların üç boyutlu matematiksel modellerini oluşturmak ve oluşturulan bu modelleri de dijital olarak üç boyutlu yazıcı ile üretmektir (Gür., 2017).

Jeomorfoloji bilim dalında bilim insanlarının uğraştığı bölgelerin yüksekliklerini arazi şartlarını rahatlıkla inceleyebilmesine yardımcı olacak topoğrafik haritala, üç boyutlu yazıcılarda basılara ele alınabilir hale getirilebilmektedir.

2.1. Piyasada En Yaygın FDM Tipi Üç Boyutlu Yazıcılar



Şekil 2. 2. Zortax markasının FDM türü baskı yapan üç boyutlu yazıcısı (URL-5, 2018).



Şekil 2. 3. Ultimaker markasının FDM türü baskı yapan 3 boyutlu yazıcı ailesi. (URL-6, 2018).



Şekil 2. 4. Prusa markasının i3 model FDM türü baskı yapan 3 boyutlu yazıcısı (URL-7, 2018).

Mutfaklarda kullanıma girebileceğine dair yapılan bir çalışmada ise üç boyutlu yazıcılar programladığınız şekilde bir çizim yaparak pan kek denilen hamur işini üretebilmekte.

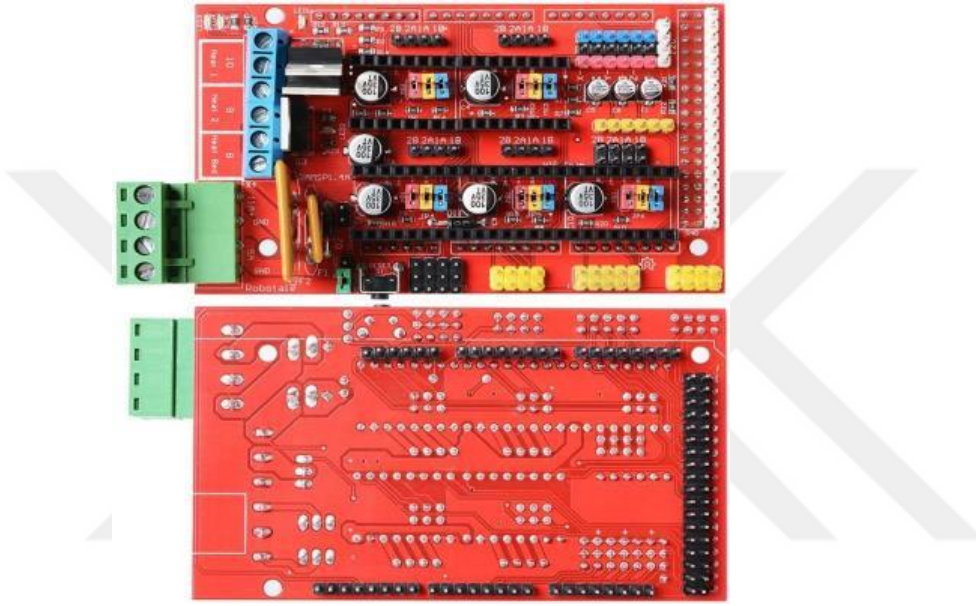


3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

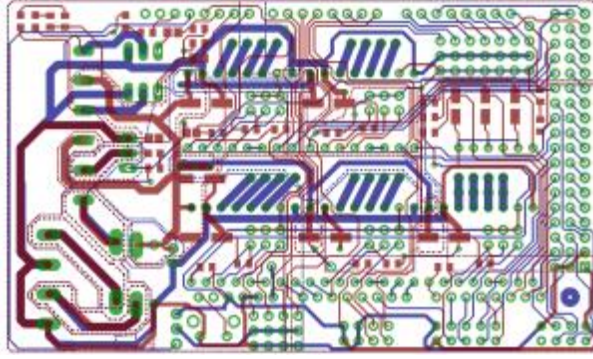
3.1.1. Elektronik parçalar

3.1.1.1. Ramps 1.4



Şekil 3. 1. RAMPS 1.4 devre kartı ön ve arka yüzeyi.

Ramps 1.4 elektronik kartı, üzerinde bulunan girişler ve çıkışlar sayesinde arduinodan A4988 motor sürücülerine, nema 17 step motorlardan limit swichlere kadar 3 boyutlu yazıcımızda kullanılan bütün elektronik aksamın çalışmasını sağlayan bağlantıları kolaylıkla yapmamıza olanak vermektedir. Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Alt tarafında bulunan erkek pinler sayesinde arduino meganın dişi pinlerine oturtularak arduinoya atmış olduğumuz programdan veri akışı sağlanmaktadır. Diğer eksenlerden farklı olarak Z eksenini kullanarak planlanan çıkıştan iki adet step motor girişi verilmiştir. Bunun yanında iki adet extruder kafa desteği de sunar. Güç girişi olarak 4 pin ile beslemesi yapılmaktadır. Bunlardan ikisi 5 Amper diğer ikisinin 11 amper beslenmesi yeterli gelmektedir.



Şekil 3. 2. RAMPS 1.4 devre kartı elektronik şeması (URL-8,2018).

Motor sürücülerinin takıldıkları yerlerde ise 3'er çift erkek pin bulunmaktadır. Bu pinlerin belli bir kombinasyon doğrultusunda jumper dediğimiz devre tamamlayıcı parçalar ile kapatıldığında step motorların adımları değişebilmektedir. Bu türevler A4988 motor sürücüsü için Çizelge 3.1.'de gösterildiği gibi olmaktadır.

Çizelge 3. 1. A4988 için pin kombinasyonu.

A4988	MS1 JUMPER	MS2 JUMPER	MS3 JUMPER
TEK ADIM	0	0	0
1/2 ADIM	1	0	0
1/4 ADIM	0	1	0
1/8 ADIM	1	1	0
1/16 ADIM	1	1	1

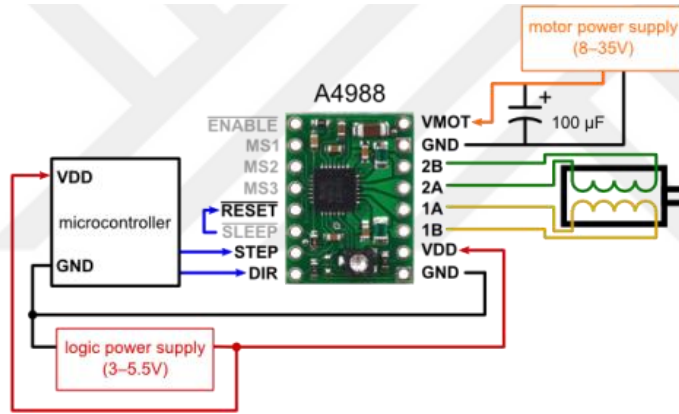
3.1.1.2. Arduino mega 2560

Arduino Mega 2560 Atmega2560 (datasheet) 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. Şekil 3.3.'de gösterilmiştir. Açık kaynak kodlu birçok projenin yardımcısı da arduinolardır. Fiyat/performans ulaşılabilirlik olarak ta en uygun kartlardan olduğundan birçok 3B yazıcı projesinde de sıklıkla kullanılmaktadırlar.

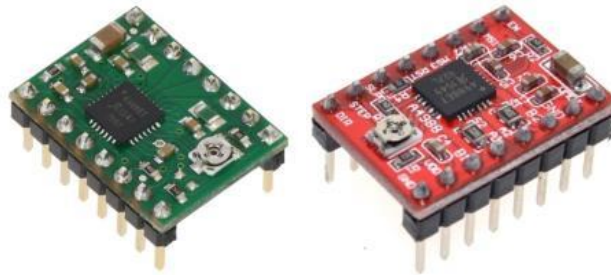


Şekil 3. 3. Arduino MEGA 2560 kontrol kartı.

3.1.1.3. A4988 step motor sürücüsü



Şekil 3. 4. A4988 step motor sürücüsü pin çıkışları (URL-9,2018).



Şekil 3. 5. A4988 step motor sürücüsü.

Üç boyutlu yazıcıya hareket verecek olan step motorları sürmek için bu kontrol kartları kullanılmaktadır. Bu kartlar projeler de 8 volt dan 35 volt a kadar olan step motorları, 1 amper vererek kontrol imkanı vermektedirler. Şekil 3.4.'de

gösterilmiştir.Üzerlerinde bulunan ayar podu ise verilen akımın fazının değiştirilebilmesini sağlamaktadırlar. Şekil 3.5.'de gösterilmiştir.

3.1.1.4. Limit sensörleri



Şekil 3. 6. limit switch kablosuyla.



Şekil 3. 7. limit switch.

Bu fiziksel anahtarlar verilen komuta göre açma veya kapama işlemi yapılabilmesini sağlamaktadırlar. 5V üzerindeki anahtara basıldığında devre tamamlanır ve yazılımda hangi gerekli değişikliğe göre programlandıysa o işlem gerçekleşir. Şekil 3.6.'de gösterilmiştir. Genelde eksenlerin başlangıç noktalarını belirlemek için kullanılan bu anahtarlar optik olan türlerine göre oldukça ucuz olmalarına karşın daha az hassastırlar. Zamanla butona basılmasını sağlayan metal plakada deformeler meydana gelerek işlevini ayarlandığı konumdan farklı bir konumda yerine getirmektedir. Bunun dışında sahip oldukları basit yapıları sayesinde başka bir arza verme ihtimalleri oldukça düşüktür.

3.1.1.5. Isıtıcı tabla



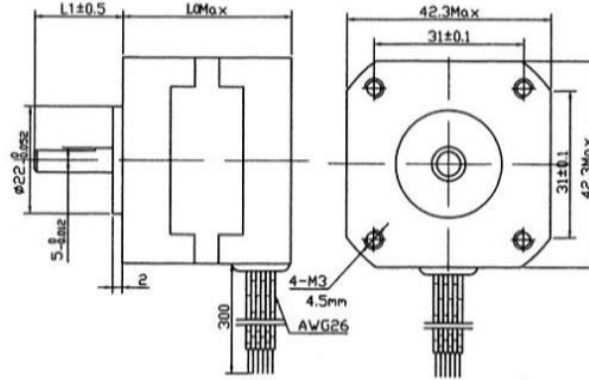
Şekil 3. 8. Isıtıcı tabla “MK2B Dual Power”.

Bazı hammadde türlerinde mecburi bazılarında ise baskı kalitesini arttırmak adına baskı alanını ısıtma ihtiyacı duymaktayız. Örneğin ABS türevi filamentlerde soğumayla beraber plastikte çekme meydana geldiğinden dolayı tablayı ısıtmak ve ortam ısınısını sabit bir değerde tutmak zorundayız, aksi halde baskının ilk katmanlarında basılan plastik malzemede çekmeler olacağından baskımızda kırılmalar meydana gelecektir. Katmanlar arası ayrılmalar ile baskımız kullanılamaz hale gelir. Açık kaynak kodlu yazıcılarda en çok kullanılan yine üretiminde patent kısıtlaması olmayan ürünlerden biri ise “MK2B Dual Power” isimli resimde görülen ısıtıcı tabladır. Bu tabla hem 12 V hem de 24 V desteği sunabilmektedir. 218mm x 218 mm boyutlarında olup 200mmX200mm kullanılabilir baskı alanına sahiptir. Şekil 3.8.’de gösterilmiştir. Verilen volt miktarına bağlı olarak 110 santigrat dereceye kadar ısınabilmektedir.

3.1.1.6. Nema 17 step motor

Yazıcımıza hareket verecek olan parçalar ise Nema 17 step motorlardır. Bu motorlar yüksek tork gücüne sahip olup 12 volt ile çalışmaktadırlar. Şekilde görülen “L0Max” mesafesinin değerinin artması step motorun torkunu artırmaktadır. 0.9 veya 1.8 derece hassasiyetin de bir tam turu 400 ya da 200 kadar adımda dönebilen bu motorlar az arza veren uzun ömürlü parçalardır. Şekil 3.9.’de gösterilmiştir. Akım

fazının değerinin uygunsuz olması yüzünden çalışma sırasında aşırı derecede ısınabilmektedirler.



Şekil 3. 9. Nema 17 motorunun standart ölçüleri (URL-10, 2018)



Şekil 3. 10. Nema 17 motoru.

3.1.1.7. Lcd ekran

Akıllı LCD ekran diye geçen bu ekran, rams 1.4 deki uygun çıkışlara takılarak kullanılır. Bu ekranı kullanmak için arduino mega kontrol kartına yüklenen programda uygun ayarların yapılması, bu ekran için bazı kütüphanelerinde arduinoya yüklenmesi gerekmektedir. Ayrıca ekranın yanında bulunan SD kart girişi vardır. Üzerinde bir sonsuz dönebilen potansiyometre ile ekrandaki seçenekler arasında seçim yapabilme imkanı vardır. Şekil 3.13.'de gösterilmiştir. Yaptığımız işlemlerin onaylanması halinde sesli dönüt veren birde buzzer denilen hoparlör mevcuttur. Yüklenen program desteği ile bu ekran üzerinden yazıcının üzerinde bulunan tabla ve eritici başlıkta bulunan ısı ölçerlerin anlık değerini görebilir, eksenlerdeki motorların hareketini sağlayabilir, üzerinde bulunan SD kart girişi sayesinde SD kartına atılan G

kodların olduğu dosyayı görebilir bu dosyanın baskısını 3 boyutlu yazıcının bilgisayara bağı olmasına gerek kalmadan bu ekranı kullanarak almaya başlayabiliriz.



Şekil 3. 11. Akıllı ekran dönüştürücüsünün rams 1.4 'e bağlanan pinleri.



Şekil 3. 12. Akıllı ekran dönüştürücüsünün akıllı ekrana bağlanan pinleri.



Şekil 3. 13. Akıllı ekran seti.



Şekil 3. 14. Akıllı ekranın arka kısmı.

3.1.1.8. Isıtıcı fişek

Modeline göre değişik voltlarda bulunabilen ısıtıcı fişekler 12 volt ve 24 volt olarak yaygın şekilde bulunmaktadır. Şekil 3.15.'de gösterilmiştir. PLA, ABS gibi plastik baskı alınan 3 boyutlu yazıcılarda 12 volt ısıtıcı fişeklerin kullanılması yeterli olmaktadır. Yekpare metal olan uç kısmının içerisinde yüksek amperli bir elektrik akışı meydana getirilerek ısı artışı sağlanmaktadır. Direkt olarak ısıtıcı bloğa yüzeysel temas halinde olduğundan dolayı bloğun ısını da artırır. Bloğun içerisinde geçen katı filament böylelikle yumuşar ve akışkan bir hale gelir.



Şekil 3. 15. 12 volt ısıtıcı fişek.

3.1.1.9. Termosensörler

Şekil 3.16.'da gösterilmiştir. Isıtıcı bloğun içine ve ısıtıcı tablanın ortasına konulan bu sensörler anlık olarak ısı değeri gönderirler. Eğer tabla ısıtılmalı bir baskı

alınıyorsa tablanın anlık sıcaklık değeri istenilen değerden düşükse ısıtıcı tablanın içinden elektrik akımı geçirilerek tablanın istenilen sıcaklık değerinde olması, eğer istenilen değerin üzerine çıkmışsa içerisinden geçen akımın kesilerek ısıtma işlemini ısıtıcı tabla istenilen değere gelinceye kadar yapmamasını sağlayacak, sıcaklık değerleri bu sensörler sayesinde elde edilir. Aynı durum eritici ısı bloğu içinde geçerlidir. Eğer sıcaklık istenilenden fazla ise ısıtıcı fişegin içerisinden geçen akım engellenir ve ısıtma işlemi kesilir, eğer az ise akım artırılarak ısıtıcı bloğun sıcaklığı istenilen değere getirilmesi sağlanır.



Şekil 3. 16. Termosensör.

3.1.1.10. Güç ünitesi



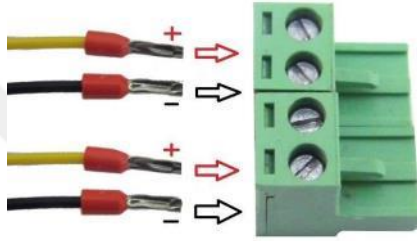
Şekil 3. 17. 12 volt 40 amper güç kaynağı.

Ramps üzerinden bütün sistemin enerji ihtiyacını karşılamak için 12 volt güç kaynağına ihtiyaç duyulur. Bu güç kaynağının amper olarak büyüklüğü ise 3 boyutlu

yazıcıda kullanılan step motorların sayısı ve harcadıkları amperler, ısıtıcı tablanın büyüklüğü, sistemde kaç adet baskı ucunun olduğuna bağlıdır. Ama genel olarak tek baskı ucuna sahip, 200mm x 200mm baskı alanına sahip 3 boyutlu yazıcılar için 40 amper yeterli olmaktadır. Şekil 3.17.'de gösterilmiştir.

3.1.1.11. Bağlantı kabloları soketleri

Elektronik parçalar arasındaki veri ve enerji iletimini sağlamaya yarayan elemanlardır. Şekil 3.18.'de ve Şekil 3.19.'da gösterilmiştir.



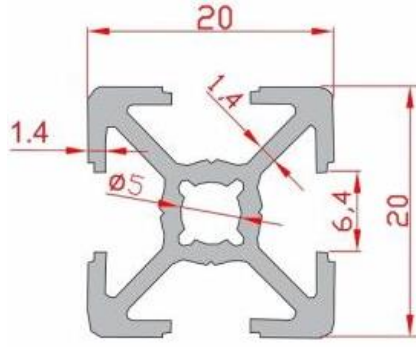
Şekil 3. 18. Ramps 1.4 güç giriş bağlantısı.



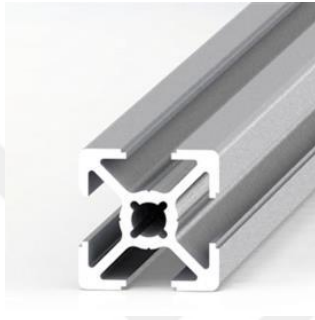
Şekil 3. 19. Nema 17 motor ramps bağlantı kablosu.

3.1.2. Mekanik parçalar

3.1.2.1. 20x20 sigma profiller



Şekil 3. 20. 20x20 ebatlarında sigma profilin kesiti.



Şekil 3. 21. 20x20 sigma profil.

Sigma profiller aliminyum olup hem hafiftir hem de şekilleri itibari ile oldukça rijit malzemelerdir. Şekil 3.20.'de gösterilmiştir. Makinanın dış iskeletini inşa etmek için fiyatının ve işlenebilirliğinin de uygun olması sebebi ile sık sık tercih edilmektedir. Üzerinde bulunan kanallar, sigma profiller için yapılmış olan özel tasarımlı vida somunları ile üzerlerine başka parçaların montajına olanak vermektedir.

3.1.2.2. 8mm ve 10 mm miller



Şekil 3. 22. 8 mm indiksiyonlu mil.



Şekil 3. 23. 10 mm indiksiyonlu mil.

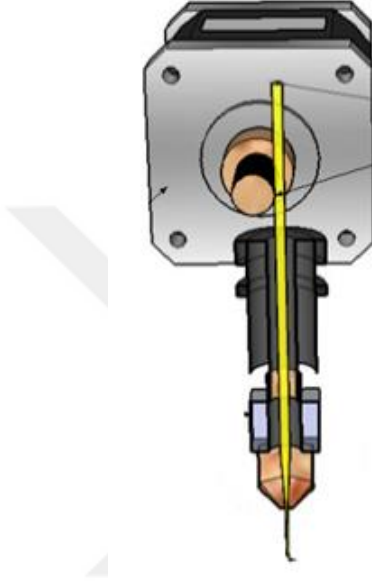
İndiksiyonlu miller içleri farklı farklı metallerle dolu olabilen, paslanmaz özellikliside bulunabilen bir inşaa malzemesidir. Şekil 3.22.'de gösterilmiştir. Bu malzemeler yazıcılarda eksenlerin rijitliğinin sağlanması için kullanılmaktadır. İki ucu sabitlenen bu millerin üzerine geçirilen lineer rulmanlar yardımı ile bu rulmanların üzerine sabitlenen parçanın aynı doğrultu üzerinde hareket etmesini sağlar.

3.1.2.3. Ekstruder dişli seti



Şekil 3. 24. Filament itici set.

Bu set sayesinde filamente hareket verilerek eritici bloğun içerisine doğru itilir. Bağlantı tercihine göre ister direkt eritici bloğun içine istenilirse önce teflon borunun sonra ısıtıcı bloğun içine de itilebilir. Filament Şekil 3.25.'de de gösterilen noktadan ekstruder sete girer, Şekil 3.25.'de gösterildiği gibi biri dişli diğeri kanallı iki parça arasında sıkıştırılır ve dişli olan parçanın dönme hareketine başlamasıyla filament hareket ettirilmiş olur.



Şekil 3. 25. FDM tipi yazıcıların filament itme ve eritme yöntemi (URL-11, 2018).

3.1.2.4. 8 mm ve 10 mm traplezler



Şekil 3. 26. 8 mm traplez mil.



Şekil 3. 27. 10 mm traplez mil.

Traplez miller step motorlardan alınan dairesel hareketi doğrusal harekete çevirmek için kullanılan makine elemanlarıdır. Şekil 3.27.'de gösterilmiştir. Farklı çaplarda bulunabilen traplez millerinde farklı kalitelerde ve paslanmaz özellikleri olabilen çeşitleri vardır. Üzerlerine açılan kanalların sayısının fazla olması hareket alan parçanın yükleme yapabileceği kuvvetin daha fazla olabileceğini gösterir. Adım sayısı denilen birim ise kanalların yatayla yapmış oldukları açının küçük olmasıyla ilgilidir. Adım mesafesi ne kadar küçük ise traplez milinden alınacak hareket o derece hassas olabilmektedir.

3.1.2.5. Köşebentler

Köşebentler 3 boyutlu yazıcının iskeletini birbirine bağlamak için kullanılmaktadır. Sigma profillere üzerlerindeki kanallar sayesinde tam oturabilirler. Şekil 3.28.'de gösterilmiştir. Tipine göre değişmekle beraber bu projede kullandıklarımız iki adet sigma profili birbirine dik bir şekilde montajlamaya olanak vermektedir.



Şekil 3. 28. Köşebent.

3.1.2.6. Isıtıcı başlık blok

Yekpare metalden oluşur. Şekil 3.29.'da gösterilmiştir. Üzerlerinde ısıtıcı fişegin ve termokupulun girebileceği türüne göre bir delik veya kanal bulunmaktadır. Bunun yanında nozzle için çıkış ve filament barelinin gireceği bir dişli M6 kanal vardır.



Şekil 3. 29. Isıtıcı başlık blok.

3.1.2.7. Barel

Bareller içleri genelde boştur. Bazı modellerde içlerinden teflon boruda geçebilmektedir. Bu parçanın kullanılmasıdaki amaç ısıtıcı bloğun ulaşılmış olduğu yüksek sıcaklıktan plastiği korumaktır. Basılan plastiğin cinsine göre blok 250 C dereceye kadar ısınabilmektedir. Eğer bu ısı bloktan direkt plastiğe aktarılırsa barelin içerisinden geçen filament erimeye başlar ve nozzle'a gelmeden eridiği için barelin içerisini tıkar. Bu yüzden barele ihtiyacımız vardır. Barel ısınan blokla soğutucu arasında mesafe bırakır ve filamentin düzgün bir şekilde iletilmesini sağlamış olur.

3.1.2.8. Teflon boru



Şekil 3. 30. Teflon boru.

Teflon boru ısıya dayanıklıdır. Aynı zamanda sürtünme kuvveti de oldukça düşüktür. Tasarımdan tasarıma geçişmekle birlikte bazı tasarımlarda filament itici sistem sabitken noozle'un olduğu sistem hareketlidir. Şekil 3.30.'da gösterilmiştir. Bu tasarımlarda itici sistem ile nozzle sistemi arasında filamentin sorunsuz aktarılması için teflon borunun içerisinden geçirilir. Bunun yanında teflon borular filamentin sıcaklıktan korumak için de kullanılır. Bu sistem içerisinde eğer filament istenmeyen bir yerde ısınmaya başlarsa genişleme yaparak sistemi tıkayabilmekte ve 3 boyutlu yazıcının çalışmasını durdurabilmektedir.

3.1.2.9. SC8UU ve SC10UU

Miller üzerindeki hareketin rijit olmasını sağlamak için kullanılırlar. Şekil 3.31.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 31. SC8UU ve SC10UU.

3.1.2.10. Vidalar ,somunlar

Gerekli mekanik bağlantıları yapmaya yarayan farklı boyutlarda bağlantı elemanlarıdır. Şekil 3.32.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 32.Somun ve civatalar.

3.1.2.11. Noozle uçlar



Şekil 3. 33. 0.8 mm çapında pirinç nozzle uç.

Eritilerek sıkıştırılan filament bu pirinç parçadan çıkmaya zorlanarak belli bir forma sokulur. Şekil 3.33.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 34. Farklı çaplarda pirinç nozzle uçlar.

3.1.2.12. 8 mm traplezler için somun

Şekil 3. 35. 8mm traplez somun vidalar.

Dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren 8mm çaplı parçadır. Şekil 3.35.'de gösterilmiştir.

3.1.2.13. 10 mm traplezler için somun

Şekil 3. 36. 10mm traplez somun vidalar.

Dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren 8mm çaplı parçadır. Şekil 3.36.'da gösterilmiştir.

3.1.2.14. Kaplin 8x5 ve kaplin 5x10

Kaplinler farklı çaplara sahip iki milin aynı merkezden birbirlerine bağlanmalarını sağlar. Şekil 3.37.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 37. 5x8 kaplin.



Şekil 3. 38. 5x10 mm kaplinler.

3.1.3. Yazılımlar

3.1.3.1. Kontrol kartına yüklenen programlar

3.1.3.1.1. Marlin

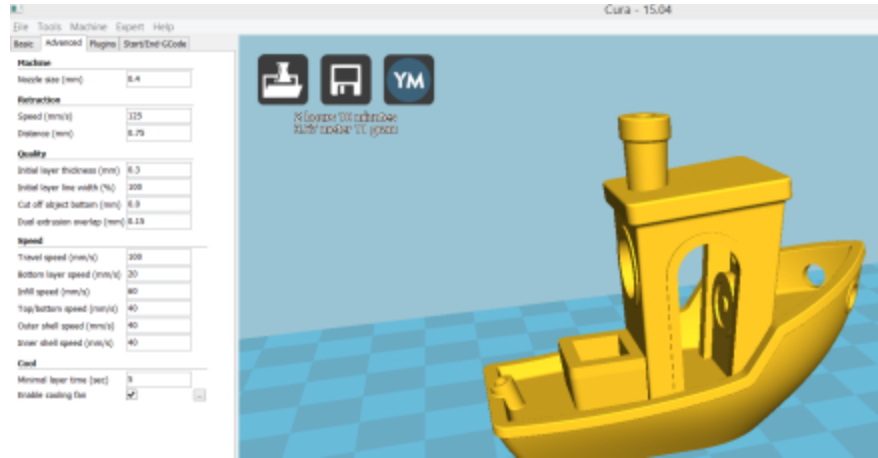
Marlin çalışmalarına 2011 Ağustos 12 de başlanmış olup, kullanılan en yaygın 3 boyutlu yazıcı sistem programıdır. Bu açık kaynak kodlu yazılımın (2016 Ocak) fikir babaları ve en önemli geliştiricilerini ise şu şekilde sıralayabiliriz; AnHardt, ErikZalm, daid, boelle, Wackerbarth, bkubicek, ve Wurstnase.

3.1.3.1.2. Repetier

Açık kaynak kodlu bir diğer sistem programı ise “repetier software “dir. Marline göre daha sade bir kod öbeğine sahiptir.

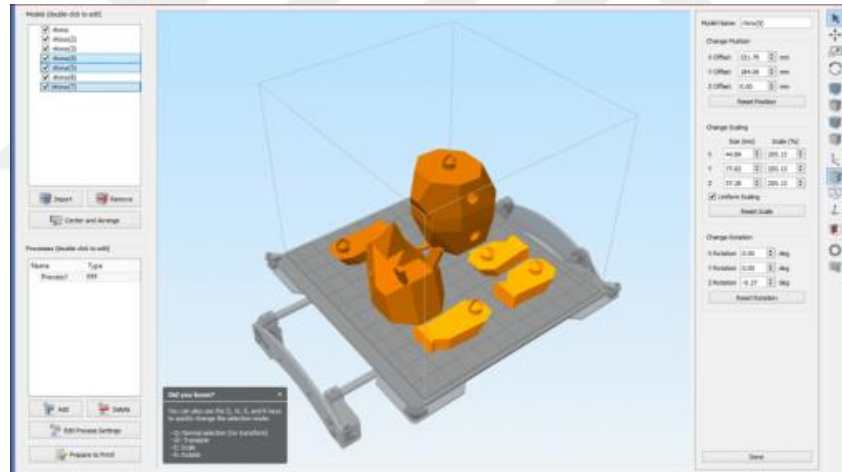
3.1.3.2. Bilgisayarda kullanılan dilimleme programları

3.1.3.2.1. Cura



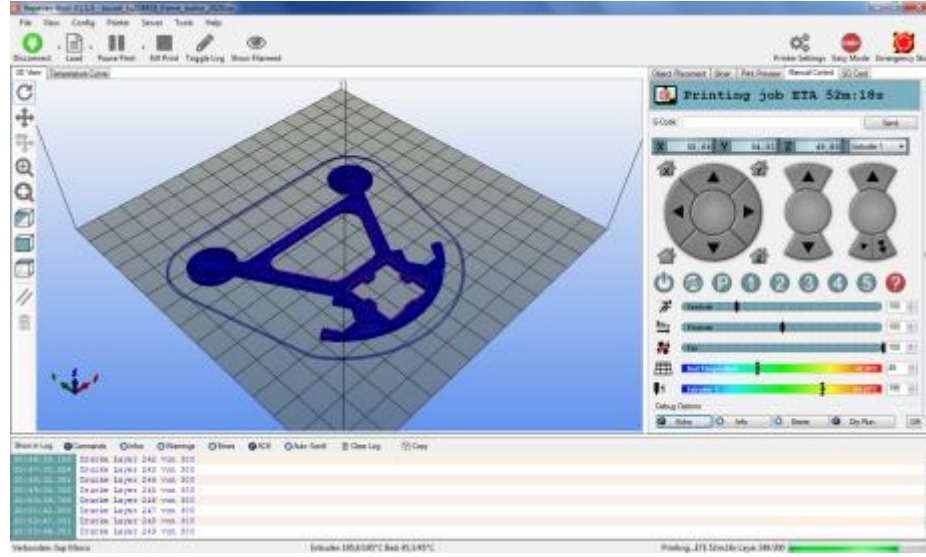
Şekil 3. 39. Cura uygulamasının arayüzünden bir görünüm (URL-12, 2019).

3.1.3.2.2. Simplyfile



Şekil 3. 40. Simplyfile uygulamasının arayüzünden bir görünüm (URL-13, 2019).

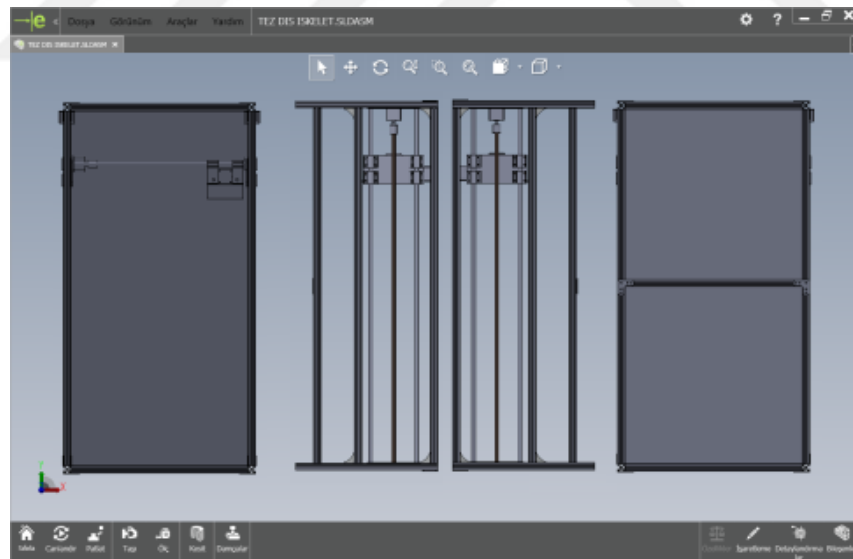
3.1.3.2.3. Repirienter



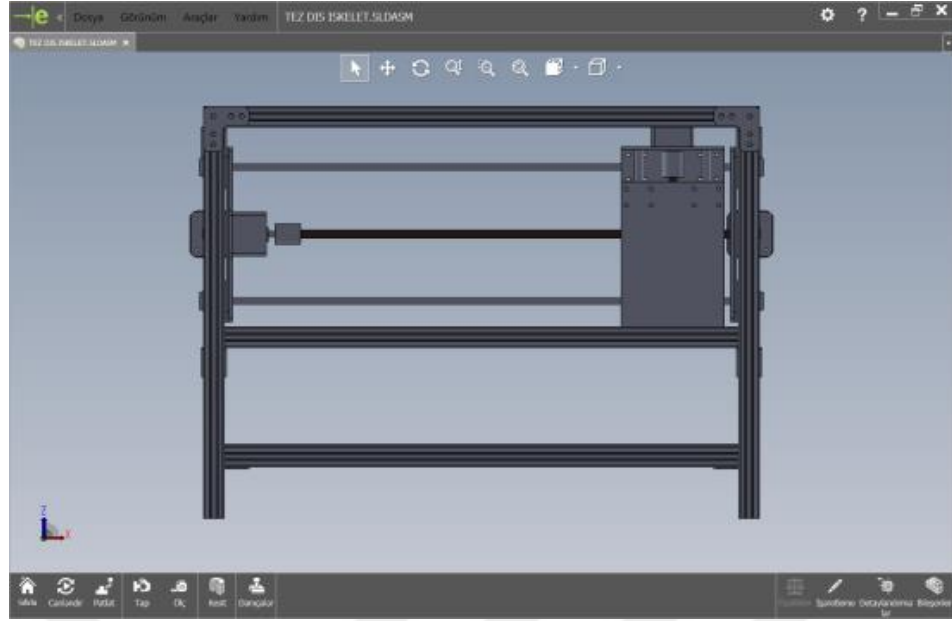
Şekil 3. 41. Repirienter uygulamasının arayüzünden bir görünüm (URL-14, 2019).

3.2. Yöntem

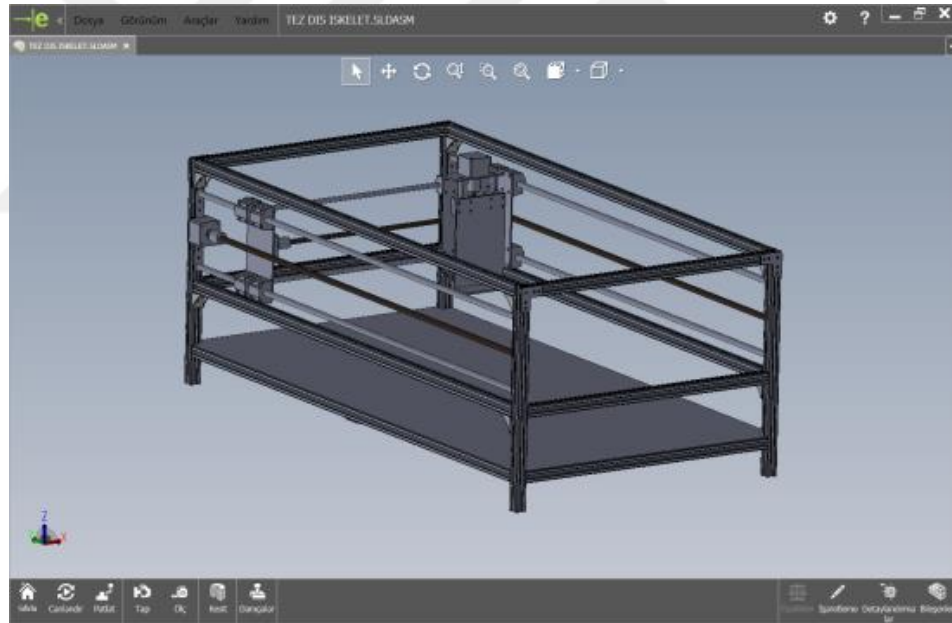
3.2.1. Tasarım 3 boyutlu çizimi



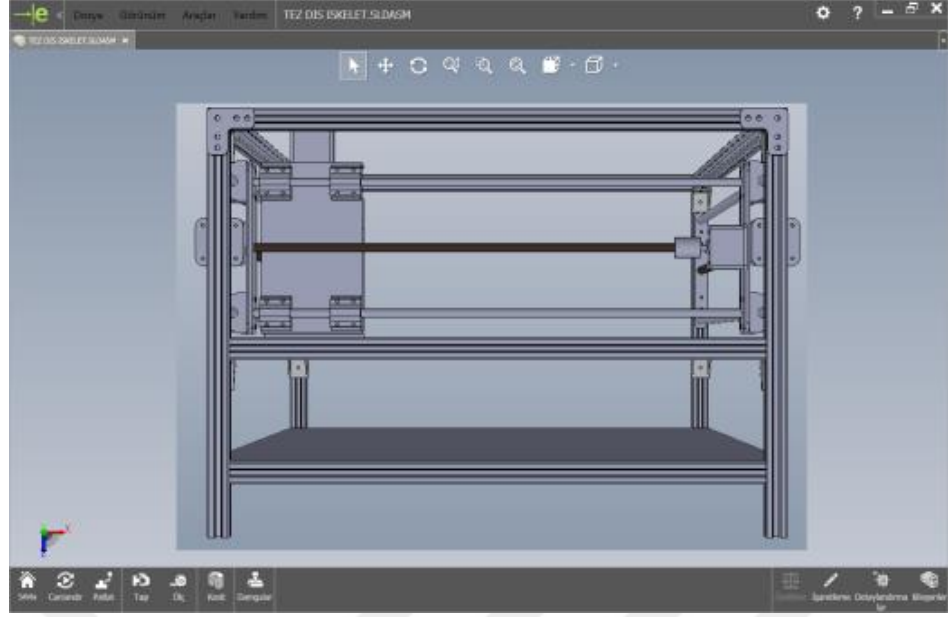
Şekil 3. 42. Tasarımın üç boyutlu görünümü i



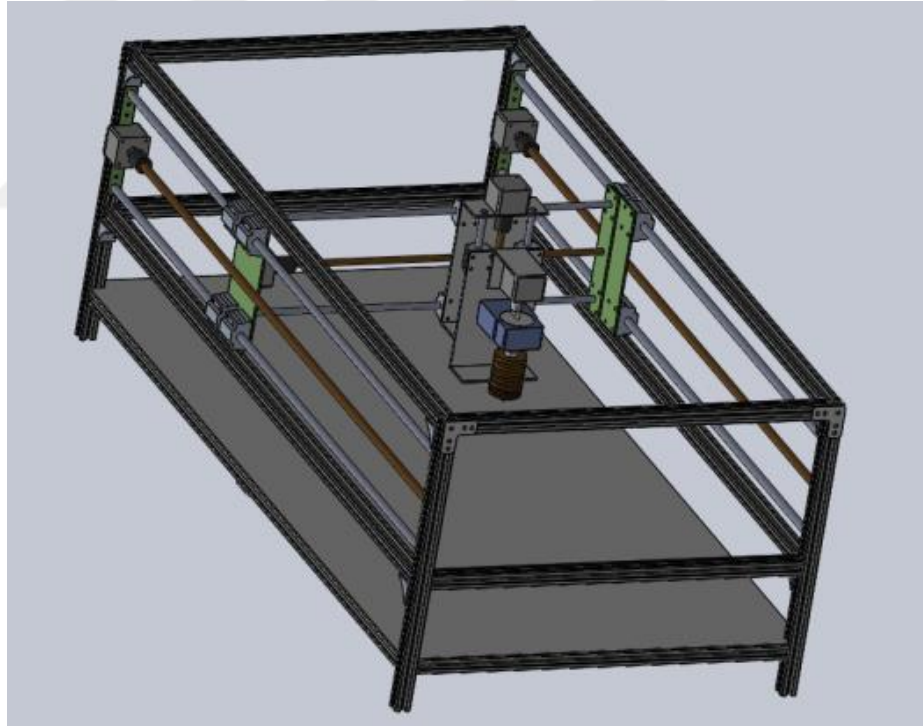
Şekil 3. 43. Tasarımın üç boyutlu görünümü ii.



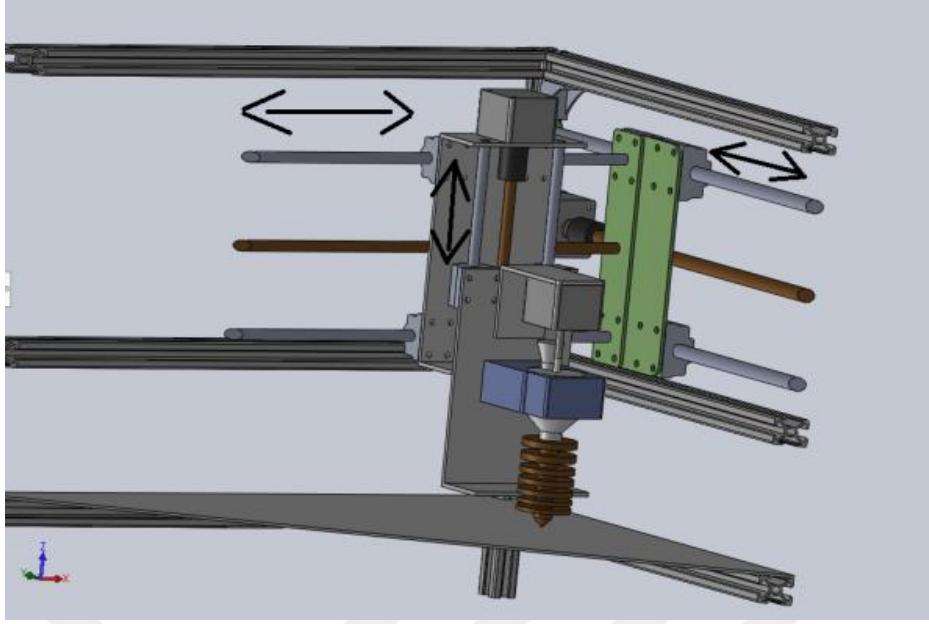
Şekil 3. 44. Tasarımın üç boyutlu görünümü iii.



Şekil 3. 45. Tasarımın üç boyutlu görünümü iv.



Şekil 3. 46. Tasarımın üç boyutlu görünümü v.



Şekil 3. 47. Tasarımın üç boyutlu görünümü vi.

3.2.2. Üç boyutlu yazıcının montaj aşamaları

Şase imalatı;



Şekil 3. 48. Üç boyutlu yazıcı şase sigma profilleri i.

3B yazıcının mekanizmasının dış iskeleti 20x20 mm ebatlarında alüminyum sigma profillerden inşa edilmiştir. Şekil 3.48.'de gösterilmiştir. Bu profillerin birbirine bağlanması için ise bir başka 3 boyutlu yazıcıda imal edilmiş olan plastik köşebentler kullanılmıştır. Burada bir başka 3 boyutlu yazıcıda basılmış olan plastik köşebentlerin kullanılması 3 boyutlu yazıcılar için sıkça dile getirilen kendi kendini

üretebilen makina deyimine bir parçada olsa atıfta bulunabilmek adına tercih edilmiştir.



Şekil 3. 49. Üç boyutlu yazıcı şase sigma profilleri ii.

Yan tarafta 1000 mm uzunluğunda en altta bir en üstte bir ve alt noktadan 200 mm yükseklikte birer adet sigma profil olmak üzere iki yanda toplamda 6 adet 1000 mm 20x20 sigma profil kullanılmıştır. Şekil 3.49.'da gösterilmiştir. Yüksekliği 400 mm olan sigma profiller ise 4 köşede birer tane olmak üzere 4 adet kullanılmıştır. Yatayda ise uzunlukları 500 mm olan bir uçta altta ve üstte diğer uçta ise yine hem altta hem üstte köşelerde olmak üzere yatayda toplam 4 adet 500 mm 20x20 sigma profil kullanılmıştır. Şekil 3.50.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 50. Üç boyutlu yazıcı şase sigma profilleri iii.

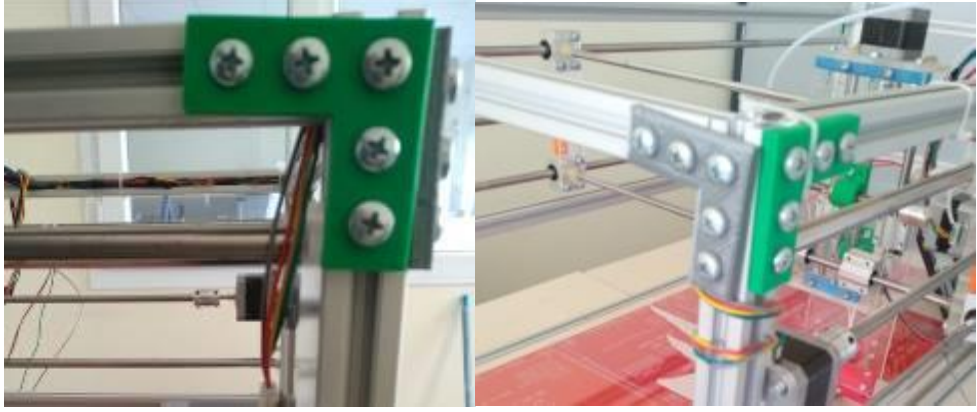


Şekil 3. 51. Üç boyutlu yazıcı şase montaj i.

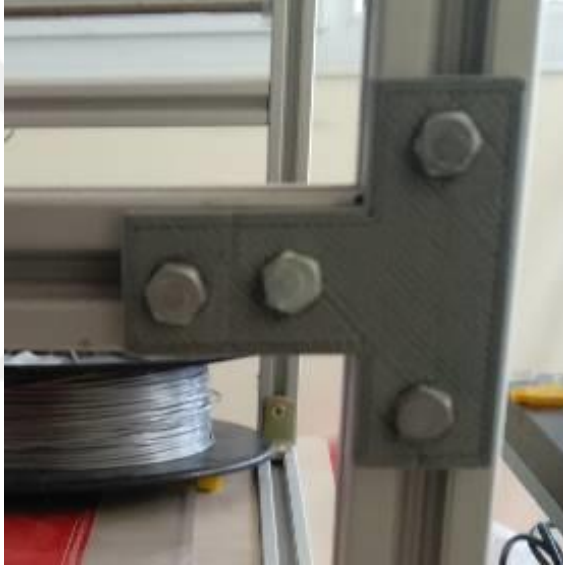


Şekil 3. 52. Üç boyutlu yazıcı şase montaj ii.

Diğer taraftan ise bu şekillerde gösterilen yerlerde ise 3 boyutlu yazıcıdan baskı alınmış L şeklindeki plastik köşebentler kullanılarak 4 mm çaplı vidalar ve sigma profillere uygun somunlar ile sabitlenmiştir. Şekil 3.52.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 53. Üç boyutlu yazıcıda plastik baskı alınmış köşe bağlantıları i.



Şekil 3. 54. Üç boyutlu yazıcıda plastik baskı alınmış T köşe bağlantısı.

Yine bu şekillerde görülen alt ve üst profillerin arasında kalan sigma profillerin sabitlenmesi için ise 3 boyutlu yazıcıda baskı alınmış T şeklindeki plastik parçalar, 4 mm çaplı vidalar ve sigma profile uygun somunlar yardımıyla sigma profilleri birbirine tutturur. Şekil 3.53.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 55. Üç boyutlu yazıcıda plastik baskı alınmış köşe bağlantıları ii.

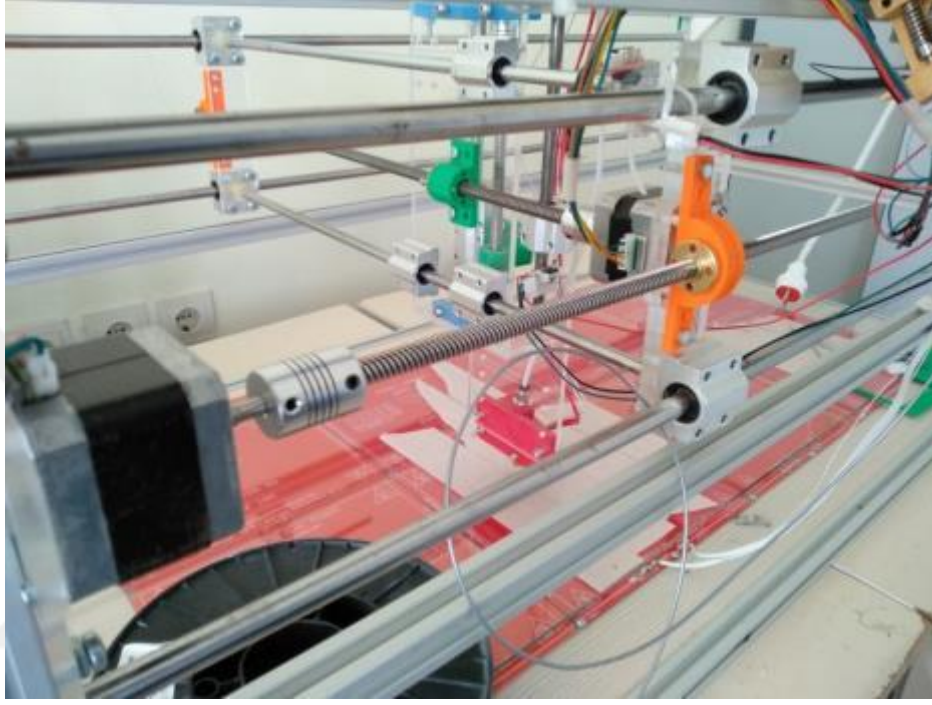
X ekseni;



Şekil 3. 56. X ekseni yan raylar.

Tasarlanan 3 boyutlu yazıcının en uzun hareket kabiliyetine sahip ekseni bu eksendir. Şekil 3.56.'da gösterilmiştir. Diğer bütün eksenlerdeki hareketli ve sabit parçalarında ağırlığı bu eksendeki millere ve motorlara bağlanmıştır. Hareketin doğrultusunun rijitliği için bulunan çözüm ise indüksiyonlu millerdir. Diğer eksenlerin ağırlığı da bu millere yükleneceğinden, diğer eksenlerdeki millerden bir miktar daha kalın çaplı miller tercih edilmiştir. Bu eksende 2 adet sol tarafta 2 adet ise sağ tarafta olmak üzere 4 adet mil kullanılmıştır. Bu miller 1000 mm uzunluğunda ve 10 mm çaplıdırlar. Hareketin rijitliğini sağlayacağından dolayı bu millerdeki en ufak pürüzler bile baskı kalitesini etkileyebilmektedir. Uzun ömürlü olması ve kaliteli baskılar verebilmesi adına paslanmaz çelik indüksiyonlu miller tercih edilmiştir.

Yine bu eksene binen yükün fazla olmasından dolayı hareket sırasında yaşanabilecek sorunları önlemek adına bu eksende kullanılan traplez millerinde çapları büyük seçilmiştir. Bu traplez miller step motorlardan aldığı dairesel hareketi doğrusal harekete çevirir. Traplez somunu sayesinde bu hareketi makinanın diğer organlarına da iletmektedirler.

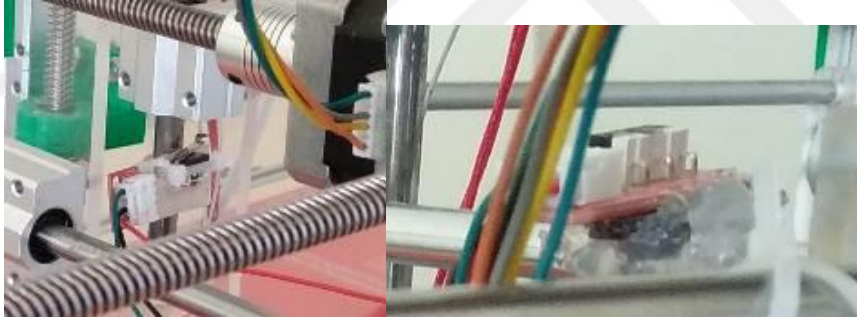


Şekil 3. 57. X ekseni modülü .

Diğer eksenlerin aksine bu eksende hareketi sağlıklı bir şekilde sağlayabilmek için iki adet step motor kullanılmıştır. Şekil 3.57.'de gösterilmiştir. Bu step motorlar önce pleksiglastan kesilmiş olan parçalara monte edilmiştir. Daha sonra bu pleksiglas parçalar üst noktaları sigma profilden imal edilen şasinin üst tarafında bulunan sigma profile dayandırılarak montajı yapılmıştır. Bu pleksiglas parçalara eksenin yatay hareket sınırlarını belirleyen indüksiyonlu millerde monte edilmektedir. Bu millerin ve traplez milin aralarındaki uzaklığı hat boyunca koruyabilmek için tam karşılığında üzerine indüksiyonlu millerin ve traplez milin girebileceği, traplez milin rahatça hareket edebileceği ama çokta boşlukta kalmayacağı şekilde delikler açılmış pleksiglas bir başka parça monte edilmiştir.



Şekil 3. 58. Limit switchler.



Şekil 3. 59. Limit switchler ii.



Şekil 3. 60. Limit switchler iii.

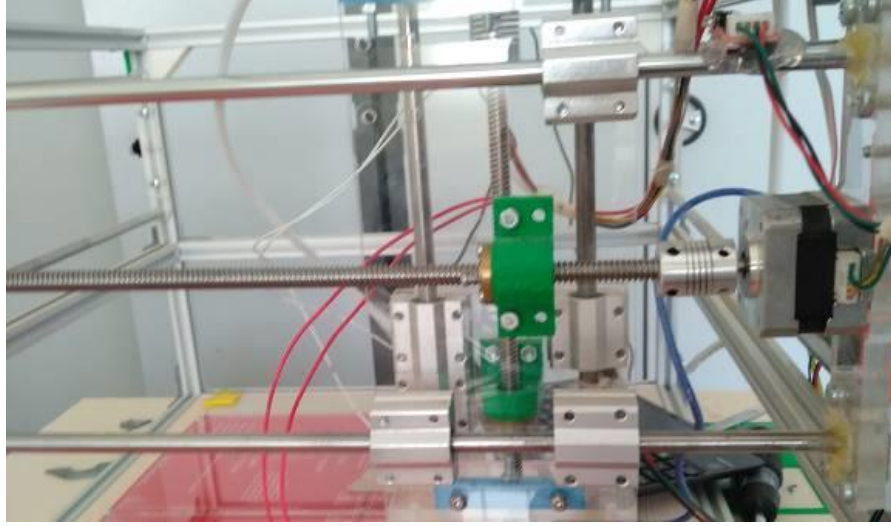
Bu eksenin son elemanı ise limit switch denilen parçalardır. Bunlar millerin üzerine monte edilir. Hareketli parça üzerine dokunduğunda devre tamamlanır ve yazılımda hangi göreve atanmışsa o işlemin gerçekleştiğini makinaya bildirir. Bu görev makinanın o ekseninin başlangıç noktası veya bitiş noktası olarak belirlenebileceği gibi iki adet limit swich sensörü takılması halinde hem başlangıç hem de son noktasının belirlenmesinde sağlanabilir. Şekil 3.58.'de gösterilmiştir.

Y eksen;



Şekil 3. 61. Y eksen modülü i.

Y eksen bütünüyle hareket etmekte olan bir eksen olmakla birlikte üzerindeki ağırlığı X eksenine vermektedir. Y eksen üzerinde sadece Z eksen elemanlarının ağırlığı binmektedir. Şekil 3.61.'de gösterilmiştir. Kenarlarda pleksiglastan kesilmiş parçalar bulunmaktadır. Bu parçalardan birinde step motor bağlanmış olup diğerinde eksen rijitliğini sağlamak adına kullanılan millerin ve traplez milin gireceği delikler bulunmaktadır.



Şekil 3. 62. Y eksen modülü ii.

Pleksiglasların makinanın dışına bakan taraflarında ise X ekseninin 10mm çaplı indüksiyonlu millerinin üzerinde bulunan SC10UU kodlu lineer rulmanlar bağlantılanır. Bu rulmanların ortasında ise X ekseninin traplez millerinin vermiş olduğu dairesel hareketi doğrusal harekete çevirecek olan traplez vida somunları vardır. Bu somunlar önce bir başka 3 boyutlu yazıcıda basılmış olan plastik malzemelere geçirilir vidalanır. Daha sonra ise bu hali ile pleksiglas malzemelere vidalanır. Üzerinde hareket eden modülün başlangıç noktasına geldiğini kontrol edebileceğimiz kontrol butonu ise step motorun bulunduğu pleksiglasın üzerine sabitlenmiştir. Üzerindeki yük X eksenine göre daha az olduğu için bu ekseninde kullanılan indüksiyonlu miller ve traplez mil 8mm çaplı tercih edilmiştir.

Z eksen;



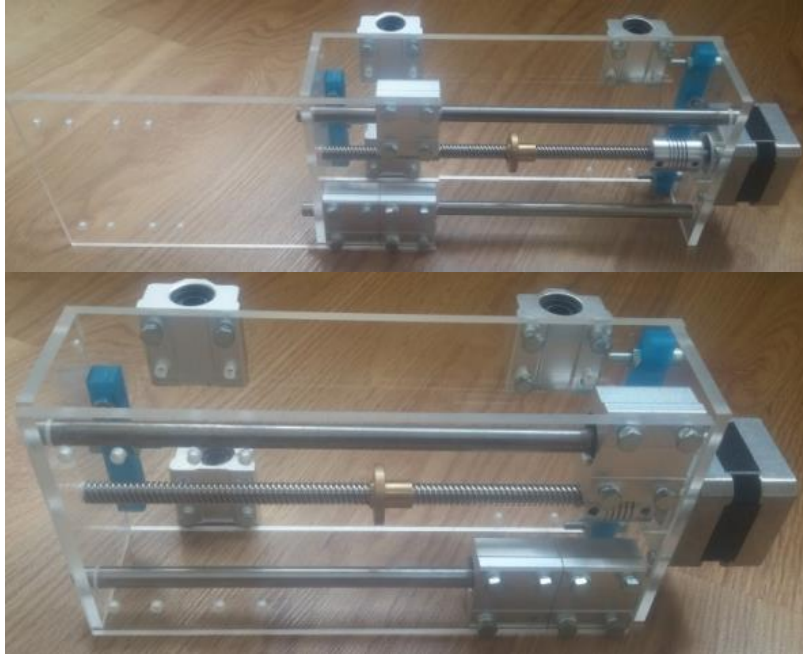
Şekil 3. 63. Z ekseni modülü i.

Üzerinde Z ekseninin parçalarını ve extruder sisteminin parçalarının olduğu bir başka pleksiglas parça vardır. Şekil 3.63.'de gösterilmiştir. Köşelerine yine bir başka 3 boyutlu yazıcıdan alınmış olan parçalar yardımıyla büyük pleksiglas parçaya dik olacak şekilde daha küçük iki adet pleksiglas parça sabitlenmiştir. Bu pleksiglas parçalardan birinde step motor ve indüksiyonlu miller için yerler açılmış olup diğer pleksiglas parçada ise indüksiyonlu miller ve traplez vida için uygun delikler vardır. Büyük pleksi parçanın arka yüzünde ise Y eksenindeki indüksiyonlu millere geçirilmiş olan SC8UU kodlu lineer rulmanların bağlanması için vida delikleri mevcuttur. 3 adet lineer rulman buraya monte edilmiştir. Lineer rulmanların ortasına ise Y eksenindeki traplez milin dairesel hareketini doğrusal harekete çevirmek için kullanılan traplez vida somununun bağlanacağı yer vardır. Yine bu traplez vida somunu 3 boyutlu bir başka yazıcıdan alınmış olan plastik başka bir parçaya sabitlenerek bu yere montajlanır.



Şekil 3. 64. Z ekseni modülü ii.

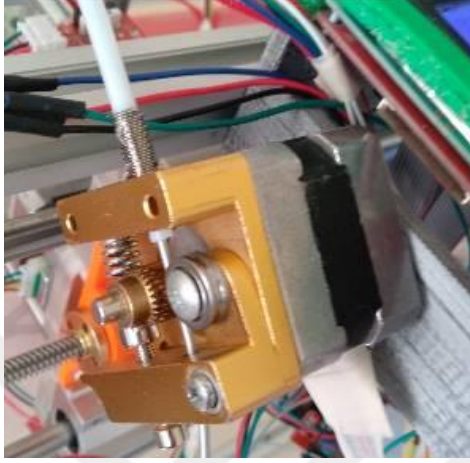
Küçük olan pleksiglas parçalardan üst tarafta olana step motor bağlanır. Şekil 3.4.'de gösterilmiştir. Alt taraftaki pleksiglas parçaya yakın bir yere Z ekseninde hareket eden ekstruder parçasının tablaya 0 noktada olduğunda tetikleyeceği bir noktaya limit swich konmuştur.



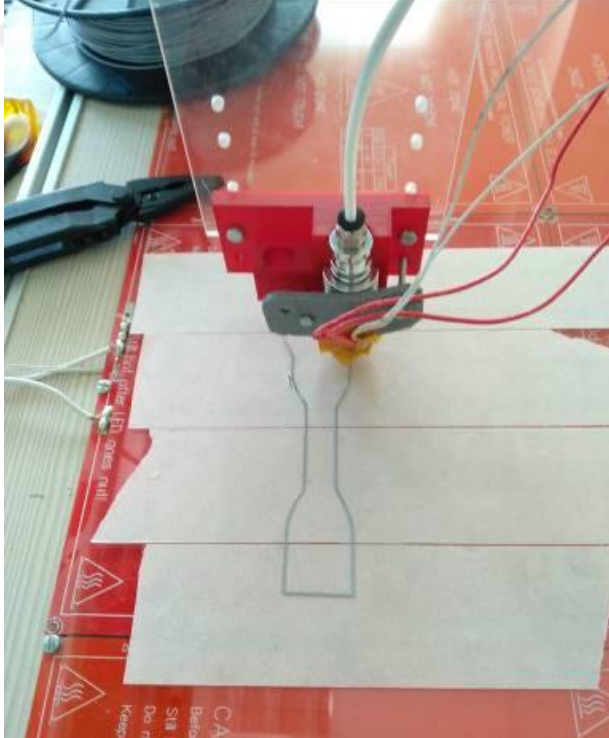
Şekil 3. 65. Z ekseni modülü iii.

Yine bu eksen de kullanılan indüksiyonlu millerin ve traplez milin çapı 8 mm olarak tercih edilmiştir.

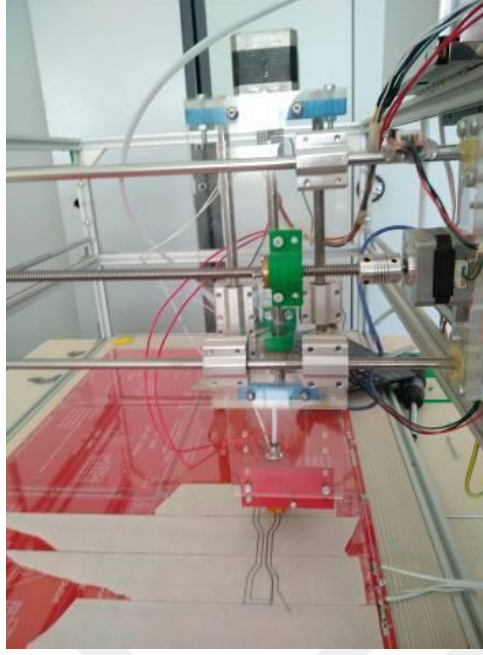
Ekstruder montajı;



Şekil 3. 66. Filament itici sistem.

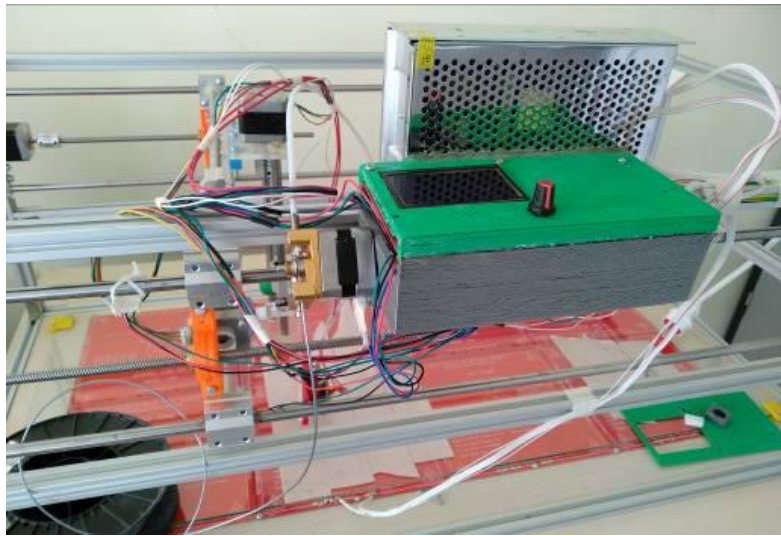


Şekil 3. 67. Baskı ağzı.



Şekil 3. 68. Z eksen baskı sırasında.

Üzerine eritici ağzın montajı yapılacak büyük bir pleksiglas kesim parça da burada bulunmaktadır. Bu pleksiglas parçanın bir tarafında Z ekseninde aşağı yukarı hareketinde kullanılan SC8UU lineer rulmanların ve bir başka 3 boyutlu yazıcıda basılmış olan traplez vida için somun parçasının tutucusunun takılacağı yerler vardır. Diğer tarafta ise yine bir başka 3 boyutlu yazıcıda basılmış olan bir plastik parçanın takılacağı bir yer vardır. Bu plastik parça üzerine ise eritici ağız sistemi sabitlenmektedir. Şekil 3.69.'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 69. Filament itici sistem.

Filaman itici sistemi ise kontrol ünitesi ile güç kaynağının yanına sabitlenmiştir. Filaman itici istemin içerisinde step motor, yaylar, diş açılmış rulman ve plastik flamanı itecek dişli bulunmaktadır. Bu dişli step motorun miline takılıdır kanal açılmış rulmanla bu dişlinin arasına sıkıştırılan filaman teflon borudan geçerek eritici ağza doğru gönderilir.

Isıtıcı tablaların montajı ve camını sabitleme;

Tasarlanan 3 boyutlu yazıcı ABS baskı alanı olarak şuan 200x200mm dir. Bunun yanında ileride geliştirilebilme imkanı da vardır. Toplamda 8 adet MK2B ısıtıcı tabla vardır yazıcıda. Şasenin tabanında bulunan suntalar üzerine bütün ısıtıcı tablaların dış taraflarında kalan yerlerinden vidalanmıştır. Bir tane ısıtıcı tabla ise ABS baskı alınabilmesi için Ramps kartına bağlanmış altına ise anlık ısı değerlerini almamızı sağlayan termokupul konmuştur.



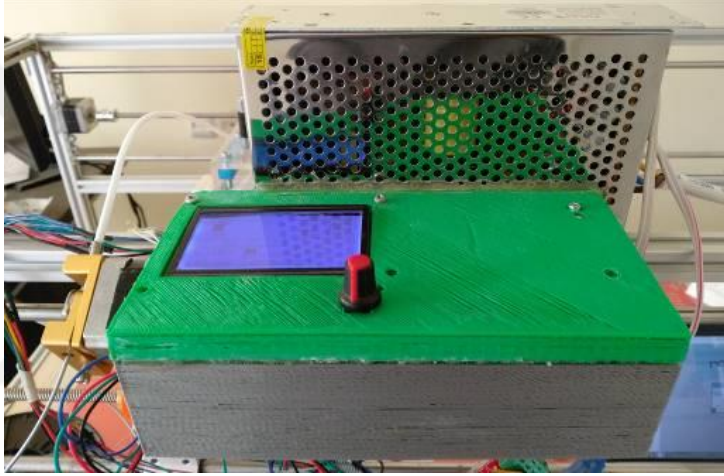
Şekil 3. 70. Isıtıcının tabla üzerindeki camının sabitlenmesi.

Isıtıcı tablaların korunması ve daha pürüzsüz bir yüzey elde edilmesi için 800 x400 mm boylarında kesilmiş 5 mm kalınlığında bir cam tablaların üzerine konmuştur. Şekil 3.70.'de gösterilmiştir. Bu camın sabitlenmesi ise 3 boyutlu bir başka yazıcıdan alınmış plastik parçalar yardımıyla sağlanmıştır.

Ekran ve kontrol ünitesi/kabloları;



Şekil 3. 71. Üç boyutlu yazıcının kontrol ekranı, güç ünitesi ve yazıcının genel görünümü.

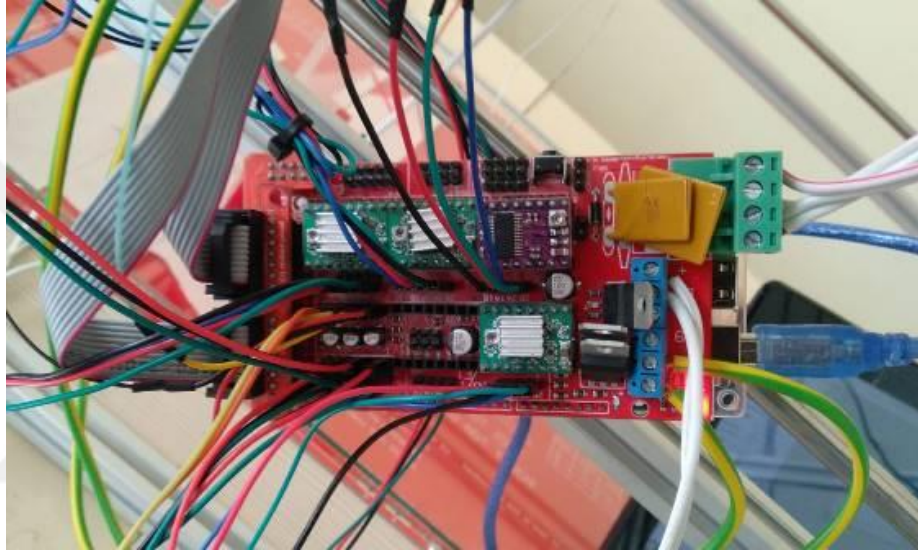


Şekil 3. 72. Üç boyutlu yazıcının kontrol ekranı ve güç ünitesi.



Şekil 3. 73. Üç boyutlu yazıcının kontrol ekranı.

Tasarlanan 3 boyutlu yazıcının kontrol edilmesi ve ihtiyacı olan enerjinin sağlanması adına ihtiyaç duyulan sistem ise yazıcının şasesinin üst orta kısmına sabitlenmiştir. Ekran, Ramps 1.4 kartı ve arduino kartı başka bir 3 boyutlu yazıcıdan alınmış bir plastik kutuya monte edilmiştir. Şekil 3.74.'de gösterilmiştir. Daha sonra bu kutu sigma profile sabitlenmiş gerekli kablolar bu kutudan bütün yazıcıya yayılmıştır. Gerekli gücü sağlayacak olan 12 volt 30 amper güç kaynağı ise bu kutunun üst kısmına dik bir şekilde sabitlenerek gerekli bağlantı ve fiş çıkışları sağlanmıştır.

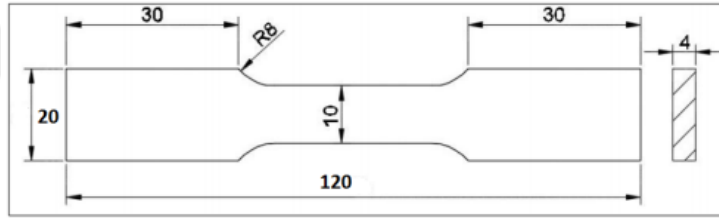


Şekil 3. 74. Ramps 1.4 pinlerin bağlanmış hali.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Deneyler

Üç boyutlu yazıcının baskı kalitesini görebilmek adına imalatı tamamlanan üç boyutlu yazıcıda üretilen numunelere çeki testi yapılmıştır. Standartlara uygun üretilen test numuneleri dört farklı dolgu oranında birer adet imal edilmiştir. Şekil 4.12.'de gösterilmiştir. Test numuneleri 120 mm uzunluğunda 20 mm genişliğinde % 10, % 20, % 40 ve % 60 doluluk oranlarında 1.75 mm kalınlığındaki plaka özelliklerinde filament kullanılarak basılmıştır. Şekil 4.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 12. Çekme numunesinin iki boyutlu çizimi.



Şekil 4. 13. Çekme numunelerinin baskı alınması i.



Şekil 4. 14. Çekme numunelerinin baskı alınması ii.



Şekil 4. 15. Çekme numunelerinin baskı alınması iii.



Şekil 4. 16. Çekme testinden önce numunelerin görünümü i.



Şekil 4. 17. Çekme testinden önce numunelerin görünümü ii.



Şekil 4. 18. Çekme testinden önce numunelerin görünümü iii.



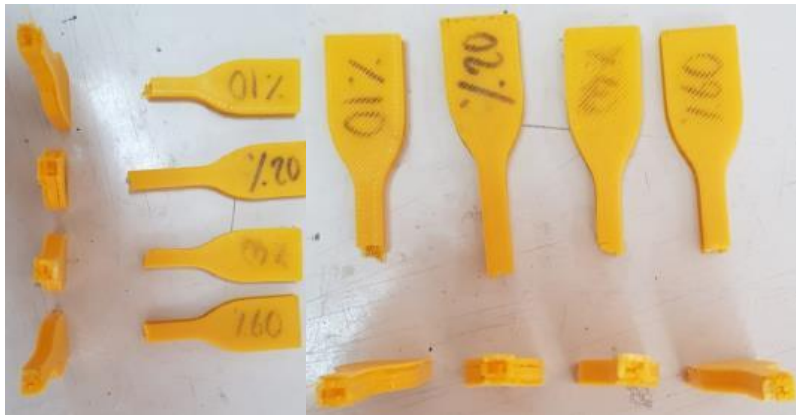
Şekil 4. 19. Shimadzu Universal çekme cihazı.

Deneyler “SHIMADZU Universal Çekme Cihazı” marka model, üniversitemizin mekanik laboratuvarında bulunan cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.19.’da gösterilmiştir.

Yapılan çekme testleri sonucu % 10 doluluk oranında olan test numunesinin dayanabildiği maksimum kuvvet 1073.81 N, % 20 doluluk oranında olan test numunesinin dayanabildiği maksimum kuvvet 1058.93 N, % 40 doluluk oranında olan test numunesinin dayanabildiği maksimum kuvvet 1078.84 N ve % 60 doluluk oranında olan test numunesinin dayanabildiği maksimum kuvvet 1235.84 N olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. 20. Çekme testinden sonra numunelerin görünümü i.



Şekil 4. 21. Çekme testinden sonra numunelerin görünümü ii.

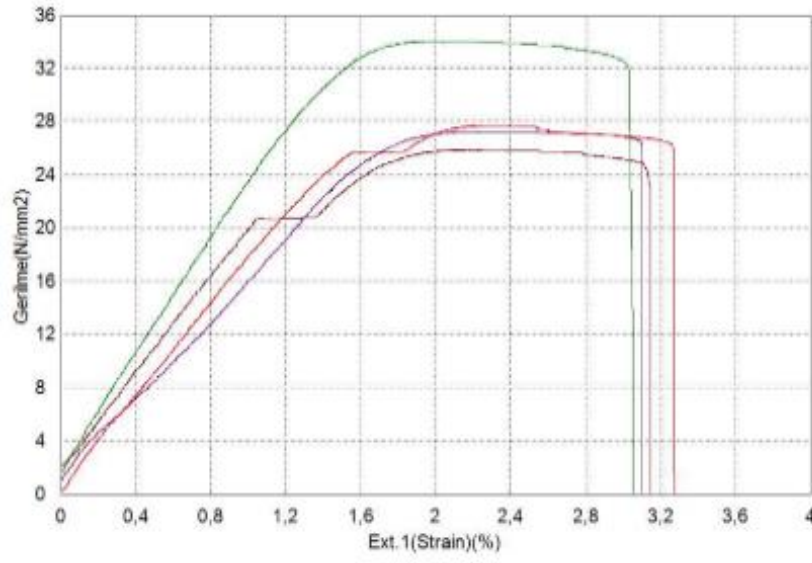
Çizelge 4. 1. Numunelerin çekme testi sonuçları

İSİM	MAKSİMUM KUVVET	MAKSİMUM GERİLME	ELASTİK	MAKSİMUM EKS.(GERİLME)
PARAMETRELER	TÜM ALAN HESAPLAMASI	TÜM ALAN HESAPLAMASI	KUVVET 10-250	TÜM ALAN HESAPLAMASI
BİRİM	N	N/MM ²	N/MM ²	%
%10 DOLULUK	1073.81	27.7040	1887.77	2.254116
%20 DOLULUK	1058.93	25.8780	1792.53	2.16613
%40 DOLULUK	1078.54	27.2359	1623.10	2.22160
%60 DOLULUK	1235.84	34.0450	2364.33	1.98886
ORTALAMA	1111.78	28.7157	1916.93	2.15769
STANDART SAPMA	83.1276	3.63627	317.715	0.11827
ARALIK	176.910	8.16700	741.230	0.26530

Çıkan sonuçlardan görüleceği gibi % 10, % 20 ve % 40 doluluk oranlarındaki baskılardan alınan değerler birbirlerine çok yakın olup ileride basılacak olan baskıların kullanılacağı yer göz önünde bulunularak hammadde, baskı süresi ve enerji olarak kazanç sağlamak adına daha az yoğunluk oranına sahip olacak şekilde baskı alınması tercih edilebilir.

Diğer taraftan ise % 60 doluluk oranına sahip test numunesinde karşımıza çıkan sonuç diğer doluluk oranlarına sahip numunelere göre % 14 daha fazla bir çekme kuvvetine dayanabilmiş olduğu görülmektedir.

Bu değerlerden görebileceğimiz gibi doluluk oranı belli bir eşiği aşmadığı takdirde mamulün mukavemet direncine çok bir katkı sağlayamaz iken o eşiği aşması halinde dayanım mukavemetinde de bir artış olmaktadır. Yine son olarak söylenecek şey ise, burada malzemenin dayanımı klasik imal usullerindeki gibi öngörülememekte. Çok farklı kalemlere bağlı olmaktadır. Bunların başlıca olanları; ürün tasarımı, bunun yanında yük binecek noktalardaki doluluk oranları ve üç boyutlu yazıcıların üretim yöntemleriyle ilgili olarak değişiklik gösterecek olan baskının katlarının ürün tasarımına göre konumu. FDM türü yazıcılarda bir tasarımın bir yüzeyinde elde edilen mukavemet bir başka yüzeyi tablada olacak şekilde baskı alınması sonucu elde edilemeyebilir.



Şekil 4. 11. Çekme testinin grafiği.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada piyasadaki giriş seviyesi yazıcılar ile maliyet olarak yakın ancak baskı hacmi olarak onlardan daha geniş bir yüzey alanına baskı yapabilen yeni bir üç boyutlu yazıcı tasarımı ve imali gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarımlar sonucu bu amaç doğrultusunda uygun olan bir üç boyutlu yazıcı tasarımında karar kılınmış ve bu üç boyutlu yazıcının imali yapılmıştır. Yazıcı için uygun parçalar seçilerek gerekli yazılımla birlikte imalat işlemi gerçekleştirilmiştir. İmalatı yapılan 3 boyutlu yazıcı ile test numune baskıları alınarak çekme deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları cihazın sağlıklı bir şekilde çalıştığını göstermiştir.

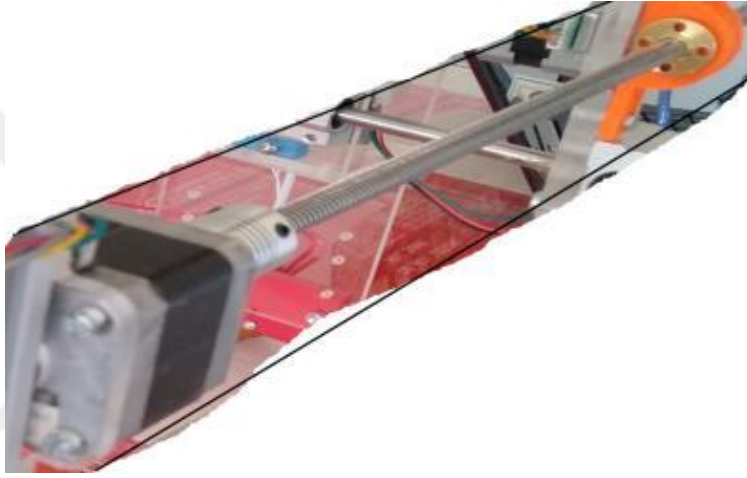
Yapılan tasarımlar sonunda imalatı gerçekleştirilen üç boyutlu yazıcının tasarım sırasında öngörülemeyen bir takım hataları meydana çıkmıştır. Bu hatalardan bahsetmek gerekirse; X ekseninde 10 mm çapında traplez kullanıldığında step motorların yetersiz kalması, büyük baskı alanı karşısında step motorların frekans ayarlarının uygun yapılamaması sonucu step motorların aşırı ısınarak çalışmalarını durdurmaları ve X ekseninde 10 mm çaplı traplez ve 10 mm mil kullanımında 20x20 mm ölçülerinde kullanılan sigma profillerin üzerlerine düşen yük altında esneme yapmaları gösterilebilir.



Şekil 5.1. 10 mm traplez mil.

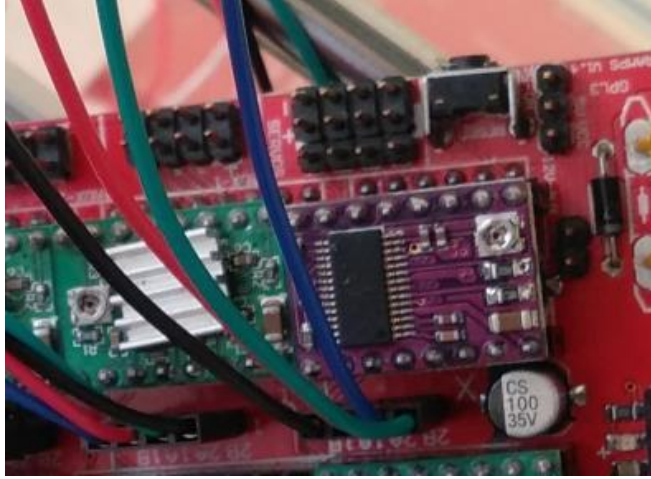
X ekseninde 10 mm'lik traplez vida kullanılması ile step motorların yetersiz gelmesi sorunu meydana çıkmıştır. Kullanılan traplez milin ağırlığının step motorlar

üzerinde ekstradan bir yük bindirmesi, bunun yanında temas noktası alanının da genişlemesiyle artan sürtünme kuvvetleri karşısında sisteme uygun olacağı düşünülen step motorların yetersiz kaldığı görülmüştür. Karşılaşılan bu problemin çözümünün step motorların daha güçlüleriyle değiştirilmesi ile çözülmesi mümkün iken bu şekilde çözmemiz motor maliyetleri bunun yanında sistem elektronik kart, güç kaynağı ve kablolama sistemlerinin de yenilenmesi demek olduğundan maliyet açısından çok daha pahalı bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Biz daha ekonomik olan X ekseninin 10 mm olan traplez mil vidalarının 8 mm olan traplez vidalı miller ile değiştirilmesini tercih ettik.



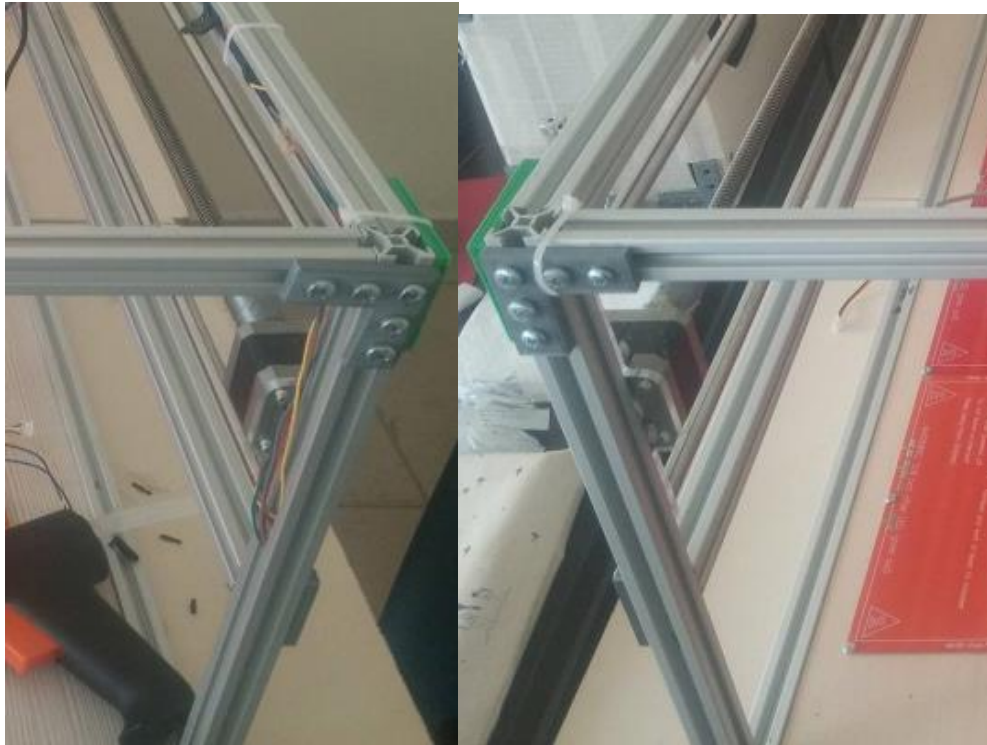
Şekil 5.2. 8 mm traplez mil.

Rams üzerinde bulunan her bir eksen için ayrı ayrı konuşlandırılmış step motor sürücü kartları step motorların beyni olarak tanımlanabilir. Bazı eksenlerin uzunluğunun fazla olması, o ekseninde bulunan step motorların aşırı elektrik çekmesi ihtiyacı doğurmuştur. Tasarım aşamasında planlanan A4988 model step motor sürücüleri bizim cihazımızın ihtiyacı olan enerjiyi sağlamada yetersiz kalmıştır. Burada çözüm olarak DRV8825 model step motor sürücüsünün kullanılmasının yeterli geleceği uygulamalı olarak deneme yöntemi ile tespit edilmiştir. Ve ramps1.4 kontrol kartı üzerinde gerekli değişiklikler yapılarak sistem çalışır hale getirilmiştir.



Şekil 5.3. DRV8825 takılı ramps 1.4 kartı.

X ekseninde 10 mm traplez vidalı mil ve 10 mm indüksiyonlu mil kullanımı sonucu ortaya çıkan ağırlık bunun yanında Y ve Z eksenlerinin de X eksen raylarına binmesi sonucunda bir esneme ortaya çıkmaktadır. Tasarım sırasında 20 x 20 mm sigma kare profiller yerine daha büyük ebatta sigma profillerin kullanılması daha uygun olacaktı. Bu problemin çözümü için ise üç boyutlu yazıcının şasesine ekstradan 20x20mm kare sigma profiller eklenmiştir.



Şekil 5.4. Ara sigma profil destekleri.

5.2. Öneriler

İlerleyen süreçlerde yapılacak çalışmalarda maliyeti düşülürken cihazın rijitliği gözardı edilmemelidir.

Tasarım aşamasında statik ve dinamik mukavemet analizleri daha detaylı yapılarak imalat süreci kısaltılabilir.

Değişik malzeme dökümü yapabilecek yazıcılar yapılabilir.

3 boyutlu yazıcılar ile elde edilen numuneler ile çekme deneyi yanında değişik mekanik testler(bası, burulma, burkulma vb.) yapılabilir.



KAYNAKLAR

- BOYRAZ, B. ve DOLUNAY, A., 2014. Heykel Sanatında Ön Modelleme Aşaması ve Üç Boyutlu Yazıcı Uygulamaları. *Ulakbilge*, 2 (3): 69-80.
- GÖKÇEARSLAN, A., 2017. Üç boyutlu yazıcının grafik tasarım alanına yansımaları. *Fine Arts*, 136-148.
- GÜR, Y., 2017. 3 boyutlu masa üstü yazıcı ile matematiksel bir modelden gerçek bir nesnenin dijital üretimi. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 237-245.
- JAREZ-MESA, R., TRAVIESO-RODRIGUEZ, J.A., CORBELLA, X., BUSQUE, R. and GOMEZ-GRAS, G., 2016. Finite element analysis of the thermal behavior of a RepRap 3D printer liquefier. *Mechatronics*, 119-126.
- KUZU DEMİR, E., B. ÇAKA, C., TUĞTEKİN, U., DEMİR, K., İSLAMOĞLU, H. and KUZU, A. 2016. Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 481-503
- URL-1, <https://www.ytmtarim.com/tr/imalat-y%C3%B6ntemleri/tornalama-i%C5%9Flemi.html>, Erişim tarihi 2 Ocak 2019.
- URL-2, <https://docplayer.biz.tr/51302823-Metal-isleme-teknolojisi-doc-dr-adnan-akkurt.html>, Erişim tarihi 2 Ocak 2019.
- URL-3, <https://www.kisspng.com/png-3d-printing-rapid-prototyping-cilj-nalaganje-fus-1318947/>, Erişim tarihi 2 Ocak 2019.
- URL-4, <https://all3dp.com/>, Erişim tarihi 19 Kasım 2018.
- URL-5, <https://zortrax.com/>, Erişim tarihi 19 Kasım 2018.
- URL-6, <https://ultimaker.com/>, Erişim tarihi 19 Kasım 2018.
- URL-7, <https://www.prusa3d.com/>, Erişim tarihi 19 Kasım 2018.
- URL-8, <http://domoticx.com/arduino-mega-shield-ramps/>, Erişim tarihi 20 Kasım 2018.
- URL-9, <http://osoyoo.com/2017/04/arduino-uno-cnc-shield-v3-0-a4988/>, Erişim tarihi 20 Kasım 2018.
- URL-10, https://reprap.org/wiki/NEMA_17_Stepper_motor, Erişim tarihi 20 Kasım 2018.
- URL-11, <https://3dprinting.com/>, Erişim tarihi 23 Kasım 2018.
- URL-12, <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>, Erişim tarihi 15 Mart 2019.
- URL-13, <https://www.simplify3d.com/>, Erişim tarihi 15 Mart 2019.
- URL-14, <https://www.repetier.com/>, Erişim tarihi 15 Mart 2019.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ufuk GÜNBAL
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ÇANKIRI/16.05.1992
Telefon : 05065958583
E-mail : ufukgunbal@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:Keçiören Fatih Sultan Mehmet Lisesi	2010
Üniversite	:Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü	2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2016	: Bizim Makina	Makina Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce