3D printer

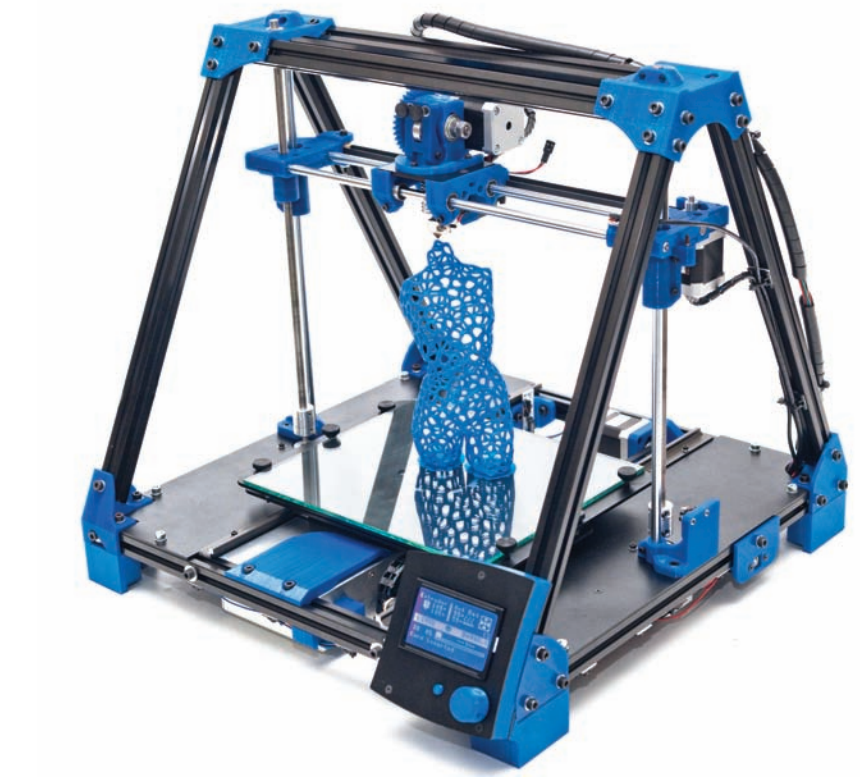
KENDİ YAZICINIZI KENDİNİZ YAPIN!

abaküs

KENDİ FİLAMENT'İNİZİ ÜRETİN



DVD HEDİYELİ











UYGULAMALARLA 3 BOYUTLU YAZICI YAPIMI VE KULLANIMI

Dr. Yavuz Kerem DEMİRBAŞ - Bora ARLI

- 3 Boyutlu Yazıcı Yazılımları ve Örnek Modeller DVD'si ile Birlikte
- 3 Boyutlu Yazdırmanın İncelikleri
- 3 Boyutlu Yazdırmanın Tekniği ve Estetiği
- Daha Kaliteli Baskı Almak İçin İpuçları



3 BOYUTLU YAZICI
YAPIMI VE KULLANIMI

abaküs

abaküs 003

3 BOYUTLU YAZICILAR
Yavuz Kerem DEMİRBAŞ - Bora ARLI
1. Baskı: Şubat 2015
ISBN: 978-605-9129-02-2

Genel Yayın Yönetmeni: Barış Yücel Turan

Kapak ve sayfa düzeni: Cem Demirezen
Satış: satis@abakuskitap.com

Baskı: Deniz Ofset Matbaacılık
Gümüşsuyu Cad. Topkapı Center, Odin İş Merkezi
No: 403/2 Topkapı-İstanbul
Tel: 0212 613 30 06 - Faks: 0212 613 51 97
Matbaa sertifika No: 29652

Bu kitabın bütün yayın hakları Abaküs Kitap Yayın Pazarlama'ya aittir. Yayınevimizin yazılı izni olmaksızın kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz, kopya edilemez, çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.
Kitapta kullanılan logolar, firmaların tescilli logolarıdır.

Selda Ustabaş Demiryakan
Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri
Yayıncılık sertifika no: 31359
Osmanağa Mah. Bahariye Cad. No:37/101 Kadıköy-İST.
www.abakuskitap.com - editor@abakuskitap.com

Tel. : (0216) 418 09 66
Faks : (0216) 418 09 66

Dr. Yavuz Kerem DEMİRBAŞ

1981 yılında Bursa'da doğdu. Cağaloğlu Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra lisans öğrenimini İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde tamamladı. Erasmus programı ile gittiği Kopenhag'da, IT University of Copenhagen'da yüksek lisans tezinin ön çalışmalarını yaptı. Yüksek Lisans'ı Marmara Üniversitesi İletişim Fakültesi İletişim Bilimleri Bilim Dalı'nda "Bir İletişim Formu Bilgisayar Oyunlarında Auteur Oyun Kuramı" konulu teziyle bitirdi. Doktora eğitimini yine aynı bilim dalı altında sürdürürken konuk araştırmacı olarak Utrecht Ünivertesi'nde bulundu. Doktora eğitimini "Bilgisayar Oyunları ve Gerçeklik İlişkisi Çerçevesinde Oyunlaştırma ve Alternatifleri" konulu teziyle tamamladı. Marmara Üniversitesi İletişim Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev almaktadır. "Dijital Fotoğrafçılık" isimli kitabı Pusula Yayıncılık tarafından basılmıştır.

techmort@gmail.com - yavuz.demirbas@marmara.edu.tr
kafaayari.wordpress.com
Twitter: @kafaayari

Bora ARLI

1981 yılında Konya'da doğdu. Lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Uluslararası Bölümü'nde tamamladı. Sosyal Güvenlik Kurumu'ndaki memur olarak çalıştı. Manchester'da dil eğitimi gördü. Profesyonel olarak çevirmenlik kariyerini sürdürmekte, ayrıca üç boyutlu yazıcılar konusunda firmalara danışmanlık hizmeti vermektedir. Müzikle yakından ilgili olan Bora Arlı, güncel olarak Klezmer müziği icra çalışmaları ve tarihi üzerine bir çalışma hazırlığı yapmaktadır.

borreas@gmail.com
Twitter: @borreas_

Teşekkür
Desteği, sevgisi, teşviği hiç tükenmeyen, çalışkanlığı ve hayat karşısında duruşuyla da örnek olan ve hayranlık uyandıran arkadaşım, meslektaşım ve yoldaşım Mine Yıldırım'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Dr. Yavuz Kerem Demirbaş

Teşekkür
Giriştiğim her iş ve uğraşta beni anlayıp destek olan aileme ve kendimi her daim zorlamamı nevi şahsına münhasır diliyle ifade eden dostum Kerem'e sevgilerimi sunuyorum.

Bora Arlı

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ **1**
3 Boyutlu Baskının Tarihi 5
3 Boyutlu Yazıcı Teknolojileri 9
Stereolitografi (SLA) 10
Lazer Sinterleme (SLS) 11
Color-Jet Baskı (CJP) 12
Fused Deposition Modeling (FDM) 12
Multi-Jet Baskı (MJP) 13
Metal Sinterleme Teknolojisi (DMS) 13
Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisi (LOM) 14
DLP (Dijital Light Printing) Teknolojisi 15
6 Eksenli 3 Boyutlu Yazıcı Robot Kol 15

2. 3 Boyutlu Yazıcıların Tekniği **19**
Mekanik 20
Eksenler ve Hareket 20
Miller ve Lineer Rulmanlar 22
Profil, Ray ve Arabalar 23
Dişli Kayış 24
Dişli Kayışa Ucuz Alternatif: Misina ve Örgü İp 25
Saplama (Gijon) ile Z ekseni 27
Vidalı Mil (Lead Screw) ve Bilyalı Mil (Ball Screw) 28
Kremayer Dişli ve Pinyon 29
Delta Yazıcılarda Mafsal Kullanımı 29
Kaplin 31
Extruder ve Sıcak Baskı Ucu (Hot End) 31
Soğuk Uç 32
Sıcak Baskı Ucu (Hot-End) 37
Elektronik 43
Kontrol kartı 44
Güç Kaynağı 50
Sınır Anahtarı (End Stop) 51
Sıcak Baskı Zemini (Heated Bed) 53
Step (Adım) Motor 55
Soğutucu Fanlar 57
3 Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Sarf Malzemeler 58
En Popüler 3D Printer Sarf Malzemesi Olarak ABS Filament 58
PLA Polimeri 60
Özel Filament'ler 62

Yüksek Dayanıklılığa Sahip Materyaller 65
Esnek Filament'ler 66
Çözünebilir Filament'ler 66
Yazılım 67
CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve Modelleme 67
NetFabb ve Meshlab 69
STL Dosya Formatı 70
CAM (Computer Aided Manufacturing) 71
G-Code 73
Bir Dilimleme Yazılımı Örneği: Slic3r 74
Print Settings (Baskı Ayarları) 76
Filament Settings (Filament Ayarları) 84
Printer Settings (Yazıcı Ayarları) 86
Repetier Host Baskı Yazılımı ve Repetier Firmware Yazıcı Yazılımı 88
Repetier Konfigürasyon Aracı Genel Ayarlar 102
Repetier Konfigürasyon Aracı Mekanik Ayarları 104
Repetier Konfigürasyon Aracı Sınır Anahtarı (Endstop) Ayarları 106
Repetier Konfigürasyon Aracı Temperature (Isı) Ayarları 107
Repetier Konfigürasyon Aracı Features Ayarları 108
Repetier Konfigürasyon Aracı (User Interface)
Kullanıcı Arayüzü Ayarları 109
Repetier Konfigürasyon Aracı Download Bölümü 109
Arduino Yazılımı Kurulumu ve Firmware Yükleme 110

3. 3 Boyutlu Yazıcı Yapalım: Kartezyen Yazıcı 117
Malzemeler 122
Uyarılar ve Alınması Gereken Tedbirler 129
Adım Adım Yapalım 129
İncelikler 146
Firmware Ayarları 149
Kalibrasyon ve Sorunların Giderilmesi 156

4. 3 Boyutlu Yazıcı Yapalım: Delta Yazıcı 165
Malzemeler 166
Alet Takımı 166
Plastik Parçalar 166
Ana Kısım 3 Boyutlu Yazdırılabilir Plastik Parçalar 167
3 Boyutlu Yazdırılabilir Extruder Plastik Parçaları 167
Yazıcının Alt ve Üst Akrilik Çerçeveleri 168
Elektronik ve Mekanik Parça Listesi 169
Uyarılar ve Alınması Gereken Tedbirler 173
Adım Adım Yapalım 174

Zeminin Kurulumu 174
Kolların ve Baskı Ucu Platformunun Kurulumu 175
Rayların ve Çelik Millerin Kurulumu 177
Çatının Kurulumu 179
GT2 Kayışların Kurulumu 181
Extruder'ın Kurulumu 183
Baskı Ucu (Hot-End) ve Fanın Kurulumu 186
Sıcak Zemin (Heated Bed) Kurulumu 188
Arduino Devre'nin Montajı ve Kablolama 190
Güç Kaynağının (Power Supply) Arduino'ya Bağlanması 191
Kabloların Toparlanması 192
Delta Yazıcılar için Repetier Firmware Ayarları 193
Delta Yazıcının Kalibrasyonu 198

5. Filament Yapma Makinesi ve Filament Sarma Makinesi 201
Filament Yapma Makinesi 202
Uyarılar ve Alınması Gereken Tedbirler 202
Kurulum 202
Filament Sarma Makinası (Filawinder) 215
Filawinder'ın Plastik Parçaları 218
Filawinder'ın Kurulumu 219
Filament Makinesi ile Birlikte Sarma Makinesinin Konumlandırılması 229
Filament Yapma Makinesinin Çalıştırılması 230
Filawinder Filament Sarma Makinesi'nin Çalıştırılması 231

6. Baskı Alma 233
İlk Baskıda Karşılaşılan Sorunlar 234
Zemin Tutuş Sorunu, Kenar Kalkması ve Çözümleri 235
Nesne Yüzeyinde Noktasal Boşuklar, Delikler 235
Orantısız delikler 236
Yana Yatık Nesneler 237
Baskı İlerledikçe Deformasyonlar 238
Dolgu (Infill) Sorunları 238
Baskıda Kullanılan Teknikler ve Daha Kaliteli Baskı Alma 239
Bridging (Köprüleme) 239
Overhangs (Çıkıntılar ve Negatif Açılı Baskı) 240
Ooze (Akıntı) ve Retraction (Geri Çekme) 241
Örnek Bir Baskı Alalım 242
Baskı Sonrası Yapılacak İşlemler 249
Örnek Baskılar 252
EK1: Repetıer Firmware "Configuration.H" Parametreleri 254

3bFAB

"Bir 3 Boyut Fabrikası"

www.3bfab.com



3 BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNİ TÜRKİYE İLE BULUŞTURUYORUZ!

Size özel 3D yazıcı çözüm önerileri ile Teknoloji danışmanlarımız merak ettiğiniz tüm sorularınıza cevap versin.

Hemen arayın! 0(216)612 0094

Üretim şeklinize en uygun numunenizi ücretsiz gönderelim, üretim kalitesini yakından görün!

Ücretsiz numunenizi gönderelim!

3D yazıcı ailemizden size en uygun olanı önerelim, siz de üretiminize hız kazandırın!

Size en uygun 3D yazıcı ile üretiminizi hızlandırın!

MakerBot formlabs zortrax

ÜRÜNLERİ TÜRKİYE DİSTRİBÜTÖRÜDÜR

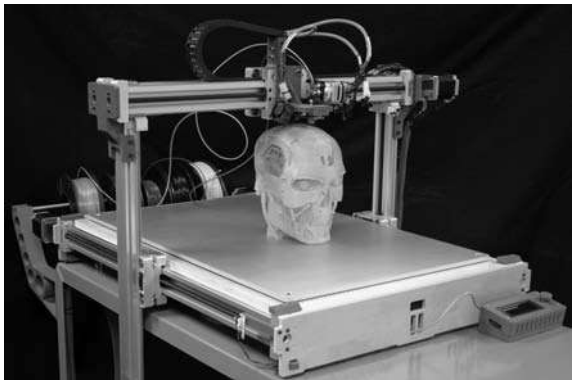
www.3bfab.com

/3bFabrika

1

GİRİŞ

Bilgisayar yazıcısı dendiğinde aklımıza hemen bilgisayarımızın yanında duran, takıp kağıda yazdıklarımızı döktüğümüz şey geliyor. Kağıda elektronik cihazlar yardımıyla mürekkeple veya tonerle bir şeyler yazdırılmasına aşinayız. Ama 3 boyutlu yazıcı dendiğinde kastedilenin nasıl bir şey olduğunu hâlâ birçoğumuz bilmiyoruz. 3 boyutlu yazıcının teknolojik bir imkân olarak insanların hizmetine sunulduğunu belki haberlerden duyduk. Ama masaüstümüzde tıpkı kağıda çıktı aldığımız yazıcılar gibi kullanabileceğimiz, satın alabileceğimiz ucuzlukta bir cihaza dönüştüğünden haberdar olmayabiliriz.



Televizyonlarda 3 boyutlu yazıcılarla silah bile üretilebildiği haberi yer aldığında oluşan şaşkınlık dalgasını belki kimimiz için merak, bazıları için de endişe takip etti. Öte yandan gelecekte 3 boyutlu yazıcılarla insan organlarının insanların kendi hücrelerinden yapılabilme ihtimali duyulduğunda bunun ölümcül hastalıklara çözüm olabileceği düşüncesiyle çoğumuz bir umuda kapıldık.

Umut veren veya endişe doğuran spekülatif haberleri bir kenara bırakıp, işin gerçeğine bakacak olursak; 3 boyutlu yazıcılar artık kullanıcıların erişebileceği uzaklıkta ve ucuzluktalar. Henüz bildiğimiz bilgisayar yazıcıları kadar yaygınlaşmamış olsalar da, yakın gelecekte çevremizde daha fazla 3 boyutlu yazıcı görmeye başlayacağız gibi görünüyor.

Peki nedir bu 3 boyutlu yazıcı dediğimiz şey? Adını duyan herkesin sorduğu meraklı sorulardan ilki budur. 3 boyutlu yazıcılar çeşitli materyalleri birbirine ekleyerek bilgisayarda tasarladığınız veya hazır olarak bulduğunuz nesneleri üretmek veya kopyalamak için kullanılan elektronik ve mekanik cihazlardır. Bu materyaller metal, plastik, çimento, çikolata veya insan hücreleri olabilir. Ortaya çıkan nesne de kullanılan materyalden oluşacaktır. 2 boyutlu yazıcı yazı, grafik, tablo, şekil, illüstrasyon ve benzeri materyalleri kağıt düzlemine aktarırken, 3 boyutlu yazıcı eşyaları, oyuncakları, aletleri, dekoratif malzemeleri, sanatsal tasarımları, işlevsel nesneleri, insan dokularını kullanılan materyallerle oluşturur.



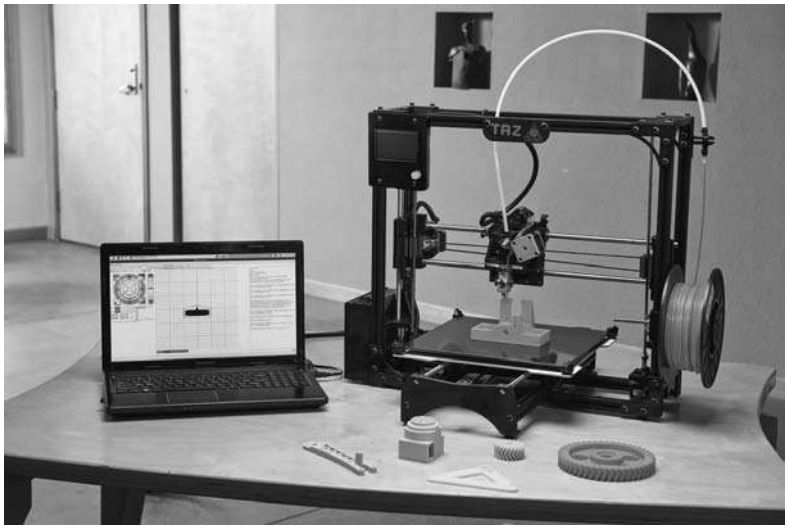
Böyle bir teknoloji neye yarar? Aslında bu garip bir soru, ama hemen herkesin sorduğu ikinci soru da budur. Her şeyi üretme imkânını vaadeden bir cihaz neye yarar sorusunun cevabı ancak "her şeye yarar" gibi sorunun kendisi kadar garip cevap olacaktır. Elbette 3 boyutlu yazıcıların kullanıldığı çeşitli alanlar bulunuyor. Mimarlar ve mühendisler tasarladıkları yapı, makine veya nesneleri basıp önlerinde veya ellerinde görme şansına sahip oluyorlar. Tasarımcılar, sanatçılar tasarımlarını veya eserlerini ete kemiğe büründürüyorlar. Hatta kimileri 3 boyutlu yazıcı teknolojisinden esinlenerek dev makinelerle binalar inşa etmeye çalışıyorlar. Bazıları kendi takısını tasarlayıp takıyor, diğerleri elbise yapıp giyiyor. Sevgililer birbirlerine hazır aldıkları değil kendi düşündükleri ve uyguladıkları özel hediyeler sunuyor. Çocuklar ve ebeveynleri oyuncaklarını evde üretiyor. Kimileri de kapının kolu kırılınca yenisini 3 boyutlu yazıcıda yazdırıp yerine takıyor. Bu gibi örnekler çoğaltılabilir, ancak temelde söylenebilecek şey 3 boyutlu yazıcıların insanların yaratıcılığı ve hayalleri kadar şey sunduğudur. Daha fazlası değil.

Elbette 3 boyutlu yazıcıların beklenenden biraz daha azını da sundukları durumlar mevcut. Şu ana kadar 3 boyutlu yazıcılardan hastalara nakledilebilir bir organ basılmış değil. Elektronik aksamı, camları, motoru yani tepeden tırnağa herşeyiyle 3 boyutlu yazıcıdan çıkmış bir arabaya binmedik. Ancak bugün üretilen nesnelerin birçoğu 3 boyutlu yazıcılarda üretilebilmektedir. Bu nesnelerin kaliteleri, işlevlilikleri ise 3 boyutlu yazıcıların güncel olarak geldikleri aşamayla ilişkilidir. 3 boyutlu yazıcı

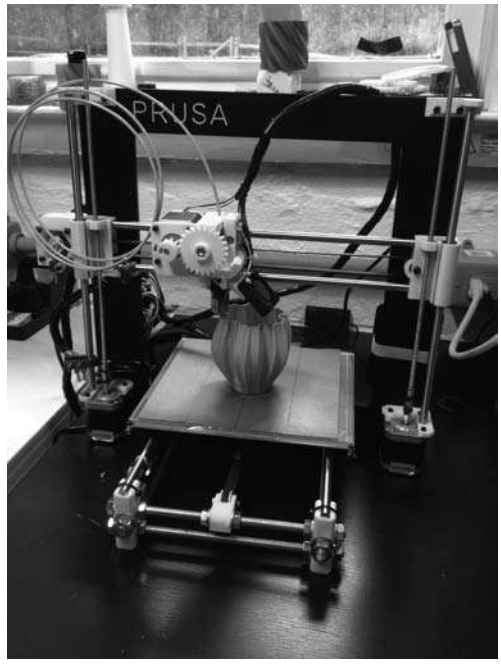
teknolojileri henüz daha tam anlamıyla olgunlaşmış değiller, bu yüzden bizleri nelerin beklediği konusunda da net bir şöylemek zor gibi görünüyor.

Bu kitapta 3 boyutlu yazıcı dünyasına sadece izleyerek ve okuyarak değil, yaparak, uygulayarak ve sonunda da kendi 3 boyutlu yazıcınızı üreterek giriş yapmanız için gerekli bilgileri bulacaksınız. 3 boyutlu yazıcılar satın alınabilir şeyler, ancak bu dünyaya ilk olarak hevesle yazıcı satın alarak giren kullanıcıların birçoğunun yazıcıları, ellerinin altındaki makineyi tam olarak tanımadıkları ve bunla baskı alma tekniğini bilmedikleri için tozlu raflarda durmaktadır. Bu nedenle bu kitapta fiyatları gittikçe ucuzlayan ve son kullanıcıların kullandığı FDM (Fused Deposition Modelling) tipi 3 boyutlu yazıcılara dair teknik bilgiler, yazılımlar, yazıcıda kullanılan elektronik ve mekanik malzemeler hakkında bilgiler de bulunmaktadır.

Düzgün baskı alabilmek için aynı zamanda 3 boyutlu yazdırmada kullanılan materyalleri, bunların özelliklerini de tanımak gerekiyor. İlerleyen sayfalarda bu materyaller de tanıtılacaktır. 3 boyutlu yazdırma bir yapı inşa etmeye benzer. Bu yüzden materyallerin basıldığında nasıl sonuçlar vereceği, neyin nasıl basılması gerektiğini de bilmek gerekiyor. Aksi taktirde yazıcının ucundan beklediğiniz göz alıcı tasarımın yerine şekilsiz plastik bir birikintinin çıktığına da şahit olabilirsiniz. Kitabın baskı alma, yazıcı ayarları, kalibrasyon ile ilişkili bölümleri sizi bu çıkmazdan kurtarma niyetiyle yazıldı.



Elinizdeki bu kitap uygulamalarla kendi makinelerinizi yapmanız için gerekli bilgileri de sunuyor. FDM teknolojisini kullanan 3 boyutlu yazıcı tasarımlarından kartezyen ve delta türü 2 tanesi örnek olarak yer alıyor. İster daha ucuz ve az parçalı standart kartezyen modeli seçin, isterseniz daha deneysel ama hızlı, maharetli ve parçaları kolay bulunan delta modelini tercih edin, adım adım talimatlarla kendi yazı-



cınızı yapabileceksiniz. Yapım süreci yazılım, elektronik ve mekanik konusunda deneyimsiz kullanıcıların da anlayabileceği şekilde adım adım, fotoğraflarla anlatılıyor.

3 boyutlu yazıcıların son kullanıcıya yönelik modellerinde kullanılan en yaygın baskı materyali ABS ve PLA plastiktir. Bu plastikler kabloya benzer şekildedir ve makara halinde satılmaktadır. Plastik filament'lerin fiyatlarının, granül halinde satılan plastikten çok daha yüksek olması bazı kullanıcıların bu imkândan uzakta kalmasına neden olmaktadır. Kitabın ilerleyen bölümlerinde granül plastikten 3 boyutlu yazıcıda kullanılabilir plastik filament üretmeyi sağlayan filament yapma makinesinin ve bu filament'i makaraya sarma cihazının da nasıl yapılacağını bulacaksınız. Böylece filament fiyatlarından korkmaya da gerek kalmayacak, kendi filament'inizi ucuza maledebileceksiniz.

Bu kitapla birlikte sunduğumuz CD'de çeşitli faydalı yazılımlar dışında yapacağınız yazıcılarda ve diğer makinelerde kullanılmak üzere yazdırılması gereken parçalar bulunuyor. İlk etapta başka 3 boyutlu yazıcısı olanlardan veya internet'teki alışveriş sitelerinden bu parçaları yazdırtmanız veya almanız gerekecek. Ancak sonrasında bu parçalarla sınırlı değilsiniz. 3 boyutlu yazıcı dünyası sosyal medya ile iç içedir. Yazdırmaya hazır parçaların bulunduğu çok sayıda site bulunuyor. Bu kitapta anlatılan bilgiler ile bu dünyaya giriş yaptığınızda, yaptığınız ve kullandığınız 3 boyutlu yazıcının sürekli güncellendiğini, kullandığınız plastik parçaların yeni sürümlerinin bu sitelerde yer aldığını göreceksiniz. Artık elinizin altında bir 3 boyutlu yazıcı olduğundan, kendi yazıcınızı da güncelleme, yeni çıkan parçaları basıp eskilerinin yerine koyma imkânına sahip olacaksınız. Yani yazıcınız olduğu yerde durmayacak, kendi kendini tamir edecek ve geliştirecek.

3 boyutlu yazıcıların teknik bilgilerine ve uygulamalara dalmadan önce, öncelikle bu teknolojinin nereden çıktığını, toplumsal yansımalarını ve bu alandaki birbirine alternatif yöntemleri öğrenmek, bu teknolojinin yaratıcı kullanımı ve olanakları hakkında da kendi fikrimizi geliştirmemizi sağlayabilir. Bu kitapta uygulamalarda özellikle FDM teknolojisi üzerine şekillenen son kullanıcıya yönelik yazıcılar üze-

rinde durulsa da, 3 boyutlu yazıcı teknolojileri bununla sınırlı değildir. Bu nedenle bir sonraki bölümde 3 boyutlu yazıcıların kısa tarihi, başka teknolojilerle benzerlikleri ve etkileşimi, son olarak da alternatif 3 boyutlu yazıcı teknolojileri üzerinde durulacaktır.

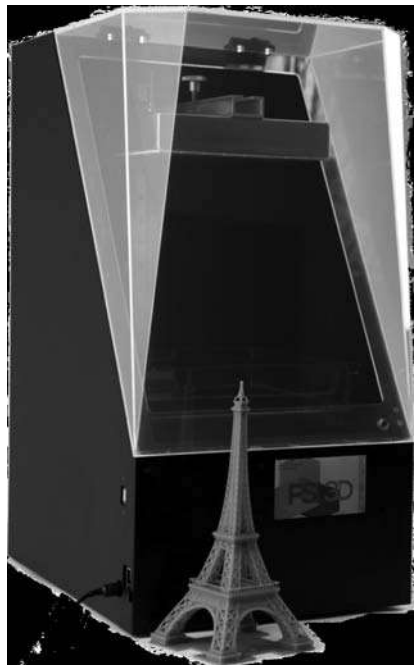
3 Boyutlu Baskının Tarihi

18. yüzyılın ikinci yarısında buhar gücüyle çalışan makinelerin üretimde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte dokuma tezgahlarının çok daha etkili bir üretim aracı haline gelmesinin ardından buhar gücü modern çağın önemli bir simgesi olarak bu sefer 19. yüzyıl başında treni sahneye sokuyordu. 1920'li yılların başlarında ise Henry Ford'un başını çektiği kitlesel üretim ve kitlesel tüketim mantığı üzerine kurulu bant üretim sistemi olarak tariflenebilecek fordist üretim dönemi başlamış oldu. 1940'ların sonlarına gelindiğinde John Parsons'ın icat ettiği sayısal kontrol sistemi de üretim makinalarının önceden elle kontrol edilen süreçlerini tüm değişkenleriyle birlikte bilgisayar aracılığıyla otomatize edilmesine olanak sağlıyordu. Örneğin bu sistemle insan müdahalesi olmaksızın otomatize edilmiş bir torna tezgahıyla basit bir bloktan karmaşık bir forma sahip bir cisim elde edilebiliyordu. Bugün CNC (computer numerical control) olarak bilinen makinenin bu ilk örneği sayısal olarak kontrol edilen bir eksiltmeli üretim sistemidir.



David Jones'un 1974 yılında *New Scientist* dergisinde yayınladığı makalesinde fotonlar aracılığıyla likit monomerlerden katı cisimlerin elde edilebileceğine dair çalışması, 3 boyutlu baskı ve hızlı prototipleme sürecinin fikri düzeydeki başlangıcı oldu.

Gelişim sürecinin başlarında her ne kadar eski teknolojilere oranla daha az kesinlik arz eden bir yapısı olsa da, 3 boyutlu baskı daha karmaşık forma sahip cisimlerin imalatı için elverişli bir teknoloji oldu.



1986 yılında 3D Systems'ın kurucu ortaklarından olan Charles Hulls stereolitografi tekniğini geliştirdi. Stereolitografi (SLA), yüksek hassasiyette 3 boyutlu parçaların üretimi için sıvı plastik malzemenin veya kompozitlerin katı kesitler halinde katman katman CAD (Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım) verilerinden doğrudan üretilmesidir. Kabaca bu süreçten bahsedecek olursak; fotopolimer reçine üzerinde parçanın kesiti lazer ile taranarak reçinenin sertleştirilmesi sağlanır. Z ekseninde tabla bir kat kalınlığında aşağı yönde hareket eder ve lazer tekrar parçanın o kesiti doğrultusunda reçineyi sertleştirir. Bu işlem üretilecek modelin Z yüksekliği kadar devam eder ve bittikten sonra parça yüzeyindeki artık reçineler kimyasallar ile temizlenir. Destekler çıkarıldıktan sonra parçalar UV (ultraviyole) fırınında sertleştirilir. Stereolitografi (SLA) çok ince katman kalınlıkları üretebilme kabiliyetine sahiptir. Bu da parçanın üst yüzeyinde, çok iyi bir yüzey kalitesine sahip olma imkânı verir.

SLA ile hemen hemen aynı yıllarda Teksas Üniversitesinden Dr. Carl Deckard Dr. Joe Beaman, toz halindeki materyali lazer aracılığıyla katılaştırarak 3 boyutlu nesne imal eden SLS (Selective Lazer Sintering) teknolojisini geliştirdiler.

Şu sıralar adına sıklıkla 3 boyutlu baskı teknolojisi olarak duyduğumuz Fused Deposition Modeling (FDM) teknolojisi ise 1988 yılında aynı zamanda Stratasys kurucu ortaklarından olan Scott Crump tarafından icat edildi. Crump'ın bu buluşu, dijital verilerden 3 boyutlu nesneler elde edilmesinin yolunu açıyordu.

Son kullanıcıların da kendi imkânlarıyla yapıp kullandığı 3 boyutlu yazıcıların teknolojisi olan FDM (Fused Deposition Modeling) teknolojisi 1980'lerin sonunda Scott Crump tarafından geliştirildikten sonra 1990'da Stratasys tarafından ticarileştirildi. Bu teknoloji üzerindeki patent hakkının 2009 yılında ortadan kalkmasından sonra geniş bir açık kaynak geliştirme topluluğu hem ticari amaçlı hem de "kendin yap" ("do it yourself", şimdilerde bu anlayışın teknolojik alandaki yansımasına sıklıkla "Make" veya "maker culture" da denmektedir) felsefesine uygun 3 boyutlu yazıcı modelleri geliştirdiler. İşte tam bu noktada "kendin yapçıların" kapısını araladığı özgür yazılım ve özgür donanım dünyasına bir göz atmak anlamlı olacaktır.





Şirketlerin 2000'li yılların başlarına dek patent uygulamaları aracılığıyla FDM ve ilgili teknolojiler üzerinde kurdukları karabasan etkisi kalkınca makina mühendisi/akademisyen Adrian Bowyer'ın kurucusu olduğu RepRap projesi açık yazılım ve açık donanım dünyasına birbiri ardına 3 boyutlu yazıcılar kazandırdı. Düşük maliyetlerle yapılabilen bu yazıcıların en can alıcı özelliği kendini üretebilmesidir. Bu yazıcılar çelik parçalarının dışında kalan işlevsel plastik parçalarının hepsini 3 boyutlu baskı yöntemiyle kendisi elde edebiliyor.

Bir yandan merkez kapitalist ülkeler geçtiğimiz bir kaç yıl içinde 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile insan organı ve uzuvlarının kopyalarını basmak gibi hiç de mütevazi olmayan iddalara yatırım yaparken öbür yandan üretim sektörünün önde gelen sermayeleri pahalı otomobillerin karmaşık parçalarının prototipini üretmek için Ar-Ge departmanlarını zorlamaya başlamışlardı. İnşaat sektöründe ise başta kulağa bir şaka gibi gelse de gerçek bir evin dev bir 3 boyutlu yazıcı aracılığıyla baskısının alındığına tanık olduk. Her ne kadar tıp alanının dünya küresel pazarında önemli bir sektör olduğunu bilsek de, çeşitli etkenlerle kullanılamaz hale gelen bir organın kök hücreler aracılığıyla 3 boyutlu baskısının alınabilmesinin mümkün olması başta sebebi henüz tam olarak bilinemeyen otoimmün hastalıklar ve kanser gibi organları işlevsiz kılıp deforme eden rahatsızlıkların doğrudan çözümünde bize umut olabilir. İmalat sektöründe ise, geleneksel teknolojilerde eksiltme tekniğine ve dolayısıyla fire verme usulune dayalı bir üretim aklının ilgi odağını, hızlı prototiplemenin yolunu açan ve eklemeli bir üretim tekniğiyle çalışan 3 boyutlu baskı teknolojisi çalmış oldu.

İster sanatsal tasarım ister işlevsel bir ürün olsun bir nesnenin 3 boyutlu yazıcılar aracılığıyla birebir kopyasının alınabilmesi, fikri ve sınai mülkiyet bağlamı içinde hukuk dünyasında yeni tartışmaları şimdiden beraberinde getirdi. Bu tartışmaların mülkiyet düzleminde hukuku nasıl şekillendireceği bir yana, sanatın klasik biçimlerinin gelişimindeki tarihsel kırılmalara bakarsak 3 boyutlu yazıcıların kendi gelişim sürecinde hangi ilerlemeci noktaya oturacağını da kestirebiliriz.

Doğayı ve sıradan insanı daha önce hiç olmadığı gibi ve belki de ilk defa ele alan Rembrant ve Rubens gibi ressamların dışında üretildikleri dönemde büyük ölçüde aristokrat sınıfa mensup kişilerin simgesel zenginliğinin ifadesi olarak klasik yağlı boya tablolarının değerinin kaynağı onların biricikliğinden ileri geliyordu. Çoğunlukla şatafatlı mülklerin duvarlarını süsleyen bu tabloların biricikliği de sadece ait oldukları kişilerin duvarlarında olmalarından kaynaklanıyordu. 19. Yüzyılda icat edilen fotoğraf makinesi, eşsizliklerini sanatsal içeriklerinden ziyade sadece bir kişiye ait olmalarından alan klasik yağlı boya sanatının ana akım örneklerinin nostaljik büyüsünü, ilgili tarihsel kesitteki üretim ve mülkiyet ilişkileriyle olan göbek bağına düşünsel bir neşter vurarak ortadan kaldırdı. Dijital fotoğraf sürecinin başlamasıyla birlikte de Da Vinci yahut Rembrant'ın bir tablosunun yüksek çözünürlüklü reprodüksiyonunu maliyetsiz bir şekilde inceleme olanağı elde ediliyordu.





Sonuç olarak fotoğraf teknolojisi, klasik yağlı boya sanatı üzerinden sahip olma yahut elde etme ediminin karşısına ilerlemeci bir biçimde bakmak, görmek ve yeniden anlamlandırmak gibi sanatta özgün bir düşünsel süreci koydu. Klasik yağlı boya sanatı ve fotoğraf ilişkisi üzerine bu kadar uzun uzadıya bahsetmemizin sebebi katı cisimlerle 3 boyutlu yazıcılar arasındaki ilişkiye oldukça benzer olması itibariyle elverişli bir düşünsel zemini bize sunuyor olmasıdır. Özellikle tasarım ürünlerinin biricikliği de günümüzde modern hukukta fikri haklar kapsamı itibariyle korunagelmiştir. Dolayısıyla bir yağlı boya tablosunun, biricikliğini sadece onu elde eden kişide olmasından alarak düzenlenen ürün-müşteri ilişkisine burada burjuva hukuku dolayımıyla bir katman daha eklidir. Lakin görece düşük maliyetli olan FDM teknolojisine ait sıradan bir 3 boyutlu yazıcıyla dahi karmaşık bir tasarım ürününün aslına oldukça yakın bir replikasını almak artık mümkün olduğu için, 3 boyutlu katı cisimlerle aramızdaki ilişki görece dolayımsız hale gelmiş bulunuyor. Bir malın nihai ürün olmasına dek geçtiği; hammaddenin elde edilip işlenmesi, seri bant üretiminde emek girdisiyle karşılaşması ve pazarlama süreçleri dolayımıyla müşterinin eline ulaşana dek geçen tüm süreçlerin neredeyse tek bir aşamada toplandığı üretim sürecini ihtiva eden bir teknolojiden bahsediyoruz. 3 boyutlu baskı, geleneksel üre-

tim biçimi ve ilişkilerinin yeniden ele alınmasını gerektirecek bir potansiyelle birlikte nesneyle kullanıcı arasına girip halihazırdaki ilişkiyi dolayımsızlaştırarak kullanıcıyı söz konusu teknolojiyle olan angajmanı düzeyinde elde etmek istediği ürünün potansiyel bir üreticisi haline getirmiş oldu.

Öte yandan "kendin yap" mantığının, RerRap gibi özgür yazılım ve donanım fikirleriyle 3 boyutlu baskıyı geniş kitlelere açan projelerin önü pekâlâ geçmişte olduğu gibi teknolojinin yeniden endüstrinin elinde merkezileşmesi, patentler veya hammadde bağımlılığı gibi nedenlerle tıkanabilir. Ne de olsa merkezsiz, eşitlikçi ve demokratik bir ortam olarak kurgulanan, olması arzu edilen internet bile kontrol edilebilir, yasaklanabilir bir şey halini almış durumda. Herkese fotoğraf dünyasına girme umudu veren dijital fotoğrafçılık yaygınlaştıkça insanlar kendilerini sanatsal ifadeler içeren fotoğraflarla ifade etmeyi değil sosyal medyayı "selfie" olarak adlandırılan kendi imgeleri ile doldurmayı tercih ediyorlar. Müziğin paylaşımını kolaylaştıran MP3 teknolojisi, plak şirketlerinin tekelini kırma imkânı taşırken, müzik endüstrisi ürünlerini dijital olarak da satarak varlığını sürdürüyor. 3 boyutlu yazıcıların nesnelerle, teknolojiyle ve doğayla aramızdaki ilişkiyi hangi yönde etkileyeceği ise bu gibi tartışmaların sadece teknolojik değil toplumsal temelde ne yönde ilerleyeceği ile de belirlenecek.





3 Boyutlu Yazıcı Teknolojileri

3 boyutlu baskı dünyasında kullanılan farklı teknolojileri; stereolitografi (SLA), lazer sinterleme (SLS), color-jet baskı (CJP), Fusion Deposition Modelling (FDM), multi-jet baskı (MJP) ve metal sinterleme teknolojisi (DMS) olarak saymak mümkün. Her bir teknolojide 3 boyutlu dijital veri alınıp, kullanılan sarf malzeme aracılığıyla katman katman 3 boyutlu katı cisim meydana getirilir. Sistemler kullandıkları sarf malzeme, baskı teknikleri, baskı kapasitesi ve uygulamalarıyla birbirinden ayrılır.

Stereolitografi (SLA)

3D Systems'ın kurucu ortaklarından olan Charles Hulls tarafından 1986 yılında geliştirilen Stereolitografi, yüksek hassasiyette 3 boyutlu parçaların üretimi için sıvı malzemenin veya kompozitlerin katı kesitler halinde katman katman CAD verilerinden doğrudan üretilmesidir.

Stereolitografi teknolojisi, kızıl ötesi ışıkla sertleşebilen materyal ve dijital tasarımı izleyen bir lazer aracılığıyla likit fotopolimerin içinde katı cismin oluşturulması esasına dayalıdır. Destek materyalleriyle baskı yapan SLA sistemlerinin başlıca avantajları baskı hızları ve makineden makineye farklılaşan baskı alanı potansiyelleridir. Stereolitografi sistemleri aynı zamanda farklı geometrik şekillere sahip tasarımları aynı anda hızlı bir şekilde yapma kabiliyetine de sahiptir. Bu parçalar bir prototip yahut kalıp olarak tasarlanmış parçalar olabilecekleri gibi çok amaçlı ürünler de olabilmektedirler. SLA teknolojisiyle üretilen parçalar enjeksiyon sistemlerinde master kalıp, ısıl şekillendirme, hava basınçlı kalıplama ve çeşitli metal döküm süreçlerinde kullanılacak kadar sağlamlardır.



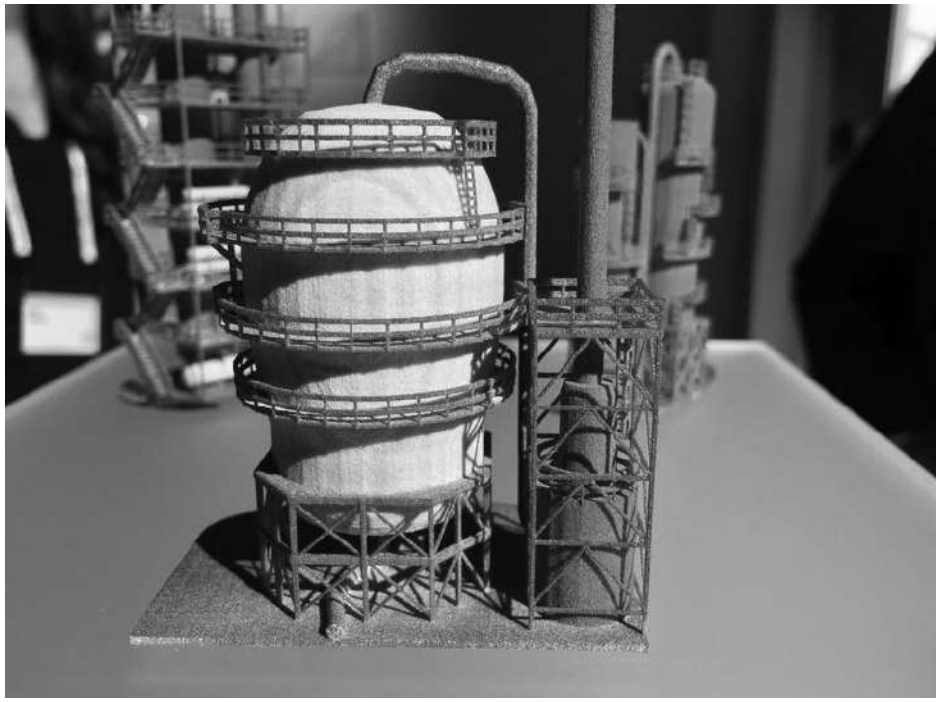
Baskıdan hemen sonra çekilmiş bir SLA yazıcının baskı zemini. Tablada birden fazla objenin bulunduğu dikkatinizi çekti mi?

Lazer Sinterleme (SLS)

SLS, küçük partikülleri birarada tutmak için yüksek güçte bir lazer kullanan bir eklemeli imalat teknolojisidir. Aralarında plastik, metal, seramik, naylon, polistren ve cam tozunun da olduğu geniş bir sarf malzeme listesine sahiptir. Oldukça fazla sayıda parçayı birarada tek bir seferde basabilen bir sistem olan SLS bir çok durum için elverişli bir teknoloji sunuyor. Bunun yanında baskı sırasında parçaların çevresinde toz kullandığı için herhangi bir destek materyaline ihtiyaç duymuyor. Ancak elde edilen baskı deneyimlerinin bir sonucu olarak, SLA teknolojisiyle çalışan sistemlere kıyasla SLS teklolojisiyle baskısı alınan cisimlerin yüzey kalitesinin görece düşük olduğu yönündeki bilgiyi de bu avantajların karşısına koymamız yerinde olur.



SLS baskı sonrasında objenin destek materyallerinden ayrılması süreci.



Color-Jet baskı teknolojisiyle baskısı yapılmış bir obje. İdeal kullanım alanı olarak mimari tasarımların altını yeniden çizmiş olalım.

Color-Jet Baskı (CJP)

CJP, özel bir toz ve bağlayıcı sıvıyla çalışan eklemeli imalat prensibine dayalı çalışan bir 3 boyutlu baskı teknolojisidir. Toz ince bir katman boyunca yazıcının tablasına bir silindir aracılığıyla yayılır. Ardından, likit halindeki renk bağlayıcı yazıcının ekstruder kısmından tozla kaplı olan platforma püskürtülür. Püskürtme aşaması tozun sertleşmesini sağlar. Bu işlem her bir katman için tekrarlanır. Platform her bir aşamanın sonunda bir kat aşağı iner ve tekrarlanan bu süreçlerin sonunda çok renkli bir 3 boyutlu obje elde edilir. CJP teknolojisi renklendirme işlemini baskı sırasında yapabildiği için mimari modeller için daha elverişli bir araçsallık sunuyor.

Fused Deposition Modeling (FDM)



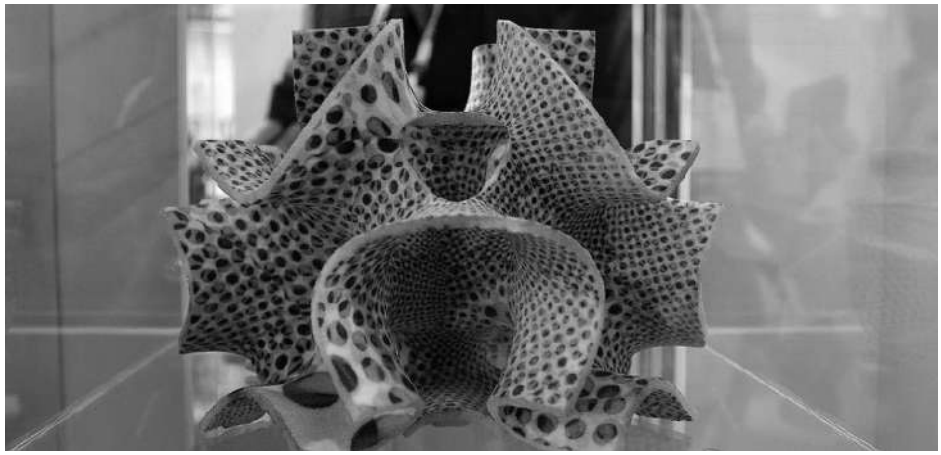
FDM teknolojisini kullanan bir yazıcıyla parçaları basılmış olan bir robot. İşlevsel ürünlerde yetenekli olduğunu belirtmiştik.

FFF (Fused Filament Fabrication) adıyla da bilinen FDM, özgür yazılım ve özgür donanım dünyası içindeki RepRap gibi toplulukların da el atıp özgür tasarımlar ürettiği bir teknolojidir. Bu teknoloji kapsamında çalışan yazıcılar, "hot-end" denilen sıcak baskı ucu vasıtasıyla eritilen termoplastiği (filament) platform üzerine katman katman yerleştirerek 3 boyutlu objeleri ortaya çıkarır. Her bir katman ek soğutma ekipmanı sayesinde de hızlı bir şekilde soğuyarak sertleşir ve bir sonraki katman için uygun bir zemin haline gelir. Bu teknoloji ile baskısı alınan ürünler kullanılan sarf malzemeye göre değişmekle birlikte genellikle oldukça sert ve güçlü bir yapıda olabiliyorlar. FDM teknolojisinde kullanılan sarf malzeme sadece termoplastik türevi materyaller olduğu için ısıl değişkenler burada yüksek bir önem arz eder, zira her bir termoplastik türünün erime sıcaklığı ve camlaşma sıcaklığı birbirinden farklıdır. Dolayısıyla FDM teknolojisiyle çalışan 3 boyutlu yazıcıların, baskısı yapılmak istenilen ürüne uygun seçilmiş bir termoplastiğin (filament) erime sıcaklığına göre ve yine bu erime sıcaklığına uygun sıcak tabla ayarının yapılarak çalıştırılması çok önemlidir. Sonuç olarak plastik aksamları itibariyle kendini üretebildiği için diğer teknolojilere kıyasla çok daha ucuz ve hemen herkes tarafından yapılabilir bir teknoloji olarak FDM'nin yeri özgür yazılım ve özgür donanım topluluğu içinde yer alan insanlar için bir başkadır.

Bu kitapta ilerleyen bölümlerde vereceğimiz örnekler ve birlikte adım adım yapacağımız 3 boyutlu yazıcılar FDM teknolojisini kullanmaktadır.

Multi-Jet Baskı (MJP)

Multi-Jet baskının, likit polimerlerle birlikte mürekkep püskürtme teknolojisine dayanan bir çalışma prensibi vardır. Baskı sonrasında kolayca ayrılabilen destek materyalleriyle yüksek çözünülürlüğe sahip parçalar elde edilebilir. MJP teknolojisiyle baskısı alınan ürünler FDM teknolojisinin aksine işlevsel ve birbirine geçmeli parçalar için oldukça kırılgan bir yapıya sahiptir. Diğer yandan MJP teknolojisinin yeni nesil yazıcılarıyla esnek ve yumuşak yapıdaki nesnelerin baskısı alınabiliyor. Haliyle bu durum kullanıcıya tasarım alanları gibi farklı uygulamalarda kullanılmak üzere lastiksi nesnelerin baskısı için olanak sağlamış oluyor.



Multi-Jet teknolojisiyle çalışan bir yazıcıdan alınan çıktı. Objenin işlevsel bir üründen ziyade bir tasarım objesi olduğu dikkatinizi çekmiştir.

Metal Sinterleme Teknolojisi (DMS)

Metal sinterleme teknolojisi (Direct Metal Sintering, DMS) adından da anlaşılacağı üzere metal baskı mantığı üzerine kuruludur. İlk aşamada yazıcının yatağına yayılan değişik alaşımlardaki ince metal tozları üzerlerinde kullanılan lazer ışını aracılığıyla kaynaştırılarak biraraya getirilirler. DMS teknolojisi öncelikli olarak medikal ve uzay endüstrisinde olduğu gibi yüksek detay gerektiren uygulamalarda kullanılıyor.

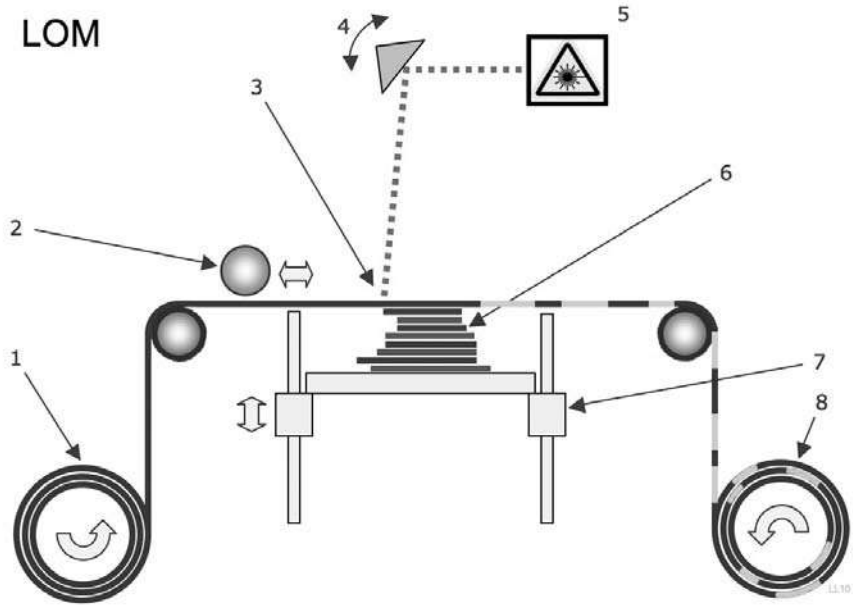


Metal sinterleme teknolojisiyle elde edilmiş bir ürün.

Tabakalı Nesne İmalat Teknolojisi (LOM)

3 boyutlu nesne imal etmenin bir diğer yolu olarak LOM teknolojisi ince levhalar halindeki materyalleri (metal, kağıt, plastik) üstüste koyup her bir katmanda CAD yazılımının verilerini esas alarak yapılan kesim mantığıyla çalışıyor. Süreç yazıcının baskı yüzeyine levha halindeki materyalin yerleştirilmesiyle başlıyor, üzerine sistem tarafından uygulanan yapıştırıcıyla ikinci katman ilk katmana ilave ediliyor ve CAD yazılımının verileri takip edilerek her bir katmanda kesici uç yardımıyla kesim yapılıyor. Bu süreçler model tamamlanana dek her bir katmanda ayrı ayrı uygulanıyor.

LOM (Laminated Object Manufacturing) teknolojisi, materyalleri katman katman üstüste koyması itibariyle eklemeli imalat (additive manufacturing), kesici uç ile bu her bir katmanı keserek çalışması itibariyle de CNC (computer numerical control) teknolojisine yaklaşıyor. Dolayısıyla bu teknoloji zihinsel işleyişi itibariyle CNC ile eklemeli imalat teknolojisi arasında bir yerlerde konumlandırılabilir. LOM'un sarf malzeme olarak kullanabildiği kağıt gibi materyallerin kolay erişilebilirliğinden dolayı ve "kendin yapçılar" için uygun masa üstü yazıcı modellerinin yapımının mümkün olmasından dolayı dikkat çektiği söylenebilir.



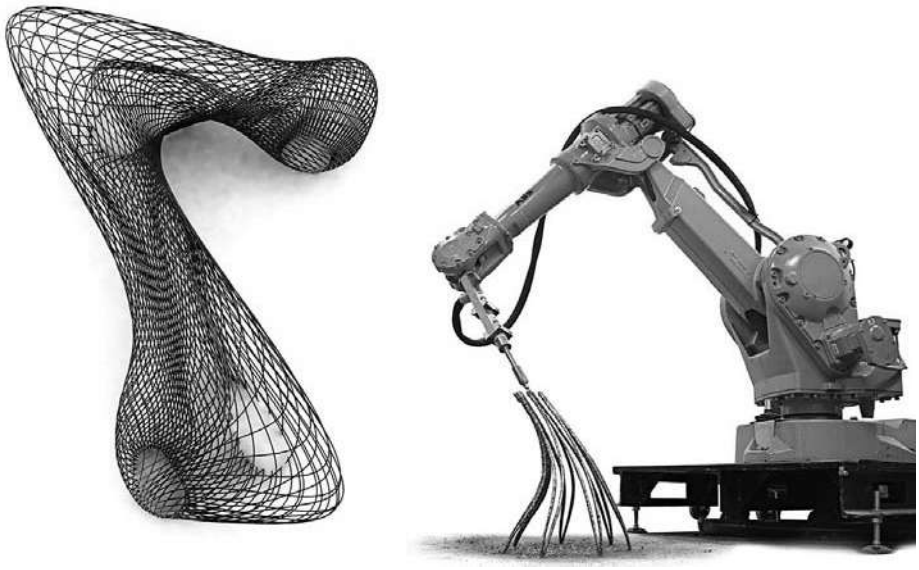
DLP (Dijital Light Printing) Teknolojisi

DLP teknolojisi kendisi de fotopolimerlerle çalışan streolitografi teknolojisine benzer. Bu teknolojiyi stereolitografiden ayıran en belirgin fark, kullandıkları ışık farklarıdır. Ark lambası gibi çoğunlukla geleneksel ışık kaynaklarıyla çalışan DLP teknolojisi likit görüntüleme paneli ya da konumlandırılabilir aynalar aracılığıyla fotopolimer reçinenin tüm yüzeyine tek seferde bir katman oluşturma imkânı sağlıyor. Bu süreci stereolitografi teknolojisinden genelde daha hızlı yaptığı söylenebilir.

Stereolitografi teknolojisinde olduğu gibi DLP'de de mükemmel çözünürlükte ve yüksek doğrulukta parçalar üretilebiliyor. Ancak baskı sürecinde kullanılan destek materyalleri ve baskı sonrası işlemler konusunda bu iki teknoloji de aynı dezavantajlara sahip. Bununla birlikte DLP teknolojisinin stereolitografiye göre avantajı ise baskı sırasında çok daha az reçineye ihtiyaç duyması itibariyle baskı sürecinin daha az atık ve maliyetle sonuçlanmasıdır.

6 Eksenli 3 Boyutlu Yazıcı Robot Kol

Tüm 3 boyutlu baskı ve onlara öncülük eden imalat teknolojilerinde, elde edilmesi istenilen ürün ve insan arasında yine insan tarafından tariflenmiş olan mekanik/elektronik sistemler ve bilgisayar destekli tasarım yazılımları (CAD) oldu. Bu teknolojileri birbirinden ayıran ise ürünle insan arasına giren bu sistemlerin 3 boyutlu baskı süreçlerinde izledikleri yolların farklı olmasıydı.



3 eksende çalışan 3 boyutlu yazıcılar, baskı mekanizmalarının zemine göre konumlanmaları sınırlı olduğundan görece karmaşık bir nesnenin negatif açılı kısımlarında destek materyaline ihtiyaç duyarlar. İşte tam da bu noktada bir zanaatkarın eli gibi konumlanıp bir makine hassaslığıyla çalışan bir robot kol sistemi anlam kazanıyor.

Çoğunlukla montaj sanayisinde kullanılan büyük robot kollardan biriyle bu fikre yakın bir proje gerçekleşmiş durumda. Bir tür jelimsi materyalle çalışan bu 6 eksenli 3 boyutlu yazıcı elde edilecek nesneye bir insan eli gibi her bir açıdan yaklaşıp baskı yapabilme potansiyelini ortaya koyuyor. Şu an her ne kadar eve girebilecek boyutlarda olmasa da bu robotik 3 boyutlu yazıcı kolunun masaüstü versiyonlarının görülebilecek olması kuvvetle muhtemeldir.

robotistan.com

"Türkiye'nin En Büyük Robotik Marketi"

Tüm Elektronik ve Robotik İhtiyaçlarınız İçin Hizmetinizdeyiz!

Bu Kitapta Yer Alan Malzemeler ve Daha Fazlası İçin

















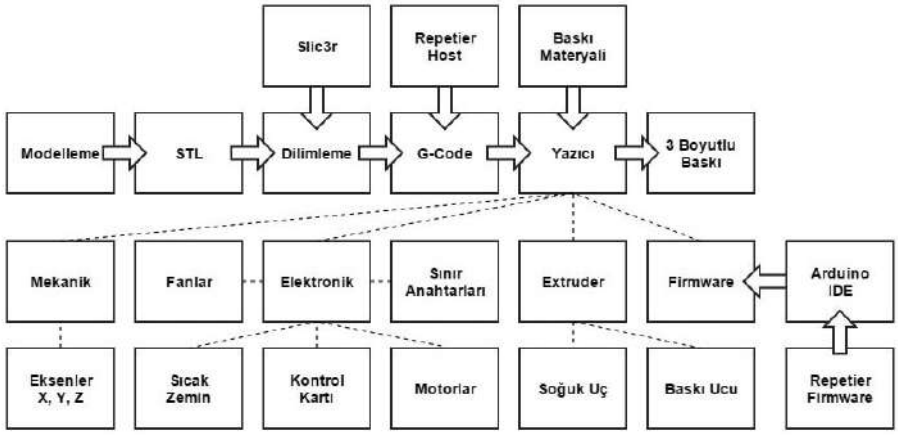
Bomec Robot Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti.
Perpa Ticaret Merkezi B Blok Kat:8 No:1101 Şişli/İstanbul
Tel: 0850 766 0 425
info@robotistan.com

2

3 Boyutlu Yazıcıların Tekniği

3 boyutlu yazıcılar, daha doğrusu kullanımı gittikçe yaygınlaşan FDM teknolojisini kullanan modelleri mekanik, elektronik, yazılımsal ve ısıyla ilişkili bileşenlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır.

Yazıcının plastiği eritip zemine yerleştiren baskı ucunun hareket ettirilmesi için hareketi sağlayacak mekanik düzeneğin kurulması gerekir. Baskı ucuna baskı materyalinin yani filament'in getirilmesi işi de mekanik sisteme dahildir. Baskı ucunda ise plastik eritileceğinden mekanik dışında sıcaklıkla ilgili işlemler de yapılmalıdır. Bu mekanik ve termal düzenek elektronik olarak kontrol edilmektedir. Bu derecede karmaşık bir elektronik bir sistemi kontrol eden tıpkı işletim sistemi gibi bir yazılım bulunmalıdır. Bu yazılım aynı zamanda bilgisayarımızdan da kontrol edileceğinden bilgisayar tarafında da çeşitli yazılımlar kullanılır. Ayrıca bir de basılacak nesnenin dijital olarak oluşturulması için de yazılımlara ihtiyaç vardır. Bütün bu öğeleri 5 ana temel başlıkta toplarsak: Mekanik, baskı ucu, elektronik, baskı materyali ve yazılım... Bu bölümde bu başlıklar altında 3 boyutlu yazıcının tüm parçaları, özellikleri ve incelikleri üzerinde duracağız.



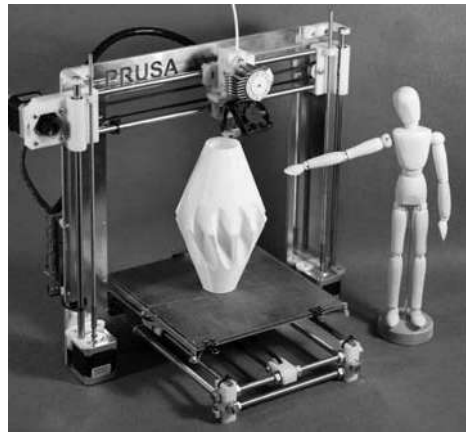
Bir bakışta 3 boyutlu baskı tekniği.

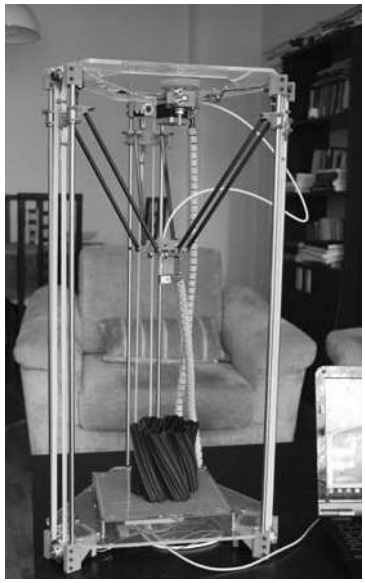
Mekanik

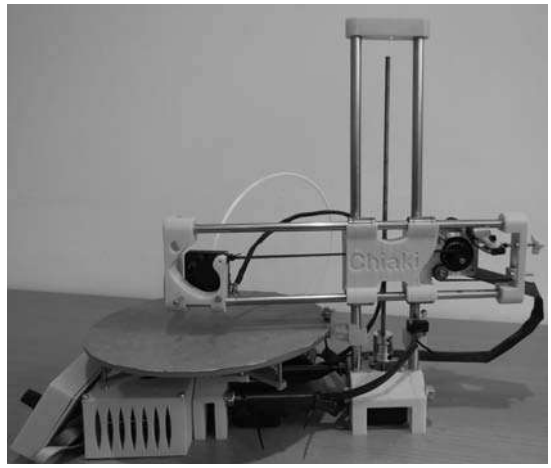
3 boyutlu yazıcıların aslında 2 önemli mekanik bölümü vardır: Eksenleri hareket ettiren mekanizma ve filament'i baskı ucuna taşıyan mekanizma. Eksenleri hareket ettiren mekanizma kolsa, baskı ucu ve onu besleyen parçalar kalem gibidir. 3 boyulu yazıcı robotik bir kolla 3 boyutlu çizim yapan bir cihaz olarak görülebilir. Bu bölümde öncelikle bu robot kol gibi işleyen mekanik bölümü göreceğiz. Baskı materyalinin mekaniz olarak hareket ettirilmesi ve baskı ucundaki işlemleri ise birlikte başka bir başlık altında ele almayı uygun gördük.

Eksenler ve Hareket

3 boyutlu yazıcıların baskı yapabilmesi için öncelikle yazıcının mekanik sisteminin kurulmuş olması gerekir. Bu mekanik sistemin en önemli bölümü de baskı kafasının 3 boyutlu olarak hareket etmesini sağlayan eksenlerdir. 3 boyutlu hareket, yani 3 boyutlu uzayda hareket, basitçe 3 eksende hareket anlamına gelmektedir. 3 eksen, yani X ve Y yatay eksenleri ve Z dikey ekseni kartezyen tipi yazıcılarda doğrudan bu üç eksen üzerinde hareket eden hareketli parçalarla sağlanmaktadır.







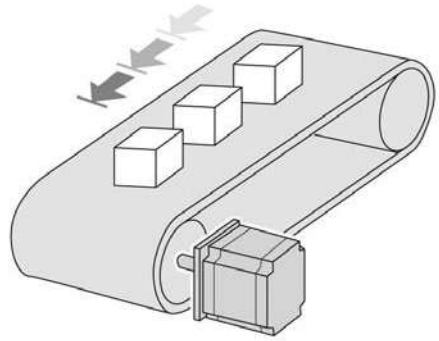
Solda Delta yazıcı,
sağda Kartezyen yazıcı.

Delta yazıcılarda ise bu üç eksendeki hareket, farklı bir mekanik kurgu ile, X, Y, Z eksenleriyle tam olarak çakışmayan üç dikey mekanik eksendeki hareketin baskı ucuna toplam olarak iletilmesiyle elde edildiğinden kartezyen yazıcılardan farklıdır.

Yine baskı zemininin dönmesi ile sağlanan bir başka mekanik kurgu da bulunmaktadır. Bunu ise kilden çömlek yapmaya benzetebiliriz. Baskı için zeminin dönmesinden faydalanılmaktadır.

Ancak temelde tasarım ne olursa olsun mekanik kurgu en az üç farklı doğrultuda hareket sağlayacak şekilde motor, rulman, miller vb. mekanik parçalardan oluşan hareketli sistemler içermektedir.

Bu hareket eksenlerinin sağlanmasında birbirine alternatif yöntemler ve bu yöntemlere uygun olarak da hareketli parçalar bulunmaktadır. Burada en önemli nokta hareketi sağlayan motorların dönme hareketinin doğrusal harekete çevrilmesidir. Dönme hareketi doğrusal harekete çevrilerek baskı kafası eksenler üzerinde hareket ettirilebilir. Bu hareketi sağlamak için birkaç farklı tasarım ön plana çıkmıştır.



Motorun dönme hareketi kayış ile doğrusal harekete çevrilebilir.

Miller ve Lineer Rulmanlar

3 boyutlu yazıcılarda en yaygın olarak kullanılan dikey hareket sağlama yöntemi miller ve bu millere geçirilmiş lineer rulmanlardır. Lineer rulmanlar içi mile tam oturacak şekilde oyuk, silindirik rulmanlardır. İçteki bilyeler hareketin pürüzsüz şekilde gerçekleşmesini sağlar. Çelik millerle birlikte lineer rulmanlar hareketi net bir şekilde fazla sürtünme ve sarsıntı olmadan sağlamaktadır.



Çelik mil üzerinde lineer rulman.

3 boyutlu yazıcılarda 6, 8 veya 10 mm'ye kadar krom kaplı çelik miller ve bunlara uygun olarak lineer rulmanlar kullanılmaktadır. Lineer rulmanlar iç çaplarına göre LM6UU, LM8UU veya LM10UU şeklinde adlandırılırlar. Burada önemli nokta yazıcının boyutu ve eksenlerin taşıyacağı ağırlığa uygun mil çapını seçmektir. 15x15x15 cm ebatlarında bir baskı alanına sahip örnek bir kartezyen yazıcı için 8 mm miller ve LM8UU rulmanlar uygun olacaktır. Lineer rulmanların daha uzun boya sahip veya daha geniş modelleri de bulunmaktadır. Örneğin LME serisinin 8 mm iç çaplı rulmanı LM serisinden farklı boy ve kalınlığa sahiptir. Bu yüzden rulmanların oturacağı yataklarla aynı ebatlarda olmasına dikkat edilmelidir.

Lineer rulmanlar millere takılırken, çeşitli taşıyıcı elemanlar da bu rulmanlara takılır. Bu sayede bu takılan parçalar rulmanlar vasıtasıyla miller üzerinde hareket ettirilir. Örneğin baskı ucu ilk eksen (kartezyen modellerde genellikle X ekseni) üzerinde böyle hareket eder. Bu eksenin kendisi de başka miller ve rulmanlarla başka bir eksene bağlı olarak çalışabilir. Örneğin kartezyen modellerde baskı ucu X ekseni üzerinde hareket ederken, X ekseninin bütünü de Z (dikey) ekseni üzerinde hareket ettirilir. Böylece baskı ucu sağa-sola (veya ileri-geri) ve yukarı aşağı hareket etmiş olur. Kartezyen modellerde baskı zemininin hareket ettirilmesi, yani Y ekseninde hareket de miller ve rulmanlarla sağlanır.

Delta yazıcılarda ise miller dikey olarak konumlandırılır. Miller üzerindeki rulmanlara plastik parçalarla araba yapılır. 3 yöndeki arabalar ortada baskı ucuna bağlanır. Böylece rulmanlar ve araba yukarı aşağı hareket ettiğinde ortadaki baskı ucu hem yanlara, hem de dikey hareketi yapabilmektedir.

Profil, Ray ve Arabalar

Mil ve lineer rulman kullanımına diğer bir alternatif, profil ve profil üstünde ilerleyen araba kullanımıdır. Bu tür kullanımda profil ray olarak kullanılırken, profil üzerine kenetlenecek şekilde tekerlekli bir araba eklenir. Gerek kartezyen gerek delta tipi 3 boyutlu yazıcılarda profil kullanımı yaygınlaşmaktadır. Profiller kalınlıklarına ve sistemin tasarımına bağlı olarak daha stabil bir hareket sağlama potansiyeline sahiptirler. Ayrıca büyük baskı boyutuna sahip sistemlerde ağırlık da boyutla orantılı olarak artacağından, profillerin ağırlık taşıma konusundaki avantajlarından faydalanılır.



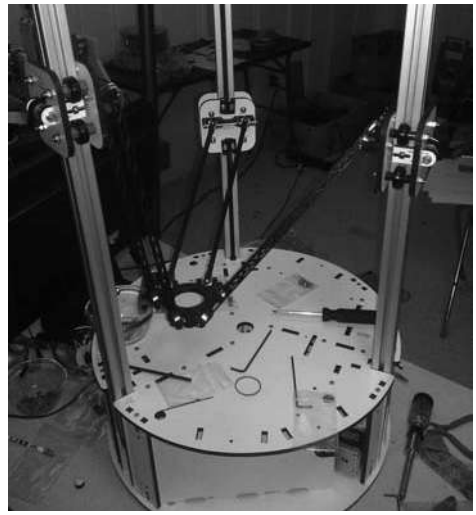
Profil üzerinde araba.



Ray üzerinde araba.

Ray ve araba sistemleri hazır olarak da satılmaktadır. Bu sistemlerde hem taşıyıcı unsurlar hem de hareketi sağlayacak şekilde vidalı miller birlikte bulunur. Ancak bu sistemlerde kullanılan bilyalı mil gibi unsurlar fiyatın artmasına neden olmaktadır.

Buna alternatif olarak profil üzerindeki araba 3 boyutlu yazıcı yardımıyla basılabilir. Buna uygun tekerlekler takılarak hem stabil hem de nispeten ucuz bir sistem kurmak mümkündür. Ayrıca profiller sadece sistemin iskeletini kurmak için de kullanılabilir. Profillerle birlikte mil ve lineer rulman kullanılarak karma bir sistem oluşturulabilir. Özellikle delta yazıcılarda mil ve rulman yerine profil ve teker bulunan tasarımlar da bulunmaktadır.



Delta yazıcıda profil üzerinde tekerlekli araba.

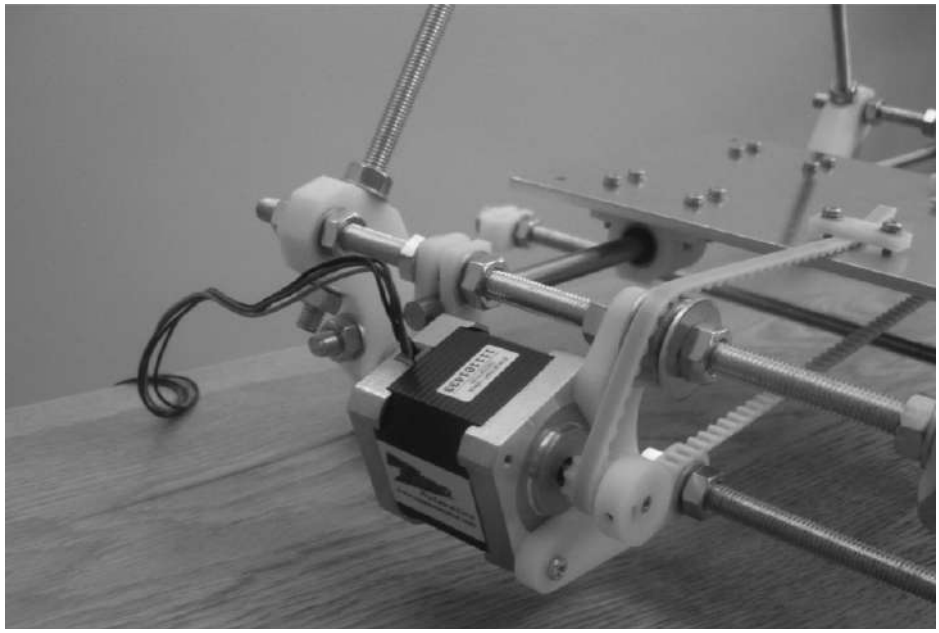
Dişli Kayış

Dişli kayışlar kurulan eksen üzerinde hareketin sağlanması için kullanılmaktadır. Motorun dairesel hareketi kayış sayesinde eksen boyunca doğrusal harekete çevrilir, böylece örneğin baskı ucu X ekseni üzerinde sağa veya sola hareket ettirilebilir.

Dişli kayışlar dikey hareket açısından fiyatları ile performansları karşılaştırıldığında oldukça avantajlıdır. Hareket sırasında fazla ses çıkarmazlar. Hızlı hareket sağlarlar. Ancak kayışın gergin tutulması sağlanmalıdır.

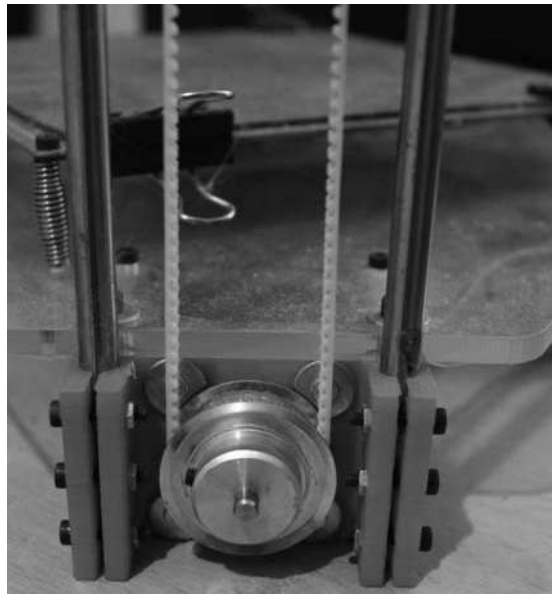
Dişli kayış sistemi motor üzerinde dişli bir kasnağa (triger kasnak) ihtiyaç duymaktadır. Bu kasnak ve zıt noktasına bağlı kayışı geren diğer bir dönen eleman ile kayışa eksenlerden birindeki hareket elemanı sabitlenerek dikey hareket sağlanabilir. 3 boyutlu yazıcılarda rastladığımız diğer bir kullanım yöntemi de dişli kayışın iki ucunun eksendeki iki uca sabitlenmesi ve kayışın gerilecek şekilde motordaki kasnağa yaslanmasıdır. 3 boyutlu yazıcılarda 2, 3 veya 5 mm diş aralığına sahip GT2 kayışlar kullanılmaktadır.

Dişli kayışın gergin kalması için kayışı geren unsurlar kullanılmaktadır. Bunun dışında çeşitli aralıklarla gerginliğin kontrol edilmesi gerekir. Kayışta motorun üstündeki dişli kasnakla en fazla sayıda dişin temas etmesi tercih edilmelidir, aksi taktirde hem güç aktarımı sorunlu olacak, hem de kaymalara imkân verilecektir.



Kartezyen yazıcıda motor üzerinde dişli kasnağa oturtulmuş dişli kayış.

Delta yazıcıların tüm eksenlerinde, kartezyen yazıcılarda ise yatay eksenlerde dişli kayış tercih edilmektedir. Dişli kayışın ağırlık taşımayacağı yatay eksenlerde kullanılmasının nedeni dikey eksende binen aşırı yükün çelik saplama, vidalı mil veya bilyalı mil gibi vida içeren sistemlerde malzemenin kendisine aktarılması, kayış kullanıldığında ise doğrudan motorun miline aktarılmasıdır. Motorların yük taşıma kapasiteleri sınırlı olduğundan yükün taşınmasını motora bırakmak iyi bir tasarım tercihi olmayacaktır. Delta yazıcılarda baskı ucunun bulunduğu platformun ağırlığı 3 ayrı kola bölündüğünden dişli kayış kullanılması büyük problem oluşturmamaktadır.



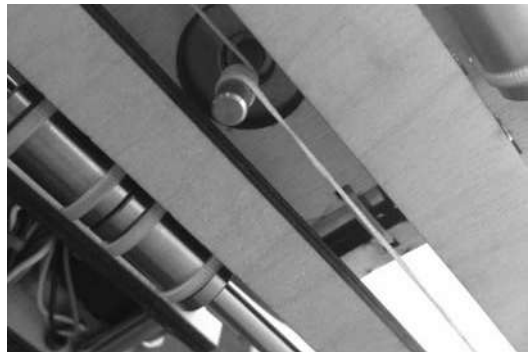
Delta yazıcıda motor üzerinde dişli kasnağa oturtulmuş dişli kayış.

Dişli Kayışa Ucuz Alternatif: Misina ve Örgü İp

3 boyutlu yazıcıların her yerde ve herkes tarafından yapılmasının imkânlı hale gelmesi, bazı sistemlere ucuz alternatiflerin ortaya konmasıyla mümkün olmuştur. Bu alternatiflerden biri de dişli kayış yerine misina kullanımıdır.

Dişli kayışa benzer şekilde kalın misinalar motor miline veya mil üstündeki bir kasnapa sarılabilir. Karşı tarafta da hem misinayı tutacak hem de kaymasını engelleyecek dönen bir parça kullanılabilir. Misina motor miline 5-6 kere dolandığında ve gerginlik sağlandığında kaymadan ve kopmadan uzunca bir süre baskı sağlar. Buradaki avantaj misina bir süre sonra ömrünü tamamlasa bile çok ucuza ve kolayca yenisinin takılabilmesidir.

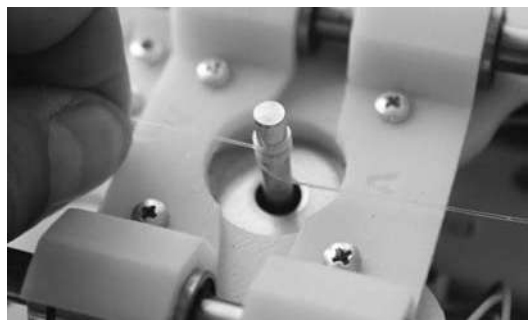
Yine dişli kayış gibi misina eksenlerin uçlarına sabitlenebilir. Bu tür kullanımda motor ve mili ortadadır. Misina motor miline 5-6 kez sarılarak sabitlenir. Misinanın uçlarında kaymaz denizci düğümü yapılır. Bu düğümler vidalı sabitleyicilere takılır. Bu sabitleyiciler vidalanarak sıkıldığında misinanın gerginliği artırılır.



Motor miline sarılı örgü ip.

Misina kullanımında 0.5 mm civarında misina ve örgü ipler kullanılmaktadır. Bu malzemeler balıkçılık malzemeleri satan yerlerden temin edilebilir. Bir kere aldığınızda kullanımınıza bağlı olmak kaydıyla sizi yıllarca idare edebilirler.

Misina ile kurulan sistemler ve dişli kayış kullanan sistemlerde bu dizaynların kullanıldığı eksenler genelde yatay eksenler yani X ve Y eksenleri olmaktadır. Misina veya dişli kayış dikey eksende kullanıldığında, bunlara bağlanan hareketli parçanın ağırlığını motor mili taşımak zorunda kalmaktadır. Motor miline, yerçekiminden dolayı dönme yönünde baskı yapan hareketli araba, hareketi zorlaştırmakta, baskı sırasında adımların kaçırılmasına neden olmaktadır. Dişli kayış kullanan delta tipi 3 boyutlu yazıcılarda baskı kafasının ağırlığı 3 motora bölündüğünden bu sorun bir düzeyde önemsizleşir, ancak kartezyen tipteki bir yazıcıda Z (dikey) eksenin doğrudan misina veya dişli kayışla birlikte kullanılmaması gerekir. Bu eksende saplama, vidalı mil veya bilyalı mil kullanılması daha verimli sonuçlar verecektir.



Motor miline sarılan misina.

Saplama (Gijon) ile Z ekseni

Esasında inşaatta kullanılan, saplama veya gijon olarak isimlendirilen parça 3 boyutlu yazıcı yapan amatörlerin gözdesi olmuş durumdadır. Saplama başı olmayan uzunca bir civatadır. İnşaatlarda yapıyı sağlamlaştırmak amacıyla kullanılır.

3 boyutlu yazıcıların özellikle Z eksenlerinde saplama kullanılabilmektedir. Fiyatının aşırı ucuzluğu ve kolay temin edilebilmeleri nedeniyle vidalı mil veya bilyalı mil yerine tercih edilmektedir. 5 veya 6 mm çaplarında saplama kullanımına sıkça rastlanmaktadır.

Saplama, kaplin ismindeki eleman ile motor miline dikey olarak sabitlendiğinde motorun dönmesi ile saplamanın dönmesi sağlanır. Saplamanın üzerine vidalanıp yerleştirilecek bir somun eğer taşıyıcı bir unsura sabitlenirse bu parça motorun ve saplamanın dönmesiyle yukarı veya aşağı hareket ettirilebilir.

Z ekseni üzerindeki parçaların ağırlığı saplamaya ve motor miline dikey olarak uygulanacağından motorun dönmesi üzerinde büyük bir etki oluşmaz. Ayrıca somun ile saplama dönme engellendiğinde sürtünme ve vida açısı nedeniyle aşağı doğru çok daha az etkide bulunurlar. Z ekseni genelde hep bir yönde dönmesi de buna eklendiğinde dişli boşluğu (backlash) problemleri de asgariye inmiş olur.



Kaplin ile motor miline sabitlenmiş saplama.

Saplamanın vida aralığının dar olması nedeniyle motorun dönme hareketi çok az miktarda bir dikey hareket meydana getirir. Bu da baskı ucunun hızlı hareket etmesi gereken X ve Y yatay eksenlerinde saplama kullanmayı kısıtlar. Ayrıca saplamalar aşınmaya daha meyillidir ve üretimleri gereği kusurludur. Bunun sonucunda özellikle bu eksenlerde kullanılmaları sorunlar doğuracaktır. Öte yandan Z ekseninde kullanılmaları da ucuz ve efektif bir çözümdür, ancak mükemmellikten uzaktır. Saplama inşaatta birleştirici bir şekilde kullanıldığından iki yönden çekilmeye toleranslıdır, ancak sıkıştırılmaya toleransları daha düşüktür. Bu yüzden Z ekseninde aşağıda kullanılması yerine motorun baş aşağı tepeye yerleştirilmesi, taşıyıcı unsurların da saplamaya asılı pozisyonda olması tercih edilebilir. Saplamanın boyunun uzun olması motor aşağı yerleştirildiğinde saplamanın bel vermesine neden olacaktır. Son

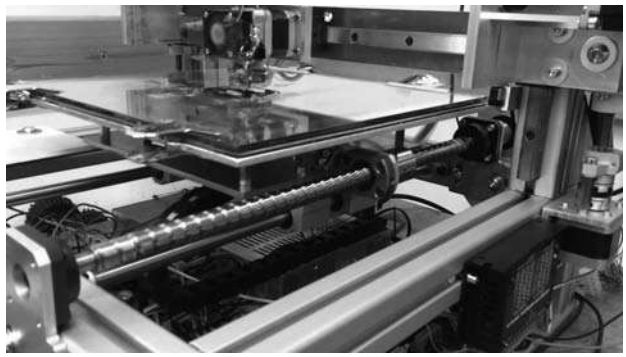
olarak saplama vidalı ve bilyalı millerle karşılaştırıldığında hareketin doğruluğu ve titreşimler açısından problem yaratır. Bütün bunlar göz önüne bulundurularak hesaplı ve küçük ebatlı bir 3 boyutlu yazıcıda kullanılabilirler.

Saplamaların bir diğer kullanımı da 3 boyutlu yazıcının çerçevesinin yapılmasıdır. Burada saplama hareket amacıyla değil yapının kurulup ayakta tutulması ve titrememesi için kullanılır. Bu amaçla saplama kullanılması oldukça ucuz ve nispeten sorunsuzdur. 3 boyutlu yazıcılarda çerçevede 8mm çapında saplamaların kullanımına rastlanmaktadır.

Vidalı Mil (Lead Screw) ve Bilyalı Mil (Ball Screw)

Saplamalar aslında vidalı mil (kurşun vida) veya bilyalı mil yerine kullanılan ucuz alternatiflerdir. Vidalı miller ve bilyalı miller hareket iletimi için üretildiklerinden mekanik sistemler açısından doğru seçimlerdir.

Vidalı ve bilyalı millerin diş aralıkları geniştir, bu yüzden motor fazla dönmeden uzun mesafede dikey hareket sağlanabilir. Sürtünme az olduğundan saplamalara göre aşınmaları da daha az miktardadır. Daha yüksek hızda hareket edebilirler. Bu yüzden de özellikle 3 boyutlu yazıcıların Z eksenlerinde kullanılmaktalar. Daha dayanıklı oldukları için ağırlığın daha fazla olduğu büyük baskı boyutuna sahip 3 boyutlu yazıcılarda daha verimli sonuçlar verirler. Ayrıca dönerek dikeyde itici güç sağlama avantajları nedeniyle CNC tezgahlarında da kullanılmaktadırlar.



Y ekseninde kullanılmış bilyalı mil.

Bilyalı milde kullanılan özel somunların içinde tıpkı lineer rulmanlardaki gibi bilyalar bulunmaktadır. Bu da hareketi kolaylaştırır. Ancak vidalı ve bilyalı milleri X ve Y ekseninde kullanmak yine de hızı dişli kayışlara oranla düşürecektir.

Delta yazıcılarda da dikey olarak konumlandırılmış 3 eksende vidalı ve bilyalı miller kullanılabilir. Bu şekilde hem dikey olarak yerleştirilen hareketli parçaların ağırlığı daha kolay taşınarak motor üzerindeki baskı ortadan kaldırılacak hem de 3 eksen birlikte hareket ederek baskı ucunu yönlendirdiğinden hız konusundaki sorun hafifletilecektir.

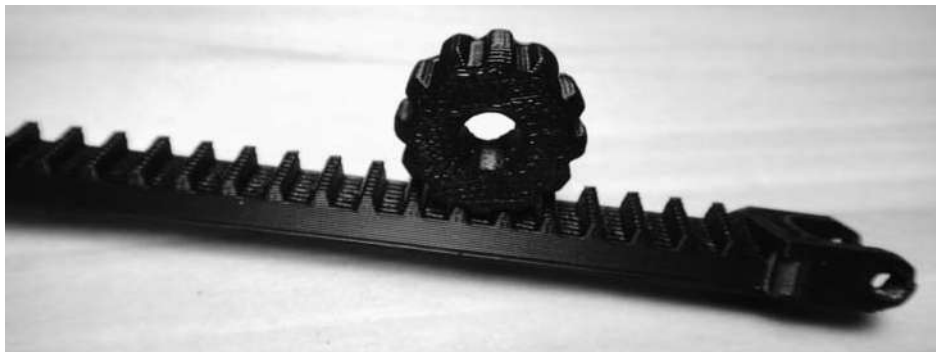
Kremayer Dişli ve Pinyon

Kremayer dişli üzerinde dişler olan düz bir satıh olarak tanımlanabilir. Pinyon ise buna uygun olan dişli çarktır. Bu dişli çark motora bağlanarak kremayer dişlisine monte edildiğinde dairesel hareket dikey harekete çevrilebilir.

3 boyutlu yazıcılarda kremayer dişlisi birkaç farklı şekilde kullanılmaktadır. Örneğin Y ekseninde alta yerleştirilmiş kremayer dişlisi baskı alanını pinyon ile hareket ettirilebilir. Veya X ekseninde millerle birlikte de kullanılabilir. Genelde X ve Y eksenlerinde kullanılması daha uygundur.



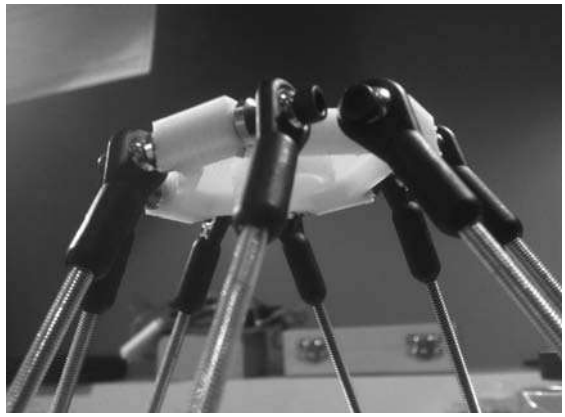
Krameyer dişlisini 3 boyutlu yazıcıdan çıktı alarak kullanmak da mümkündür. Ancak bu ucuz ama baskı açısından sorunlar doğurabilecek bir çözümdür. Metal kremayer dişlisi plastik baskısından daha kusursuz yapıda olacaktır. Öte yandan metal kremayer dişlisinin fiyatı da yüksektir.



3 boyutlu yazıcıdan basılmış kremayer dişlisi ve pinyon.

Delta Yazıcılarda Mafsal Kullanımı

Delta yazıcılarda 3 dikey eksene bağlı arabaların hareketi ortadaki baskı ucuna aktarılarak X, Y ve Z eksenlerinde ortak olarak hareket sağlanır. Bu dikey hareketin baskı ucuna aktarılması için daha önce saydığımız mekanik parçalardan farklı olarak mafsal kullanmak gerekmektedir.



Baskı ucunu tutan platformu taşıyan 6 çubuk ve mafsallar.

Mafsal ya da başka bir deyişle eklem, bağlanan parçaların eksenleri çakışmasa bile serbest hareket edebilmelerini ve hareketin bu koşullarda da aktarılabilmesini sağlayan mekanik bir parçadır. Delta yazıcılarda arabaya bağlı çubukların hem dikey hem yatay hareket etmesi gerekmektedir. Bu yüzden hem araba bağlantısında hem de baskı ucu bağlantısında mafsala ihtiyaç duyulur.

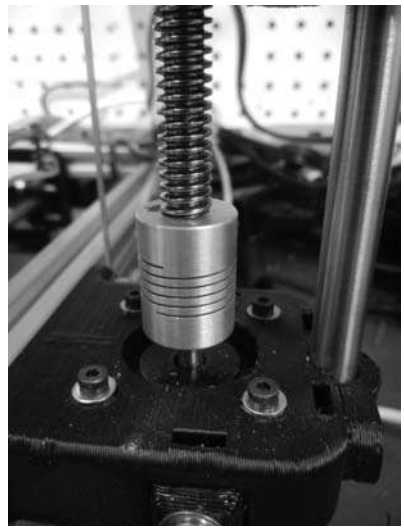
Delta yazıcılarda hazır alınabilecek mekanik veya manyetik mafsallar dışında yine 3 boyutlu yazıcıdan çıktı alınmış mafsallar da kullanılmaktadır. Manyetik mafsallar mekanik olanlardan farklı olarak eklemleri birleştirmek için iki uçta mıknatıs kullanımına dayanmaktadır. 3 boyutlu yazdırılmış mafsallar mekanik mafsallar gibi işlemektedir, ancak baskıda kusurlar bulunma olasılığı ve plastiğin tabiatı itibariyle metal parçaları olan mafsallara yönelmek akıllıca olacaktır.



3 boyutlu yazdırılmış mafsallar.

Kaplin

Kaplin motor milini saplama veya vidalı millere bağlamaya yarayan parçadır. Hazır olarak alınabileceği gibi 3 boyutlu yazıcılardan da bastırılabilir. Hatta bir parça plastik boru ve 2 kelepçe ile de kaplin üretilebilir. Burada önemli nokta motor ve milin eksenlerinin kaymaması ve rahatça ve uyumlu şekilde dönmelerinin sağlanmasıdır.



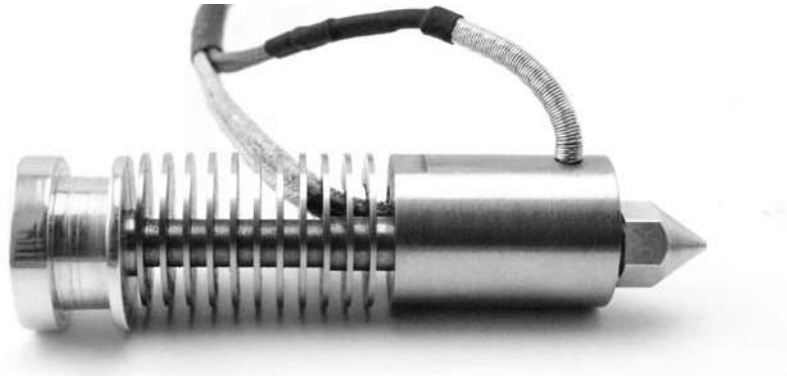
Motor mili ve vidalı mili bağlayan kaplin.

Extruder ve Sıcak Baskı Ucu (Hot End)

Extruder mekanizması yazıcının baskı materyali ile meşgul olan kısmıdır. Eksenler ve eksen motorları robot bir kolsa, extruder plastikle yazan otomatik bir kalemdir. Extuder'ı da iki ana bölüme ayırabiliriz. Plastiği alıp hareket ettirmekle ilgilenen kısmına soğuk uç (cold-end), plastiği eritip basmakla ilgilenen kısma sıcak uç veya baskı ucu (hot-end) denir.

Baskı materyali (filament) extuder'ın soğuk ucunda motora bağlı kasnak yardımıyla itilerek sıcak uca doğru götürülür. Sıcak ucun üst kısmında nispeten soğuk bir bölgeden giriş yaparak alta doğru ilerler. Bu sırada ısınır ve en sonunda baskı ucu memesine ulaşır. Plastik materyal baskı memesinde baskı sıcaklığına ulaşır ve tamamen eriyerek ince bir delikten çıkış yapar.

Extruder'da mekanik parçalar dışında elektronik parçalar da bulunmaktadır. Bu nedenle bir önceki bölümle bir sonraki bölüm arasında geçiş sağlamak da amacıyla mekanik kısımdan başlayıp elektronik kısma doğru anlatacağız.

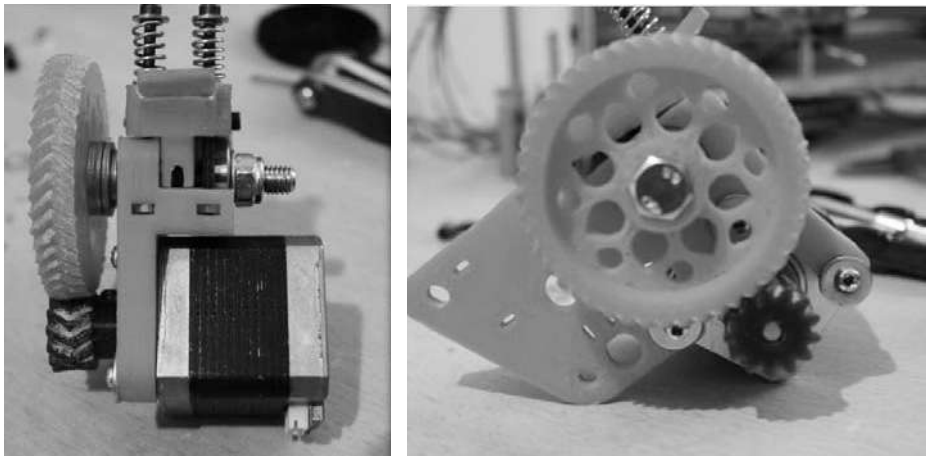


Pico baskı ucu.

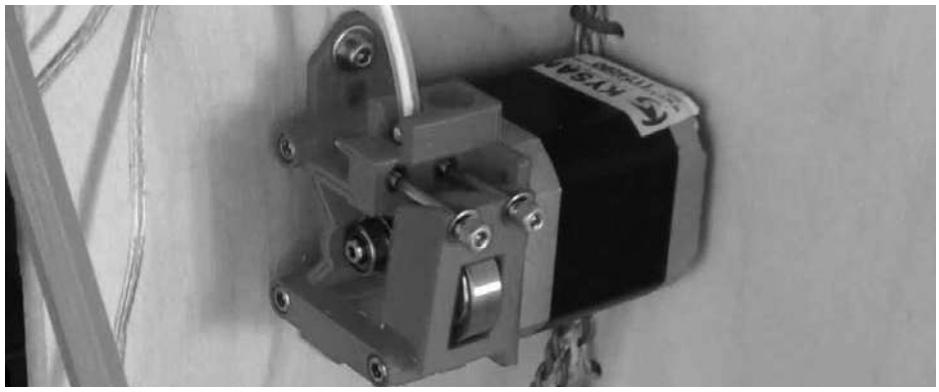
Soğuk Uç

Extruder mekanizmasının soğuk tarafında extruder motoru bulunur. Motora takılı veya dişlilerle bağlanmış duran filament itici bir kasnak yer almaktadır. Dizayna göre değişmekle birlikte filament'i alıp sıcak uca kadar götüren teflon boru ve yine opsiyonel olarak bu borunun iki tarafında pnömatik rakor bulunur.

Extruder mekanizmalarının alternatif tasarımları bulunmaktadır. Motorun filament'le nasıl ilişkilendirildiğine bağlı olarak dişli sistemli extruderlar (geared extruder) ve direkt itici sistemler (direct drive extruder) diye ayrılmaktadır. Öte yandan extruder'ın soğuk ucunun ve sıcak ucunun arasında mesafe varsa, bu sistemlerde bowden kablosu (teflon boru) kullanılmaktadır ve bowden kablolu extruder (bowden extruder) denmektedir. Bu farklı ayrımların farklı kombinasyonlarına göre çok sayıda extruder tasarımı bulunmaktadır.



Bir dişli extruder modeli.



Bir direct extruder modeli.

Filament İtici Kasnak (Tahrik Dişlisi)

Sıcak uca baskı materyalinin itilebilmesi için baskı motorunun filament'i bir şekilde tutarak ya teflon boruya ya da doğrudan baskı ucunun başlangıcına sürmesi gerekmektedir. Bu işlem için temelde iki farklı yöntem kullanılmaktadır:

Birinci yöntem filament'i itecek motora doğrudan bir filament sürücü kasnak takmaktır. Bu kasnak etrafında filament'i kavrayıp tutacak şekilde tırtıklı bir oluk bulunan bir yüzük olarak düşünülebilir. Bu parçaya tahrik dişlisi de denmektedir. Filament bu parça üzerindeki olukla bir rulman arasına sıkıştırıldığında, motor döndüğünde filament'in de ilerlemesi sağlanır. Bu iş için MK7 veya MK8 Drive Gear kullanılabilir. Bu tip extruder'lar "direct drive" olarak anılmaktadır.



Doğrudan filament sürücü kasnağı.



Oluklu vida.

İkinci yöntem ise bir dişli sistemi ile motorun itiş gücünün artırılmasına dayanır. Bu dizaynda motor miline takılan bir kasnak yerine motordan ayrı duran, benzer şekilde üzerine dairesel oluk açılmış bir vida (hobbed bolt) kullanılır. Motora küçük bir dişli, bunun karşısına denk gelecek şekilde tırtıklı oluğa sahip vidaya ikinci ve daha çok dişe sahip, büyük bir dişli takılır. Motor döndüğünde küçük dişli büyük dişliyi döndürür, büyük dişli de vidayı döndürür, böylece vida ve bir rulman arasına sıkıştırılan filament baskı ucuna doğru sürülmektedir. Bu tip tasarımlarda kullanılan dişliler ve sistemi tutan yapının kendisi yine 3 boyutlu yazıcılardan baskısı alınan plas-

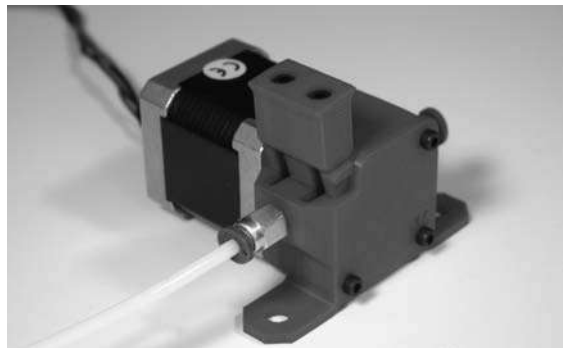
tik parçalarla üretilmektedir. Oluklu vida ve dişli kullanan extruder'lara "dişli extruder" (geared extruder) denilmektedir.

İlk sitemin avantajı az sayıda parça ile, sadece hazır alınmış rulman ve oluklu kasnak gibi dayanıklı metal parçalara dayanarak filament'in hareketinin sağlanmasıdır. Dezavantajı ise filament doğrudan motor hareketiyle sürüldüğünden motorun torkuna yani itiş gücüne daha çok bağımlı olmasıdır. Düşük torklu bir motorla sorunlar yaşanabilir.

İkinci sistemin avantajı dişli sistemi sayesinde yüksek torka ihtiyaç duymamasıdır. Ancak dişliler 3 boyutlu yazıcıdan alındığından ve plastik olduğundan kullanımla birlikte metal parçalara kıyasla daha çabuk aşınırlar. Dizaynın daha komplike olması beklenmeyen mekanik sorunlara da yol açabilir. Öte yandan plastik parçaların yenilerinin ve yedeklerinin aynı 3 boyutlu yazıcıda basılma imkânı bu sorunun önüne bir miktar geçer.

Pnömatik Rakor (Pneumatic Fitting)

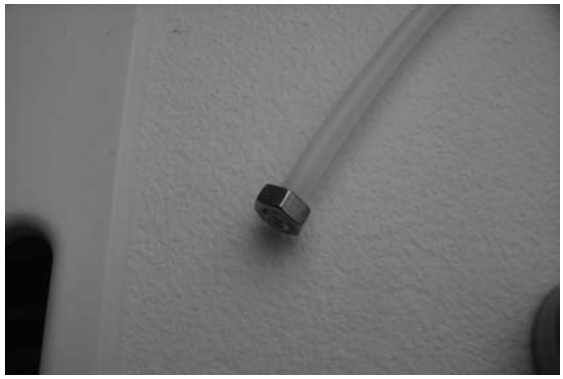
Pnömatik rakor bir tarafında vida dişleri, diğer tarafta boru bağlanabilen bir kıskaç mekanizması olan içi delik bir parçadır. Pnömatik rakorun bir ucu sıcak uca, örneğin J-head tipi bir sıcak uca vidalanır ve diğer taraftaki mekanizmaya da teflon boru oturtulur. Pnömatik rakorun tasarımı nedeniyle teflon borunun buradan kurtulması mümkün değildir. Pnömatik malzemeler satan bir firmadan temin edilmesi mümkündür.



Pnömatik rakor ile bowden kablosu bağlanmış bir extruder.

Pnömatik rakor temin edilemediği durumlarda ucuz bir alternatif olarak somun kullanılabilir. Teflon borunun bir ucu kalemtraş yardımıyla hafifçe sivriltilir ve buraya borunun çapına uygun bir somun vidalanır. Somunlar takıldıktan sonra elbette soğuk uçta ve sıcak uçta bu somunların sabitleneceği iki noktanın da tasarlanması ve uygulanasına ihtiyaç olacaktır. Bu tarz bir kullanımın dezavantajı somunun bo-

runun içinde baskı oluşturarak filament'in hareketini ve sonuçta da baskıyı zorlaştırmasıdır. Ayrıca somun sıcak uca yakın veya içine girecek şekilde yerleştirildiğinde ısındığından filament'in erkenden şişmesine ve hareket etmemesine neden olabilir.



Somun vidalanmış bir bowden kablosu.

Üçüncü bir yöntem de bir kelepçe mekanizması ile boruyu sabitlemektir. Ancak bu üç yöntem arasında en yaygın, kolay ve sağlıklı olanı pnömatik rakor kullanımıdır.

Soğuk uç ve sıcak ucun birbirine yakın olduğu, arada bowden kablosu (teflon boru) olmayan extruder tasarımlarında filament, motor ve itici kasnak yardımıyla doğrudan sıcak ucun içine itildiğinden pnömatik rakora ihtiyaç duyulmamaktadır.

Teflon (PTFE) Boru

Teflon borular erime sıcaklıkları 260-327 derece arasında değişen sıcaklığa dayanıklı PTFE materyalinden yapılan çeşitli çaplarda borulardır. 3 boyutlu yazıcılarda teflon borular iki şekilde kullanılmaktadır: Extruder'ın yani baskı alma mekanizmasının soğuk ucunda (cold end) veya sıcak ucunda (hot end).

Soğuk uçta teflon boru bowden kablosu (bowden cable veya bowden tube) olarak kullanılır. Bowden kablosunu temel işleme prensibi doğrusal hareketin aktarılmasıdır. Yani kablonun içinden geçen materyal bir ucundan itildiğinde diğer ucuna kadar hareket aktarılacak ve diğer uçta baskı oluşacaktır. Bowden kablosu bisiklet frenlerinde fren kablosunun çekilerek baskının fren balatalarına aktarılması veya fotoğrafçılıkta kablo deklanşörlerde kablo sonundaki düğmenin itilmesiyle diğer yönde deklanşöre basılması şeklinde kullanılır. 3 boyutlu yazıcılarda ise bowden kablosunun bir ucundan filament beslemesi sağlanır ve kablonun diğer tarafındaki sıcak uca ulaştırılarak baskı yapılır. Bowden kablosunun kullanılması ile baskı mekanizmasının motoru ve filament itici kısmı içeren soğuk ve baskı ucunu içeren sıcak kısımları birbirinden ayrılmış olur. Bunun avantajı da ağır olan soğuk ucu sistemin üstüne

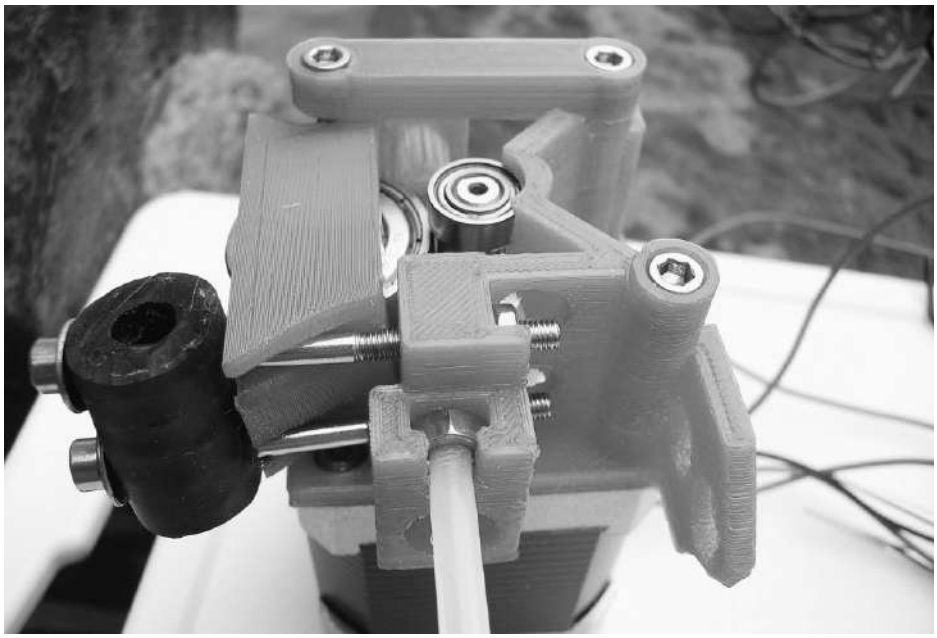
yerleştirme zorunluluğunun ortadan kalkmasıdır. Sistemin eksenleri üzerine sadece nispeten hafif sıcak uç yerleştirilir. Bu şekilde işleyen extruder sistemlerine bowden extruder denmektedir.

Sıcak uçta teflon boru sistemin içinde kullanılır. Örneğin J-head tipi sıcak uçların içinde filamenin giriş noktası ile eriyerek çıktığı nokta arasında teflon boru yerleştirilmektedir. Bu sayede hem sürtünme azaltılır hem de sıcak uç fazla ısındığında teflon boru şişerek baskı alınmasını önler. Ayrıca sıcak ucun içinde bu iki noktanın arasında teflon boru kullanılmasıyla herhangi bir plastik sızıntısının önlenmesi de amaçlanmaktadır.



Teflon (PTFE) boru ve içinden geçen filament.

Teflon borular çeşitli iç ve dış çap değerleriyle satılmaktadır. Baskı için kullanılan filament'in çapına göre 2 veya 4 mm iç çapa sahip teflon borular satın alınabilir. 2 mm iç çap için örneğin 3 veya 4 mm dış çapa sahip, 3 mm iç çap için de 4 veya 5 mm dış çapa sahip teflon borula bulunabilir. Dış çapın ne kadar olması gerektiği sisteminizin tasarımına göre değişir.



Teflon boruların soğuk veya sıcak uca sabitlenmesi gerekmektedir. Aksi taktirde filament'in doğru bir şekilde aktarılması ve diğer uçta baskı oluşturması mümkün olmaz. En efektif yöntem pnömatik rakor (pneumatic fitting) kullanımıdır. Diğer bir yöntem ise boruyu vida gibi bir somunun içine vidalamaktır.

Soğuk uç ve sıcak ucun birbirine yakın olduğu extruder tasarımlarında filament, motor ve itici kasnak yardımıyla doğrudan sıcak ucun içine itildiğinden soğuk uçta teflon boruya ihtiyaç yoktur.

Sıcak Baskı Ucu (Hot-End)

Baskı ucu veya sıcak uç, yazıcının en önemli parçasıdır. Tasarımı, yapımı, çalışması açısından en hassas ve bazı açılardan en güçlük çıkaran parçadır. Baskı ucu belli bir sıcaklıkta kalarak kendine ulaşan filament'in erimesini sağlar ve filament'in itiklenmesi ile de baskı zeminine platikten çizgiler çizmeye başlar. Hiçbir oynar parçası olmamasına rağmen çalışması en karmaşık işleyen parça budur, çünkü burada işin içine sıcaklıkla ilgili fizik kanunları girmektedir. Mekanik sistemleri doğru parçalarla ve doğru yazılımlarla imal ettiğinizde bekleneni problemsiz gerçekleştirirler. Elektronik parçalar da sorunsuz çalışırlar. Ama plastiğin sıcak uçta doğru noktada doğru ısıda olması, takılmadan ilerlemesi, akıcı ve yapışkan halde zemine ulaşıp yapışması hem kimyasal hem de termodinamik bir süreç olup amatör olarak 3 boyutlu yazıcı yapanlar için üzerinde en çok tartışılan konudur.

Baskı ucunu kısmen sıkıntılı bir konu haline getiren şeylerden biri de üretiminin çok sayıda işlem gerektirmesi, "kendin yap" anlayışı içinde yazıcıyı yapan tarafından üretilmesinin zanaatkarlık gerektirmesidir. Baskı ucundaki parçaları kendi imkânlarımızla yapmak için torna tezgahıyla ve benzer makine ekipmanlarıyla yoğun bir şekilde haşır neşir olmuş olmak zorundayız. Öte yandan sıcak ucu hazır almak mümkündür, belki de en mantıklısı da budur.

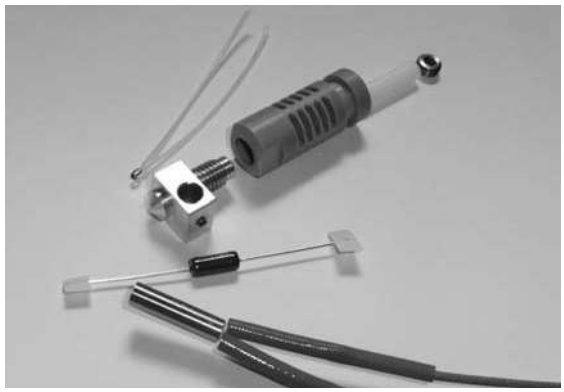
Bu nedenle bu bölümde sıcak ucu hazır olarak temin ettiğimiz koşullarda işleyişini daha iyi anlayabilmek, daha iyi kullanabilmek, elektronik parçalarının yazılıma tanıtılmasında kolaylık sağlamak amacıyla bilgiler sunulmaktadır.



Bütünüyle metal olan bir sıcak ucun parçaları.

Kullanılan materyallere ve tasarıma göre çok sayıda farklı baskı ucu bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı J-Head'dir. Baskı materyalinin (filament) uca

giriş yaptığı yerden itibaren parçaları şöyle sıralayabiliriz: PEEK boru, teflon boru (PTFE), alüminyum blok, baskı memesi. Alüminyum blok üzerinde ısıtıcı bir direnç ve ısı ölçen bir termistör bulunmaktadır. Isı kaybını önlemek için de genelde alüminyum blok çevresine kapton bant (ısı yalıtımlı bant) sarılmaktadır. Bazı metal baskı uçlarında PEEK ve içinde teflon boru kullanılmamaktadır. Şimdi bu parçaları tek tek ele alalım.



Standart bir sıcak ucun parçaları.

PEEK Boru

PEEK (Polyether ether ketone) üç boyutlu yazıcılarda sıcak uçta kullanılan 343 derece sıcaklığa kadar dayanabilen termoplastik materyaldir. Sürtünmesi teflon borulara (PTFE) göre daha yüksek olduğundan sıcak uçta PEEK içine teflon boru yerleştirilir ve filament bu teflon borudan geçer. PEEK borular sıcak ucun aluminyum parçasından önce yalıtıcı olarak kullanılmaktadır.

Sıcak ucun üst kısmında sıcaklığın birikmemesi için çeşitli modellerde PEEK üzerine kanallar ve delikler açılarak ısı kaybı artırılmıştır. Sıcak uçla birlikte fan kullanıldığında alüminyum blok kısmı istenilen baskı sıcaklığına çıktığında PEEK olan üst kısım soğuk kalmaya devam eder. Aksi taktirde PEEK'in çok yüksek sıcaklıklara çıkması yumuşama ve erimelere neden olabilir ve sonuçta sıcak uç kullanılmaz hale gelebilir.



J-Head sıcak uçlarında kullanılan PEEK boru.

PEEK materyali en çok J-Head tipi sıcak uçlarda kullanılmaktadır. Alternatif bir sıcak uç tasarımı tamamen metalden yapılabilir ve bu durumda PEEK kullanımına gerek kalmaz.

Sıcak Uçta Baskı Memesi (Nozzle) ve Alüminyum Blok

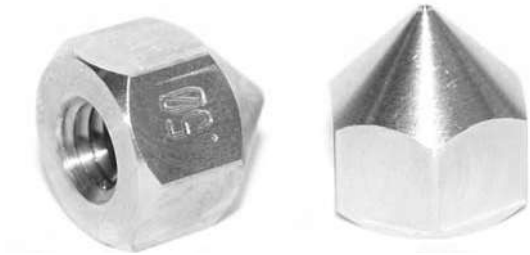
Baskı ucunun en önemli öğelerinden birisi de baskı için ısıtılan ve sıcaklığı ölçülen alüminyum blok ve bunun da ucundaki baskı memesidir (nozzle). Alüminyum bloğun baskı materyalini eritecek sıcaklığa ısıtılması için içine veya bitişik şekilde direnç yerleştirilir. Yine ısının ölçülmesi için bu parçanın üzerinde açılacak oyuğa veya bitişik olarak termistör (ısıl direnç) yerleştirilir. Bu iki öğenin alüminyum blok içinde olması daha sağlıklı bir ısınma ve sıcaklık ölçümü sağlayacaktır. Bu yerleştirme işleminden sonra ısı yalıtımı amacıyla Kapton bant kullanılarak parça sarılır.



Baskı ucunda kullanılan aluminyum blok.

Alüminyum bloğun ucunda bütünleşik olarak veya çıkarılıp takılabilir bir parça olarak baskı memesi (nozzle) bulunur. Baskı ucunun soğuk üst kısmından giriş yapan filament içerde baskı memesine (nozzle) kadar itilir. Bu arada ısınan plastik baskı memesinde eriyerek akışkan hale gelir. Son olarak sicim olarak baskı memesinden çıkarak katmanları oluşturan çizgilerin basılması sağlanır. Baskı memesinin ucundaki oyuğun çapı önem taşımaktadır. 3 boyutlu yazıcılarda 0.3 ile 0.5 mm arasında deliğe sahip baskı memeleri kullanılmaktadır. Baskı memesinin delik çapı aynı zamanda baskı yapabileceğiniz katman kalınlığını, yani bir anlamda çözünürlüğü, baskı kalitesini de etkilemektedir. Ayrı olarak da satılan baskı memeleri genelde pirinç metalinden üretilmektedir.

Alüminyum bloğun ve bütünleşik veya bloğa vidalanacak şekilde tasarlanan memenin üretilmesi oldukça zor bir yapım süreci gerektirmektedir. Bu parçalar tornada üretilmektedir ve uzmanlık gerektirir. Amatör anlamda kendi 3 boyutlu yazıcısını üretecek son kullanıcılar için en kolay yöntem sıcak ucun hazır olarak temin edilmesidir. Aksi taktirde bir tornacıyla veya makinacıyla uzun vakitler geçirmeye ve parçayı hazır almaktan daha fazla ödeme yapmaya hazırlıklı olmalısınız.



Aluminyum bloğa takılan baskı memesi.

Termistör (Isıl Direnç)

Termistör ısı ölçümünde kullanılan, temelde aldığı ısı miktarına göre değeri değişen bir dirençtir, kısaca ısıl direnç de denmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda sıcak ucun en önemli bileşenlerinden biri de termistördür. Termistör sıcak baskı zeminlerinde de kullanılmaktadır. Baskı öncesinde ve baskı sırasında sıcak uç veya sıcak yatağın sıcaklığının ölçülerek belli bir değere çıkarılması ve bu sıcaklıkta tutulması gerekmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan materyalin, örneğin plastiğin erime değerine ulaştırılması ve bu değerde sabit sıcaklıkta baskının sağlanması için termistöre ihtiyaç duyulur.

Termistörde sıcaklığın değişimi ile direnç değeri değiştiğinden, dirence bağlı olarak değişen akımın ölçülmesi mümkün olur. PTC (Isı etkisi ile değeri artan direnç) ve NTC (Isı etkisi ile değeri düşen direnç) tipinde termistörler bulunmaktadır. 3 boyutlu yazıcılarda NTC tipinde (Isı etkisi ile değeri düşen direnç) termistörler kullanılmaktadır. Kullanılan dirence ait hangi değerin hangi ısıya denk düştüğünü gösteren sıcaklık tabloları ile ısı ölçümü yapılması mümkün olur.

3 boyutlu yazıcılarda Epcos 100K B57560G104F termistör kullanımına sıklıkla rastlıyoruz. Ancak RS 10K gibi termistörler de kullanılmaktadır. Burada önemli nokta kullanılan termistörün sıcak uç ve sıcak yatağın çalışma sıcaklıklarında doğru ölçüm alabilmesidir. Her termistörün optimum ölçüm alabildiği bir aralık bulunmaktadır ve bu aralığın hedeflediğimiz sıcaklığa yakın olması gerekmektedir. Eğer yukarıda bahsedilen marka ve değerde bir termistör bulamazsanız, buna yakın bir termistörü temin ederken bilgilerini almalı ve buna uygun olarak internet aracılığıyla sıcaklık tablolarına ulaşmalısınız. Böylelikle çıkaracağınız sıcaklık tabloları ile 3 boyutlu yazıcınızın yazılımını düzenleyerek kendi termistörünüzü kullanabilirsiniz. Aksi taktirde, herhangi bir termistörü takıp ayarlamadan kullanırsanız doğru ölçüm yapılmadığından sıcak ucunuz veya sıcak yatağınız çalışmayabilir veya örneğin fazla ısı nedeniyle zarar görebilir, çalışsa bile yanlış sıcaklıkta baskı yapılmaya çalışılır. Bu da elbette filament'in erimemesine neden olduğundan baskı gerçekleşmeyecektir.

Eğer doğru termistörü temin etmekle ilgili sorun yaşıyorsanız, işin kolayına kaçıp hazır paketlenmiş, monte edilmiş bir sıcak uç alarak bu sorundan kurtulabilirsiniz. Sıcak ucu üretmenin kendisinin zorluğu düşünüldüğünde, sıcak ucu almışken devre ekipmanlarını da (ısıtıcı direnç ve termistör) beraberinde alarak bu sıkıntıdan toptan kurtulmak yerinde olacaktır. Sıcak ucun elektronik parçaları da ayrı ayrı satıldığından bunları da yedek parça olarak temin etmeniz mümkündür.

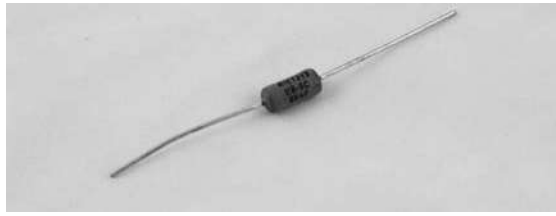


Epcos 100K Termistör.

Rezistans (Isıtıcı Direnç)

Direnç, elektronikte akımı engelleyen bir devre elemanıdır. Burada engellenen elektrik enerjisi ısıya dönüşerek harcanır. Isıtma amacıyla kullanılan dirençlere rezistans denmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda ise dirençlerin bu özelliği sıcak ucu veya sıcak yatağı ısıtmak için kullanılır.

Sıcak uç ABS baskıda 230 dereceye kadar ısınabildiğinden ısı dayanımı yüksek bir direnç kullanmak gerekmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda %1 veya %5 tolerans değerine sahip, 5.6 veya 6.8 ohm dirençli, 3 W veya 5 W aksiyel (axial) dirençler kullanılmaktadır. Örneğin en yaygın kullanılan model UB5C-5.6-ND %1 toleranslı, 5.6 Ohm ve 5W değerinde bir dirençtir.



UB5C 5.6 ohm direnç.

Sıcak uçta direnç alüminyum blok içerisine yerleştirilerek ısıtma sağlandığından direncin ebadının alüminyum bloktaki deliğe uyacak şekilde seçilmesi önemlidir. Direnç alüminyum blok içine değil dışına yerleştirilirse efektif bir ısıtma sağlanması güçleşir ve ayrıca termistörden uzak olacağından sıcaklık değerinin net bilinmesi de zorlaşır. Bu da rezistansın ısısının termistörün ölçtüğünden bir miktar fazla olma-

sına, daha geniş bir aralıkta salınım yapmasına neden olarak dirence zarar verebilir. Ayrıca baskı için istenilen sıcaklık da sağlıklı bir şekilde belirlenemez.

Direcin bağlandığı kablo taşınan yükü taşıyabilecek türde olmalıdır. Ayrıca kablonun dirence lehimlendiği noktalarda kısa devreleri önlemek için makaron kullanmak gerekir. Makaron ısıtıldığında büzülerek kablonun açık kısmını tamamen kaplayacaktır. Bunun için çakmakla ısıtma sağlanabilir.



Isı ile büzüşen makaron.

Kapton Bant

Isıya dayanıklı, yalıtkan özelliği olan ve elektrik geçirgenliği zayıf bir materyalden yapılan kapton bantlar 3 boyutlu yazıcılarda farklı işlevlerle kullanılmaktadır. Kapton bant 400 dereceye kadar bütünlüğünü korur. Kapton materyali astronomik çalışmalarda, uzay araştırmalarında kullanılmaktadır ve maalesef fiyatı da bildiğimiz diğer bantlara göre astronomik sayılabilir. Ancak bir tane aldığınızda çok uzun süreler kullanma imkânı olduğundan fiyatını görmezden gelebiliriz.

Kapton bant ısı yalıtımında oldukça başarılı olduğundan yazıcının ısı ile ilgili bölümlerinde işlev görmektedir. Örneğin baskı ucunda alüminyum blok çevresine sarılarak sıcak ucun ısı kaybı önlenir ve daha çabuk ısınması, ısıyı koruması ve termistör ile ıcaklık ölçümünün daha sağlıklı yapılmasını sağlar. Baskı ucunun soğuk kısmında kullanılan fan bu bölgeyi soğuk tutarken kapton bant da sıcak kısmın sıcaklığını yüksek tutar, böylece sıcaklığın doğru bir dağılımı sağlanır.Yine örneğin sıcak yatağın sıcaklığının ölçülmesi için eklenecek termistör kapton bant ile sıcak yatağın altına yapıştırılabilir.

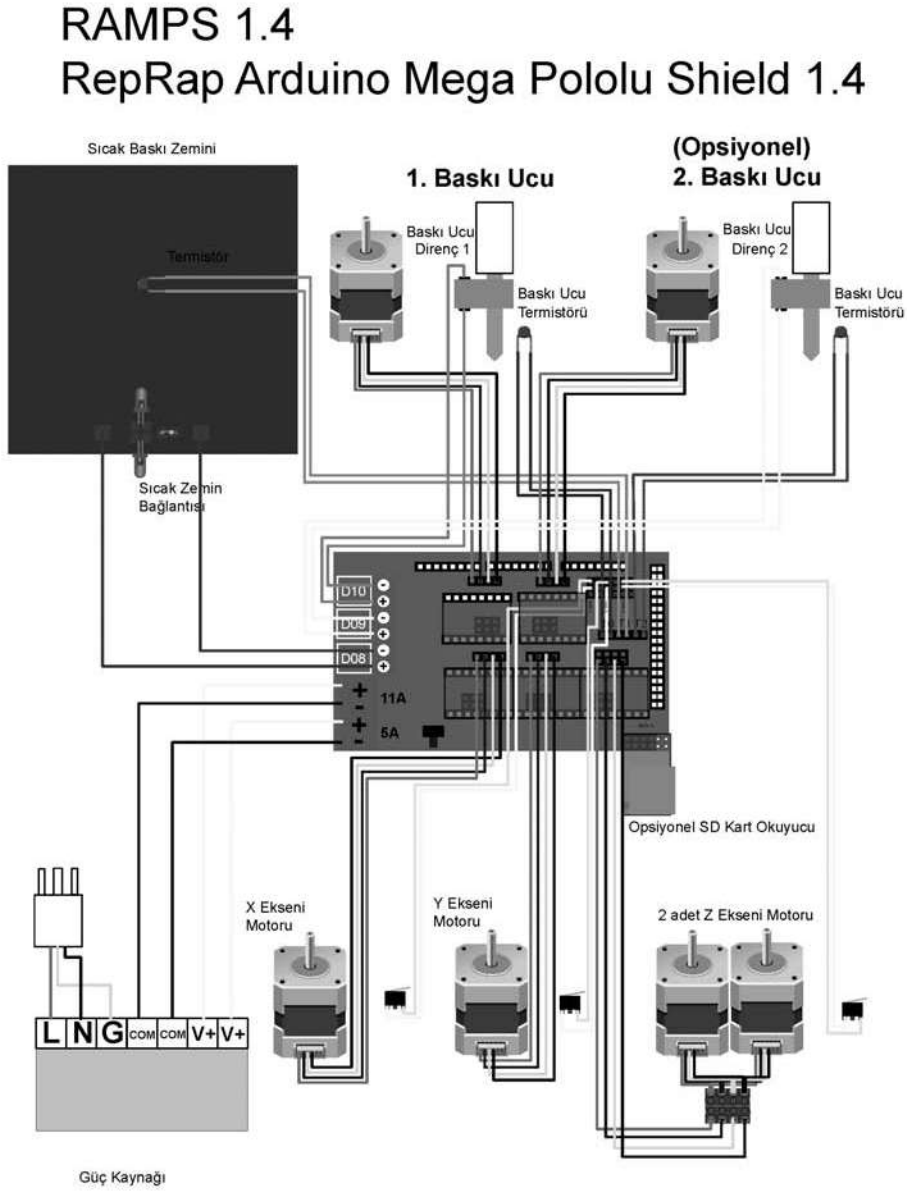


Isıya dayanıklı kapton bant.

Kapton bandın bir diğer kullanımı da ABS plastik baskı materyeli ile iyi yapışmasından faydalanarak sıcak yatağın üstüne bant kaplanmasıdır. Kapton bant yapıştırılmış sıcak baskı zemini yüzeyi ABS'yi tutarak basılan materyalin özellikle zemininin soğuma esnasında kıvrılmasını önler.

Elektronik

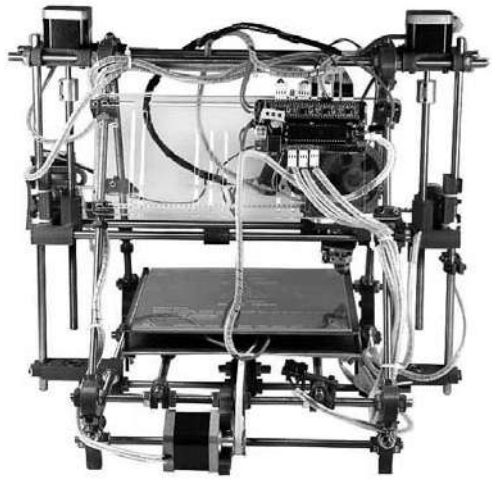
3 boyutlu yazıcıların çalışabilmesi için mekanik sistemin hareket ettirilmesine, mekanik sistemin hareket ettirilmesi için de elektronik bileşenlere ihtiyaç duyulur. Yazıcının elektronik sisteminin temel bileşeni, bir anlamda beyni kontrol kartıdır.



RAMPS Kontrol kartı ve bağlantılar.

Kontrol kartı

Kontrol kartı, motorların kontrol ettirilmesi, bilgisayardan gelecek hareket kodlarının (G-code) motor hareketlerine tercüme edilmesi, sıcak ucun ısıtılması, ısısının kontrol edilmesi, filament beslemesi yapan extruder motorunun çalıştırılması, sıcak baskı yatağının ısıtılması, soğutma fanlarının farklı hızlarda döndürülmesi, sınır anahtarlarının durumunun kontrol edilmesi gibi pek çok işi yöneten beyin işlevini görmektedir. Yine opsiyonel olarak takılacak bir LCD ekranda görüntünün gösterilmesi, veya SD kart yuvası bulunuyorsa buradan takılacak SD bellek kartlarının okunması ve içindeki dosyaların yazdırılması gibi işlevler de kontrol kartı ile sağlanmaktadır. Kontrol kartının çalışması için içinde firmware olarak adlandırılan yazılımın yüklenmiş olması gerekmektedir. Firmware saydığımız işlemleri kontrol kartının yönetebilmesini sağlayan programdır.



Reprap Mendel modeli üstünde kontrol kartı.

Kontrol kartları bilgisayarların anakartları ile benzerlik gösterir. Üzerlerinde tıpkı bilgisayarlardaki gibi bir işlemci ve birkaç tipte farklı bellek bulunur. Yine tıpkı bilgisayar gibi farklı cihazların bağlanması için arayüzler bulunmaktadır. Genellikle bilgisayarla iletişim USB arabirimi üzerinden sağlanmaktadır, ancak pekâlâ tasarıma bağlı olarak kablosuz, ethernet gibi arayüzlerin de eklenmesi mümkündür.

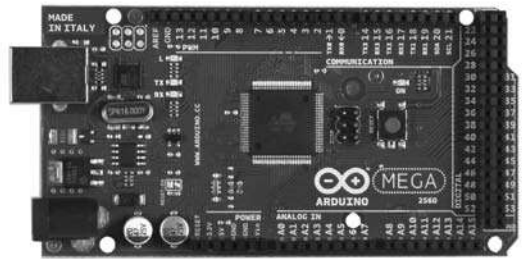
3 boyutlu yazıcılar için kontrol kartlarında çoğunlukla Arduino olarak adlandırılan geliştirme platformuna ait Arduino kartları ucuzlukları ve kolaylıkları nedeniyle tercih edilmektedir. Arduino kontrol kartlarında Atmel işlemcileri kullanılmaktadır. Bellek olaraksa firmware yazılımının yüklendiği bir flash bellek, işlemcinin çalışma esnasında kullandığı SRAM (static random access memory) ve kalıcı bilgilerin depolandığı EEPROM bulunmaktadır. 3 boyutlu yazıcı uygulamalarında EEPROM'da

özellikle yazıcının donanımına ait bilgiler depolanabilmektedir. Ancak EEPROM kullanımı şart değildir.

Arduino platformunda birden fazla kontrol kartı modeli bulunmaktadır: Arduino Uno, Due, Mega vs. Bu kartları temel alan farklı tasarımlar 3 boyutlu yazıcı geliştiricileri ve amatörler tarafından geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

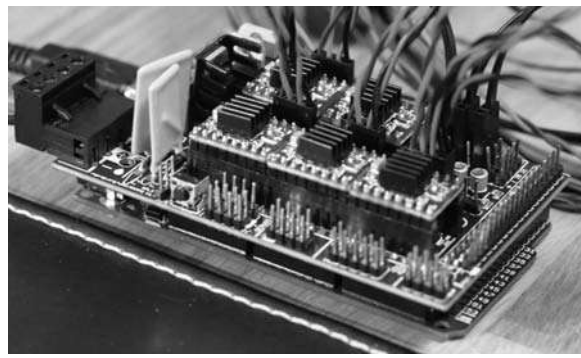
Arduino ve RAMPS

Arduino elektronik eğitimi ve robot uygulamaları için kolaylık sağlayan bir geliştirme platformudur. Bu platformun yazılım kısmında programlama ortamı, elektronik kısmında ise Arduino kartları bulunmaktadır. Bu kartlar modüler olarak tasarlanmıştır, yani özel bir amaca uygun olarak kartların üzerine kolayca yeni elektronik parçalar takmak mümkündür.



Arduino Mega 2560.

Arduino kontrol kartlarının farklı bileşenleri kontrol edebilmesi için kart üzerindeki yuvalara oturtulan ve shield (kalkan) olarak adlandırılan ek genişletme kartları geliştirilmiştir. 3 boyutlu yazıcılarda arduino platformuna yönelik olarak RAMPS (Reprap Arduino Mega Pololu Shield) genişletme kartı kullanılmaktadır. Bu kart özellikle Arduino Mega modeli için geliştirilmiştir.



Arduino ve RAMPS Shield.

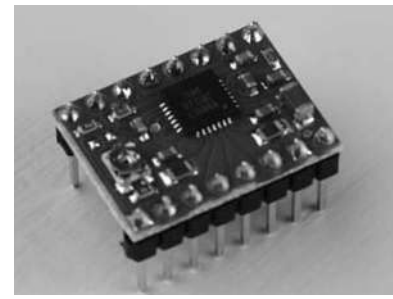
RAMPS 3 boyutlu yazıcı için gerekli bütün elektronik donanımları bir araya getirmektedir. Örneğin 5 adet motor sürücü bağlama imkânı, Z ekseni için senkronize çalışan 2 motor bağlama opsiyonu (Prusa ve benzeri 3 boyutlu yazıcı modelleri için gereklidir), 3 adet minimum ve 3 adet maksimum noktaları için sınır anahtarları, SD kart ve LCD ekran bağlama imkânı, 3 adet termistörü bağlama imkânı veren pinler, fan bağlantısı, sıcak yatak ve sıcak baskı ucu için elektrik beslemesi gibi çok sayıda özelliği barındırmaktadır.

Motor Sürücüler

Step motorlar çalışmak için motor sürücü kartlarına ihtiyaç duyar. Her bir eksen (kartezyen 3 boyutlu yazıcılarda X, Y, Z eksenleri) ve her bir filament besleme (bazı yazıcılarda birden fazla sıcak uç kullanılmaktadır) motoru için birer adet motor sürücüye ihtiyaç vardır. Eğer iki motor senkronize çalışacaksa tek bir motor sürücü yeterli olabilir. Örneğin Z ekseninin iki motorla hareket ettirildiği Prusa modeli 3 boyutlu yazıcılarda motorlar aynı hareketleri yaptığından iki motora tek motor sürücü bağlanabilir.

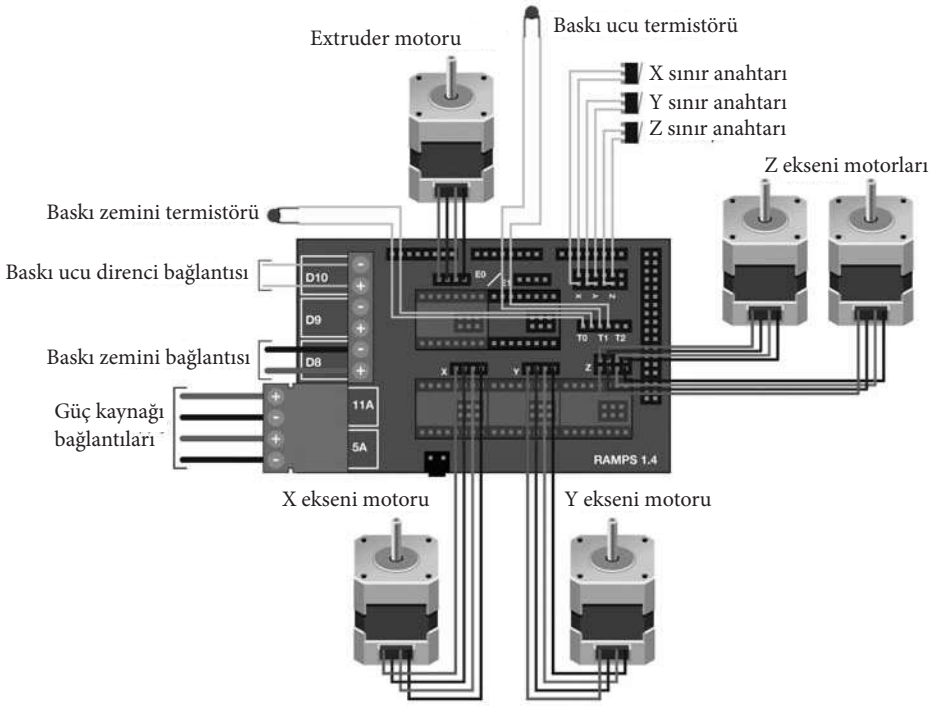
Step motor sürücüleri, kontrol kartları veya RAMPS gibi arduino kontrol kartına oturtulan ek kartlarda uygun yuvalara oturtulur. Bu işlem esnasında motor sürücünün doğru yönde oturtulması, yani motor sürücünün doğru pinlerinin doğru yuvalara bağlanması şarttır. Bu aynı şekilde RAMPS'ın Arduino'ya doğru şekilde oturtulması açısından da geçerlidir. Bu aşamada kartların ve diğer elektronik bileşenlerin üzerindeki yazılara, pinlerin konumlarına dikkat edilmeli, mümkünse görsel bir kaynaktan yardım alınmalıdır.

Arduino Mega'ya bağlanan RAMPS kalkanında, motor sürücülerin bağlanacağı yuvaların ortalarında yer alan, motor sürücü yerleştirildiğinde tam altında kalan pinler jumper (bağlantı köprüsü) ile bağlanarak motorlara farklı çalışma modları verilebilir. Bu şekilde motorların 1 adımı yarım, çeyrek, 8'de 1 veya 16'da 1 adıma bölünmektedir. Buna micro-stepping (mikro adımlama) denmektedir ve yazıcı motorlarının daha hassas hareket etmesine imkân sağlar.



Pololu A4988 Step Motor Sürücü.

Arduino Mega, RAMPS ve motor sürücüler bir araya geldiğinde kontrol kartı tamamlanmış olur. Bundan sonra yapılacak olan motorların, sınır anahtarlarının (endswitch), güç kaynağına olan elektrik bağlantısının, sıcak yatağa ve sıcak baskı ucuna bağlı termistör (ısıl direnç) ve ısıtıcı dirençlerin ve fanların bağlanmasıdır. Son olarak da Arduino üzerindeki USB portuna USB kablosu takılarak bilgisayara bağlanır.

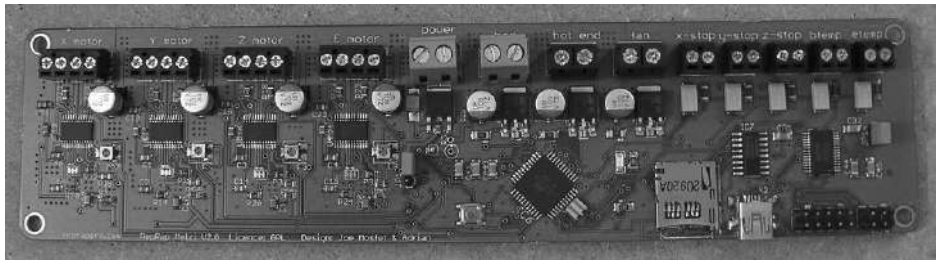


Arduino ve RAMPS bağlantı şeması.

Hepsi Bir Arada Kartlar (All-in-One)

Atmel işlemcileri temel alan veya Arduino kartları merkeze alınarak geliştirilen bütünleşik kartlar da bulunmaktadır. Bu kartlarda gerekli elektronik bileşenlerin hepsi bir arada yer alır. Böylece tek bir kontrol kartı kullanarak montaj yapma zorunluluğundan kurtulabilirsiniz. Motor, fan, termistör ve diğer bileşenler bu tek karta bağlanarak 3 boyutlu yazıcı çalışır hale getirilebilir.

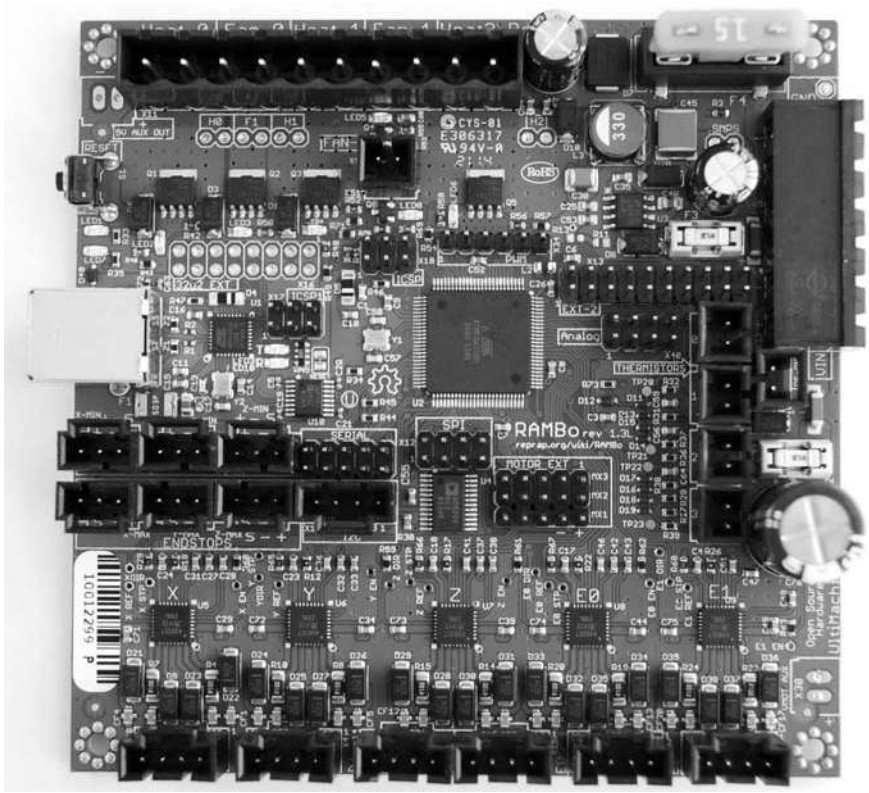
Örneğin, Melzi kontrol kartı Arduino Leonardo modelini temel alarak motor sürücüleri ve diğer bileşenleri tek kart üzerinde toplamaktadır. Melzi 2.0 modeli üzerinde ATMega 1284p modeli işlemci bulunmaktadır. Bu işlemci Arduino Mega'nın kullandığı ATMega2560 işlemcisinden düşük seviyededir, ancak yine de çoğu 3 boyutlu yazıcıda sorunsuz bir şekilde kullanılmaktadır.



Melzi kontrol kartı.

Melzi üzerinde 4 adet A4982 motor sürücü ve motor bağlantıları, 2 termistör bağlantısı, 3 adet sınır anahtarı bağlantısı, sıcak yatak bağlantısı, sıcak baskı ucu bağlantısı, fan çıkışı ve SD kart yuvası bulunmaktadır. RAMPS'ın 5 motor sürücü imkânı karşısında, Melzi'de 4 adet motor sürücü olması nedeniyle çift uçlu extruder, yani 2 filament kullanarak baskı imkânı bulunmamaktadır. Yine RAMPS'da minimum ve maksimum sınır anahtarları için toplam 6 adet sınır anahtarı imkânı karşısında Melzi'de 3 sınır anahtarı imkânı bulunuyor, ancak genelde 3 boyutlu yazıcılarda 3 sınır anahtarı kullanıldığından bu çok önemli değil. Fiyatına bağlı olarak başlangıç düzeyi bir 3 boyutlu yazıcıda Melzi rahatlıkla kullanılabilir.

Bir diğer "hepsi bir arada" kontrol kartı da RAMBO (RepRap Arduino Compatible Mother Board). Rambo'da da Melzi gibi motor sürücüler kartın üzerinde gelmektedir. 4 adet termistör yuvası RAMPS'dan 1 fazla termistör takılmasına imkân vermektedir. Üzerinde bulunan ATMega2560 işlemci, Arduino Mega ve Ramps kalkanının bileşimi ile aynı performans sunmaktadır ve Melzi'nin kullandığından daha iyi bir işlemcidir. Kart çift baskı ucu kullanılmasına imkân vermektedir. 3 adet fan takmak mümkündür. Bu haliyle RAMBO, Arduino ve RAMPS ile birlikte motor sürücülerinin takılması kombinasyonuna denk, hatta içerdiği fazla pinler ve potlar ile daha iyi bir seçenek olabilir.



RAMBO kontrol kartı.

Öte yandan motor sürücülerin zamanla bozulması bütün bileşenlerin tek kart üzerinde toplanmasını sorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle de sadece motor sürücülerin ayrı olarak satın alınıp takılabildiği ve istendiğinde değiştirilebildiği kartlar da mevcuttur. Bu katlardan biri de RUMBA (RepRap Universal Mega Board with Allegro driver). RUMBA'da motor sürücülerin takılabileceği 6 adet yuva bulunuyor, bu da fazladan bir eksen veya fazladan bir baskı ucu için filament besleme motoru kullanılabileceği anlamına geliyor. Yine 3 baskı ucu için 3 ısıtıcı yuvası ve buna uygun olarak da 4 termistör yuvası bulunuyor. ATMega2560 işlemci ile RAMBO'nun üstünde sabit motor sürücü olmayan bir versiyonu gibi düşünülebilir.

Amatör elektronikle uğraşanlar, hobiciler ve uzman elektronikçiler için bir diğer seçenek de kendi kontrol kartını üretmektir. Örneğin RAMPS kartına kaynaklık eden açık donanım projesi olan Pololu tasarımı bunlardan biridir. Veya Gen 7 isimli açık donanım projesi de kullanıcıların kendi kartlarını üretmesini hedeflemektedir. Ancak elektronik olarak kartın üretilmesi 3 boyutlu yazıcıyı mekanik olarak birleştirmek, en fazla bir kaç basit lehim işlemi ile elektronikleri bağlamak ve yazılımı yükleyip konfigüre etmekten çok daha zordur. Bu nedenle kendi 3 boyutlu yazıcısını yap-

maya yönelen başlangıç seviyesindeki kullanıcıların hazır kartlara yönelmesi daha mantıklı olacaktır.

Burada geniş olarak anlatılmayacak olan çok sayıda başka kart da bulunmaktadır: Azteeg, Sanguinololu vs. Bütçenize ve yapacağınız 3 boyutlu yazıcının özelliklerine göre ister Arduino, RAMPS ve motor sürücü kombinasyonunu, isterse "hepsi bir arada" bir kartı tercih edebilirsiniz.

Güç Kaynağı

Tıpkı her elektronik cihazda olduğu gibi 3 boyutlu yazıcılar da bir güç kaynağına ihtiyaç duymaktadır. 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan güç kaynakları çeşitli formlarda olabilmektedir. Yazıcının motorları genelde 12 volt akıma ihtiyaç duymaktadır. Arduino ve benzeri kontrol kartları ise 5 voltla çalışmaktadır. Bu 5 volt elektriği bilgisayara bağladığınız USB kablosu üstünden almak da mümkündür. Ancak 12 volt veya üzeri motorlar için ekstra güç kaynağına ihtiyaç bulunmaktadır.



Masaüstü PC güç kaynağı.

Güç ihtiyacına en kolay ve ucuz çözüm masaüstü bilgisayarların güç kaynaklarını alarak bunları dönüştürüp 3 boyutlu yazıcıda kullanmaktır. Bu imkân sayesinde eski bir bilgisayarın güç kaynağını sökerek de kullanabilir veya elden düşme bir güç kaynağı da alabilirsiniz. Bilgisayar güç kaynaklarında 12 volt ve 5 volt kabloları ayrı ayrı bulunmaktadır. 12 volt kablolarını ve toprak hattını ayrı ayrı kesip birleştirerek Arduino'ya taktığınız RAMPS kalkanının uygun girişlerine bağlayabilirsiniz. Burada dikkat edilmesi gereken nokta RAMPS'ın 11 amper ve 5 amperlik iki ayrı 12 V bağlantısı olmasından dolayı, 12 voltta 16 amper veren bir güç kaynağı temin etmektir. 400W değerinde modern PC güç kaynakları bunu sağlayabilmektedir. Ancak bu konuda doğru bilgiye ulaşmak için önce güç kaynağının üzerindeki bilgileri okuya-

rak 12 V değerine karşılık gelen amper değerini okumak, sonra da mümkünse avometre (voltaj, akım, direnç gibi değerleri ölçen alet) ile ölçmek gerekir. 3 boyutlu yazıcınızda yüksek akım ihtiyacı duyan bir sıcak baskı zemini yoksa büyük ihtimalle yeni üretim bir bilgisayar güç kaynağı işinizi görecektir.

Bir diğer çözüm de dizüstü bilgisayar adaptörü kullanmaktır. Burada da temel ilke 12 V ve en az 16 Amper sağlayan bir adaptör temin etmektir. Ancak bu tür bir adaptörü bulmak ve temin etmek masaüstü bilgisayar güç kaynağı elde etmekten biraz daha zor olabilir.



Güç kaynağı üstünde bilgilendirici tablo.

Sınır Anahtarı (End Stop)

Sınır anahtarı, mekanik bir sistemde sistemin kendi hareketi ile itilerek basıldığında hareketi durdurmaya yarayan anahtardır. 3 boyutlu yazıcılarda ise sistemin belli bir konumunu yazıcının bilebilmesi için kullanılmaktadır. Baskı sırasında çeşitli eksenler üzerinde hareket eden hareketli parçalar sayesinde baskı ucunun bir konuma ulaşması sağlanır. Kartezyen tipteki 3 boyutlu yazıcılarda X, Y ve Z eksenleri bulunur ve bu eksenler üzerindeki hareket sayesinde baskı yapılır. Fakat sistemin elektronik kısmının sıcak ucun hangi konumda olduğunu bilebilmesi için mekanik olarak bir başlangıç noktasına ihtiyaç bulunmaktadır. Yazıcıdaki bu üç eksene yerleştirilen sınır anahtarları bu başlangıç noktasının bilinmesini sağlar. Yazıcı baskı öncesinde bütün eksenleri bir başlangıç noktasına çeker ve buraya yerleştirilen sınır anahtarının tetiklenmesiyle başlangıç noktası belirlenir. Bundan sonra baskı ucunun belli bir konuma gitmesi için yazıcı gerekli komutu aldığında o konuma hassas bir şekilde gidebilir.

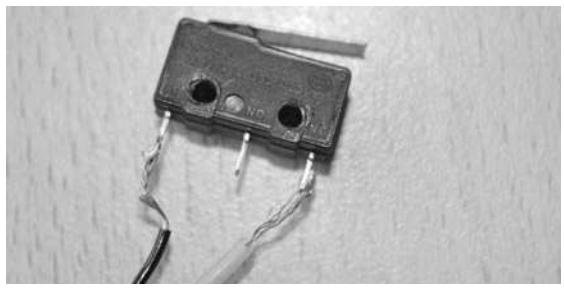


Bilyalı Mekanik Mikro Sınır Anahtarı (Endstop).

3 boyutlu yazıcılarda sınır anahtarları baskı ucunun baskı zeminine neredeyse temas ettiği konumu belirlemek için kullanıldığında buna "min. end-stop" (minimum sınır anahtarı) denmektedir. Eksenlerin diğer yönünde, baskı ucunun zemine en uzak olabildiği konuma geldiği konumda olacak şekilde yerleştirilmiş sınır anahtarlarına da "max. end-stop" (maksimum sınır anahtarı) denmektedir. Bu iki kullanım farklı 3 boyutlu yazıcı tasarımlarında işlev kazanmaktadır. Örneğin delta modeli 3 boyutlu yazıcılarda "max switch" kullanımı yaygındır. Böylece baskı başlamadan kızak veya millerin tepe noktasındaki "max switch"lere değen arabalar (veya benzer hareket elemanları) ile konum belirlendikten sonra baskı ucu zemine denk gelecek şekilde doğru miktarda aşağı doğru hareket eder.

Sınır anahtarlarında üç bacak bulunur (C, NC ve NO) ve bunlar iki şekilde bağlanabilir: NC ve NO. NC (normally closed, normalde kapalı) anahtarın bağlanma şekli itibariyle devrenin kapalı olduğunu, yani devreden akım geçtiğini belirtir ve anahtara basıldığında akım kesilir. Buna durdurma anahtarı da denmektedir. Bağlamak için C ve NC bacakları kontrol kartındaki 2 end-stop pinine kablo ile bağlanır.

NO (Normally Open, normalde açık) ise tam tersine anahtarın basılmamış konumunda devreden akım geçmediğini, yani devrenin açık olduğunu belirtir. 3 boyutlu yazıcılarda sınır anahtarı genelde devre normalde kapalı olacak (NC), yani akım geçecek şekilde bağlanır. Böylece anahtar arızalandığında, yani devre açıldığında ve akım geçmediğinde sistemin hareketi durdurulur. Sonuçta bozuk bir anahtar yüzünden eksenin sınırının aşılarak mekanik sistemin kendini parçalaması önlenir.



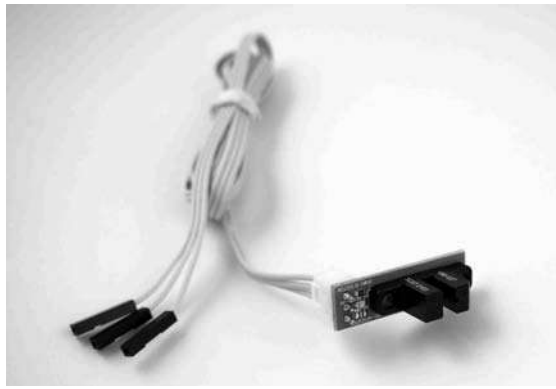
NC bağlanmış sınır anahtarı (end-stop).

3 boyutlu yazıcılarda ebat olarak mikro sınır anahtarları kullanılmaktadır. Mikro anahtarların da pinli, makaralı ve manyetik modelleri vardır. Bu üç model de iş görmektedir, ancak en yaygın kullanım pinli modellerdir.

Kartezyen modellerde en önemli sınır anahtarı Z eksenindeki sınır anahtarıdır. Z ekseni baskı ucunun zemine teması ile ilgili olduğundan bu anahtarın birkaç baskıdan sonra bozulması, yerinin değişmesi, üstündeki pinin eğilmesi ile baskı ucu zemine değerek mekanik sorunlara yol açabilir ve sisteme hazar verebilir. Bu yüzden Z eksenindeki anahtarın doğru ve sabit bir şekilde yerleştirilmesi önemlidir. Ayrıca kalibrasyon aşamasında Z sınır anahtarının yerinin sıkça değiştirilmesi gerekebilir, bu yüzden vida yardımıyla konumu hassas bir şekilde değiştirilebilen, anahtarı bulunduğu konumdan sökmeyi gerektirmeyen bir tasarımın kullanılması işleri kolaylaştıracaktır.

Sınır anahtarı olarak kullanılan bir diğer model de optik sınır anahtarlarıdır. Ancak bu sınır anahtarlarını Türkiye'de temin etmek daha zordur. İnternet üzerinden sipariş verilerek ulaşılabilirler. Mekanik sınır anahtarlarını kendiniz de yapabilirsiniz, ancak optik sınır anahtarını yapabilmek için baskılı devre kartı yapmak da gerekiyor, yani yeterli elektronik bilgisi olmadan girişilmemesi gereken bir seçim olacaktır. Bu yüzden üç boyutlu yazıcı yapımında başlangıç olarak tavsiye edilmez.

Temin ederken sınır anahtarı yerine Türkçe sınır şalteri, devre kesme anahtarı veya İngilizce end switch, limit switch de dendiğini bilmek işinizi kolaylaştıracaktır.



Optik sınır anahtarı.

Sıcak Baskı Zemini (Heated Bed)

Üç boyutlu yazıcılarda baskı zemininin baskı materyaline göre ısıtılmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. PLA plastikler için baskı zemininin soğuk olması problem oluşturmazken, ABS plastikler soğudukça kıvrıldığından baskı zeminine yapışma sağlanması ve basılan nesnenin tabanının kıvrılmaması için ısıya ihtiyaç duyulmaktadır.

Baskı zemininin ABS baskı için 110 derece civarına kadar ısıtılması yeterlidir. PLA içinse baskı zemini kullanmadan da baskı yapılanbilektedir, ancak kullanıldığında 50-60 derece sıcaklığına ayarlanmaktadır. Baskı zemininin ısıtılması için baskı yapılan yüzeyin altına ısıtıcı bir tabaka yerleştirilir. Sıcak baskı zemini (heated bed) farklı şekillerde üretilebilmekle birlikte en yaygın kullanım baskılı devre kartı (PCB) şeklinde olan sıcak zeminlerdir. Bu kartların içinde direnç yaratacak şekilde uzun bakır teller bulunur ve bu tellerin ısınmasıyla zemin de ısınır.

PCB sıcak zeminlerin dört yanında montajı kolaylaştıracak delikler bulunur. Buraya yerleştirilecek vidalar ile platfrom arasına yay konulması daha sonra yapılacak zemininin baskı ucuna göre kalibre edilme işlemini kolaylaştıracaktır. Zemin kafanın hareketine göre kalibre edilmediğinde baskı ucu zeminin bir tarafında doğru konumdayken diğer konumda aşağıda veya yukarda kalabilir ve baskı istenildiği şekilde gerçekleşmeyebilir.

Sıcak baskı zemininin sıcaklığının ölçülmesi için tıpkı baskı ucunun sıcak kısmında olduğu gibi termistör (ısıl direnç) kullanılır. 100K NTC bir termistör kapton bant ile zeminin altına yerleştirilir. Örneğin ABS plastik için baskıdan önce sıcaklık 110 dereceye getirilmelidir. Baskı bittikten sonra temas etmeden önce sıcak zeminin soğuması beklenmelidir.

Sıcak baskı zemini üstünde zeminin ısınmakta olduğunu gösteren bir led bulunur. Akım kesildiğinde led sönecektir. Led ve led için kullanılan direnç satın alınacak sıcak yatağa monte edilmemiş olarak gelebilir. Bu parçaların lehimlenmesi gerekecektir. Ayrıca sıcak yatağın kontrol kartına da doğru kablo ile bağlanması gerekir, yanlış kablo kullanımı kablonun ısınmasına ve yanmasına, kontrol kartının bozulmasına neden olabilir.



Sıcak baskı zemini (heated bed).

Step (Adım) Motor

Step motor özellikel mekanik ve robotik uygulamalarda kullanılan bir fırçasız doğru akım (DC) elektrik motorudur. Motorun bir turu eşit miktarda adıma bölünmüştür. Bu adımlar elektronik olarak kontrol edilebildiğinden, motor istendiğinde belli bir adıma gelecek şekilde yönlendirilebildiğinden, ayrıca bir kontrol devresi olmadan dönme miktarı belirlenebilmektedir. Tabii bu özellik de yapılan hareketlerin kusursuz şekilde belirlenebilmesini sağlamaktadır. Bir diğer özellik de step motorun durma pozisyonunda motor miline yüklenen güçleri tutma kapasitesidir. Bu özellikler step motorları 3 boyutlu yazıcıların değişmez bir bileşeni haline getirmiştir.



4 kablolu Nema 17 step motor.

Step motorlar herhangi bir fırçalı doğru akım motorunda olduğu gibi elektrik bağlantısı yapılınca dönmeye başlamazlar. Step motorların kontrol edilebilmesi için motor sürücü adı verilen bir elektronik kontrol kartına ihtiyaç duyulur. Bu kart uygun adımlar için uygun kablolara akım vererek hareketi sağlar.

Step motorların bipolar ve unipolar tipleri bulunmaktadır. Bunlarında 4, 6 veya 8 kablolu olmaları mümkündür. 3 boyutlu yazıcılarda kontrol kartları genel olarak 4 kablolu bağlantıyı sağlamaktadır. Bundan dolayı da 6 veya 8 kablolu modellerde doğru bağlantıların seçilerek bunlardan uygun olan 4 tanesinin bağlanması gereklidir. Montaj kolaylığı açısından 4 kabloluyu tercih etmek yeni başlayanlar için ideal olacaktır.

Step motorlarda diğer bir değişken de ebattır. Ebat aynı zamanda motor standardı ile de ilişkilidir. Step motorlar Nema14, Nema17, Nema23 gibi standartlarla kodlanmaktadır. Nema 17 motorların en ve boyu 1.7 inç yani 42,3 mm'dir, ancak yükseklikleri değişiklik gösterebilir. Büyük ebat yüksek güç için imkân sağlamakla birlikte motorun ebadı ile uygulayabileceği kuvvet arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Pekâlâ iyi bir Nema14 motor Nema 17 motordan daha çok kuvvet uygulayabilir. Bununla birlikte 3 boyulu yazıcılarda genellikle Nema 17 motorlar kullanılmaktadır.



Farklı Nema standartlarında step motorlar.

Motorun dönerek uyguladığı kuvvete tork denmektedir. 3 boyutlu yazıcılarda eksenlerin ve dolayısıyla baskı ucunun hareket ettirilebilmesi, veya baskı materyalinin baskı ucuna getirilmesi için, bu hareketleri sağlayacak uygun torkun, yani dönme kuvvetinin sağlanması gerekir. Tork ebatla ilişkili değildir demiştik. Motor temin edilirken üreticiden tork bilgileri öğrenilebilir. 3 boyutlu yazıcının ebadı büyüdükçe, ağırlıklar arttıkça ve dizaynına göre uygun torka sahip motor temin etmek önemlidir. Uygun torkta olmayan motorlar ya dönmeyecek ya da adıp (step) kaçıracaktır. 3 boyutlu yazıcıda adım kaçırılması hatalı baskılara neden olur.

Bir Reprap tasarımı olan Mendel yaklaşık 13,7 Ncm torka ihtiyaç duymaktadır. Yine bir extruder tasarımı olan Wade dişli extruder 40 Ncm torka ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir. Piyasada 23 ile 88 Ncm arasındaki torklarda Nema17 motor bulmak mümkündür. Yapacağınız 3 boyutlu yazıcı hazır bir tasarıma dayanıyorsa hangi motorların uyacağını mutlaka öğrenin. Öte yandan 40 ve üstü Ncm değerlerindeki bir Nema17 motor yüksek olasılıkla çok büyük baskı ebatlarına sahip olmayan bir 3 boyutlu yazıcıyı sorunsuz bir şekilde hareket ettirecektir.

Motorlarla ilgili bir diğer nicelik de adım sayısıdır. Bu değer motor milinin bir tam turunun kaç adımdan oluşmakta olduğunu belirtir. 3 boyutlu yazıcılarda 200 adım motorların kullanımına daha sık rastlamaktayız. Adım sayısına bağlı bir diğer nicelik de adım açısıdır. Bu bir adımın kaç dereceye denk geldiğini söylemektedir. Bir tam daire 360 derece açıda olduğuna göre 200 adımlık bir motorun tek adımı 360/200 yani 1.8 dereceye denk gelmektedir. Motoru alırken bu değişkenlerine göre almak veya kullanırken, 3 boyutlu yazıcıyı kalibre ederken bu değişkenleri bilmek gerekmektedir.

3 boyutlu yazıcılarda kullanım yerine göre step motorun miline kaplin, dişli kasnak veya tahrik dişlisi bağlanmaktadır. Kaplin ile vidalı miller ve saplamalar, kasnak

ile de dişli kayışlar döndürülebilir. Motor miline doğrudan bağlanabilecek bir diğer parça da extruder'da kullanılan ve filament'i sıkıştırarak iten tahrik dişlisidir (drive-gear). Bu dişli pek çok şekilde üretilebilmektedir ve normal bir dişliden farklı olarak başka bir dişliyi veya kayış döndürmek için değil doğrudan baskı materyalini sıkıştırıp tırtıklar vasıtesiyle tutarak itmeyi sağlamaktadır.

Soğutucu Fanlar

3 boyutlu yazıcılarda ısınan ve soğutulması gereken 3 nokta bulunmaktadır: Sıcak baskı ucunun üst bölümü, basılmakta olan katman ve elektronikler. Yazıcı modeline, basılan malzemeye ve kullanılan ekipmanlara bağlı olarak bunların üçünün de ısıtılması gerekebilir. Öte yandan duruma göre hiçbir fan kullanmadan da baskı almak mümkündür, ancak iyi bir baskı için bu yol tercih edilmemelidir.



Sıcak baskı uçlarının sıcak plastik akışkanı çıkaran baskı memesi (nozzle) bölümü 200-230 derece gibi sıcaklıklara çıkarken, baskı ucunun filament'in, yani plastik baskı materyalinin giriş yaptığı bölümünün tam tersine mümkün olduğunca soğuk kalması gerekir. Aksi taktirde soğuk kısımdaki ısınma filament'in ısınarak şişmesine, bu da sıkışma ve tıkanmalara neden olacaktır. Bu bölüme extruder fanı eklenerek bunun önüne geçilebilir.

Fanın iktiyaç duyulduğu ikinci alan basılan nesnenin kendisidir. Baskı alırken çeşitli katmanlardaki küçük ve tek başına duran bazı detay noktaları üst üste aynı yere hızlıca baskı yapıldığından soğuma imkânı bulamazlar. Baskı ucu aynı noktaya odaklanmış şekilde plastik çıkışı yapmaya devam ettikçe bütün bölge ısınarak deforme olabilir. Bu da biçimsiz şekillerin ortaya çıkmasına neden olur. Diğer bir durumda da köprülemedir (bridging). Köprüleme iki nokta arasında altta bir destek yapısı olmadan havadan baskı yapılması, aralarında köprü kurularak baskı alınmasıdır. Köprülemenin sorunsuz yapılabilmesi için köprülenen katmanın bir yandan soğutulması gerekmektedir. Baskı üstündeki çıkıntılı yerler (overhang) için de durum aynıdır. Bundan dolayı basılan nesneyi soğutan bir fan kullanılabilir.

Üçüncü olarak da özellikle motor sürücülerinin ve motorların ısınma durumlarını göz önüne alarak elektronikleri ısıtan bir fan kullanılabilir. Bu fan sürekli olarak,

dönme hızı kontrol edilmeksizin çalışır durumda bırakılabilir. Dolayısıyla da kontrol kartına bağlanmak zorunda değildir. Ancak diğer iki fan kontrol kartına bağlanarak çalışma hızları, dolayısıyla da soğutma miktarları kontrol edilmeli, istenilen derecede çalışmaları sağlanmalıdır.

Burada söz konusu edilen fanlar genelde 12 V fanlardır ve tıpkı güç kaynakları gibi eski bilgisayar parçalarından, masaüstü bilgisayarların işlemcilerinin ve ekran kartlarının üstünden sökülüp kullanılabilir veya satın alınabilir. Fanlar 3 veya 2 kablolu olabilir. Bu kablolardan biri pozitif, biri toprak iken üçüncü kablo da hız ölçümü sağlamaktadır. 3 kablolu fanın duruma göre sadece pozitif ve toprak pinlerini bağlayarak da dönmesini sağlayabilirsiniz. Bu bağlantılar kontrol kartınızda fanların takılacağı pin sayısına da bağlıdır. 4 pinli bir fanla karşılaşırsanız yine bu ekstra pin hız kontrolü içindir ve devredışı bırakılabilir.

3 Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Sarf Malzemeler

3 boyulu yazıcılarla ilgili mekanik ve elektronik kısımları geçtikten sonra, yazılım kısmına girmeden önce yine teknik bir konuyu daha bilmemiz gerekiyor: Baskı mayeryalleri. Baskı materyalleri baskının yapılabilmesi için en önemli unsurdur. FDM yazıcılarda baskı materyali çoğunlukla plastiktir. Plastik de kablo gibi bir formda kullanılmakta ve filament olarak isimlendirilmektedir.

Filament, 1980'lerin sonunda S. Scott Crump tarafından geliştirilip 90'larda duyulan, FDM baskının ana girdisi olan malzemedir. FDM teknolojisine özgür yazılım ve donanımla 3 boyutlu yazıcıları yaygınlaştıran RepRap ağında bulunan topluluklarca FFF (Fused Filament Fabrication) denmesi de filament adından kaynaklanmaktadır.

Bu bölümde size en bilinen filament türlerinden olan ABS ve PLA'nın yanı sıra bambu ve bronz alaşımlı filament'lere dek bir çok yenilikçi materyalden bahsedeceğiz. Bu bilgiler ışığında parçalarınızı ne tür bir filament'le hayata geçireceğinize karar verebileceksiniz. Öncelikle en bilinenlerinden, yani ABS ve PLA filament'leriyle başlayacağız.

En Popüler 3D Printer Sarf Malzemesi Olarak ABS Filament

ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) endüstriyel 3D baskı dünyasında yaygın kullanıma sahip olmasının yanında, plastik enjeksiyon sektörü eliyle arabalarımızın dikiz aynalarından tutun oyuncaklara, çocukluğumuzdan yetişkinlik evremize dek görüp

dokunduğumuz bir çok nesnenin ana malzemesi olarak karşımıza çıkmıştır. Erime sıcaklığı 225 derece olan ABS görece diğer polimerlere oranla daha güçlü ve biraz daha esnek bir yapıya sahiptir. Stiren ise plastiğe parlak ve pürüzsüz bir yüzey sağlar. Kısacası bu özellikler ABS polimerinin, makinelerin yüksek ısıya yahut sıcak suya maruz kalan parçaları için ideal bir materyal olmasını sağlıyor.

ABS polimerinin bir diğer özelliği ise asetonla da çözülebilir olmasıdır. Bu bilgi bize baskı sırasında destek materyali olarak kullanabileceğimiz ABS polimerinden aseton aracılığıyla kurtulabileceğimizi anlatıyor. Yahut belki de her çağın bir estetik kaygısı olan daha pürüzsüz bir yüzey elde etmek için aseton buharını kullanabileceğimizi de hesaba katabiliriz. Ancak bu son cümlede geçen "aseton buharı" tekniğinin "evde denemeyin" uyarısını hakettiğini şimdiden ifade edelim.



ABS polimerinin, diğer polimerlere göre daha dayanıklı olmasını sağlayan yüksek erime sıcaklığı, baskı zemininde soğuyup katılaşma sürecinde bu sefer bir dezavantaja dönüşür. Bu dezavantaj soğuk tablalar üzerinde cisimlerde büzülmeye bağlı kıvrılmalar olarak kendini göstermektedir. Bunun sebebi oldukça yüksek bir sıcaklık noktasında eriyen polimerin sıcak baskı ucundan (hot-end) çıktıktan sonra bir o kadar yüksek bir hızda soğuyup ve büzüşmeye maruz kalmasıdır ve bunun sonucunda da cismin zemin üzerine temas eden yüzeyinde kıvrılmalar meydana gelir. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak içinse soğuk baskı zeminleri yerine sıcak zeminler (heated bed) kullanılır. Böylelikle kıvrılma sorununu yaratan soğuma hızı dengeli bir şekilde azaltılarak kıvrılma problemi ortadan kaldırılmış olur. ABS filament ile yapılan baskılarda sıcak zeminler 105 derece civarında bir sıcaklık değerine getirilir.

ABS polimerinin baskı işlemi sırasında bileşimlerinden biri olan Akrilonitril dumanı ortaya çıkar ve bu da insan sağlığı için bir düzeyde kanserojen bir unsur teşkil eder. Bu sebeptendir ki 3 boyutlu baskı ve filament ekstrüzyon işleminlerinin çok havadar bir ortamda, mümkünse atölye ortamında gerçekleştirilmesi önerilir.

Sonuç olarak; yüksek camlaşma sıcaklığına sahip bir polimer olması dolayımıyla diğerlerine nazaran daha dirençli bir materyal olan ABS, yüksek ısıya ve bir düzeyde basınca dayanması gereken işlevsel cisimlerin baskısında bizim için ideal bir tercih teşkil ediyor.

PLA Polimeri

En bilinen hammaddeleri mısır nişastası ve şeker kamışı olan PLA (Polilaktik Asit), ABS materyaline nazaran çevreci bir polimerdir. Erime sıcaklığı 180 derece olan PLA geri dönüştürülebilir organik içeriği itibariyle eridiğinde ABS polimerine oranla katlanılabilir kokusu vardır.

PLA polimerinin akışkanlık oranının ABS'ye göre daha yüksek olmasından dolayı onunla daha fazla ayrıntıya sahip olan cisimleri daha yüksek hızda basabilmemizi sağlıyor. Özellikle keskin köşelerde daha yetenekli olduğu söylenebilir. ABS'ye oranla PLA ile çok daha az kıvrılma sorunuyla karşılaşılan bu materyalde için sıcak zemin kullanmak şart değil. Şayet yüzey alanı geniş bir objenin baskısını alacaksak sıcak zemini 60 derece sıcaklığa ayarlamamız yararımıza olacaktır, zira kıvrılma sorunu ABS'ye nazaran daha düşük olsa da soğuk baskı ile yüzey alanı geniş nesnelerde gözle görülebilir sorunlarla karşılaşmamız kuvvetle muhtemeldir.



PLA polimeri ABS'ye nazaran daha parlak bir yüzeye sahiptir. Elbette bu parlaklılığın miktarı filament'in üzretim kalitesine, rengine ve baskı sıcaklığına bağlıdır. İleri seviyedeki kullanıcılar baskı sırasında sıcaklık değerleriyle oyanayarak farklı kısımlarda değişken düzeylerde parlaklıklar elde edebilirler.

Kusursuz filament yoktur, baskısı alınacak nesnenin özelliklerine uygun seçimler vardır. Her güzelliğin bir kusuru olduğu gibi PLA polimerinin de bir takım dezavanajları var. Az evvel verdiğimiz ipucunda PLA'nın camlaşma sıcaklığının 60 Santigrad derece olduğunu söylemiştik. Dolayısıyla bu düzeyin üzerindeki sıcaklıklarda PLA materyali eğilip bükülmeye ve kırılmaya meylediyor. Bunun anlamı PLA polimerinin yüksek sıcaklıklara maruz kalacak nesneler için uygun bir materyal olmadığıdır. Ayrıca ABS'ye oranla oldukça kırılgan bir yapıya sahip olduğundan bir düzeyde basınca dayanması gereken işlevsel parçalar için kullanılması doğru bir tercih olmayacaktır.

Sonuç olarak; ABS polimerine göre kullanımı daha kolay olan PLA şu an ev ve ofis dekoratif objeleri için kullanılacak en iyi materyaldir.

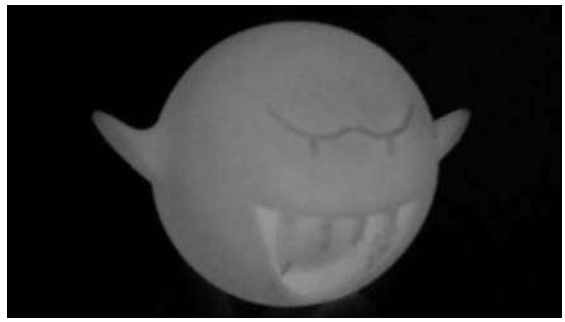
ABS ve PLA Karşılaştırması

ABS	**PLA**
Akrilonitril Bütadien Stiren	**Polilaktik Asit**
Baskı sıcaklığı 220°-240°	Baskı sıcaklık aralığı 180°-210°
Erime sıcaklığı 225°	Erime sıcaklığı 180°
Ek soğutmaya gerek yoktur	Ek bir soğutma baskıda fark yaratır
Isıya dayanıklı banda (Kapton Bant) iyi yapışır	Bir çok yüzeye iyi bir şekilde yapışır
Çevre dostu olduğu söylenemez	Çevre dostudur
Sıcak tablaya ihtiyaç duyar	Şart olmamakla birlikte avantaj sağlar
Camlaşma sıcaklığı 105°	Camlaşma sıcaklığı 60°
Dayanıklı ve Esnektir	Kırılgan ve az esnek yapıdadır
Petrol bazlı bir materyaldir	Mısır nişastası ve şeker kamışından yapılır
Baskı sırasında kanserojen olan Akrilonitril dumanı açığa çıkarır	Baskı sırasında sağlığa zararlı bir durum söz konusu değildir
Asetonda çözülür	Sodyum hidroksitte çözülür
Lego parçaları, bilgisayar faresi gibi ürünlerde kullanılır	Bardak, şişe ve kapak gibi insan sağlığının gözetildiği alanlarda ve diğer tasarım ürünlerinde kullanılır

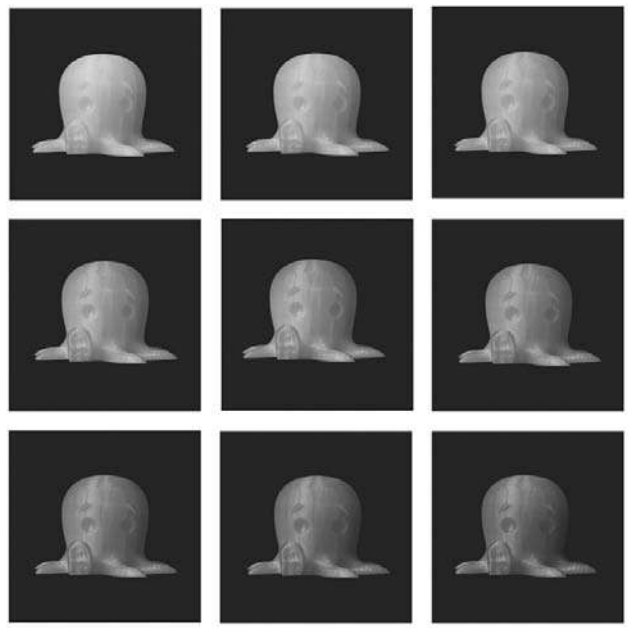
Özel Filament'ler

Sıklıkla dekoratif amaçlı kullanılan PLA polimerlerinden üretilen filament'lere el atacağız. Ancak bu seferki filament'ler bize çok daha fazla renk ve bazı efektler de sunuyor.

Karanlıkta Işıldayan PLA
İçeriğinde bulunan fosforlu renk pigmentleri sayesinde aydınlıkta depoladığı ışıkla cismin karanlıkta ışıldamasını sağlıyor.



Fotokromatik PLA
Güneş ışığı gibi UV ışını içeren bir kaynağa maruz kaldığında renk değiştiren bir filament'ten bahsediyoruz. Bu teknoloji aynı zamanda güneş gözlüklerine de uygulanmakta.



Parıldayan PLA
Bu filament içeriğindeki özel pigmentler sayesinde parıldıyor.



Kısmen Zayıf ve Kırılgan Yapıdaki PLA Polimerinden PLA + PHA Bileşimine
Ekolojiye karşı duyarlılığın son yıllarda artmaya başlamasıyla birlikte, yenilenebilir kaynaklar olarak şeker ya da yağların bakteriyel fermantasyonuyla sentezlenen yeni nesil polimerlerden biri de PHA (polihidroksi alkanoat)'dır. Bir Alman pilastik firması PHA polimerini kullanarak daha dayanıklı ve az kırılgan bir PLA filament ürettiler. Bu filament aynı zamanda %100 geri dönüştürülebilir niteliğe sahip.



Ahşap Dolgulu PLA Filament
İçeriğindeki ağaç lifleri sayesinde baskısını aldığınız cisim gerçek bir ahşap gibi gözükecek.



Çam ağacı lifleriyle yapılmış ahşap dolgulu filament'le baskısı alınan bir helikopter.

PLA + Bambu

İçeriğindeki %20 oranındaki bambu lifleriyle diğer bir çok ahşap filament'lere göre sıcaklığa bağlı olarak oldukça parlak yahut koyu renklere ulaşılabiliyor. Baskının farklı aşamalarında, yazılım aracılığıyla ilginç efektler yaratabilirsiniz.



PLA + Taş

İçeriğindeki kireç taşı kırıntıları sayesinde baskılara taş görünümü verebilmek mümkün olabiliyor.



PLA + Bronze

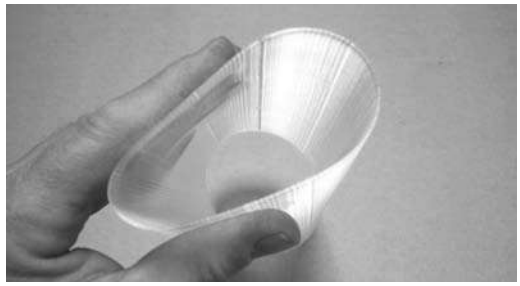
İçeriğindeki bronz materyaliyle küçük bronz heykeller çıkarmak olanaklı hale geliyor.



PLA + Bakır
Farklı bir metalle çok daha farklı bir etki yaratılabilir.



Bükülebilir ABS
Bu materyal ABS ile Esnek Filament'ler arasında bir yerlere denk geliyor. Normal ABS den %200 daha esnek olduğunu söyleyebiliriz.



Yüksek Dayanıklılığa Sahip Materyaller

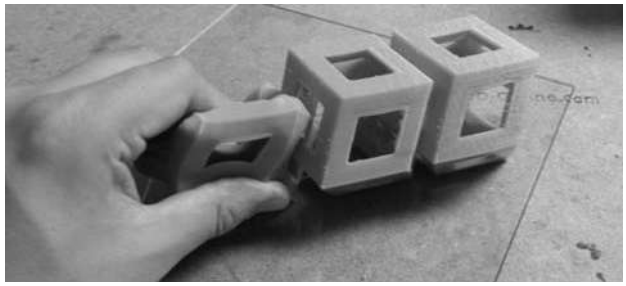
PET
Renksiz ve kristalize bir görünümü olan PET (Polietilen Terepalat) çoğunlukla plastik şişelerin yapımında kullanılır. Oldukça sert ve hafif olmasının yanında darbelere karşı dirençlidir.



Esnek Filament'ler

Kauçuktan esnek bir materyal olan bu filament'ler bükülmenin de ötesine geçer. Kendilerine filament'ler arasında bir yer bulmamız gerekirse onu esneklikle basılabilirlik arasında bir konuma oturtabiliriz.

TPE (Termoplastik Elastomer)
TPE, termoplastik materyallerin kolay işlenebilme ve geri dönüştürülebilirlik özellikleriyle, termoset kauçukların esnekliklerini biraraya getiren çok yönlü bir polimerdir.

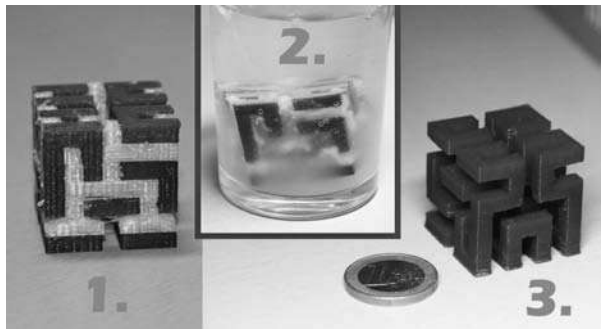


Termoplastik kauçukla baskısı yapılmış bir nesne sıkıştırılıp geri bırakıldığında eski halini alabiliyor.

Çözünebilir Filament'ler

Çözünebilir filament'ler genellikle çift baskı uçlu yazıcılarla negatif açılara sahip nesnelerin efektif baskısı için gerekli olan desteklerin baskısı için kullanılırlar.

PVA (Polivinil Asetat)
PVA büyük ölçüde ağaç tutkalı gibi yapıştırıcılarda kullanılan bir malzemedir. Suda çözünebilen bu materyalin bu konuda deneyimlenmesi oldukça güvenlidir. Sıklıkla 3 boyutlu PLA baskılarda destek materyali olarak kullanılırlar. Bununla birlikte tabana pek iyi yapışmaması ve yüksek ısılarda hot-endde katranlı tıkanıklığa sebebiyet vermesi baskı sürecini zorlaştıran etmenlerdir.



HIPS (High Impact Polystyrene)
Oldukça güçlü bir kimyasal yapıya sahip olan HIPS (Antişok Polistiren) hoş kokusundan dolayı çoğunlukla temizlik malzemelerinde kullanılan, formülü C10H16 olan *Limonen* içerisinde çözünür. Genellikle ABS baskıların negatif açılara sahip kısımlarında destek unsuru oluşturmak için kullanılıyorlar.



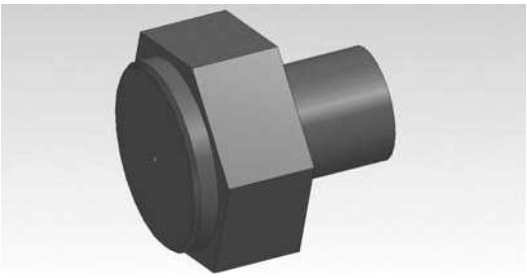
HIPS polimerinin destek materyali olarak kullanıldığı bir rulman baskısı.

Yazılım

Önceki bölümlerde 3 boyutlu yazıcıyı mekanik ve elektronik olarak tanıdık ve yazılım kısmında yapılacak işlemler için gerekli terimleri biliyoruz. 3 boyutlu yazıcılarda baskı alınabilmesi için yazılım kısmında birden çok adımda farklı yazılımların tercih edilmesi mümkündür. İlk olarak basılacak parçanın üç boyutlu olarak modellenmesi geremektedir ve bunun için CAD (Computer Aided Design: Bilgisayar Destekli Tasarım) veya diğer bir isimlendirmeyle 3 boyutlu tasarım programlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Parça tasarlandıktan sonra CAM (Computer Aided Manifacturing: Bilgisayar Destekli Üretim) uygulamaları, yani baskı uygulamaları ile modelin basılabilir biçimde elden geçirilmesi, yeniden kodlanması gerekir. Ayrıca bu kodlamanın yazıcıya gönderilmesi, yazıcıya komutların aktarılması da bir başka adımdır. Son olarak da yazıcının çalışabilmesi için yazıcı tarafında yüklü bir firmware yazılıma ihtiyaç bulunmaktadır. Buna bağlı olarak, bu firmware yazılımının da bilgisayar tarafında önceden oluşturulması ve 3 boyutlu yazıcıya yüklenmesi için başka bir geliştirme platformuna, yani bir diğer yazılıma ihtiyaç duyulur.

CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve Modelleme

CAD, katı parçaların tasarlanarak bilgisayar yardımıyla matematiksel ifadeler veya koordinatlar ve geometrik şekiller, çeşitli hacimler olarak ifade edilmesidir. CAD yazılımları ile nesneler tasarlanır, dönüştürülür, analiz ve optimize edilir. Bazı CAD yazılımları parçaların sanki gerçek hayatta çalışıyormuş gibi simule edilmesini de sağlayabilmektedir.



Katı modellenmiş parça

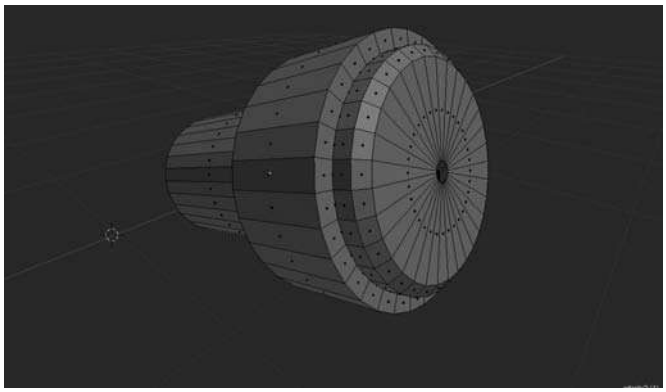
Nesnelerin 3 boyutlu olarak oluşturulmasında akla gelen bir nokta da CAD ve 3 boyutlu modelleme yazılımlarının farkıdır. Solidwords, AutoCAD, OpenSCAD, FreeCAD gibi yazılımlar CAD yazılımlarıdır ve 3 boyutlu olarak nesne tasarlanmasını sağlarlar. Blender, Maya, Autodesk 3Ds Max gibi yazılımlar da 3 boyutlu nesneler modellemesini sağlarlar. Peki fark nedir? CAD yazılımları doğrudan üretime ve analize, yani parçaların fiziksel olarak işleme ihtimaline dönük olarak tasarlanmıştır. CAD yazılımlarının çoğu katı nesnelerle çalışır, ve bu katı nesnelere ekleme ve çıkarma ile işlem yapılır. Söz konusu olan her zaman bir katı alanın hacmidir. Ancak 3 boyutlu modelleme yazılımlarının büyük çoğunluğu yüzeylerin dönüştürülmesi ile işlemektedir, görüntülenecek bir yüzeyin düzenlenmesi yüzeyi oluşturan çokgenlerin düzenlenmesidir. Bu da iki farklı yaklaşım anlamına gelmektedir. CAD yazılımlarını genelde mimar ve mühendisler kullanırken, 3 boyutlu modelleme yazılımlarını tasarımcılar ve animasyoncular kullanmaktadır. 3 boyutlu modelleme yazılımları ekranda görüntüleme için, gerçekçi görünen sanal sahne ve animasyonlar için kullanılırken, CAD yazılımları gerçek fiziksel nesneler üretmek için kullanılır. CAD yazılımları ile 3 boyutlu bir animasyon film karakterini görsel olarak tasarlamak zor olacaktır. 3 boyutlu modelleme yazılımları ise bir nesnenin daha kusursuz, aslına uygun ve fiziksel dünyada işler olarak yapılması için CAD yazılımlarından daha az araç sunarlar.

Öte yandan bu yazılımların ana kullanım alanları birbirinden farklı olsa da, pekâlâ birbirlerinin işlevlerini yerine getirecek şekilde kullanılabilirler. CAD yazılımı ile ekranda gösterilecek iyi bir 3 boyutlu nesne, 3 boyutlu modelleme yazılımı ile de basılacak bir nesne yapılabilmektedir. Ancak bu noktada nesneyi tasarlarken her zaman programların farkları göz önünde bulundurulmalıdır.

Bir parçanın oluşturulması temel düzeyde nesneleri 3 boyutlu olarak düşünebilme algısı ve tabi modelleme bilgisi gerektirir. Bu noktada 3 boyutlu modelleme kaynaklarına, modelleme üzerine kitap ve video eğitimlerine başvurabilirsiniz. Modellemenin kendisi maalesef bu kitabın kapsamını aşan ve kendi başına bir kitap olabilecek detaylar içeren bir konudur. Ancak gözünüz korkmasın, basit nesneleri modelleyebileceğiniz temel bir modelleme bilgisi öğrenmek sanıldığı kadar zor değildir.

Öte yandan hazır 3 boyutlu modeller üzerinde çalışabilir, onları düzeltebilir veya doğrudan basabilirsiniz. İnternet'te çok sayıda 3 boyutlu model ve 3 boyutlu yazıcı için düzenlenmiş dosyalar sunan veritabanları hatta bu konuya odaklanmış sosyal ağlar bile bulunmaktadır.

Ayrıca 3 boyutlu yazıcılara paralel olarak gelişen 3 boyutlu tarayıcıları da kullanabilirsiniz. 3 boyutlu tarayıcılar nesnelerin 3 boyutlu olarak tıpkı fotoğraf çeker gibi bilgisayara aktarılmasını sağlamaktadır. Daha sonra elde ettiğiniz 3 boyutlu model üzerinde ufak değişiklikler yaparak basabilirsiniz.



Yüzey modellemeli parça

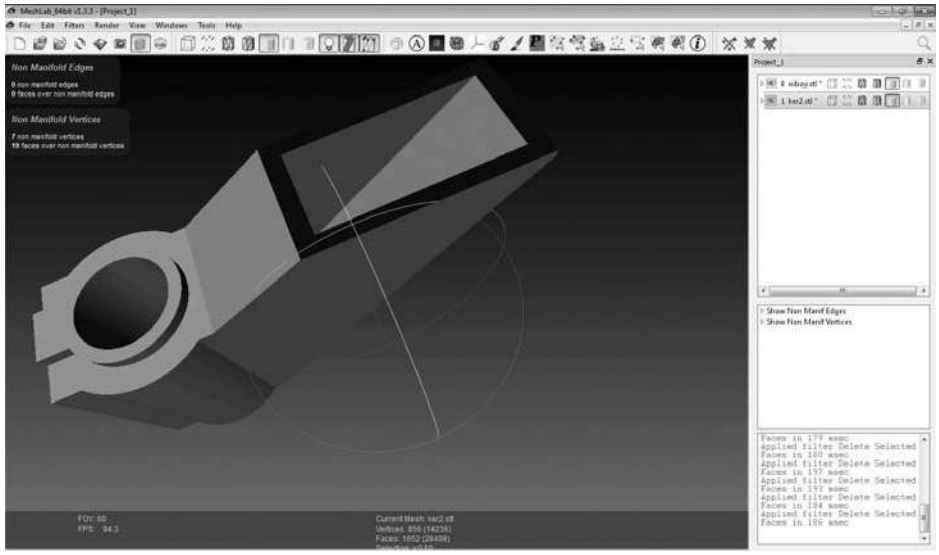
NetFabb ve Meshlab

3 boyutlu modelleme yazılımları yüzeylerle çalışır. Bu yüzeyler bir nesne oluşturacak şekilde kapatıldığında, katı bir nesne, kapalı bir hacmi ifade edecek bir dosyaya dönüştürülebilir. Hatta 3 boyutlu yazıcılarla basılabilmeleri için bu şekle dönüştürülmeleri zorunludur. Yüzeyler ve bu yüzeyleri tanımlayan noktalar bütün bir model çevresinde komşu nokta ve yüzeylerle bağlanmış (manifold) olmalı, diğer bir deyişle hazırladığınız model su geçirmez (watertight) olarak tasarlanmalıdır.

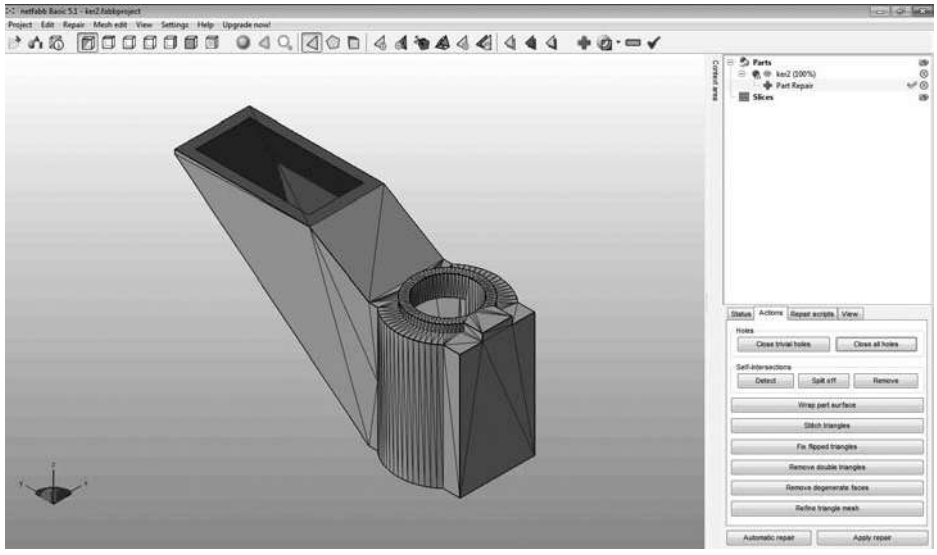
Bu ve benzeri sorunlar Netfabb ve Meshlab gibi yazılımlarla düzeltilebilir. Ancak bir dereceye kadar. Netfabb veya Meshlab'a gelmeden önce modelinizi küçük hatalar dışında katı model gibi kapalı yapabilmiş olmalısınız. Sadece bir yüzdenden oluşan 3 boyutlu çizimleri bu yazılımlar da kurtaramaz.



Bu programlar ekteki DVD'de yer almaktadır.



Meshlab'de açılmış "manifold" olmayan nesne.



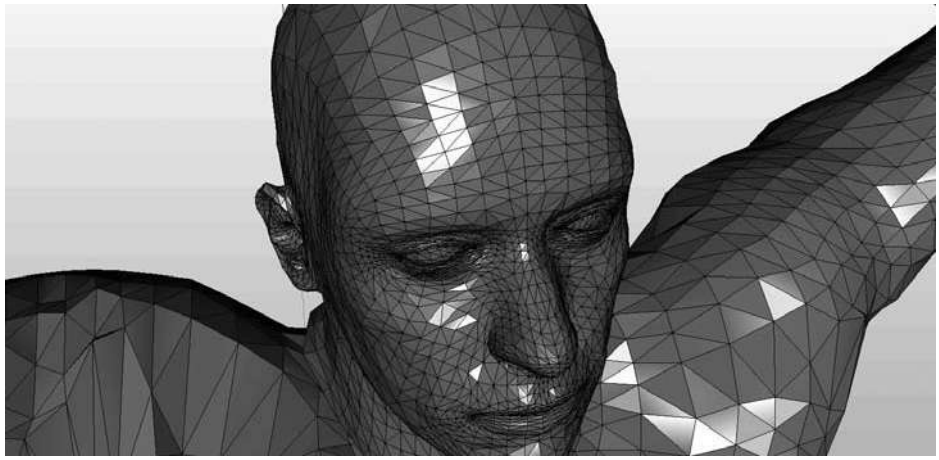
Netfabb'de onarılan parça.

STL Dosya Formatı

STL (STereoLitography) dosya formatı hızlı prototipleme uygulamalarına yönelik geliştirilmiştir. Tipik bir bilgisayarda görüntüleme amaçlanmış 3 boyutlu modelin sıklıkla dörtgenlerden oluşan yüzeyleri karşısında, STL formatındaki katı modeller üçgenlerden oluşacak şekilde modellenmiştir.

Üçgenlerle çalışmak baskı için avantajlıyken, modelleme aşamasında zorluklar taşımaktadır. Modellemede nesneyi eğip bükmek, animasyon katmak, daha küçük çokgenlere bölerek detayları çalışmak, hatlarını yumuşatmak gibi işlemlerde dörtgenler kolaylık sağlar. Bu yüzden modellemede dörtgenlerle çalışırken, baskıya geçerken model üçgen bir yapıya dönüştürülmelidir. Modelleme yazılımlarının hemen hepsi bu imkânı sağlamaktadır.

Bir STL dosyası köşe noktaları (vertex) ve bir dikme (normal) ile tanımlanmış üçgenlerden oluşur. Yüzeylerin iç ve dış yüzeylerinin ne yönde olduğunu dikmenin yönü ve köşe noktalarının dosya içinde hangi sırada verildiğiyle belirlenir. Yüzeye dışardan bakıldığında bu sıralama saat yönünün tersinde verilir (sağ el kuralı). Tanımlanan her üçgen için kenarlı belirleyen iki köşe noktası komşu olan üçgenin iki köşesiyle aynı koorinatlara sahip olmalıdır. Ancak bu şekilde modelin yüzeyleri birbirine tam bağlanmış, model katı ve su geçirmez (watertight) olarak tanımlanmış olur. STL modelin bu özelliği baskı için sadece önemli değil, tek koşuldur. Aksi taktirde baskıda sorun oluşacaktır.



STL model ve üçgen geometrisi.

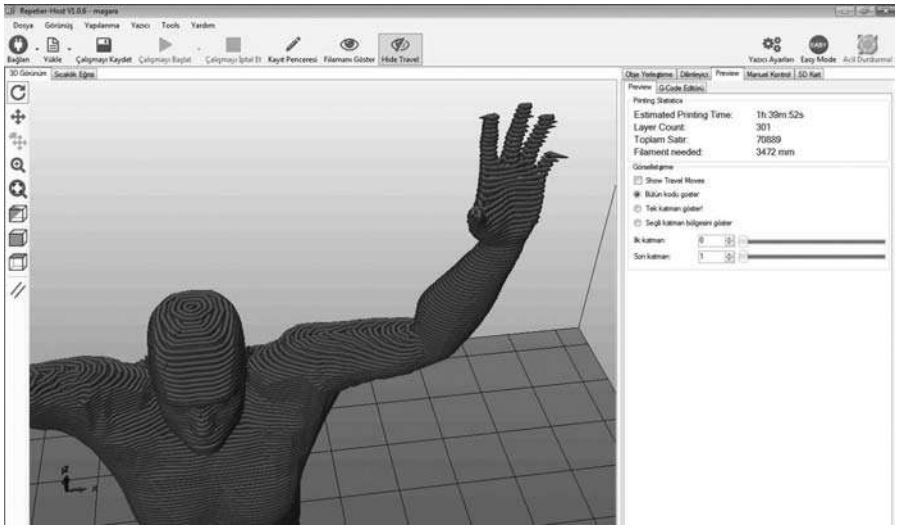
STL formatı .stl dosya uzantısına sahiptir: araba.stl, ev.stl vb. İnternetten indireceğiniz baskıya hazır 3 boyutlu modeller yüksek ihtimalle bu formatta karşınıza çıkacaktır. Bazen de bu modeller STL'e dönüştürülmemiş haliyle karşınıza çıkabilir. Bu durumda modelleme veya CAD yazılımlarıyla bu dosyaları STL'e dönüştürülmesi gerekmektedir.

CAM (Computer Aided Manufacturing)

3 boyutlu yazıcı yapanlar veya satın alanların yazıcıdan baskı alabilmeleri için modellemeye veya CAD yaılımlarına hakim olmaları gerekli değildir, ancak baskıda

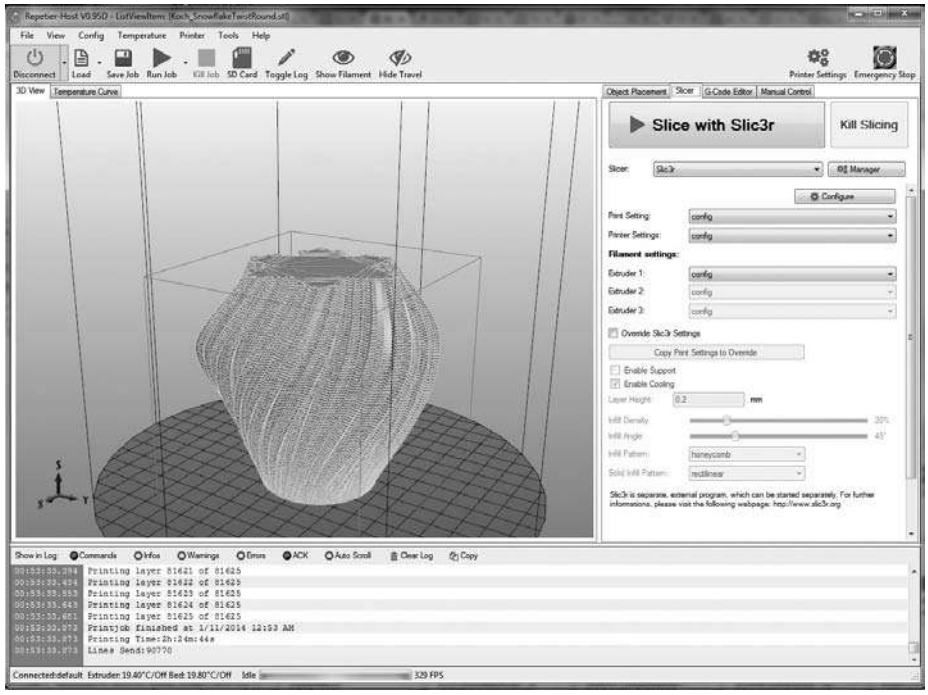
kullanılan CAM yazılımlarını bilmeleri gerekmektedir. 3 boyutlu yazıcılarla birlikte kullanılan CAM yazılımları hem yazıcınızı bir makine veya robot olarak kontrol etmenizi sağlar, hem STL dosyalarını makinenin anlayabileceği G-code formatına dönüştürmede kullanılır, son olarak da bu G-code'ları makineye gönderirler.

STL dosyası, içindeki nesneyi katı bir model olarak tanımlar ancak bu sayısal veriler 3 boyutlu yazıcıların çalışma prensibine tam olarak uygun değildir. 3 boyutlu yazıcılar nesneleri katman katman inşa ederler. Bu yüzden de nesnelerin katmanlar halinde ve bu katmanlardaki çizgi ve alanlar olarak tanımlanması gerekir. Daha doğru ifade etmek gerekirse baskı yapılacak nesneye uygun olarak 3 boyutlu yazıcının kafasından çıkacak plastik materyalin her katmandaki yerine göre gerçekleştirilecek baskı kafası hareketlerinin belirtilmesi gerekir. Yani 3 boyutlu bir model baskı ucunun baskı alanındaki hareketleriyle ifade edilir. STL dosyasının da bu hale dönüştürülmesinde CAM yazılımlarına iş düşmektedir.



Plastik çizgiler olarak modelin gösterimi.

STL dosyası, baskı almak için kullanacağınız programa eklenti olarak sunulan veya bu programdan ayrı olarak çalışan bir dönüştürücü yazılım ile G-code formatına dönüştürülmelidir. 3 boyutlu yazıcılar G-code dilinden başka bir dilden anlamazlar. Bu tür programlara örnek olarak Slic3r ve Skeinforge gibi yazılımlar verilebilir. Slic3r, baskı için kullanacağımız Repetier programının içinden veya ayrı bir program olarak da çalıştırılabilmektedir. Skeinforge ise Repetier içinde bir eklenti (plug-in) olarak çalışmaktadır.



Repetier'de Slic3r Sekmesi.

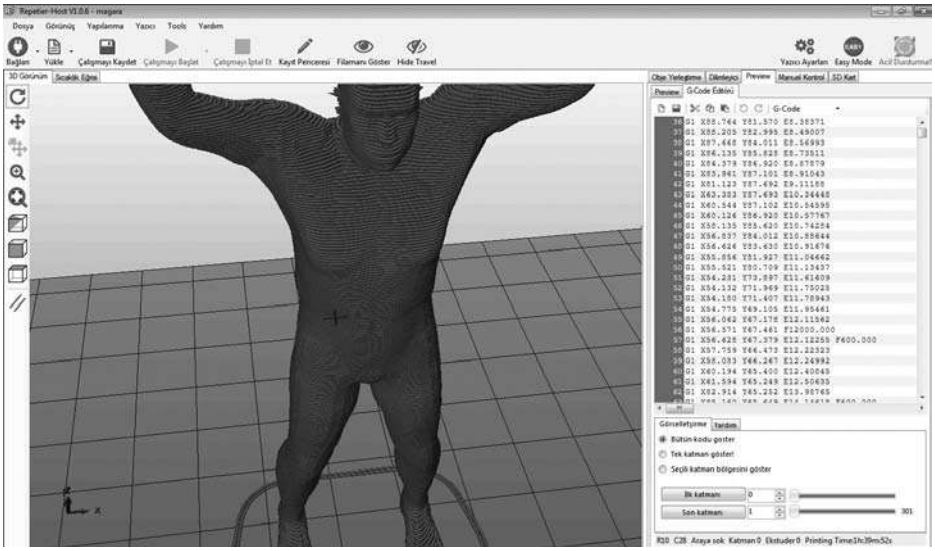
G-Code

G-Code bilgisayar destekli üretim amacıyla kullanılan makinelerin programlama dilidir. Makineye neyi nasıl yapması gerektiği G-code ile söylenir. Yani basılacak her nesne eninde sonunda G-code haline getirilmelidir.

3 boyutlu yazıcılarda g-code baskı kafasının belli bir anda olması gereken pozisyonu belirtir. Art arda makineye gönderilen g-code'larla baskı ucu katmanların sınır çizgilerini ve bu çizgiler arasındaki dolu alanları tarayacak şekilde hareket ettirilidir.

Örneğin G1 X10 Y20 Z30 kodu baskı ucunun X ekseninde 10 mm, Y ekseninde 20 mm ve Z ekseninde 30 mm konumuna gitmesini sağlamaktadır. Burada G1 baskı ucunu hareket etmesini sağlayan komuttur.

Başka bir örnek olarak da G28 komutu verilebilir. G28 komutu baskı ucunun orijin noktasına, yani sınır anahtarlarının olduğu 0 başlangıç konumuna gitmesini sağlar. Buna homing denmektedir. Eğer sadece bir eksen üzerinde homing yapılacaksa G28 X, G28 Y veya G28 Z şeklinde komuta X, Y, Z parametreleri de eklenebilir.



Repetier'de G-code ekranı, sağda kodlar sıralanmış.

Baskıda modelin, modelden oluşturulacak STL dosyasının yapısını anlamak kadar bundan oluşturulacak g-code dosyasınınkini de anlamak önemlidir. Bir nesneyi bir g-code yığını olarak görebilmek nesnenin sorunsuz bir şekilde basılıp basılamayacağını anlamayı sağlar. Veya bir g-code dosyasını anlayabilmek de baskı süreci içinde nelerin yanlış gidebileceğini görmeyi sağlar.

Buradan rahatlıkla anlaşılabileceği gibi, baskı almak dünyanın en kolay işlerinden sayılmaz. Ama en zorlarından da değildir. 3 boyutlu yazıcınızı ister kendiniz yapın, isterseniz hazır alın makinenin çalışma prensibini bir düzeyde bilmek zorundasınız. Hatta bu kontada kendi yazıcınızı üretmiş olmanız sorunların nedenlerini anlamak konusunda size avantaj sağlar. çoğu kullanıcının evinde hazır montajlı olarak almış oldukları 3 boyutlu yazıcı kullanamadıkları için tozlu raflara kaldırılmış durumdadır. 3 boyutlu yazıcının eğlenceli ve yaratıcı dünyasına girmek için bir miktar bilgi gerekmektedir.

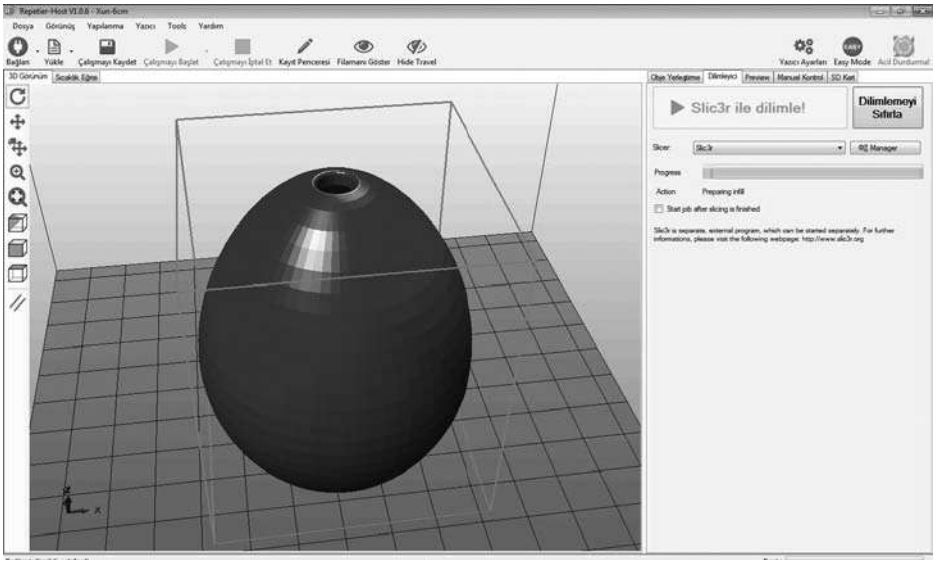
Nesneleri oluşturacak g-code komut yığınları nesneye ait .gcode uzantılı bir dosya içinde saklanır. Örneğin bisiklet.stl olarak aldığınız STL dosyası G-code'a dönüştürüldüğünde dosya bisiklet.gcode olarak kaydedilebilir. Bu dosya alt alta g-code'lardan oluşmuştur.

Bir Dilimleme Yazılımı Örneği: Slic3r

3 boyutlu yazıcılar nesneleri katman katman inşa eder. Bu kat kat bina yapmaya benzetilebilir. Nesnelerin modellenmiş hallerinin bu katmanlı yapıya dönüştürülmesi

için salam gibi dilim dilim kesilmeleri gerekir. Bu işlem sonunda G-code komutları elde edilir ve nesneye ait .gcode uzantılı bir dosyada saklanır.

Slic3r bu kesme yazılımlarına örnek olarak verilebilir. Slic3r, 3 boyutlu yazıcılarla birlikte kullanılan popüler kesme programlarından biridir. Programı kendi sitesinden indirip bağımsız bir şekilde kullanabileceğiniz gibi baskı öncesinde baskı aldığınız Repetier gibi programların içinden de çalıştırıp kullanabilirsiniz.



Nesne Slic3r ile dilimlenme sürecinde.

Slic3r programı ile kesme işlemini yapıp gcode elde etmeden önce programın ayarlarının yapılması gerekir. Bu ayarları her baskıdan önce kontrol etmeli ve basılacak nesneye, baskı malzemesine, yazıcının durumuna göre düzenlemelisiniz. Bütün ayarların sürekli yapılması gerekli değildir. Ama örneğin nesnenin katman kalınlığının veya içinde kullanılacak dolgu miktarının belirlenmesi gibi ayarların her baskıda değiştirilmesi gerekebilir.

Slic3r Ayarları

Bu bölümde Slic3r yazılımı için ayarlar üzerinde durulacaktır. Çok kullanılmayan ayarlardan bazıları yerden kazanmak veya kafa karıştırmamak için sadeleştirilmiş veya çıkarılmıştır. Slic3r ayarlarına Repetier'de Slic3r sekmesinde "Configuration" düğmesine basarak ulaşabilirsiniz.

Bu program ekteki DVD'de yer almaktadır.

Print Settings (Baskı Ayarları)

Layers and Perimeters (Katman ve Sınır Çizgileri Ayarları)

Layer height: Her dilimin katman kalınlığını belirler. Katman kalınlığı azaldıkça baskı kalitesi artar. Maksium değeri baskı ucundaki baskı memesi (nozzle) ile sınırlıdır. 0,4 mm bir baskı memesi için 0,3 ve altında katman kalınlığı verilebilir. Burada temel ilke baskı memesi çapının %80'inden daha büyük bir değer vermemektir. Katmanlar inceldikçe daha fazla katman yapmak gerekeceğinden baskı süresi artar.

First layer height: İlk katmanın zemine daha iyi yapışması için normal katman kalınlığından daha fazla bir kalınlık vermeyi tercih edebilirsiniz. 0,1 mm kalınlıkta bir baskı için buraya 0,3 yazılabilir veya yüzde olarak %150 gibi değerler verilebilir.

Perimeters: Katmanın dış sınırı, dolayısıyla da nesnenin dış sınırlarının kaç çizgi ile çizileceğini belirler. Varsayılan hali 3'tür.

Spiral vase: Eğer vazo gibi silindirik ve ince duvarı bir yapı basılıyorsa bu opsiyonu seçerek 1 perimeter değerine sahip, içi boş, destek materyeli olmayan, baskı ucunun baskı sırasında döne döne Z ekseninde spiral çizecek şekilde yükseldiği bir baskı sağlanabilir. İsminin söylediği gibi saksı veya vazo gibi nesnelerde kullanılabilir.

Solid layers: Nesnenin tabanında ve en tepesinde kaç katmanın içi %100 dolu yapılacağını belirler. Geri kalan yerlerde Infill ayarında belirlediğiniz dolulukta dolgu yapılır.

Extra perimeters if needed: Bu ayar eğimli duvarlarda gerek görüldüğünde daha fazla sınır çizgisi yapılmasını sağlar. Seçildiğinde Slic3r yukarda belirtilen perimeters sayısından daha fazla sınır çizgisini otomatik olarak uygular.

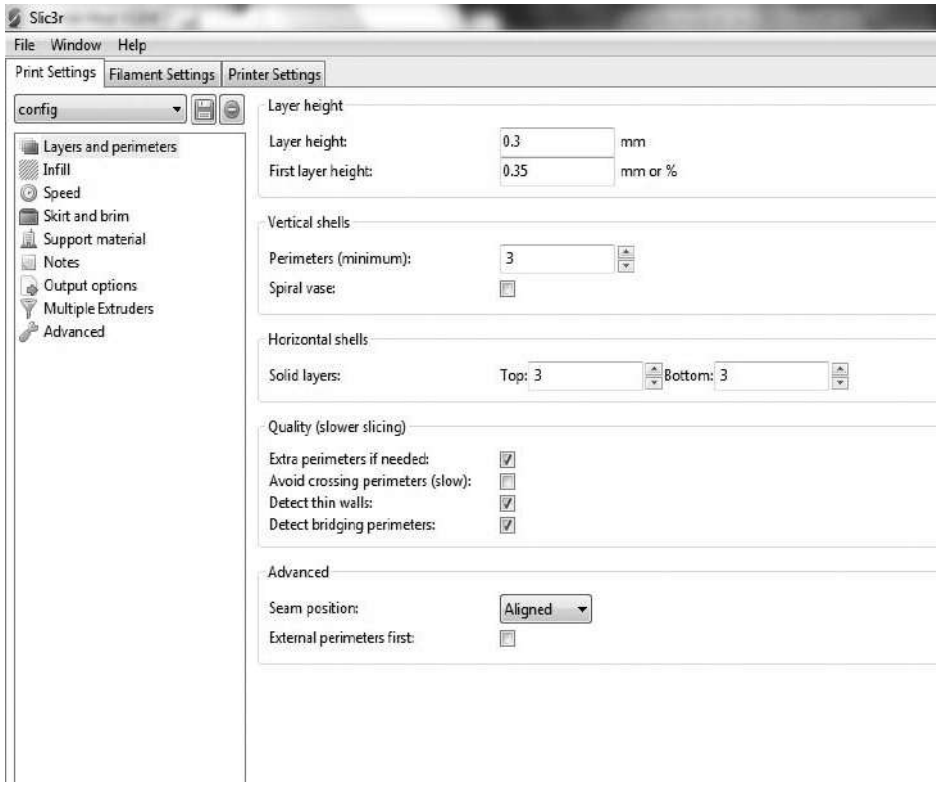
Avoid crossing perimeters: Özellikle filament'in teflon boru ile baskı ucuna taşındığı bowden kablolu yazıcılarda baskı ucunun akıtma problemlerinin minimuma indirilmesi için baskı ucunun sınırların üzerinden geçmeyecek şekilde hareket ettirilmesi için aktif hale getirilebilir.

Detect thin walls: Basılan çizgi halindeki plastiğin kalınlığı itibariyle, nesnenin bir yerinde iki veya daha fazla çizgi ile değil de tek bir çizgi ile basılması gereken ince bir duvar varsa bu seçenek seçili olmalıdır.

Detect bridging perimeters: Yükseldikçe genişleyen nesnelerde, üst katmanlara gidildikçe yazıcınız havaya hiçbir destek olmadan baskı yapamayacağından çeşitli tekniklerle alt katmandaki plastiğe üst katmandaki plastiğin temas ettirilmesi sağlanmalıdır. Bunu sağlamak için bu ayarın seçilmesi gerekmektedir.

Seam position: Her katmanda sınır çizgilerinin hangi noktadan basılmaya başlanacağını belirler. Bu ayar sınır çizgileri başlangıcında kaçınılmaz olarak oluşabilecek prüzlerin yönetilmesi içindir. Random seçildiğinde bu noktalar rastgele belirlenir, yani prüzler nesneye dağıtılır. Nearest seçildiğinde sırasıyla önce içbükey, asılı olmayan nokta, bu olmazsa dışbükey asılı olmayan nokta, bu da olmazsa sadece asılı olmayan bir nokta seçilir. Aligned olarak ayarlanması Nearest ile aynı mantığı yürütür, ancak bir katmana bir önceki katmanın başlangıç noktasından başlanmaya çalışılır.

External perimeters first: Seçildiğinde baskının normalde olması gerektiği gibi iç sınır çizgilerinden dış sınır çizgilerine doğru değil tam tersi şekilde yapılmasını sağlar. Her katmanda önce nesnenin en dış sınırları basılır.



Infill (Dolgu) Ayarları

Fill density: Nesnenin görünmeyen iç kısımlarının ne kadar doldurulacağını belirler, dolayısıyla nesnenin dayanıklılığı ve ağırlığını da etkiler. Hareketli ve üzerlerinde yük taşıyacak işlevsel parçaların yüksek dolgu yoğunluğu ile basılması gerekir. Sadece görselliği önemli olan parçalarsa düşük dolgu yoğunluğu ile basılabilir.

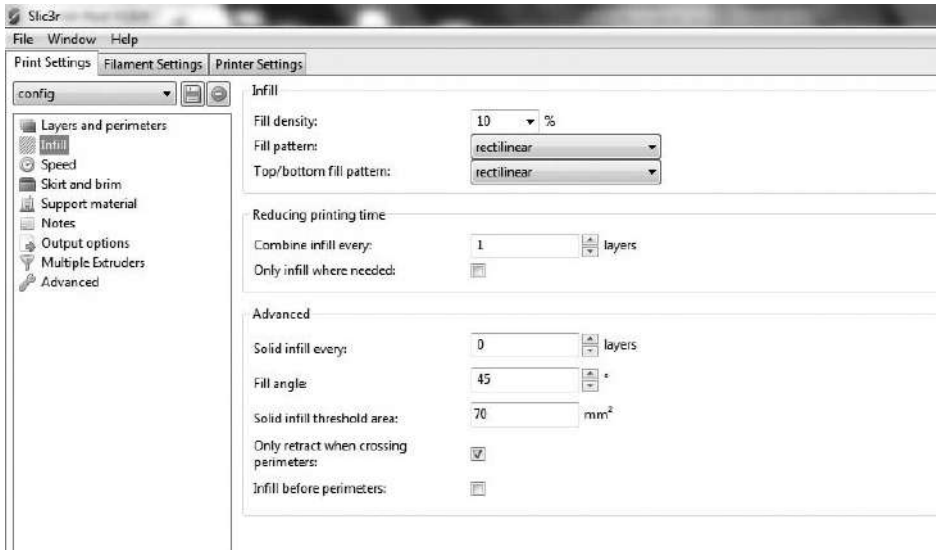
Fill pattern: Dolgu deseninin ne olacağını seçmek için kullanılır. Honeycomb nesnenin iç kısmını bal peteği şeklinde doldurur ve varsayılan ayar budur. Linear düz çizgilerle, rectilinear ise diagonal düz çizgilerle doldurur. Bunun dışında hilbertcurve, archimedeanchords gibi seçenekler de bulunmaktadır.

Top/bottom fill pattern: En altta ve en üstte kapatıcı dolgulu katmanların desenini belirler. Genelde diagonal çizgiler sunan rectilinear seçeneği seçilir.

Combine infill every X layers: Bu özellik sayesinde birden fazla dış katmana denk düşecek, bu katmaları kombine eden daha kalın bir doldurma kalınlığı kullanılarak baskı zamanından tasarruf edilebilir.

Only infill where needed: Bu seçenecekle sadece nesnenin içinde destek katmanı olarak işlev görecek yerlerde dolgu kullanılır.

Solid infill every X layers: Kaç katmanda bir dolgu deseni yerine tam bir katmanın basılacağını belirtir.



Fill angle: Dolgu açısını belirtir.

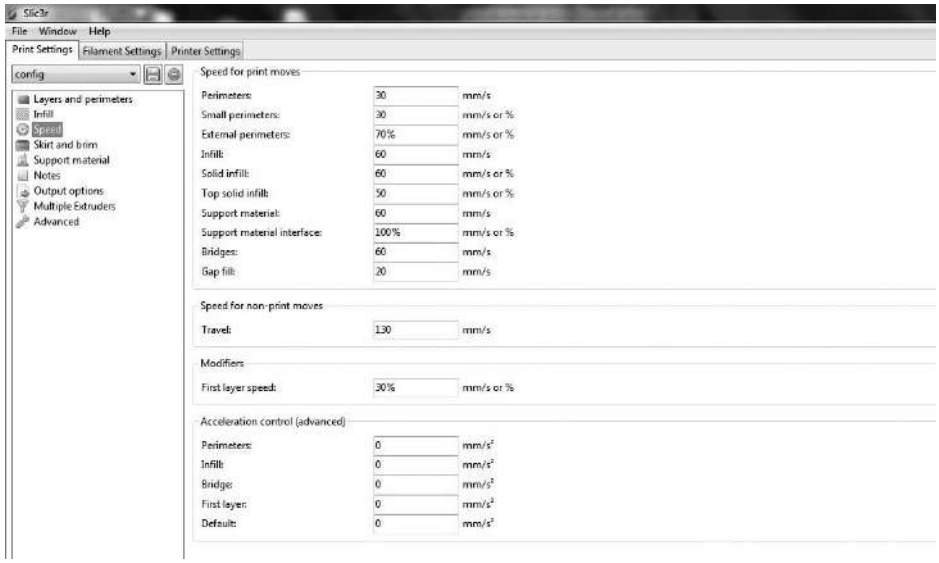
Solid infill treshold area: Buraya yazılacak değerden daha küçük alanlarda tam dolgu yapılır, yani iç kısım tamamen baskı materyaliyle doldurulur.

Only retract when crossing perimeter: Bu seçenekle baskı ucu sadece sınır çizgilerini katederken filament'in geri çekilerek (retract) akışkan baskı materyalinin bulaşması önlenir. Böylece dolgu bölgelerini katederken geri çekilme uygulanmaz.

Infill before perimeters: Bu seçenek seçildiğinde basılan katmanın önce içteki dolgu bölümü sonra dıştaki sınır çizgileri basılır.

Speed (Hız) Paremetreleri

Bu bölümdeki bütün parametreler baskı hızını etkilemektedir. Baskı hızı, yazıcı tasarımı, kullanılan malzemeler, elektronik kısımdaki tercihler gibi pek çok değişkene bağlı olarak bir üst limite sahiptir. Bu nedenle varsayılan değerlerle başlayıp baskı kötü sonuç verene kadar değerleri yükseltmek mantıklı olacaktır.



Perimeters, Small Perimeters ve External Perimeters: Sınır çizgilerinin baskı hızları. Dolgunun basılmasından daha yavaş yapılması gerekir, böylece hatalar önlenir, kusurlar daha az ortaya çıkar. Varsayılan ayarlar da bu yöndedir.

Infill, Solid infill, Top solid infill: Dolgu yaparken baskı hızları. Dolgu nesnenin içinde kalıp görünmediğinden yüksek hızlar tolare edilebilir.

Support material, support material interface: Özellikle negatif açılı baskı yapılacağında, yani objenin bir bölümü aşağı doğru sarkıyorsa, havaya baskı yapılamayaca-

ğından destek yapılması gerekir. Destek materyali modelden kesip çıkarılacağından şekli önemli değildir ve yüksek hızlar tolare edilebilir.

Bridges: Örneğin bina gibi modellerde çatı gibi iki nokta arasında havaya basılacak materyal destek yerine köprüleme ile basılabilir. Baskı ucunun iki destek noktası arasında köprü kuracak şekilde gidip gelme hızı buradan belirlenebilir.

Gap fill: Küçük alanları doldururken çok yüksek hız titreşime ve sallanmaya neden olacağından düşük tutulmalıdır.

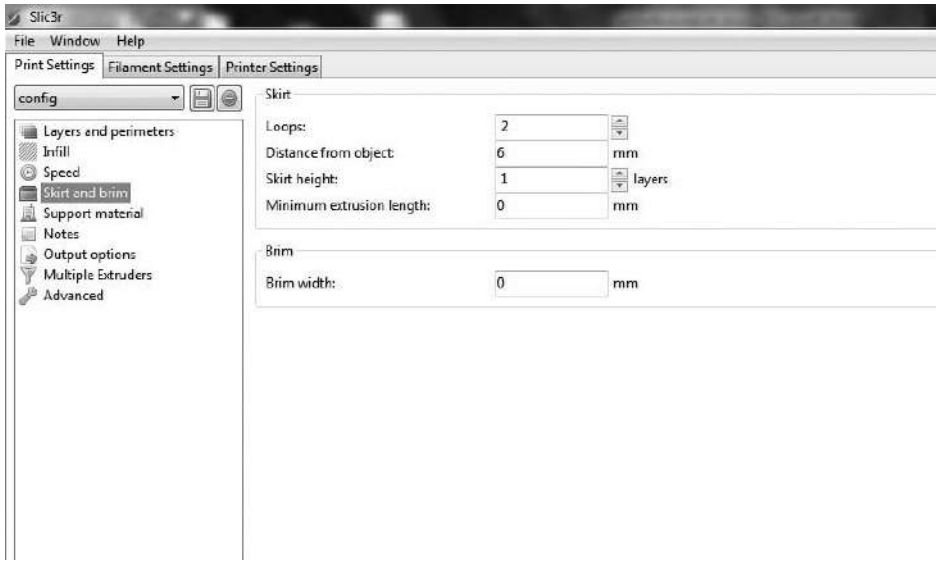
Travel: Baskı dışı hızdır. Makinenin kaldırabileceği kadar yükeltilebilir.

First layer speed: İlk katman yapışma açısından önemlidir. Düşük hızda basılması daha iyi sonuç verir.

Acceleration control: Eğer hızlanma çok yüksekse (firmware'de yüksek ayarlanmış olabilir) motorlar adım kaçırabilir, bunu önlemek için burada daha düşük bir değer verilebilir.

Skirt and Brim (Çevre Çizgisi ve Taban) Ayarları

Skirt baskı ucunu baskıya hazırlamak amacıyla basacağınız nesnenin çevresini uzaktan dolanan çizgilerdir. Baskıya temas etmezler. Brim ise nesneye temas edecek şekilde dairesel olarak atılan, taban işlevi gören çizgilerdir. Nesnenin baskı tabanına daha iyi yapışmasını sağlarlar.



Loops: Kaç çizgi halinde skirt basılacağını belirler. İhtiyaç makineye göre değişiklik gösterebilir.

Distance from object: Nesneye uzaklığını belirler. Varsayılan ayarda bırakılabilir.

Skirt height: Skirt yüksekliği. Tek katmandan fazla skirt nesne için bir koruma duvarı sağlar.

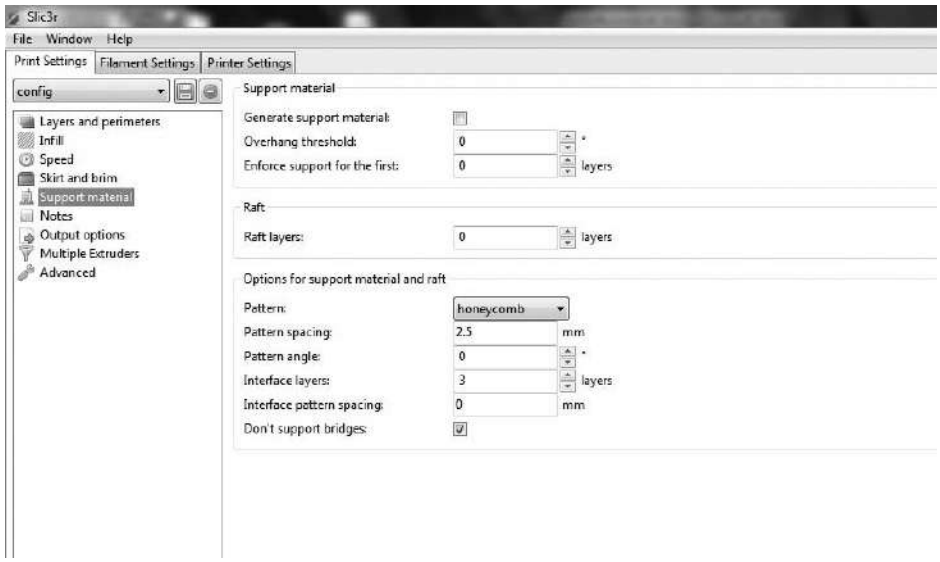
Minimum extrusion length: Skirt tamamlanana kadar atılacak minimum skirt uzunluğu.

Brim width: Atılacak tutucu tabanın kalınlığı.

Support Material (Destek Materyali) Ayarları

Generate support material: Negatif eğimli noktalarda destek materyali koyarak baskı yapmayı aktif hale getirir.

Overhang threshold: Baskı materyalinin hangi açı değerinden sonra yapılmayacağını belirtir. 0 bırakıldığında otomatik olarak belirlenir.



Enforce support for the first X layers: Özellikle çok küçük tabanı olan nesneler için ilk katmanlarda başka parametrelere bakılmaksızın destek materyalini zorla koymayı sağlar.

Raft layers: Raft nesne ile baskı zemini arasına konacak bütün alanı kaplayan bir destek materyali çeşididir. İstenen katman kadar nesne havaya kaldırılarak araya destek katmanı konur.

Pattern: Destek katmanı desenidir. Honeycomb (bal peteği), rectilinear (diagonal çizgi) gibi seçeneklerin yanı sıra pillars (sütunlar) seçeneği de bulunmaktadır.

Pattern spacing: Destek materyali çizgileri arasındaki mesafe.

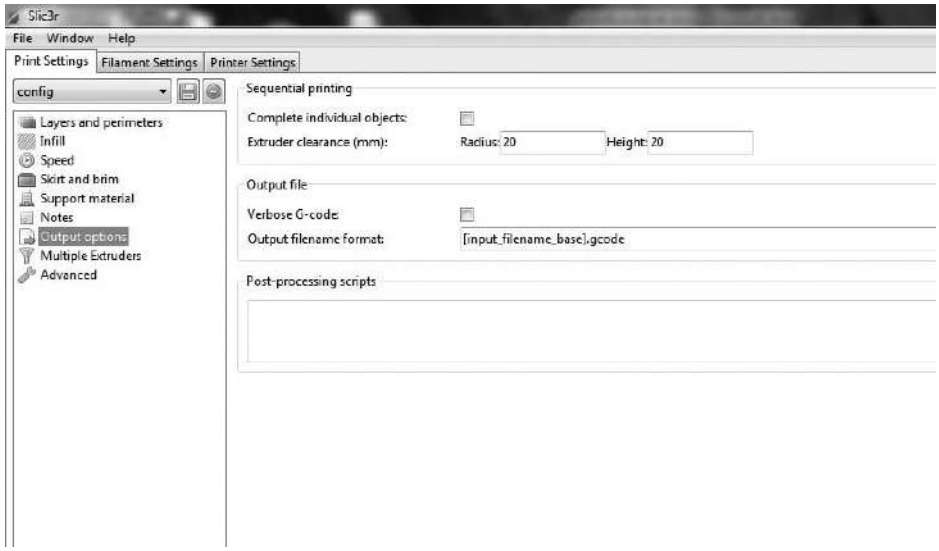
Pattern angle: Destek materyali çizgilerinin açısı.

Interface layers: Destek materyali ile nesne arasındaki geçişin kaç katmanda yapılacağı.

Interface pattern spacing: Geçiş deseni arasındaki mesafe.

Don't support bridges: Köprülemede destek kullanmamayı sağlar. Varsayılan ayar olarak açıktır. Köprüleme desteksiz de yapılabilen bir baskı olduğundan destek kullanılmaması normaldir.

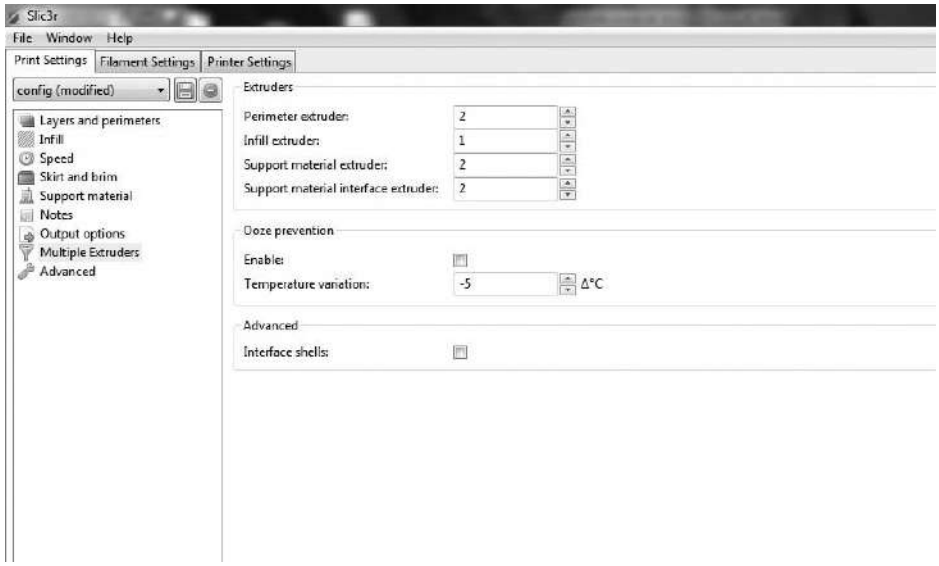
Output Options (Çıktı Ayarları)



Burada en önemli ayar sequential printing başlığı altında yer almaktadır. Complete individual objects seçeneği seçildiğinde birden fazla nesne bir arada katman katman olarak değil tek tek basılır. Yani bir obje basılıp tamamlandığında diğer objeye geçilip ilk katmanan son katmana kadar tamamlanır. Bu ayarın gerçekleşebilmesi için baskı ucunun ikinci nesne basılırken birinci nesneye çarpmaması gerekir. Bu da Extruder clearance kısmındaki radius (çap) ve height (yükseklik) ayarları ile baskı ucunun çap ve yüksekliği verilerek gerçekleştirilir. Bu değerler sayesinde repetier baskı ucunun basılmış nesneye çarpmamasını sağlar ve uyarıda bulunur.

Multiple Extruders (Çoklu Baskı Ucu) Ayarları

Bir yazıcıda birden fazla baskı ucu kullanılabilir. İki veya daha fazla baskı ucu kullanmanın çok sayıda avantajı vardır. Birden fazla baskı ucu aynı zamanda birden fazla filament kullanma imkânı sağlar. Böylece iki farklı renkte filament'le iki renkli baskılar alınabilir. Bir diğer kullanım da nesne ile destek materyalini farklı renk veya farklı plastik tipleri ile basma imkânıdır. Bu da destek materyalini nesneden ayırmayı kolaylaştırır.



Perimeter extruder: Hangi baskı ucunun sınır çizgilerini basacağını belirler.

Infill extruder: Hangi baskı ucunun dolguyu basacağını belirler.

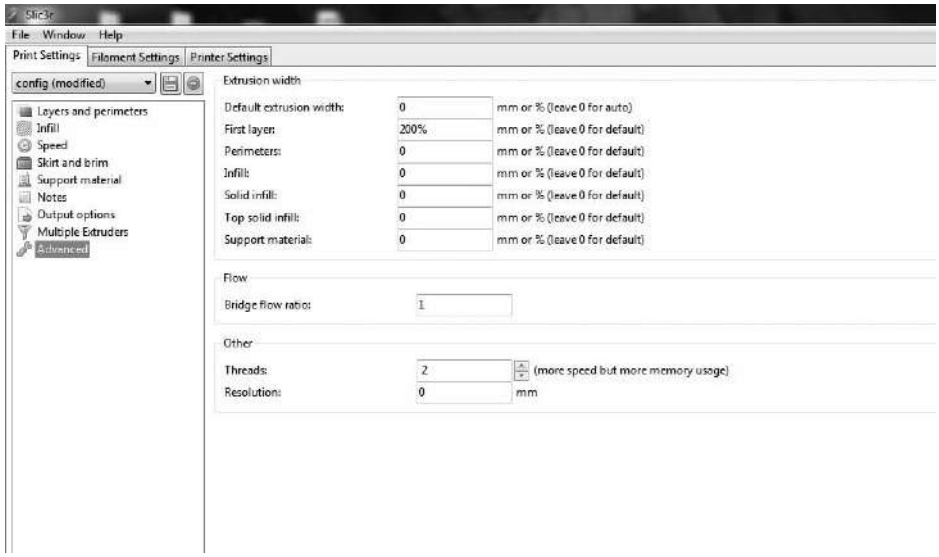
Support material extruder: Destek malzemesi baskı ucunun hangisi olacağını belirler.

Support material interface extruder: Destek malzemesi ile nesne arasındaki geçiş alanını hangi extruder'in basacağını belirler.

Advanced (İleri Düzey Ayarlar)

Extrusion width ayarları ile perimeter (sınır), first layer (ilk katman), infill (dolgu), solid infill (tam dolgu), top solid infill (tepe tam dolgusu) veya support material (destek) baskısında baskı kalınlığını normalden daha az veya daha fazla yapma imkânı bulunmaktadır.

Bridge flow ratio: Köprülemede kullanılacak materyal miktarını normalden daha az veya fazla verme imkânı sunar.



Filament Settings (Filament Ayarları)

Filament Ayarları

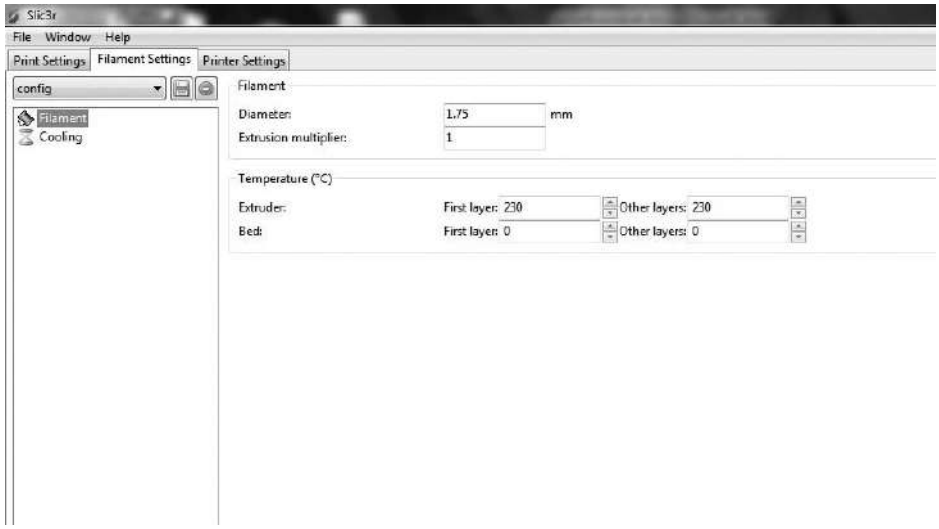
Filament diameter: Kullandığınız filament'in kalınlığıdır. Piyasada 1,75 mm ve 3 mm filament'ler standartlaşmış durumdadır. Makineniz hangisine uygunsa, hangisini satın aldıysanız onu seçiniz.

Extrusion multiplier: Filament akışını kontrol eder. Daha az veya çok filament kullanılmasını sağlayabilirsiniz. Eğer çok fazla değiştirme ihtiyacı varsa muhtemelen firmware yazılımınızda extruder için belirlenen "steps per mm" (mm başına adım) ayarı hatalıdır, onu düzeltmeyi düşünebilirsiniz.

Extruder temperature: First layer ilk katmanın hangi sıcaklıkta basılacağını, other layers da diğer katmanların hangi sıcaklıkta basılacağını belirtir. ABS plastik için

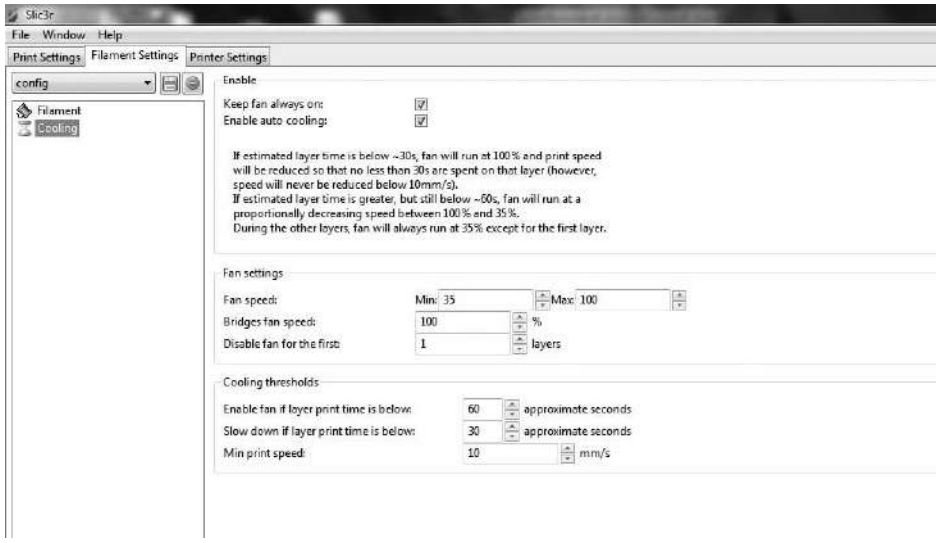
bu değerler 230, PLA için 180 ile 210 arasındadır. Kesin değer için filament'in tedarik edildiği kaynağa başvurulmalı veya farklı sıcaklıklarda test baskıları alınmalıdır.

Bed temperature: Baskı zemini ısıtılabiliyorsa sıcaklığı buradan ayarlanır. Sıcak zeminlerde ABS için 100-120 derece, PLA içinse 50-70 derece arasında değerler kullanılabilir.



Cooling (Soğutma) Ayarları

Bu ayarlarla fanın dönme hızını dolayısıyla da soğutma miktarını ayarlayabilirsiniz. Başlangıç aşamasında varsayılan ayarlarda bırakmak en iyisidir.



Printer Settings (Yazıcı Ayarları)

General (Genel Ayarlar)

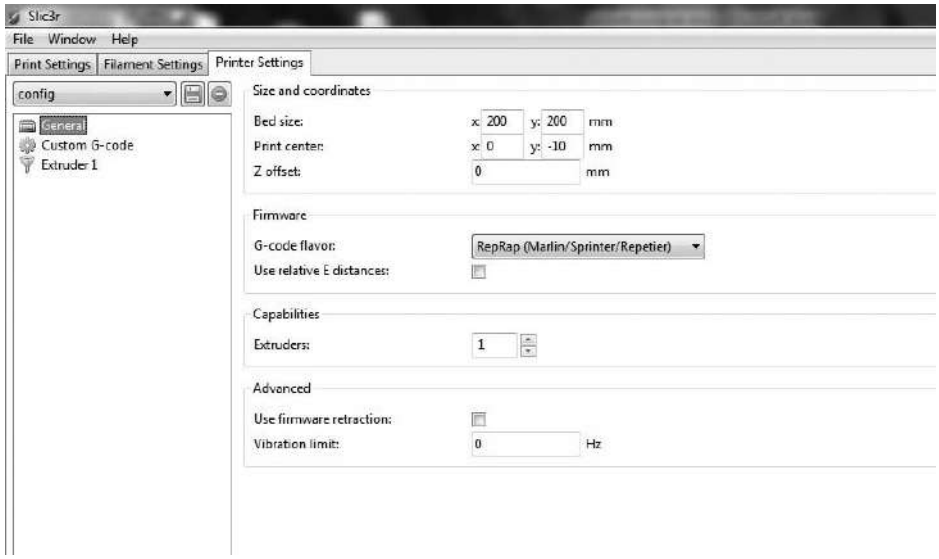
Bed size: Zeminin ölçülerini belirler.

Print center: Baskı merkezinin yerini belirler.

Z offset: Z ekseninde sınır anahtarı (endstop) hatalı konumdaysa bu değerle kompanse edilebilir.

Firmware: Kullanılan firmware türünü belirler. Özellikle kendi 3 boyutlu yazıcılarını yapanlar genelde RepRap (Marlin/Sprinter/Repetier) firmware yazılımlarını kullanmaktadır.

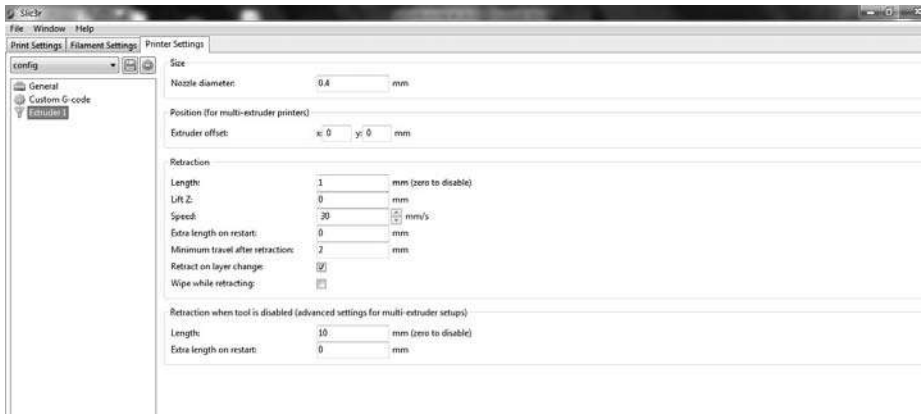
Extruders: Yazıcıdaki baskı ucu sayısıdır. Çift baskı uçlu makinelerde bu değer 2 olmalıdır.



Extruder Ayarları

Bu ayarlar kaç tane baskı ucu varsa hepsi için tek tek yapılmalıdır.

Nozzle diameter: En önemli değerlerden biridir. Baskı ucu memesinin delik çapını belirler. Makinenizde kullanılan (veya sizin seçtiğiniz) nozzle'a (baskı ucu memesi) göre değişir.



Extruder offset: Birden fazla baskı ucu için ilkinden sonra gelen baskı uçlarında ilkine göre X ve Y koordinatında ikincinin yerinin belirtilmesini sağlar.

Retraction: Bu özellik filament'in geri çekilmesini sağlar. Geri çekme hareketi baskı ucu çeşitli baskı noktaları arasında hareket ederken plastiği baskı ucundan geri çekerek akıntı ve bulaşma olmasını engeller.

Lenght: Filament'i belirtilen miktarda geri çeker.

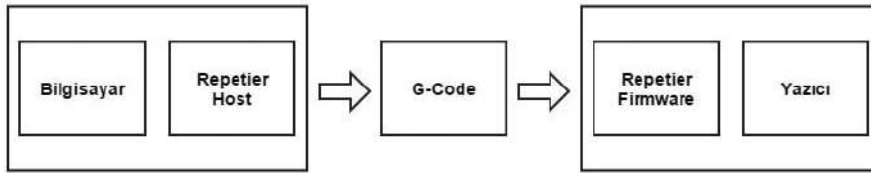
Lift Z: Geri çekme sırasında baskı ucunu Z ekseninde yükselterek bulaşmayı minimuma indirir.

Speed: Geri çekme hızını belirler.

Retract on layer change: Katman değiştirirken de geri çekme hareketi yaptırır.

Repetier Host Baskı Yazılımı ve Repetier Firmware Yazıcı Yazılımı

Repetier yazılımı, yazıcınızı kontrol etmenizi ve baskı almanızı sağlar. Repetier Host baskı yazılımı ve Repetier Firmware yazıcı yazılımından oluşmaktadır. Repetier'le bilgisayardan baskıya parça gönderebilmek için Repetier Host kısmına, gönderdiğimiz parçaların baskısını alabilmek için ise yazıcıda Repetier Firmware kısmına ihtiyacımız var. Bunun için Repetier Firmware'in konfigüre edilerek indirilmesi, eğer eksik bir ayar kaldıysa bu yazılım içindeki "configuration.h" dosyasından düzeltilmesi, son olarak da Arduino IDE ile yazıcıya yüklenmesi gerekmektedir. Ayrıca Repetier Host'u da indirip kurmalı, ayarlarını yapmalısınız. Bu aşamadan sonra Repetier Host ile yazıcıya bağlanıp baskı alabilirsiniz.

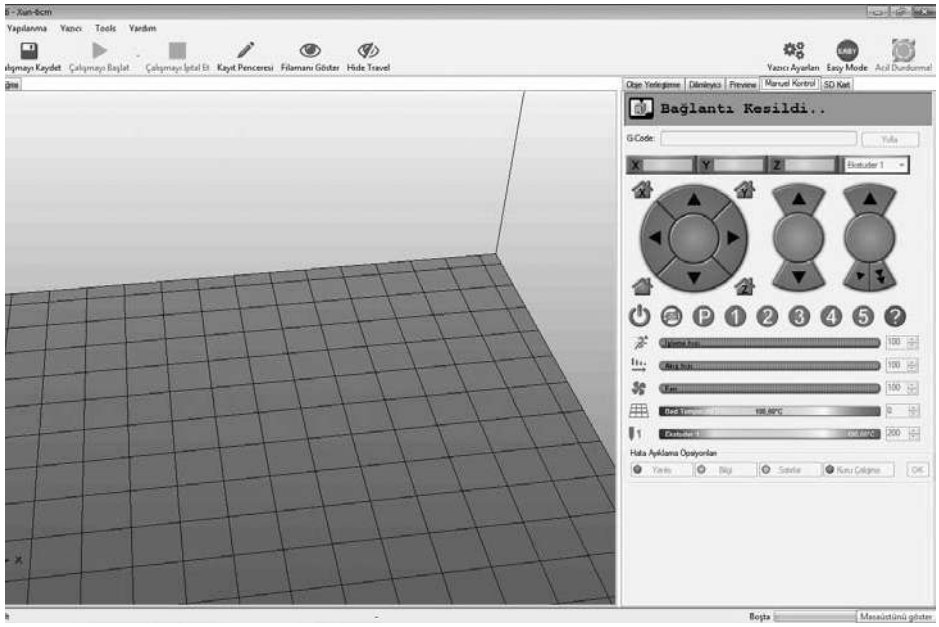


Repetier Host ve Repetier Firmware bilgisayar ve yazıcınızı birbiriyle konuşturur.

Repetier Host

Repetier Host yazılımı ile yazıcınıza bağlanarak otomatik olarak baskı alabileceğiniz gibi yazıcınıza "manuel" olarak komut da verebilirsiniz. Bağlan düğmesine tıklayarak yazıcı ile Repetier bağlantısını kurduktan sonra, yazıcının eksenlerini belirli ölçülerde hareket ettirmek, sıcak ucu istenebilen sıcaklığa kadar ısıtmak, fanları çalıştırmak, baskı zeminini ısıtmak ve filament'i ileri ve geri itmek mümkündür. Bu seçenekler özellikle yazıcı ilk kurulduğunda ve her baskıdan önce test ve hazırlık için gerekli olacaktır. Örneğin filament'i çıkarmak istediğinizde veya yeni filament takmak istediğinizde buradan filament sarma komutu vermek işinizi kolaylaştıracaktır.

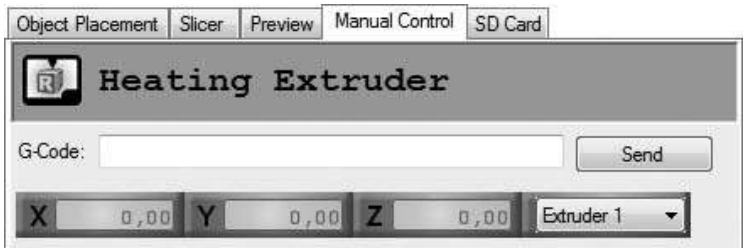
Bu program ekteki DVD'de yer almaktadır.



Repetier'de Manuel Kontrol sekmesi altında yazıcı kontrol paneli.

Ayrıca bir parçayı basmak için Repetier'e yüklediğinizde Slic3r yazılımını Repetier içinden çalıştırıp gerekli ayarları yapabileceksiniz. Hazırladığınız STL dosyasının baskı için dilimleme işlemi Repetier üstünde yapılacak ve oluşturulan G-Code yine aynı arayüzde gösterilecek. Repetier baskı sırasında size ne kadar süre kaldığını, sıcak ucun sıcaklık grafiğini, gönderilen G-code'ları ve hedeflenen baskıda görsel olarak gelinen noktayı, yani zemindeki filament çizgilerini de gösterir.

Bazen yazıcı kafasını belli bir noktaya doğrudan getirmek veya özel bir komut vermek isteyebilirsiniz. Bunun için gerekli G-code'u manuel olarak yazmak ve yazıcıya göndermek de mümkündür. Bunun için Repetier'in "manuel kontrol" sekmesinde başında G-code yazan metin kutusuna istediğiniz komutu yazın ve "Yolla" butonuna basın. Eğer G-code kutusu görünmüyorsa pencerenin sağ üstündeki "Easy Mode" butonu ile kolay moddan çıkmalısınız.



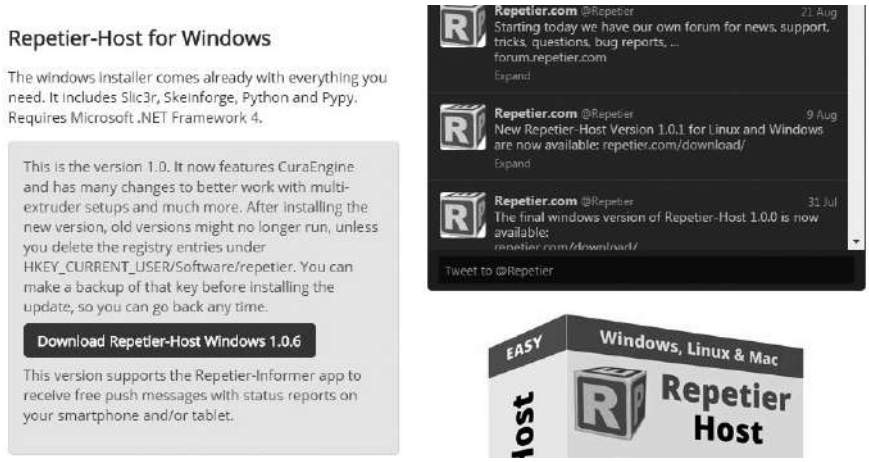
G-code'u elle yazıp yollamak da mümkündür.

Repetier-Host İndirme, Kurulum ve Temel Ayarlar

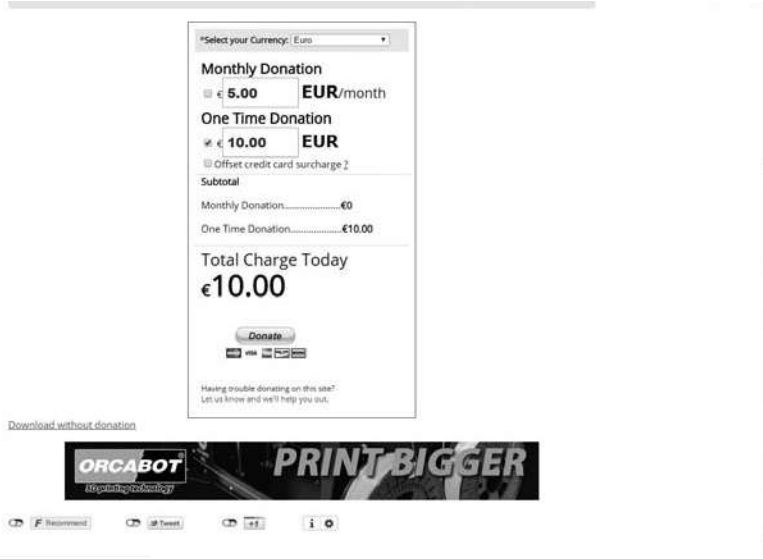
Repetier yazılımı sitesinde (www.repetier.com) Repetier-Host sekmesinin üstüne gelip Download'u seçin.



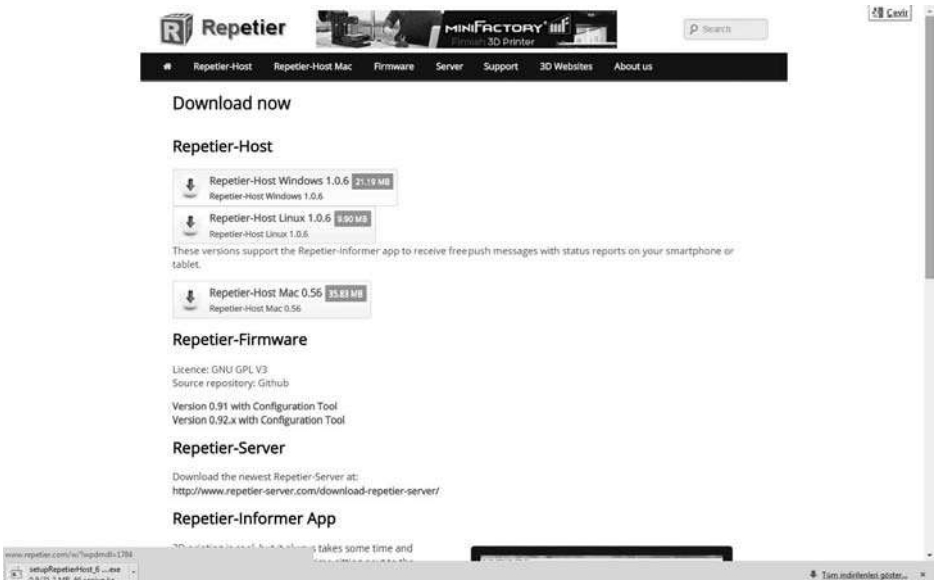
Açılan sayfada Download Repetier-Host butonuna tıklayın.



Yeni sayfada isterseniz bağış yapabilirsiniz. Ya da bağış yapmadan "Download Without Donation" ile devam edebilirsiniz.



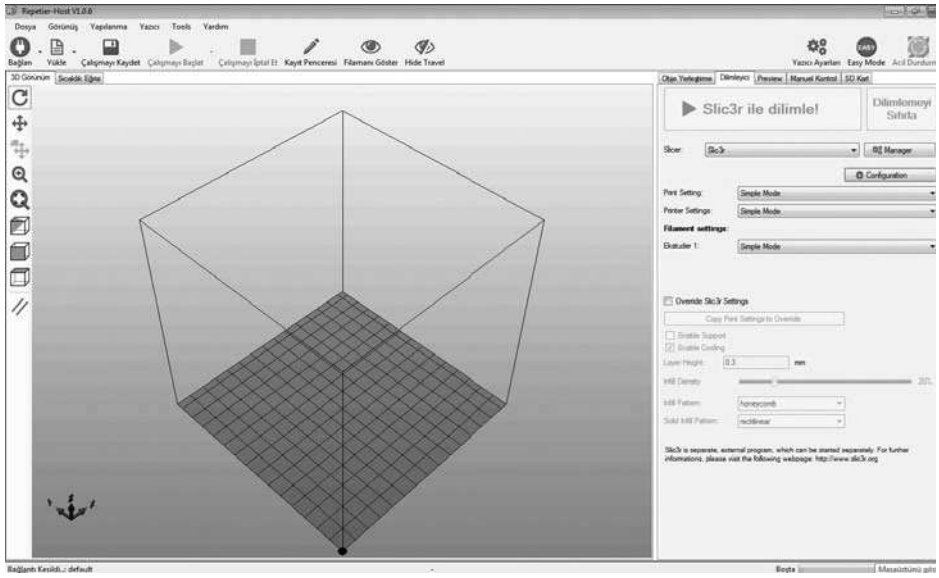
Açılan sayfada sisteminize uygun Repetier-Host sürümünü seçin. Dosya bilgisayarınıza indirilecek.



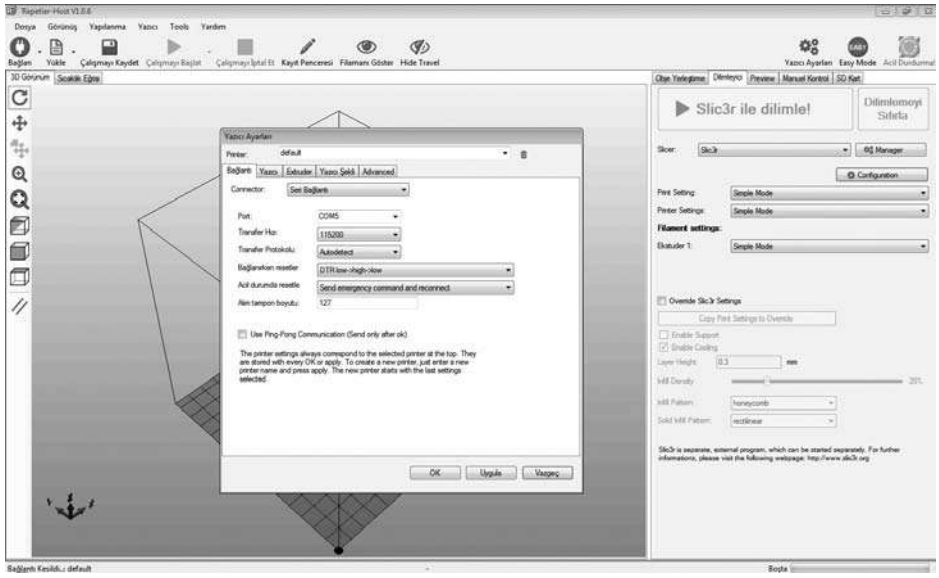
Dosyayı açıp kurulumu tamamlayın.



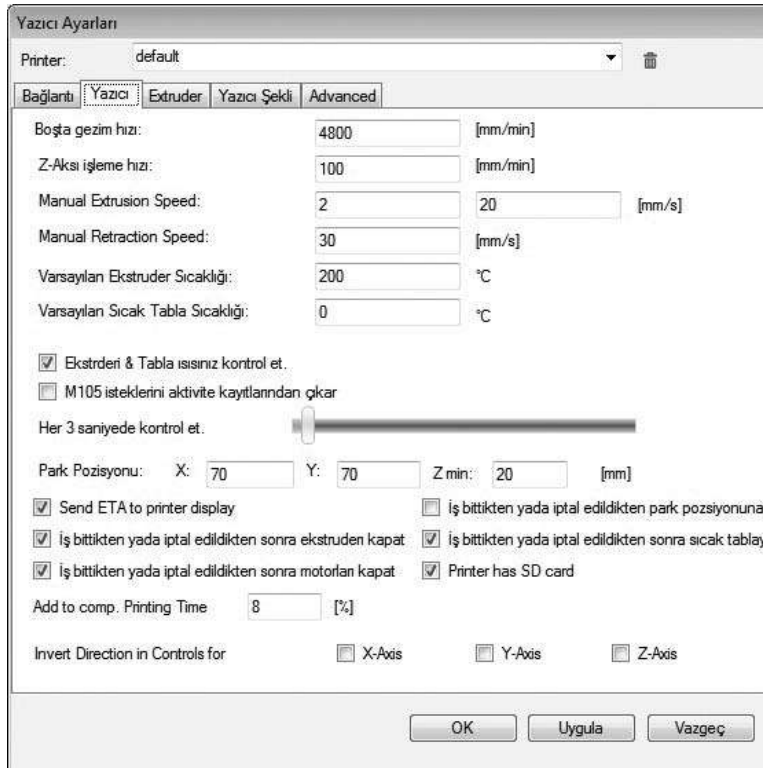
Yüklenen Repetier-Host yazılımını çalıştırın. Ana pencerede "Yazıcı Ayarları" butonuna tıklayın.



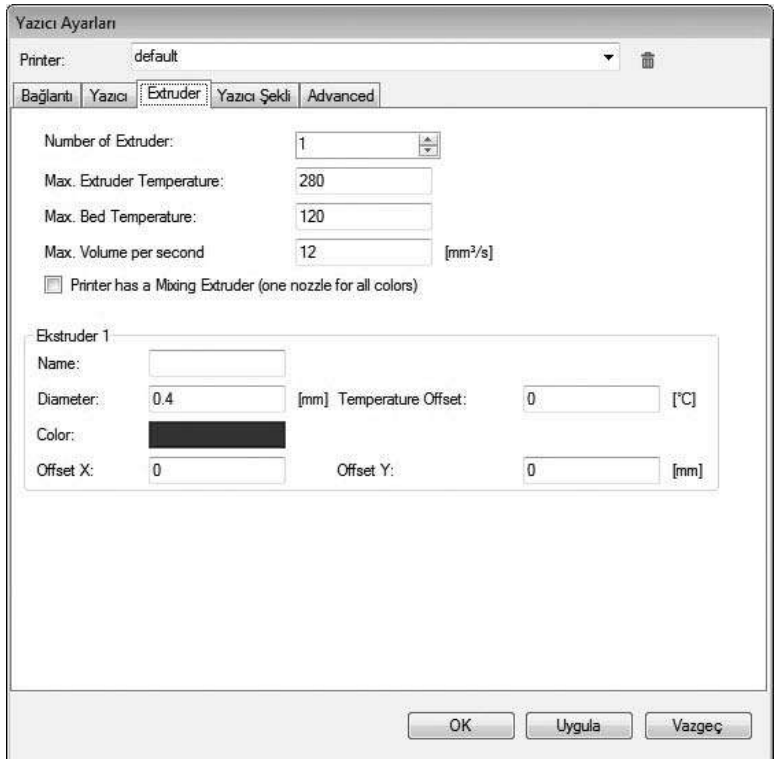
Açılan penceredeki sekmelerde Repetier Host'u yazıcınıza göre ayarlayabilirsiniz. Bağlantı sekmesindeki Transfer Hızı'nı Repetier Firmware konfigürasyonunda seçtiğiniz Baud Rate değeriyle aynı yapmalısınız. İkisini de varsayılan ayarda bırakırsanız sorun çıkmayacaktır. Com portunu da yazıcının Com portuna ayarlayın.



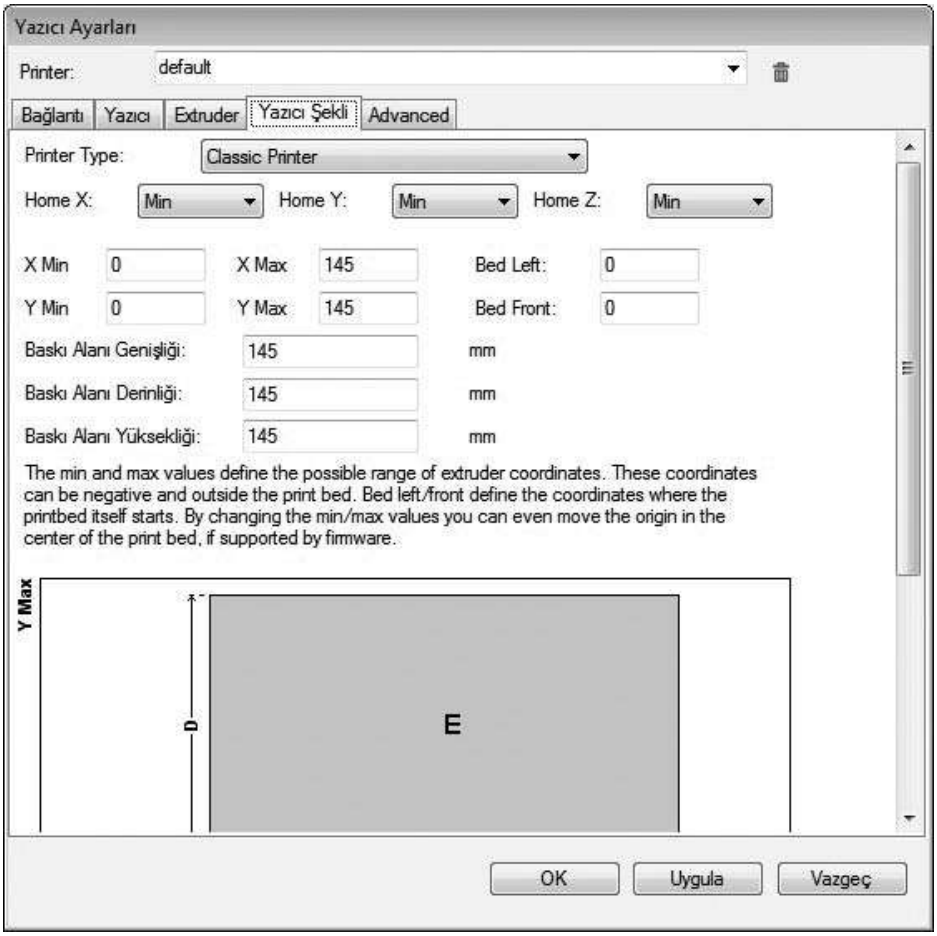
Yazıcı sekmesinde ayarları şimdilik varsayılan ayarlarda bırakmak en iyisidir.



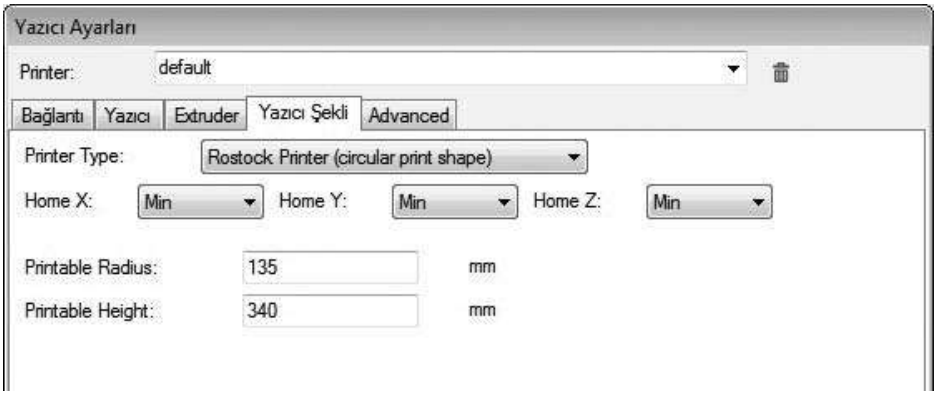
Exteruder sekmesinde yazıcınızda kaç adet baskı ucu var seçebilirsiniz. Baskı ucu ve sıcak zemin için maksimum ısı değerleri verilebilir. Diameter ayarını baskı ucunuzun meme çapına göre ayarlayın.



Yazıcı şekli kısmında yazıcı tasarımınızı seçin. Kartezyen veya Delta seçebilirsiniz. Buna göre size farklı ayarlar sunulacaktır. Kartezyen için tasarımda seçtiğiniz sınır anahtarı kullanımını seçin: Minimum end-stop veya maksimum end-stop. Ayrıca yazıcınızın baskı alanının ölçülerini de buraya yazabilirsiniz. Delta için baskı alınabilir çapı ve yüksekliği seçin.



Kartezyen yazıcı repetier host yazıcı şekli ayarları.



Delta yazıcı repetier host yazıcı şekli ayarları.

Gelişmiş ayarları şimdilik kurcalamayın. Repetier-Host kurulum ve ayarlar artık tamamlanmıştır.

Repetier Firmware

3 boyutlu yazıcının elektronik ve mekanik kısmını yönetebilmek için yazıcının üzerinde de bir yazılıma ihtiyaç duyuyoruz. Repetier firmware, Repetier yazılımının yazıcıya yüklenen kısmı. Repetier firmware yazılımı boyutlu yazıcının işletim sistemi olarak tariflenebilir.

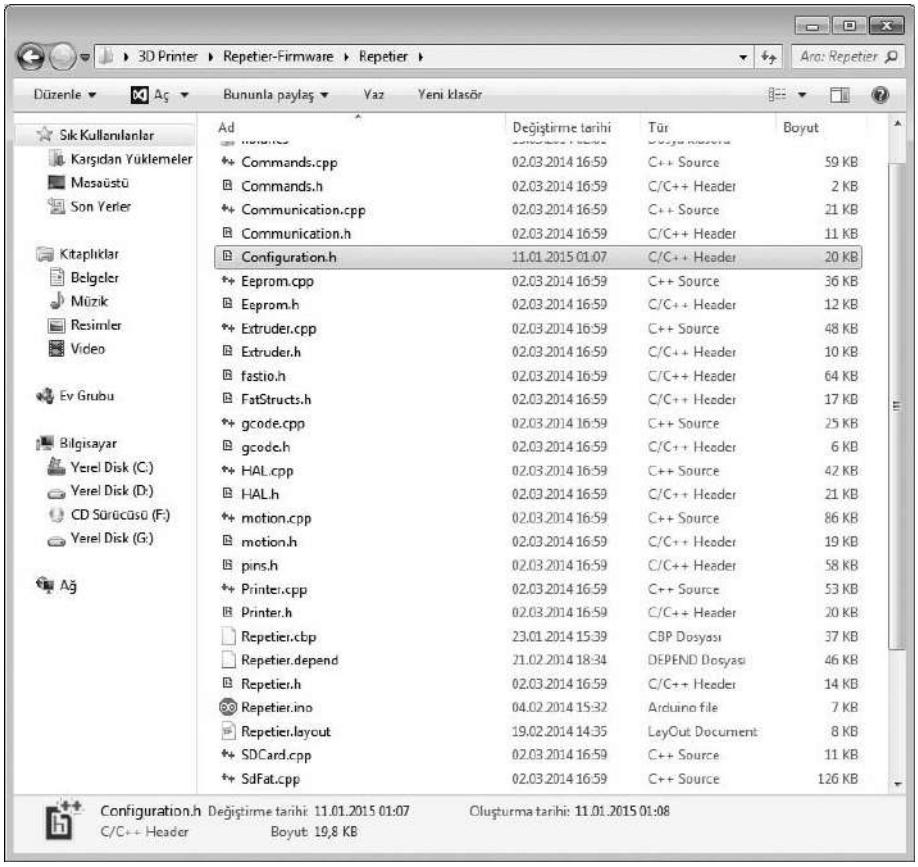
Repetier Firmware'i yüklemek ve üzerinde gerekli olabilecek bir kaç ayarlama yapmak için dâhi bir yazılımcı olmamıza gerek yok. Kurulum süreci bizi her bir aşamada yönlendirecektir. Sadece yazıcımıza uygun olan bir kaç değerle yazılımın fabrika ayarlarındaki değerleri değiştirmemiz gerekecek. Sürecin sonunda yazıcımıza uyarlanmış bir firmware'imiz olmuş olacak. Sonra da bunu yazıcıya yüklemek kalacak. Bu yükleme işlemini Arduino yazılımı ile yapacağız.

Repetier Firmware, 3 boyutlu yazıcımızın her türlü duygu ve düşüncelerine sızıp onları yönlendirdiğimiz bir yazılım olarak görülmeli. Bu yazılımın en yakıcı kısmı ise "configuration.h" isimli konfigürasyon dosyası. Repetier firmware içerisinde bulunan "configuration.h" dosyası yazıcının mekanik ve elektronik özelliklerinin olduğu bir belgedir.

Bilgisayarımıza indireceğimiz Repetier klasörü içerisinde "repetier.ino" dosyasını Arduino yazılımı ile açarak erişebileceğimiz bir belge olan "configuration.h" içerisinde yapacağımız belirli düzenlemelerle yazıcımızın özelliklerini belirlememiz mümkün olabilmektedir. Bu dosya ve firmware sayesinde yazıcı kendi kendisini tanır.



Bu kitapta anlatılan cihazların firmware dosyaları ekteki DVD'de yer almaktadır.



Yazıcı ayarları Configuration.h dosyasında saklı, yazıcıya yüklemek için Repetier.ino simgesine tıklayarak Arduino IDE'de açmalıyız.

"Configuration.h" dosyanın içine girip elle tek tek parametreleri değiştirmek mümkün ama zordur. Bu nedenle Repetier'in kendi sitesinde bulunan konfigürasyon aracını kullanacağız. Bu araç bizi aşamalar halinde yönlendirecek. Sürecin sonunda 3 boyutlu yazıcımızın firmware kısmı tamamlanmış olacak ve böylelikle yazıcımızın düzgün bir şekilde çalışıp baskı almasının önünde bir engel kalmamış olacak.

Repetier Firmware Konfigürasyon Aracı ve Firmware Dosyalarına Erişim

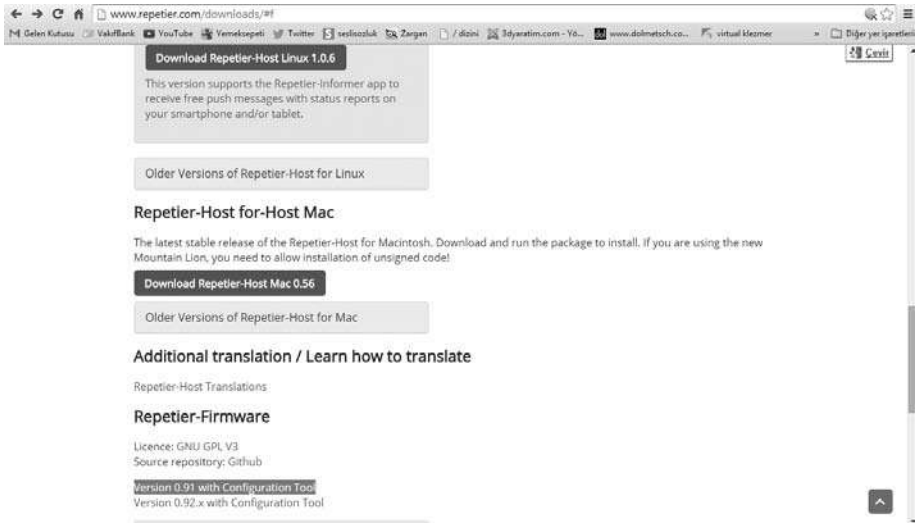
1. Web tarayımıza "www.repetier.com" yazıp siteye girdikten sonra karşımıza çıkan ekranın üst kısmındaki sekmelerden "Firmware" altında "Download"ı seçiyoruz.



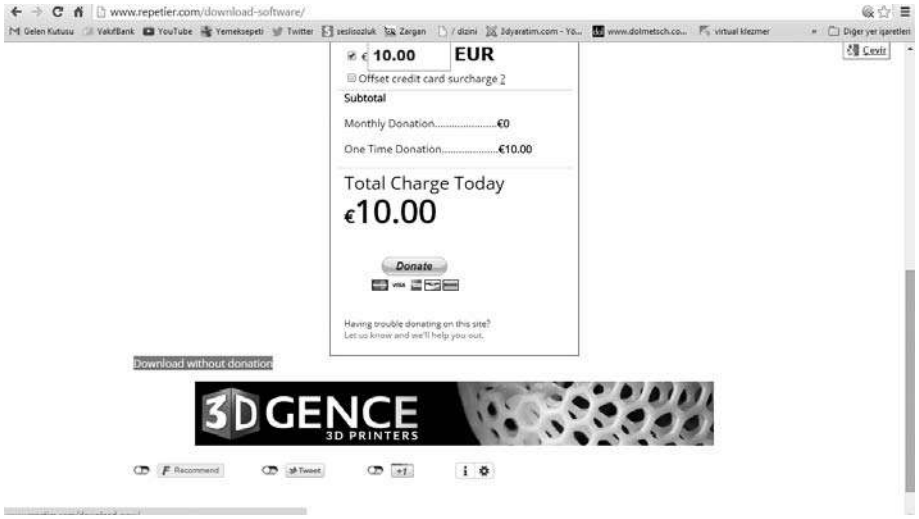
2. Açılan ekranda çıkan "Download the latest versions of" ibaresinin hemen altındaki "Repetier-Firmware" yazan yere tıklıyoruz.



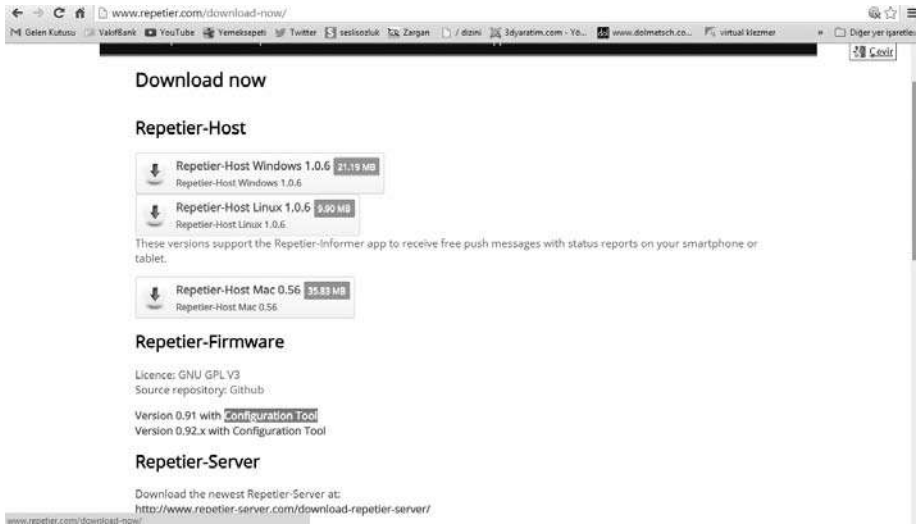
3. Karşımıza çıkan ekranın altında beliren seçeneklerden "with Configuration Tool" ibaresi bulunan bir tanesine tıklıyoruz.



4. Açılan ekranın en altında "Download without donation" kısmına tıklayıp sürece bağış yapmadan devam edebiliyoruz.

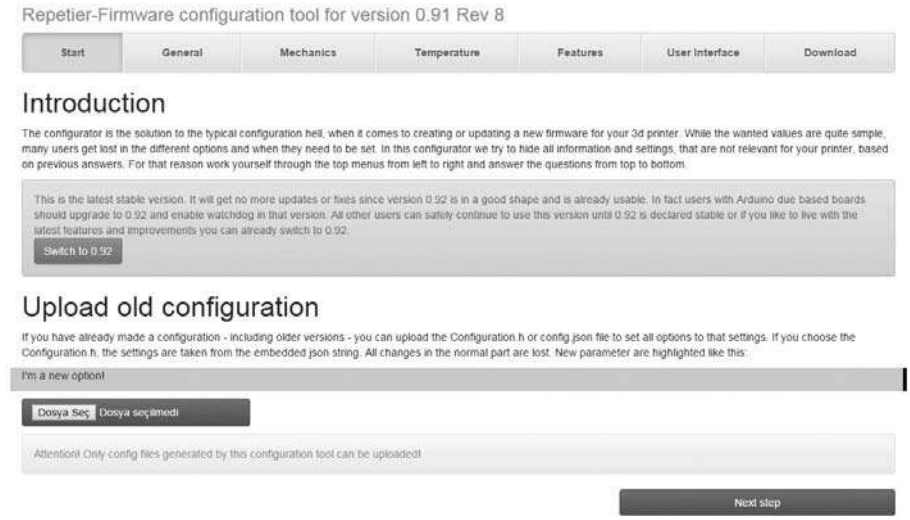


5. "Download without donation" kısmına tıkladığımızda açılan ekranda "Repetier-Firmware" kısmının hemen altında bulunan seçeneklerden "with configuration tool" ibaresi olan bir tanesine tıklayıp konfigürasyon sürecine başlıyoruz.



Repetier Konfigürasyon Aracı ile Firmware Ayarları

Yukarıda verdiğimiz linkte açılan web sayfasında ilk sekmede tanıtıcı metinler dışında işlevsel bir seçenek de bulunuyor. Burada eski bir konfigürasyon dosyasını yükleyip değişiklik yapma seçeneği var. Bu sayede, siz kitabın bu bölümünde ve yazıcı yapımı bölümlerinde anlatılacak ayarları tamamladığınızda, eğer ayarları yine değiştirmek gerekirse eski dosyayı siteye upload edip üzerinde değişiklik yapabileceksiniz.



Konfigürasyon aracı başlangıç ekranında daha önce ayarladığınız bir "configuration.h" dosyasını yükleyip yeniden düzenleyebilirsiniz.

Bu bölümde bahsedilecek ayarların detaylı anlatımı iki tip yazıcı özelinde ve kitapta anlatılacak malzeme ve kurulumlara göre yazıcı yapımı bölümünde anlatılacaktır. Şimdilik ayarlar hakkında genel bilgilerle yetinelim.

Şimdi "next step" sekmesine tıklayıp bir sonraki aşamayla işlemimize başlıyoruz. İlk aşamaya "Genel" ayarlarla başlayacağız.

Repetier Konfigürasyon Aracı Genel Ayarlar

Diğer bütün sekmelerin altındaki alt parametreleri ayarlayacağımız gibi "Genel" ayarlar sekmesinde de sırasıyla bu değişkenleri düzenleyeceğiz.

"Configuration Level" ayarı konfigürasyon aracının size göstereceği ayarların detay seviyesi ile ilgilidir, olduğu gibi bırakabilirsiniz.

"Processor" ise kullandığınız kontrol kartının işlemcisidir genelde Arduino Mega tabalı sistemler kullanıldığından "Atmel 8-bit based board (Arduino Mega)" şeklinde ayarlayabilirsiniz.

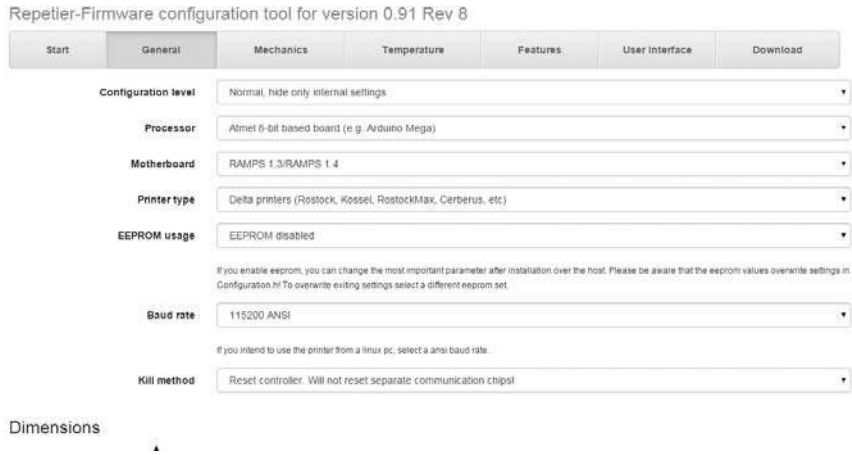
"Motherboard" kontrol kartının kendisidir. "Ramps 1.3/Ramps 1.4" kullandıysanız bunu seçin, yoksa kendi kartınıza göre Melzi, Rambo, Azteeg seçeneklerinden birini seçebilirsiniz.

"Printer Type" kısmını ise kurulumunu yapacağımız yazıcı tipine göre değişecektir. Şayet bu kitapta bir sonraki bölümde anlatılacak "smartrap" tasarımı gibi kartezyen usulde çalışan bir yazıcı kurulumu yapıyorsak "Cartesian Printer" seçeneğini, yine bir sonraki bölümde göreceğiniz "rostock mini" tasarımı gibi delta tipi bir yazıcı yapıyorsak da "Delta Printers" seçeneğini seçiyoruz.

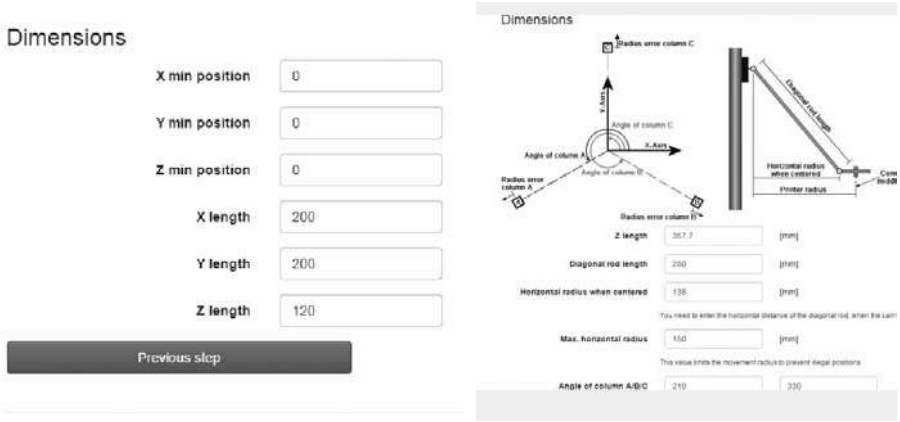
"EEPROM" kullanımı şart değildir. Bu yüzden bu değişkeni "EEPROM disabled" şeklinde ayarlayarak geçebiliriz.

"Baudrate" bilgisayar ve kontrol kartı arasındaki iletişimin hızını belirler. Bunu olduğu gibi bırakabilirsiniz. Ancak dikkat etmeniz gereken nokta burada kullandığınız değerle, Repetier Host'un "Yazıcı Ayarları" penceresinin "Bağlantı" sekmesinde bulunan değerin aynı olmasıdır. Aksi taktirde Repetier Host'dan yazıcınıza bağlantı sağlayamayabilirsiniz.

Diğer değişkenleri fabrika ayarlarıyla bırakabiliriz.



"Dimensions" (Ölçüler) kısmında ise yazıcımızın 3 eksene göre katedeceği maksimum ve minimum mesafelerin değerlerini gireceğiz. Örneğin delta tipi bir yazıcı için "Z length" değeri yazıcımızın en yukarıdan başlayarak sıcak ucun baskı zeminine değdiği noktaya kadarki mesafenin milimetre cinsinden ifadesi olmalıdır. Delta yazıcılar için "Diagonal rod length" ve "horizontal radius when centered" parametreleri de çok önemlidir. Yazıcımız kartezyen bir yazıcı olması durumunda ise X, Y ve Z ekseninde kurduğumuz mekanik sistemin sınırlarını girmemiz yeterli olacaktır.



Soldaki kartezyen yazıcı ile sağda bulunan delta modeli arasındaki ölçü parametrelerinin farklılığına dikkat edin.

Repetier Konfigürasyon Aracı Mekanik Ayarları

"Mechanics" (mekanik) sekmesinde özellikle motor ve sınır anahtarı (end-stop) ayarları bulunuyor.

"Stepper" kısmı altındaki ayarları fabrika ayarlarıyla bırakıyoruz, zira bu ayarlarla fazlaca işimiz olmayacak.

X eksenini çalıştıran step motor (Nema 17 step motor) için "X axis stepper motor" başlığı altındaki parametreleri gireceğiz. Milimetre başına motorun katettiği adımları (steps per mm), yani 1 mm için kaç adım dönmesi gerektiğini ifade eden "resolution" değeri olarak gireceğimiz rakamı internet'teki hazır hesaplayıcılarla bulmak mümkündür. (http://prusaprinters.org/calculator/)

Ancak bu hesaplayıcılar bazı durumlarda yazıcının türüne, tasarımına göre bazı seçenekleri içermeyebiliyorlar. Her ihtimale karşın bu hesaplamaları vereceğimiz formülle manuel olarak yapmak yerinde olacaktır. Aşağıda vereceğimiz formüldeki değerler örnek olup, asıl değerler yapmış olduğunuz yazıcıda kullanılan dişlilerdeki diş sayısı, kayış dişleri arasındaki mesafe (hatve), veya motor milinin çapı gibi değerlere göre özelleştirilmesi gerekmektedir.

Dişli kayış kullanan sistemlerde X ve Y eksenlerinde motorların milimetre başına adım sayısını aşağıdaki formülle hesaplayabiliriz. Milimetre başına step motorun yaptığı adım sayısı Repetier Konfigürasyon Aracında "Resolution" adıyla ifade ediliyor.

Temel formülümüz aslıda şudur:

Milimetre başına adım sayısı (resolution) = Motorun bir tam turu için gereken adım / Motor bir tam tur döndüğünde eksende oluşan hareket

Bunu dişli kayışa uyarlarsak:

Milimetre başına adım sayısı (resolution) = (Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama miktarı) / (Diş aralığı-Kayış Hatvesi) x Kasnağın Diş Sayısı)

Örneğin: 200 step (adım) Nema 17 motora, 1/16 Mikroadımlama moduna, 2 mm diş aralıklı GT2 Kayışa ve 20 Dişli kasnağa sahip bir sisteme göre hesaplayacak olursak:

(200 x 16) / (2 x 20) = 80.0 steps per mm

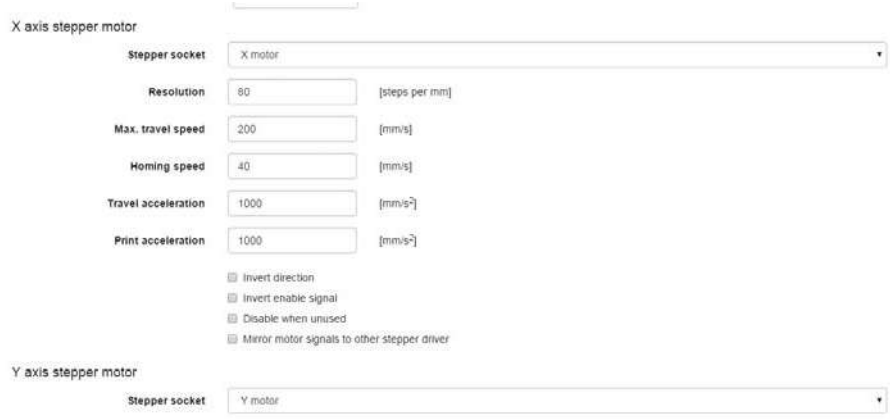
Delta yazıcı için bu formülü Z motoru için de geçerlidir, zira tüm eksenlerdeki mekanizma aynıdır. Ancak kartezyen yazıcıların Z ekseninin mekanik tasarımında genelde saplama (başsız vida) veya vidalı mil bulunduğu için minik bir değişiklile ek bir formüle daha ihtiyacımız var.

Milimetre başına adım sayısı (resolution) = (Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama miktarı) / Vidanın Diş Aralığı

Örneğin: Nema 17 motor ve standart 0.8 mm diş aralıklı Metrik 5 dişli çubuğa sahip bir Z ekseni sisteminde
(200 x 16) / 0.8 = 4000

X, Y ve Z eksenlerinin ayarlarında geçen ve yukarıda formüllerle açıkladığımız resolution değeri dışındaki parametreleri fabrika ayarlarında bırakabiliriz. Milimetre başına adım sayısı olarak tarifleyebileceğimiz "Resolution" değerini ise yazıcınızda kullandığınız dişli ve kayış özelliklerine göre yukarıdaki formüldeki yerlerine yerleştirerek bulabildiğimizi gösterdik.

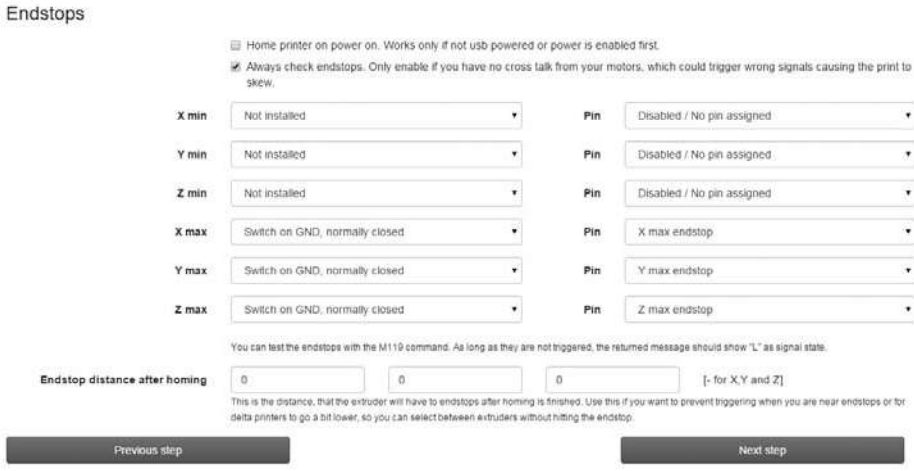
Her iki tip yazıcı için değişmez olan ifade ise "Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama"dır. Bu çarpım çoğu zaman 3200 rakamına eşittir. Mikro adımlama modunu kontrol kartı üzerindeki 3'lü Jumper'lar ayarlamaktadır. Eğer bu jumper'ları farklı takarsanız mikro adımlama miktarı değişir, dolayısıyla formülü de ona göre değiştirmeniz gerekir.



Repetier Konfigürasyon Aracı Sınır Anahtarı (Endstop) Ayarları

Sınır anahtarları (End-stop) olmadan yazıcının diğer mekanik düzeni ne kadar sağlıklı olursa olsun hiç bir anlamları yoktur. Çünkü endstoplar bir maksimum ya da minumum noktası saptayarak yazıcının baskı ucu hareketlerinin tanımlanmasını ve ölçülebilmesini sağlar. Dolayısıyla end-stop ayarlarına biraz özen göstermemiz sonradan karşılaşılması mümkün olan sorunların en baştan ortadan kaldırılmasını sağlayacaktır.

Şayet sistemimizde minimum end-stop kullanacaksak ve bunları NC (normally closed) olarak bağladıysak, yani orta ayağı boş bırakarak iki uçtaki ayaklara kabloyu lehimlediysek, "X min", "Y min" ve "Z min" olarak ifade edilen kısımları "switch on GND, normally closed" olarak seçip, "Pin" kısımını yani kontrol kartında bağlanacağı yeri ise "X min endstop" olarak bırakabiliriz. Sistemimizde maksimum endstop kullanıyorsak da bu seçeneklerin aynısını uyguluyoruz. Şayet minimum ve maksimum endstopların ikisini birden kullanmayacaksak birini kapatmak zorundayız. Örneğin yazıcımızda maksimum endstop kullanacaksak "X min", "Y min" ve "Z min" kısmını "Not installed" olarak seçip, "Pin" ise "Disabled/No pin assigned" olarak işaretlenmelidir.



Maksimum endstopların tariflendiği bir repetier konfigürasyon aracı ekran görüntüsü.

Repetier Konfigürasyon Aracı Temperature (Isı) Ayarları

Bu ayar sekmesinde göreceğiniz kafa karıştırıcı ilk parametreleri atlayın. Sıcak baskı zemini kullanıyorsanız aktif hale getirmek için "Enable heated bed support" seçeneği işaretlenmelidir. Bu seçenek yeni seçeneklerin görüntülenmesini sağlayacaktır. "Temperature sensor" ile sıcak zemine takılan termistör tipini, "temperature sensor pin" ile kontrol kartında hangi pinlere takıldığını, "heater pin" ile de sıcak zeminin kendisinin hangi girişe takıldığını belirtebilirsiniz.

Ekrana gelen değişkenleri olduğu gibi bırakıyoruz. Bilgisayarımızın "extruder"ı tanıması için "Add extruder" butonunu tıklayıp extruder ayarlarının ekrana gelmesini sağlıyoruz. Bu kısımda tıpkı "mechanics" (mekanik ayarlar) bölümünde X, Y ve Z eksenleri için yaptığımız kalibrasyonu, vereceğimiz formül üzerinden extruder için uygulayacağız. Aşağıda örneklerle açıklayacağımız formüllerin içine gireceğiniz değerleri kendi mekanik sistemizinde kullandığınız parçalara göre belirlediğinizden emin olun.

Temel mantık filament'in 1 mm ilerlemesi için extruder motorunun kaç adım dönmesi gerektiğinin bulunmasıdır. Ancak dişli extruder sistemleri ile dişli kullanmayan sistemler arasında da fark bulunmaktadır.

Dişli sistemler için:

Milimetre başına adım sayısı = (Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama miktarı) x (Büyük çark dişli sayısı / Küçük çark dişli sayısı) / (Oluklu vida çapı x Pi sayısı)

Bu formülü büyük dişlinin 4 diş, küçük dişlinin 10 dişden oluştuğu, 7 mm çaplı bir oluklu kasnak kullanan sisteme uygulayacak olursak:
(200 x 16) x (43 / 10) / (7 x 3.14159) = 625.70681

Dişli kullanmayan doğrudan sistemler için formülden dişli bölümünü atıyoruz:

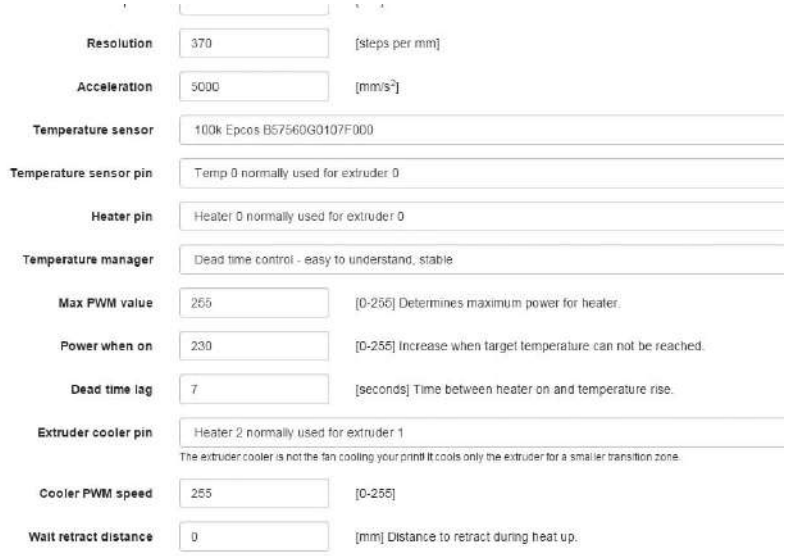
Milimetre başına adım sayısı = (Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama miktarı) / (Oluklu vida çapı x Pi sayısı)

Bu formülü filament'i 10.56 mm çaplı bir oluklu kasnak ile iten direkt bir sistem için kullanırsak:

(200 x 16) / (10.56 x 3.14159) = 96.4637

Resolution değerini girdikten sonra baskı ucumuzun (hot-end) ayarlarını yapıyoruz. "Temperature sensor", baskı ucundaki termistördür ve eğer baskı ucunu hazır aldıysanız muhtemelen 100K Epcos olacaktır. "Temperature sensor pin" ise termistörün kontrol kartında takılı olduğu pinleri belirtir. Genelde "Temp 0"dır. "Heater pin" ise baskı ucunu ısıtan direncin takıldığı yeri belirtir. Ramps'a baskı ucunu talimatlara uygun taktıysanız bu ayar "Heater 1 normally used for heated bed" olmalıdır.

Kullandığımız baskı ucu (hot-end) fanını sisteme tanıtmak için "Extruder cooler pin" kısmını "Heater 2 normally used for extruder 1" olarak seçiyoruz. Dikkat edilmesi gereken nokta firmware ayarlarında makineyi kurarken elektronik bağlantıları nereye yaptıysak oraya uygun seçeneği seçmektir. Yani bahsedilen bağlantıları alışılmışdan, kaynaklarda gösterilenden farklı yaparsanız ona uygun olarak firmware'de farklı bağlantı noktaları seçmek gerekir.

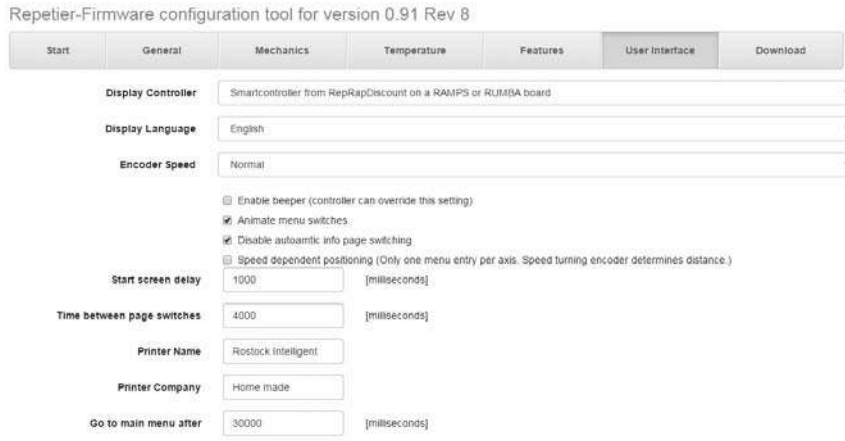


Repetier Konfigürasyon Aracı Features Ayarları

Burada özellikle "Fan pin" ve "Fan pin for board cooling" ayarlarına dikkat etmek gerekiyor. "Fan pin" basılan parçayı soğutan fanın ayarıdır. Her yazıcıda böyle bir parça bulunmayabilir. Eğer bağladıysanız buradan uygun pini seçin. "Fan pin for board cooling" ise kontrol kartını ve elektronikleri soğutan pin içindir. Bu fana çoğu yazıcıda ihtiyaç duyulmamaktadır. Eğer kullanıyorsanız bağladığınız pine göre uygun ayarı seçmelisiniz.

Repetier Konfigürasyon Aracı (User Interface) Kullanıcı Arayüzü Ayarları

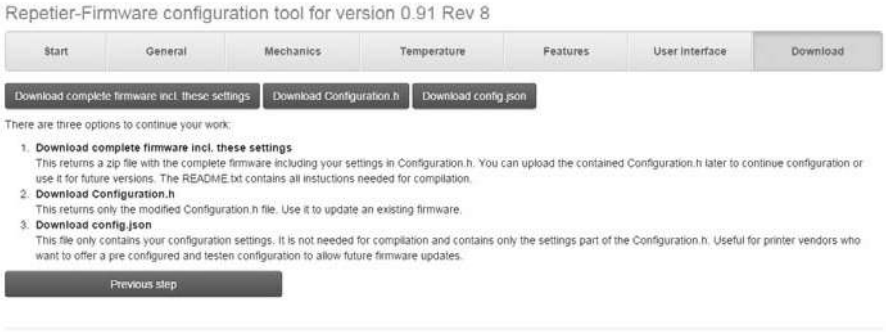
Eğer yazıcınıza LCD ekran taktıysanız bu bölümden bunu tanıtabilirsiniz. Taktığınız LCD ekranı ayarlardan seçin. Dili hâkim olduğunuz yabancı dil olarak ayarladıktan sonra yazıcı ismi olarak "printer name" kısmına istediğiniz yazmakta özgürsünüz, zira ne de olsa bu yazıcıyı siz yaptınız! Geri kalan tüm alt sekmeleri olduğu gibi bırakarak download kısmına geçiyoruz.



Repetier Konfigürasyon Aracı Download Bölümü

Bu kısımda artık diğer tüm sekmelerde girdiğimiz değerleri içeren dosyayı indireceğiz. Şayet daha önce güncel bir repetier Firmware indirdiysek ve bilgisayarımızda klasörü duruyorsa şu an sadece configuration.h dosyasını indirebiliriz (Bunun için "Download Configuration.h" linkine tıklayıp daha önce indirdiğiniz Repetier Firmware klasöründeki configuration.h dosyasıyla değiştirin).

Diğer durumda tüm ayarları içeren firmware dosyasını olduğu gibi bilgisayarımıza indirelim. Bunun için "Download complete firmware incl. these settings" linkine tıklayın.



Repetier Firmware Ayarları ve "Configuration.h" Dosyası

Repetier konfigürasyon aracı ile yaptığınız ayarlar firmware içindeki "configuration.h" dosyasına eklenmektedir. Özellikle yazıcının kalibrasyon aşamasında bu değerlerin tekrar tekrar değiştirilmesi gerekebilir. Bu değerleri uzun yoldan yani konfigürasyon aracına "configuration.h" dosyasını upload ederek değiştirmek istemezseniz alternatif bir yol daha bulunuyor. Bu değerleri bu dosyanın bulunduğu klasördeki "repetier.ino" dosyasını Arduino IDE programında açıp, "configuration.h" sekmesi altındaki parametreleri değiştirerek de yazabilirsiniz. Kitabın sonundaki EK 1 bölümünde bu değerleri değiştirmek için gerekli parametreleri bulacaksınız. Değişikliklerden sonra "Configuration.h" dosyasını kaydedip Arduino IDE ile yazıcıya yeniden gönderebilirsiniz edebilirsiniz.

Arduino Yazılımı Kurulumu ve Firmware Yükleme

Arduino programlama yazılımı Arduino IDE, 3 boyutlu yazıcıdaki Arduino tabanlı kontrol kartına firmware göndermeyi, bu firmware'i geliştirmeyi ve değiştirmeyi sağlayan bir tür arayüzdür. Arduino IDE yazılımı ve Arduino elektronik kartları Arduino geliştirme platformunun iki önemli parçasıdır. 3 boyutlu yazıcılar dışında Arduino pek çok başka mekatronik ve elektronik projede de kullanılabilmektedir.

Yazıcımızın ana kartına ulaşıp firmware yükleme işlemini Arduino yazılımı üzerinden gerçekleştiriyoruz. Yazıcımızın her bir eksende ne kadar mesafe katedeceği ve milimetrede ne kadar hızla yol alacağı gibi parametreleri belirlediğimiz konfigürasyon sürecini, repetier firmware yazılımını yazıcımızın anakartına upload etmekle nihayete erdireceğiz.

Öncelikle Arduino resmi sitesinde (http://arduino.cc/en/Main/Software) "Download" sekmesinin altında bulunan "Windows Installer" linkine tıklayıp Arduino yazılımını bilgisayarımıza indiriyoruz.

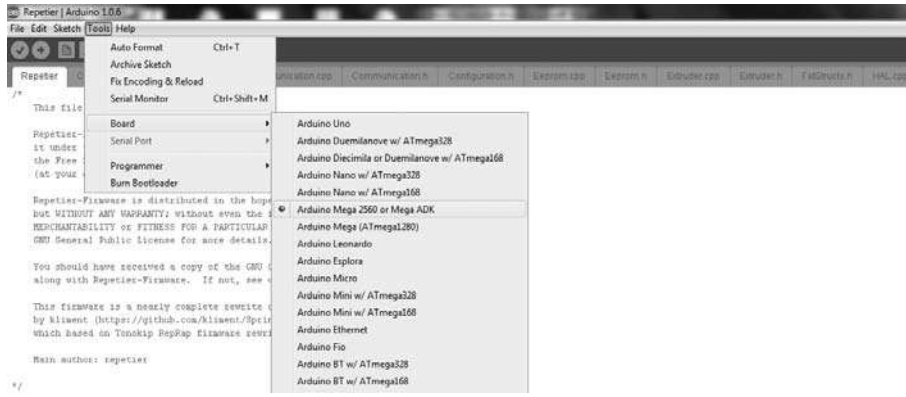


Arduino IDE yazılımının kurulum dosyasını bilgisayarımıza indirdikten sonra çift tıklayıp sürekli "next" butonuna basarak yazılımı bilgisayarımıza kuruyoruz. Kurulum aşaması tamamlandıktan sonra Arduino yazılımını yazıcımıza göre ayarlayacağız.

"Tools" menüsünde bulunan "Board" alt menüsünden kendi anakartımızı ifade eden "Arduino Mega 2560" seçeneğini işaretliyoruz. Ardından "Board" alt menüsünün hemen altında bulunan "Serial Port" menüsündeki port seçeneklerinden birini işaretliyoruz (Com4, Com5 gibi). Bazen burada birden fazla seçenek olması kafanızı karıştırabilir. Firmware yüklenmezse seçeneği değiştirin. Ayrıca aynı anda arkaplanda Repetier Host açıksa ve yazıcıya bağlıysa yükleme gerçekleşmez, Repetier Host'u kapatın. Yazıcıya aynı anda sadece tek bir program bağlı olabilir.

Şimdi artık Repetier Firmware klasörünün içindeki "repetier.ino" dosyasına çift tıklayıp firmware dosyamızı Arduino yazılımında açabiliriz. Veya "file" menüsünden "open" alt menüsüyle de dosyaya ulaşıp açabilirsiniz.

Bu program ekteki DVD'de yer almaktadır.



Tools (Araçlar) kısmında "board" ve "serial port" ayarlarını doğru yaptıysanız sonra geriye repetier yazılımını anakartımıza upload etmek kalıyor. Arduino penceresinde menü panelinin hemen altında bulunan panelde "Edit" menüsünün altına denk düşen sağ yönlü ok ile simgelenen "upload" butonuna tıklayıp Repetier firmware yazılımının ve "configuration.h" içindeki tüm parametrelerin Arduino tabanlı kontrol kartımıza yüklenmesini bekliyoruz. Bunu yaparken bilgisayarımızın 3 boyutlu yazıcımıza USB kablosu ile bağlı bulunduğundan ve "Repetier Host" yazılımının kapalı olduğundan emin oluyoruz.



Eğer isterseniz bu yazılımda Firmware açık durumdayken "configuration.h" simgesine tıklayarak bu dosyanın içeriğine bir göz atabilirsiniz. Bir önceki bölümde konfigürasyon aracı ile belirlediğimiz yazıcı parametreleri bu dosyanın içinde kodlar ve değişkenler ile bulunmaktadır. Konfigürasyon aracı dışında bu parametreleri elle değiştirmeyi bilmek işinizi kolaylaştırabilir. Özellikle kalibrasyon aşamasında doğru değerlere varmak için birkaç parametrenin sıklıkla değiştirilmesi gerektiğinde sadece "configuration.h" dosyasındaki değeri değiştirip yazıcıya göndermek oldukça kolay olacaktır.



Arduino IDE'de Firmware açıkken "configuration.h" dosyası içeriği.

Türkiye´nin İlk ve Tek
Konsept
3D YAZICI
Mağazası

3 DÖRTGEN

Üç boyutlu yazıcı satın alabileceğin, üç boyutlu baskı ve tarama hizmetlerimizden faydalanabileceğin ya da kafemizde kahveni içerken takım arkadaşlarımızdan üç boyutlu yazıcı dünyasıyla ilgili dilediğin bilgiyi alabileceğin
Türkiye'nin ilk ve tek konsept mağazası!

Ultimaker
formlabs zortrax Zmorph Tiertime
DAVID LASERSCANNER Solidoodle FUEL3D Choc Edge
eSUN易生 taulman 3D colorFabb
Make: LEGO TECHNIC 3DörtPen

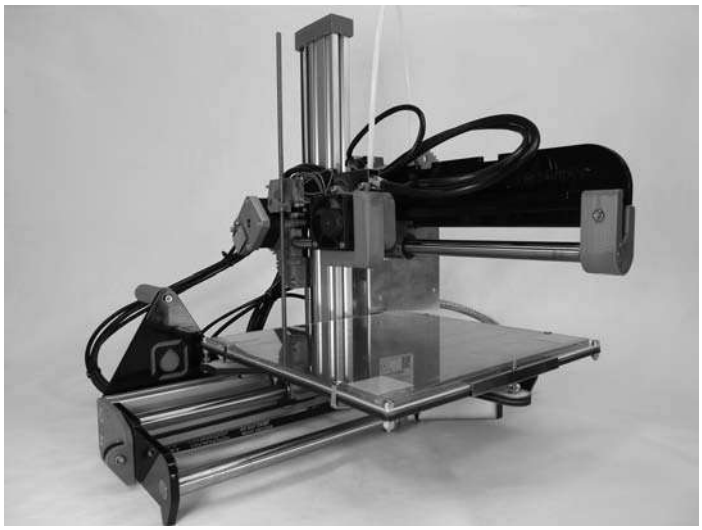


/3Dortgen www.3dortgen.com +90 216 521 38 40-41

3

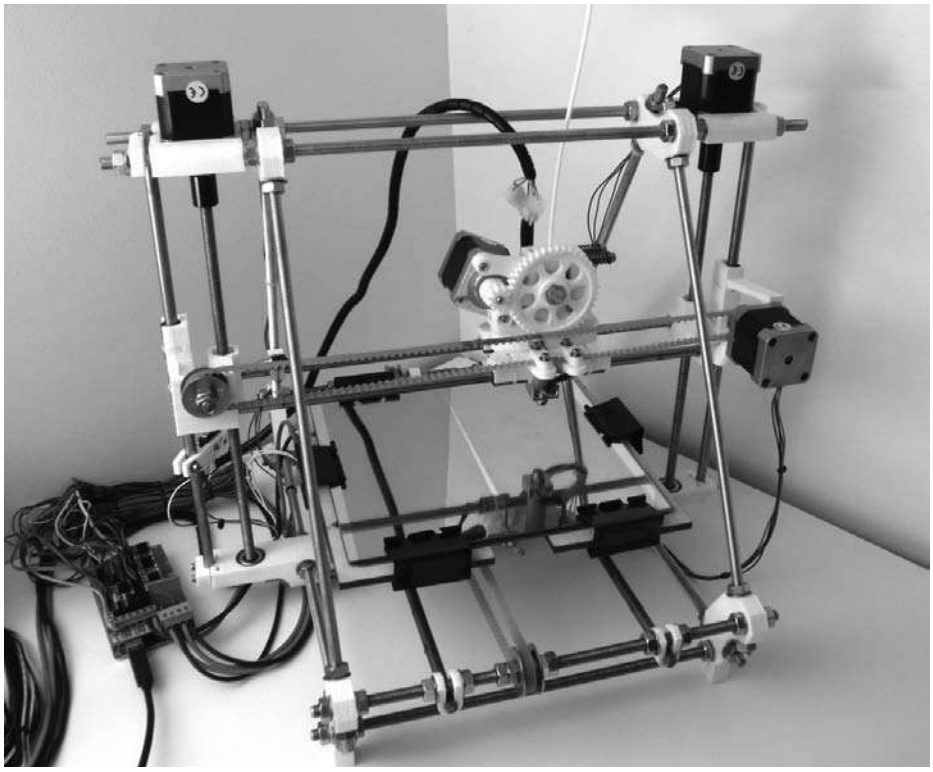
3 Boyutlu Yazıcı Yapalım: Kartezyen Yazıcı

Bu bölümde kartezyen tasarımlı bir 3 boyutlu yazıcı yapacağız. Kartezyen 3 boyutlu yazıcılar X, Y, Z eksenlerinde yapılan baskıyı yine bu eksenler doğrultusunda yerleştirilmiş mekanik parçaları doğrusal olarak hareket ettirerek yaparlar. Bunun gerçekleşebilmesi için örneğin baskı zemini Y ekseninde hareket ettirilirken, baskı ucu Z ekseninde (yukarı doğru) ve X ekseninde hareket ettirilir.



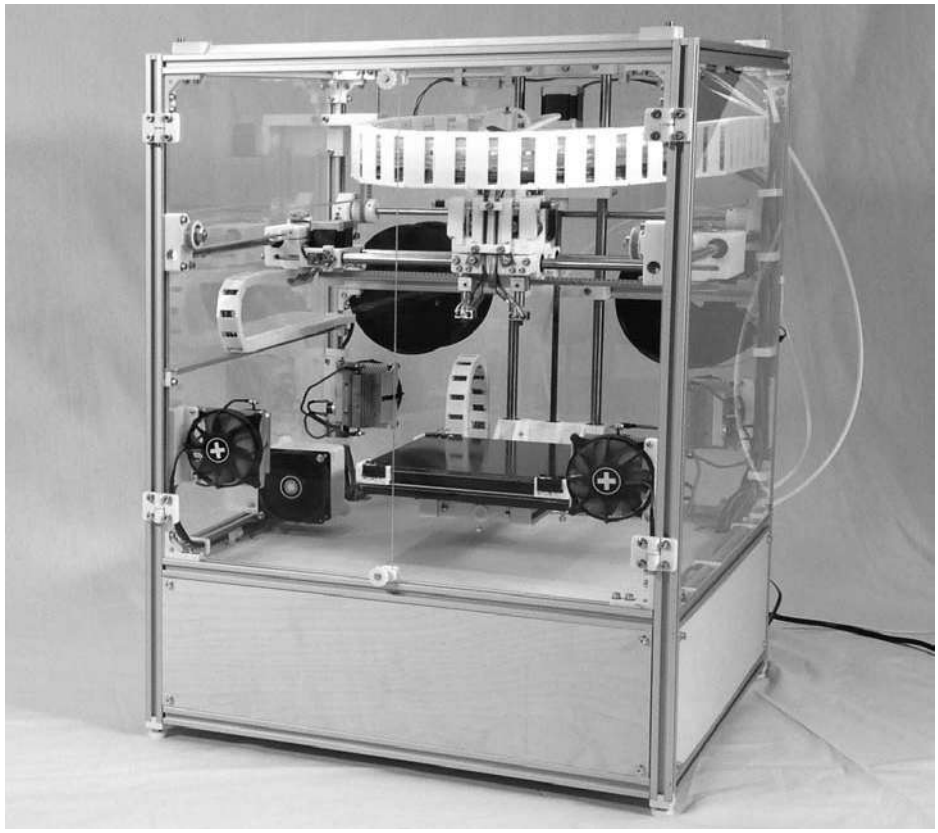
Baskı zemini X ekseninde (sola sağa) hareket eden kartezyen yazıcı.

Başka bir kartezyen tasarım tercihi de baskı zeminini X, baskı ucunu Y ekseninde hareket ettirmek olabilir.



Baskı zemini Y ekseninde (öne arkaya) hareket eden kartezyen yazıcı.

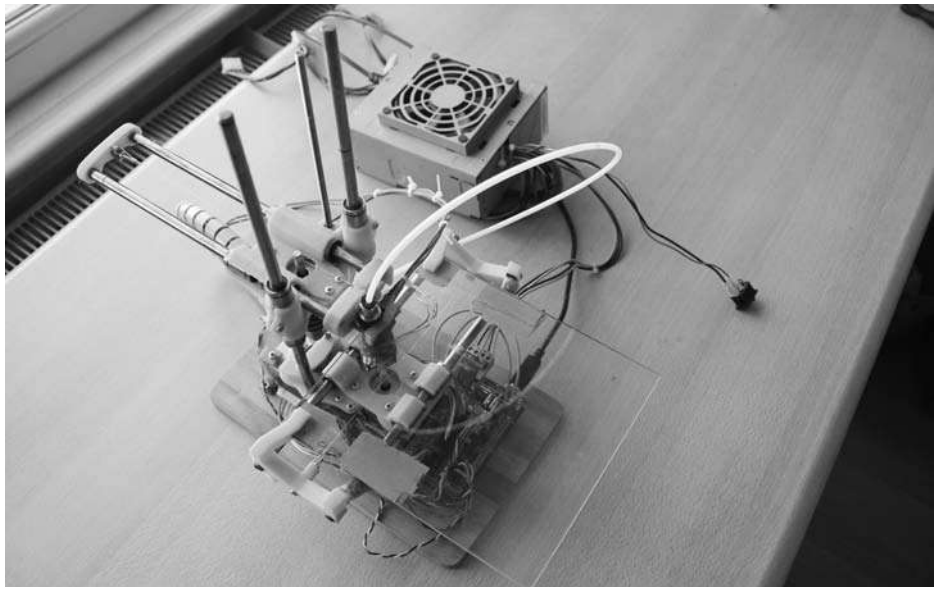
Yine kartezyen bir tasarım olarak baskı zemininin yatay değil de Z ekseninde dikey hareket ettirilmesi de mümkündür. Bu tür tasarımlar 3 boyutlu yazıcının muhafaza edici bir kasa içine oturtulmasını da kolaylaştırır.



Baskı zemini Z ekseninde (yukarı aşağı) hareket eden kartezyen yazıcı.

Görüldüğü gibi eksenlerin farklı şekilde uygulanması mümkündür. Temel prensip, delta yazıcılardan farklı olarak bir eksendeki hareketin sadece bir motor ve buna bağlı destek elemanları ile yapılmasıdır. Kartezyen tasarımlar bu yüzden daha sadedir, kullanımları ve kurulumları kolaydır. Delta tipi yazıcılarda ise bir eksendeki hareket birden fazla motor ve araba sistemi ile mafsalın birlikte hareketi sonucunda gerçekleşir. Bu yüzden kurulumları, kalibrasyonları ve kullanımları daha zordur. Ancak daha sonra da göreceğimiz gibi delta yazıcıların da kendilerine has avantajları bulunmaktadır.

Bu bölümde yapacağımız yazıcı baskı zeminini Y eksenine koyuyor. Baskı ucu ise X ekseni üzerinde. X eksenini ise Z ekseni sırtında taşıyor, yani bir iskele gibi yukarı aşağı çıkartıyor.



İşimiz bittiğinde yazıcımız böyle görünecek.

Printrbot tasarımını temel alan Smartrap yazıcısını yapacağız. Smartrap 3 boyutlu yazıcılarla yeni tanışan bir kullanıcının yapması için muhtemelen en kolay tasarım olacaktır. En az sayıda plastik parça, çelik mil, rulman, motor ve elektronik içermektedir. Prusa veya Mendel gibi 3 boyutlu yazıcılardan farklı olarak Z ekseninde 2 değil sadece 1 motor kullanmaktadır.

Smartrap'in burada uygulayacağımız sürümünde eksenlerde dikey hareketin sağlanması için misina kullanılmaktadır. Bu da fiyatı düşüren önemli bir unsurdur.

Tasarımı basitleştiren ve yine malzeme fiyatını düşüren diğer bir özellik de Smartrap'de "direct drive" tipinde bir extruder kullanılmasıdır. Bu tür extruder'lar filament'i motora bağlı bir oluklu kasnak ve bunun karşısına denk düşen bir rulman ile iterler. Bu da dişli sistemler kullanan extruder'lara göre daha basit ve ucuz bir tasarımdır. Dezavantajı ise motorun bir miktar fazla torka sahip bir motor olması gerekliliğidir.

Baskı ucu olarak J-head sıcak uç kullanılmıştır. J-head sıcak uçlar hafif ve küçük boydadır. Böylece X ekseni ve Z eksenine fazla ağırlık binmemektedir.

Yine bu eksenlere ağırlık binmemesini sağlayan diğer bir unsur da extruder motorunun eksenler üzerine yerleştirilmemiş olmasıdır. Motor yazıcının altındadır ve filament bowden kablosu, yani teflon boru ile extruder'dan sıcak uca iletilmektedir.



Mütevazi ve hafif bir J-Head baskı ucu bu tasarım için ideal.

X ve Z eksenlerine ağırlık binmemesi bu tasarım için çok önemlidir. Çünkü Prusa i3 gibi tasarımlardan farklı olarak bu modelde ağırlığı dağıtacak iskele tipi bir X ve Z ekseni tasarımı bulunmuyor. Baskı ucu tarafına yapılacak bütün baskı bir vinç gibi yükselen Z ekseninin eğilmesine, baskı sırasında titremesine dolayısıyla da X ekseninin de aşağı ve yukarı hareket etmesine, sonunda da baskıda soruna neden olacaktır.

Smartrap'te extruder motoru , Z ve Y eksen motorları zeminde konumlandırılmıştır. Bu 3 motorun zeminde ve yan yana olması makinenin ağırlık merkezini aşağı alarak stabil durmasını sağlıyor, ayrıca kompakt bir tasarım sunuyor. Yine elektronikler motorların önünde ve derli toplu durmaktadır.

Eksenlerde lineer rulman ve miller kullanılmıştır. Bu da yine maliyeti azaltmaktadır.

Plastik parçalar yine 3 boyutlu yazıcılarda basılabilecek parçalardır. Parçaların basılabilir STL dosyaları hazır bulunmaktadır. Böylece yazıcınızı bitirdikten sonra kendi yedek parçalarınızı da üretebilirsiniz.

Smartrap ucuz, basit ama kullanışlı bir yazıcıdır. Ancak baskı hızı ve baskı kalitesi de bununla birlikte ortalamadır. Misina ve tek motorlu vinç gibi Z ekseni titreşim ve kaymalara yatkındır. Ancak iyi bir şekilde monte edildiğinde uzun süre sıkıntı çıkarmadan ortalama kalitede baskılar alabilirsiniz. Bu alana giriş yapacakların ilk yazıcısı olarak görevini hakkıyla yerine getirecektir.

Motorlar için 4 pinli Bi-polar ve üzerinde kablo ve sokete bağlanmaya hazır motorlar alırsanız monte edilmeleri çok kolaylaşacaktır. Ramps üzerinde motorlar için 4'er

pin bulunmaktadır ve bu yüzden 6 ve 8 pinli uni-polar motorlarda hangi 4 pini seçip bağlayacağınız kafa karıştırıcı olacaktır. En kolayı baştan basit olanı tercih etmek ve 4 pinli bir soketi olan motorlar almaktır.

Bu tasarım 1,75 mm çapında filament'lere uyumludur. 1,75 mm filament'ler yaygın olarak bulunmaktadır ve temini kolaydır.

Malzemeler

Mekanik kısım için:

	4 adet çelik mil	8 mm çap, 24 cm uzunluk
	2 adet çelik mil	8 mm çap, 32 cm uzunluk
	12 adet lineer rulman	LM8UU, 8 mm iç çaplı kısa lineer rulmanlar
	1 adet saplama vida	5 mm çap, 25 cm uzunluk, 0.8 mm diş genişliği
	1 adet 608ZZ rulman	Extruder motorundaki kasnağa karşılık gelecek rulman
	1 adet Mk7 drive gear	Extruder motoru için filament itici kasnak
	1 makara misina	0,5 mm çaplı kaliteli misina

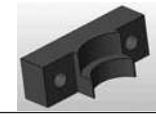
Elektrik-Elektronik

	4 adet step motor	Nema 17, 200 step, 1.8°, Bi-polar
	1 adet Arduino Mega 2560	Kontrol kartı
	1 adet RAMPS shield	Arduino uyumlu 3 boyutlu yazıcı kartı
	4 adet stepper driver	A4988 motor sürücü
	3 adet sınır anahtar	End-stop'lar
	1 adet fan	12 Volt, 2 veya 3 pin, 4x4 cm fan
	1 adet power supply	ATX masaüstü PC güç kaynağı, 400 W
	1 adet güç kablosu	Güç kaynağı için
	1 adet USB kablo	Printer kablosu, 1 tarafı kare diğer taraf PC'ye girecek şekilde
	1 adet anahtar	Rocker switch veya benzeri
	Kablolar	Farklı renklerde bol miktarda jumper bağlantı kabloları
	Kablo uçları	İhtiyaca göre dişi ve erkek jumper kablo uçları
	Makaron	Kablolar için ısıyla büzüşen makaron

Extruder için

	1 adet baskı ucu	J-head, 1,75 filament için, 0,4 mm baskı memesi çapı
	1 adet pnömatik rakor	3/8 diş çapı, 4 mm hortum için
	1 adet PTFE boru	2 mm iç çap, 4 mm dış çap

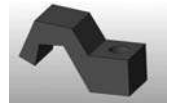
3 boyutlu yazdırılabilir plastik parçalar
Bu parçalar için web adresi: http://www.thingiverse.com/thing:664531

X ekseni milleri arka bağlantısı	
X ekseni milleri ön J-Head bağlantısı	
J-Head kelepçesi	
X ekseni lineer rulman tutucu	
XZ bağlantı plakası	
2 adet Y ekseni lineer rulman tutucu	
Y motoru üstü rulman plakası	

Zemindeki 3 motor üstü ana plaka	
608ZZ rulman tutucu kapak	
Y ekseni milleri sağ bağlantısı	
Y ekseni milleri sol bağlantısı	
Taban motorları orta sıkıştırıcı bağlantı	
Taban motorları arka sıkıştırıcı bağlantı	
Taban motorları ön kontrol kartı bağlantısı	
2 adet misina gerici	
Kaplin (2 parça)	
Z endstop tutucu	

Bu dosyalar ekteki DVD'de yer almaktadır.

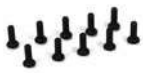
Opsiyonel basılabilir plastik parçalar

Bowden kablosu tutucu	
Ahşap zemine yazıcı bağlantıları	

Opsiyonel diğer parçalar

Ahşap yazıcı alt zemini	

Vida ve somunlar

	M3 10 mm vida ve somun	7 adet
	M3 16 mm vida ve somun	15 adet
	M3 20 mm vida ve somun	3 adet
	M3 30 mm vida ve somun	6 adet
	M4 60 mm vida ve somun	3 adet
	M5 somun	Z ekseni saplama için

Diğer

	Cam zemin	18 cm x 20 cm x 3 mm cam (veya pleksiglas, alüminyum vb.)
	Mavi bant	Baskıların tutması için baskıdan önce cam zemine yapıştırılacak
	Çift taraflı bant	Baskıların tutması için mavi bant yerine kullanılabilir
	Kapton bant	J-head'in ısı yatılımı için
	Japon yapıştırıcısı veya Pritt	Zemin tutuşunu artırır
	Plastik hazır kelepçeler	Kabloları bir araya toplamak için
	Kablo toplayıcı	Kabloları bir araya toplamak ve gizlemek için

Araçlar

Yıldız tornavida	
Düz tornavida	
Alyan anahtarı	
Pense, ayarlı anahtar	
Lehim	
Havya (lehim aleti)	
Maket bıçağı	
Kalemtraş	
Cımbız (Jumper'ları kolay takmak için)	

Parçaların Temini

Parçaların büyük çoğunluğu rulmancı, hırdavatcı ve yapı marketlerden temin edilebilmektedir. Arduino Mega, RAMPS 1.4 Shield, A4988 motor sürücüler, extruder motoru için filament'i iten oluklu kasnak ve baskı ucu da elektronik ve hobi mağazalarında kısmen bulunabiliyor. Bulunamayan parçalar olursa online satış siteleri üzerinden yurtdışından sipariş vermek gerekebilir, ancak sanıldığı kadar pahalıya gelmeyecektir.

Yazdırılması gereken plastik parçalar için başka bir 3 boyutlu yazıcı sahibiyle iletişime geçebilir veya ticari olarak 3 boyutlu parça basan firmaların sitelerine başvurabilirsiniz. Parça bastırırken SLA veya SLS prototip yapan değil FDM tekniğiyle yani sizin de yapacağınız tipte yazıcılarla baskı alan firmaları seçin. Aksi taktirde hem fiyat yükselecek hem de sonuçlar beklendiği gibi olmayacaktır. Buradaki örnekteki parçalar FDM teknolojisiyle yazdırılmış ve test edilmiştir.

3 boyutlu parçaları http://www.thingiverse.com/thing:664531 adresinden indirilebilir.

Uyarılar ve Alınması Gereken Tedbirler

Bu 3 boyutlu yazıcı oldukça yüksek sıcaklık (>260) değerlerine çıkabilmektedir. Uyarıları dikkatlice okuyun.

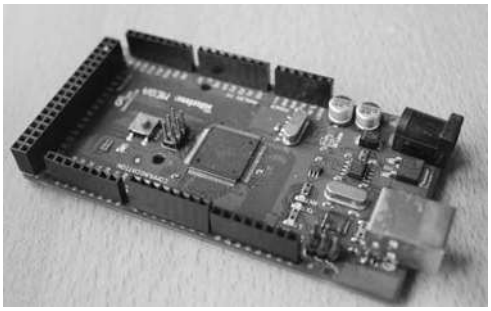
Bazı polimerler kimyasal ayrışmaya maruz kalarak zehirli dumanların açığa çıkmasına sebebiyet verebilirler. Bu yüzden 3 boyutlu yazıcının daima iyi havalandırılmış bir ortamda kullanılması gereklidir. Dolayısıyla 3 boyutlu baskı işlemine tabi kılacağınız polimerin kimyasal ayrışma özelliklerini anladığınızdan emin olun. Ayrıca duman dedektörü yahut karbon monoksit dedektörü kullanmanız fayda sağlayacaktır.

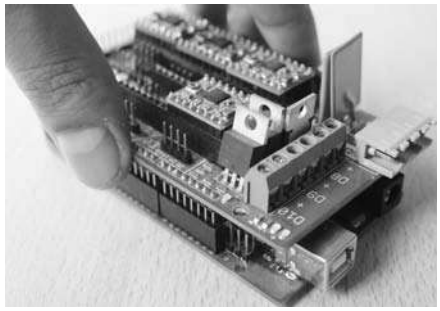
Bu 3 boyutlu yazıcı yeni nesil bir donanımdır. Dolayısıyla bu cihaz, bulaşık makinası, su ısıtma cihazı gibi ev eşyaları dışında tutulup, çalışırken çalıştığı ortamdan ortamın güvenliği gereği uzaklaşılmamalıdır. Sık aralıklarla 3 boyutlu yazıcının çalışma süreci kontrol edilmelidir.

Elektrikle çalışırken çarpmalara karşı dikkatli olunmalıdır. Ayrıca bu yazıcı tasarımı deneysel niteliktedir ve oluşabilecek kazaların sorumluluğu sizdedir.

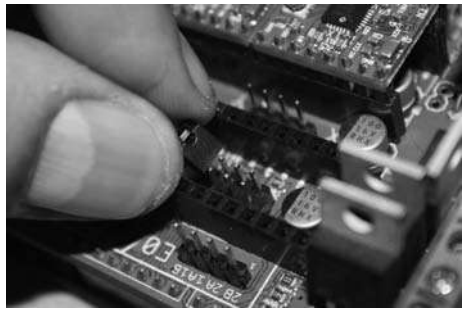
Adım Adım Yapalım

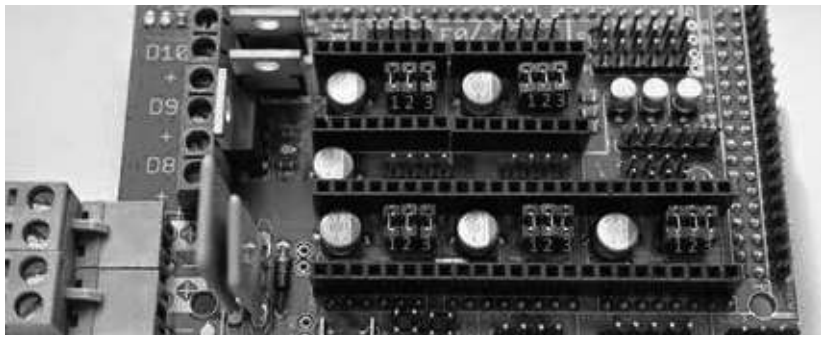
1. Arduino kontrol kartına RAMPS shield'i oturtun. Eğer pinlere ve elektrik bağlantılarının yönüne dikkat ederseniz yanlış takmanızın imkânı yoktur.



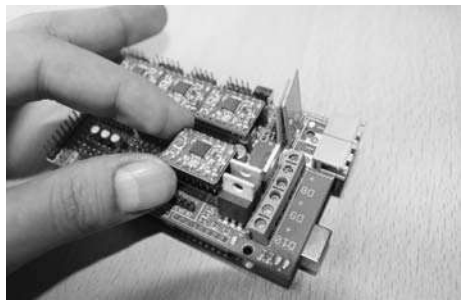


2. Ramps shield üzerindeki Z, Y, Z, E0 motor sürücü soketlerinin ortalarındaki 3'er 2'li pinlere jumper'ları yerleştirin. Bunlar motorun microsteppping modunda çalışması için gereklidir (Kullanmadığınız motor sürücünün altındaki 3 adet 2'li pine bir jumper takmanıza gerek yoktur).

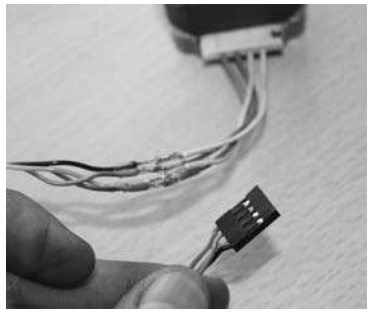




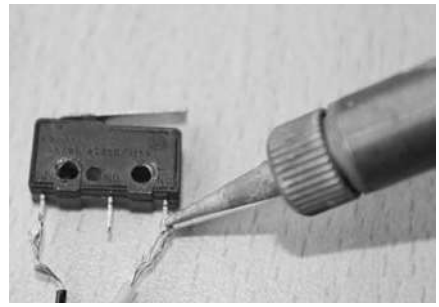
3. Jumper taktığınız pinlere denk gelen soketlere 4 adet motor sürücüyü yerleştirin.



4. Nema 17 step motorlarınıza jumper kablolarını takın veya havya ile lehimleyin. Motorlardan çıkan kabloların sırasına uygun olarak yapılması önemlidir. Eğer motorların üzerinde soket varsa bu soketin sıralamasına uygun olarak dişi uçlu jumpera oturtun. Bu adım alacağınız motorun kablolarına göre değişiklik gösterebilir.



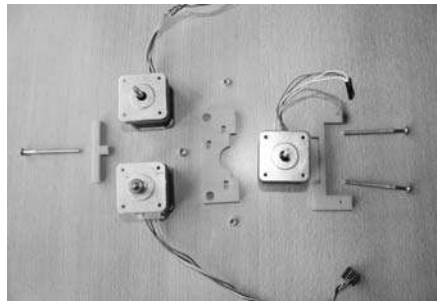
5. 3 adet sınır anahtarına jumper kabloları takın veya havya ile lehimleyin veya kablo terminali ile bağlayın. Bağlantılar C ve NC (normally closed) bacaklarına yapılmalıdır. Kabloların diğer ucu dişi jumper olmalıdır.



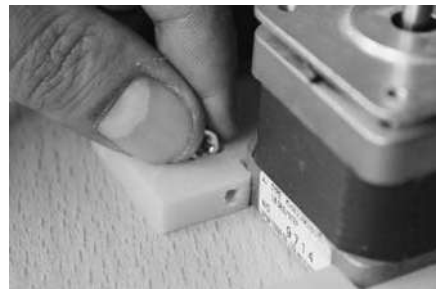
6. Extruder motoruna filament itici MK7 Drive Gear kasnağı takın ve alyan ile vidalayın. Çok sıkmayın çünkü daha sonra filament giriş noktasına göre yukarı veya aşağı ayarlamak gerekecek.



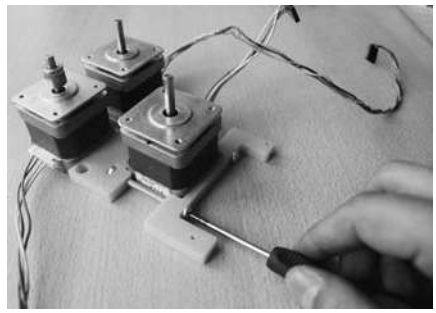
7. 3 taban motorunu (Y, Z ve Extuder motorları) ve 3 adet ön, orta ve arka taban parçalarını (3 boyutlu yazdırılmış plastik parçalar) zemine yerleştirin. Motorların kablolarının iç tarafa bakması mümkünse öyle yerleştirmeniz etrafta fazla kablo görünmesini önleyecektir.

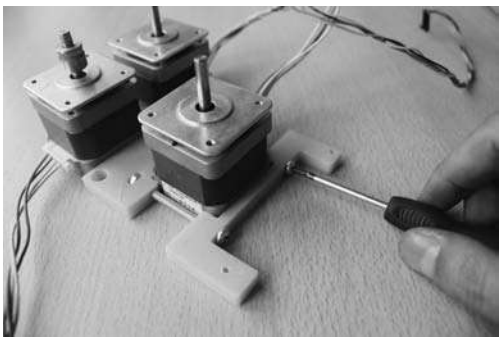


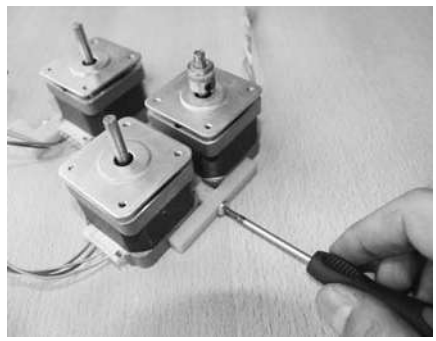
8. Orta taban plastik parçasındaki yarıkların içine 3 adet M4 somunu oturtun.



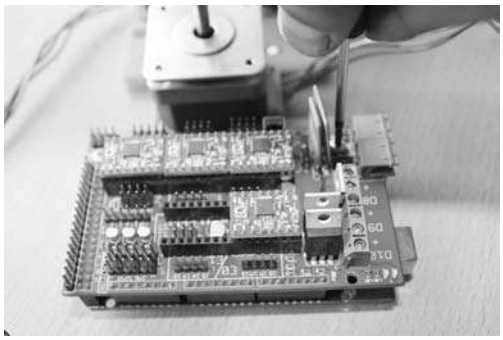
9. 3 adet 60 mm uzunluğundaki M4 vidayı ön taban parçasındaki iki delikten ve arka taban parçasıdaki tek delikten geçirerek orta bağlantıdaki somunlara denk gelecek şekilde deliklerden yerleştirin ve somunlara tornavida ile vidalayın. Ancak çok sıkmayın, plastik parçaları kırabilirsiniz.

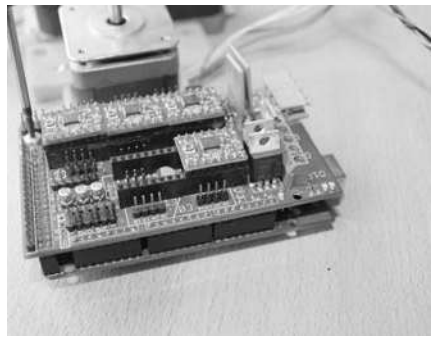




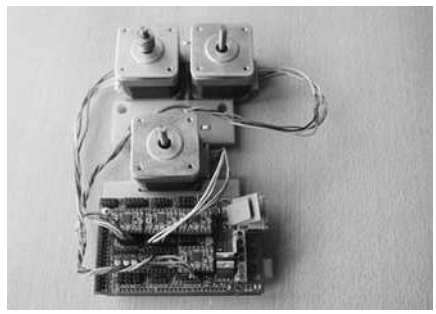


10. Kontrol kart takımının arkada kalacak 2 deliğinden 2 adet M3 20 mm uzunluktaki vidayı geçirip ön taban plastik parçasında yukarı bakan 2 deliğe vidalayın. Çok sıkmayın elektroniklere ve plastik parçalara zarar verebilirsiniz.

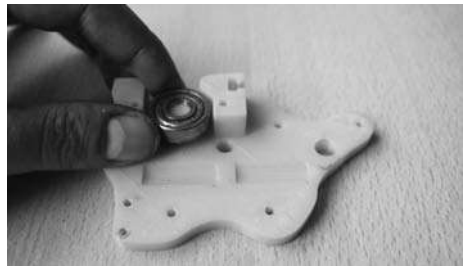




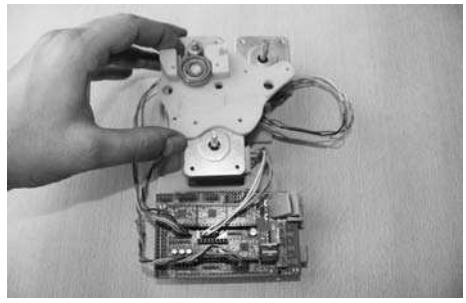
11. Şimdi zemindeki yerleştirdiğiniz Z, Y eksen motorları ve extruder motorunu RAMPS üzerindeki Z, Y ve E0 4 pinli bağlantı noktalarına bağlayabilirsiniz.



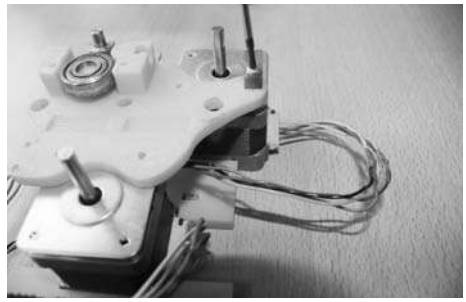
12. 3 motor üstü ana plakadaki uygun yere 608zz rulmanı oturtun.



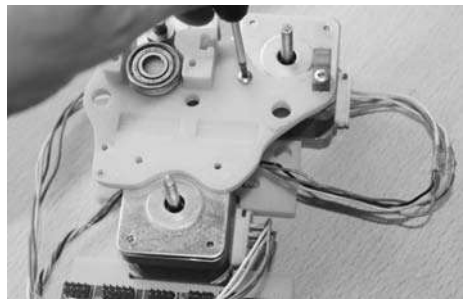
13. 3 motor üstü ana plakayı motorların üstüne delikler motorlar üstündeki vida deliklerine uygun gelecek şekilde yerleştirin.



14. Elektronikler size bakar vaziyetteyken arka sağda bowden kablosu tutucuyu ana plakadaki deliğe hizalayıp 20 mm M3 vidayı hem tutucudan hem ana plakadan geçirip motora vidalayın.

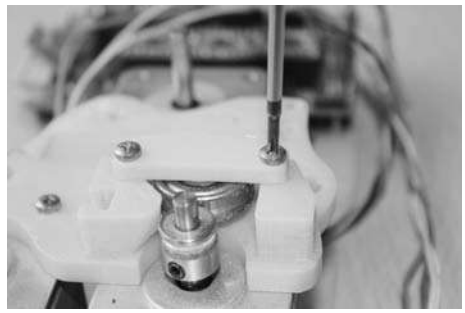


15. Kablo tutucunun bir solundaki delikten 10 mm M3 vida geçirip vidalayın.



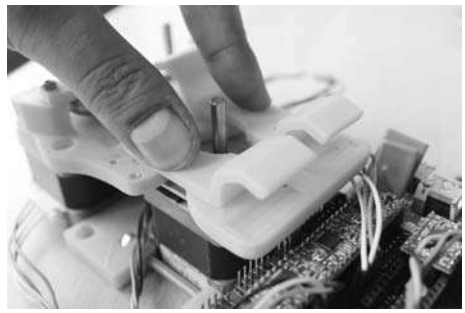
16. Rulman kapağını solda rulmanın üstüne kapatıp iki yanlardaki deliklere 2 adet 30mm M3 vidayı vidalayın.

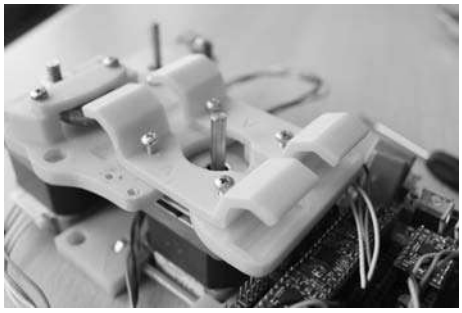




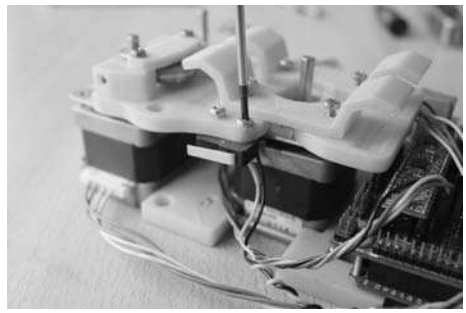
17. Y motoru üstü rulman plakasını Y motoru üstüne oturtun ve 2 adet Y ekseni lineer rulman tutucu plastik parçayı da Y motoru üstüne ana plaka ve Y ekseni rulman tutucu üstünde iki yana yerleştirin. Motor üstündeki plastik plakalardaki 4 deliğe 4 adet 16 mm M3 vidayı sadece tutacak kadar vidalayın. Şimdilik 4 adet lineer rulmanı yerlerine yerleştirmeyin.



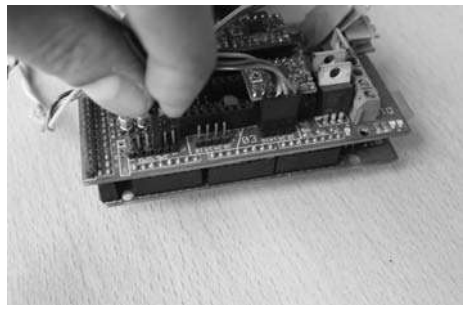




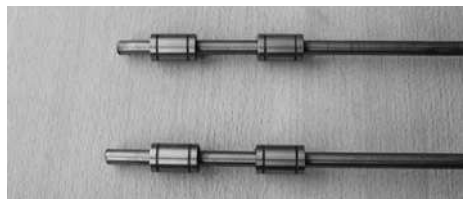
18. Y sınır anahtarını solda ana plakanın altına üstte göreceğiniz iki deliğe 2 adet 16 mm M3 vida takarak vidalayın. M3 çok kalın geliyorsa M2 de kullanabilirsiniz. Bu noktada sınır anahtarınızın delikleri ana plakadaki deliklere tam denk gelmiyorsa doğaçlama yapmanız gerekecek. Bu gibi sürprizlerle karşılaşmamak için vida, somun vb. şeyler almaya elinizde plastik parçalarla gidip alırken test etmeniz yerinde olur.



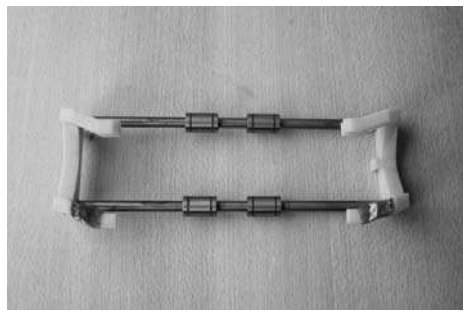
19. Y sınır anahtarını RAMPS üstündeki Y min (minimum endstop) pinlerine bağlayın.



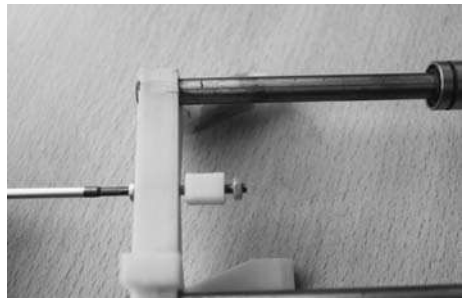
20. Şimdi Y eksenini yapacağız. 2 adet 24 cm çelik mile 2'şer adet, toplam 4 tane lineer rulmanı geçirin.



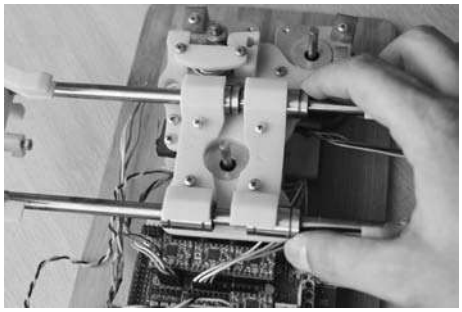
21. Rulman geçirilmiş milleri sağ ve sol Y ekseni bağlantı parçalarındaki 4 büyük deliğe oturtun. Delikler biraz küçük geliyorsa maket bıçağıyla biraz oyulmaları veya millerin uçlarının hafifçe ısıtılması gerekebilir. Ancak aşırıya kaçıp plastik parçalara hasar vermeyin. Milleri çekiç yardımıyla içeri çakmak da bir çözümdür ancak eğer delik yeterince büyütülmemişse plastik parça kırılacaktır. Uygun yöntemden uygun miktarda tatbik ederek milleri deliklere oturtun.

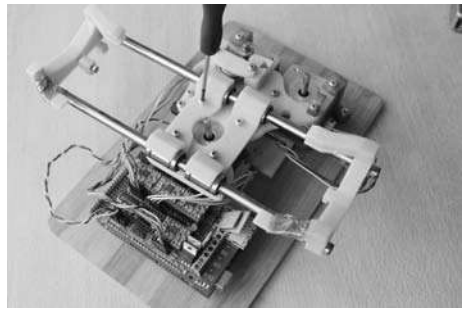


22. Misina tutucu parçayı sol bağlantı parçasının ortasındaki delikten geçireceğiniz bir 30 mm M3 vidaya geçirin. Misina tutucunun çengelinin dışa doğru olması gerekmektedir. Vidaya misina tutucunun ardından bir de M3 somun takın.



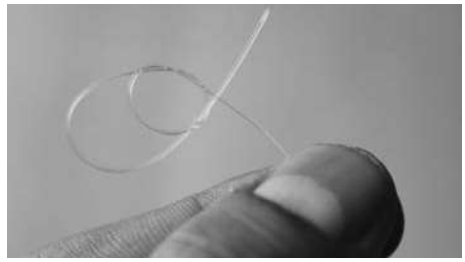
23. Şimdi oluşturduğumuz Y eksenini Y motoru üstündeki yerine yerleştirelim. 2 mildeki 2'şer rulmanı Y motoru üstündeki plastik tutucularla tabanlar arasına sokun. Yerlerine oturduktan sonra rulman tutucu parçalardaki daha önce gevşek bıraktığımız 4 adet vidayı tam olarak sıkabilirsiniz.

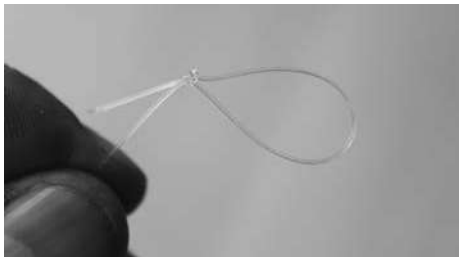


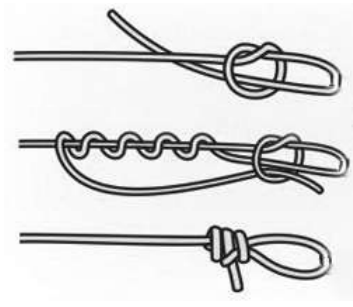


24. Misinadan 26 cm civarında bir parça alın. İki ucuna ilmik (slipknot) atın. Eğer bu düğümleri kaymayacak şekilde düzgün atmazsak makine çalışırken misina gevşeyecek ve düzgün baskı alınmayacaktır.

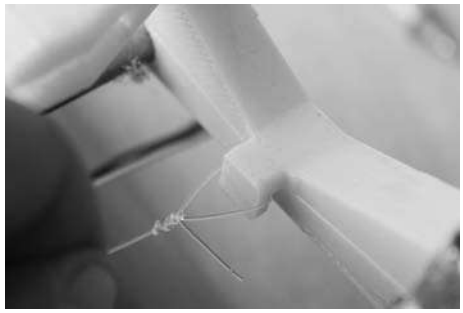
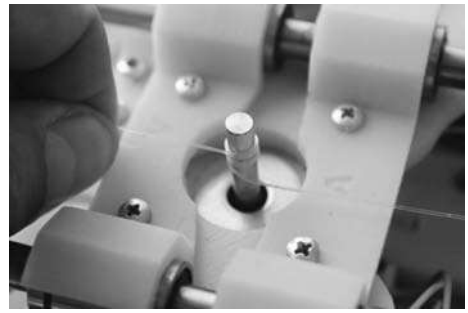
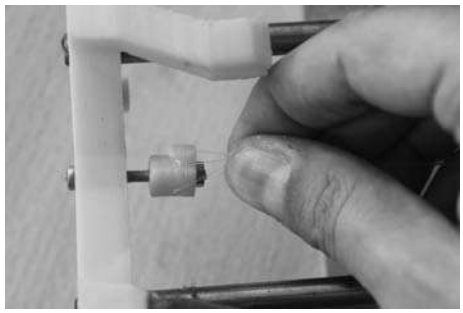
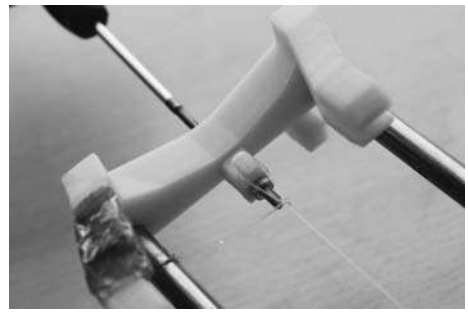




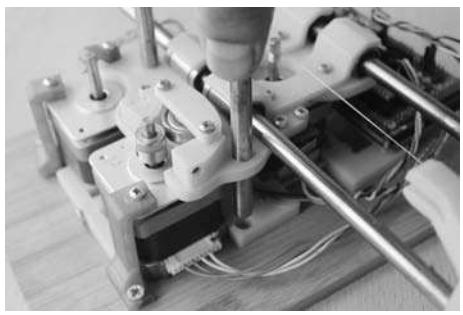
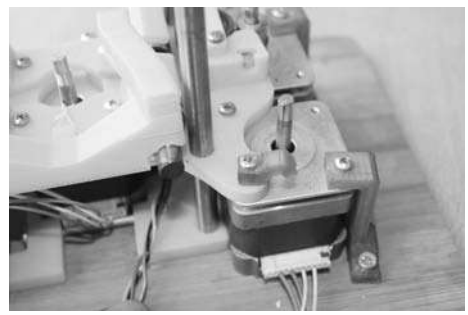




25. İlmiklerden birini Y ekseni sağ bağlantı parçasındaki çengel kısmına geçirin. Misinayı gererek motor mili çevresine 6 veya 7 tur dolayın daha sonra misinanın diğer ucundaki ilmiği de Y eksenindeki sol misina tutucunun çengeline takın. Misina tutucuyu vidayı sıkarak kaymasını sağlayın ve böylece misinayı bir miktar gerin. Misina tutucudan sonra gelen somunu da vidalamayı unutmayın. Y eksenini elle sola sağa kaydırın. Misinayı aynı yöntemle bir daha gerin. Bu işleme misina gerginleşinceye kadar devam edin, misinanın çok gergin olması ama kopmaması gerekiyor. Eğer her şey yolundaysa motor döndüğünde misinayı sağa sola çekerek Y eksenini sağa ve sola hareket ettirecektir.

26. Şimdi Z eksenine doğru ilerleyeceğiz. 2 adet 32 cm Z ekseni millerini ana plaka üzerinde sol ve sağdaki 2 büyük delikten geçirip tabandaki orta plastik parçanın 2 deliğine iyice sokun.

27. Motor kaplininin 2 parçasını karşı karıya gelecek şekilde tutun ve 4 adet deliğe 16 mm uzunluktaki 4 M3 vida ve 4 adet M3 somunu geçirerek hafifçe tutana kadar vidalayın.

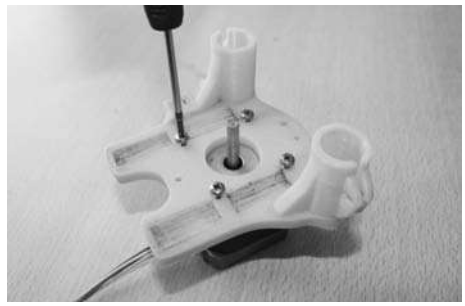


28. Motor kaplininin 2 parçası arasında kalan deliği sonuna kadar motor miline oturtun, diğer deliğe de M5 saplamayı dibi görene kadar oturtun. Şimdi kaplin üzerindeki vidaları sıkabiliriniz. Bu işlemden sonra Z ekseni ve Z ekseninde hareketi sağlayan saplama artık hazır durumdadır.

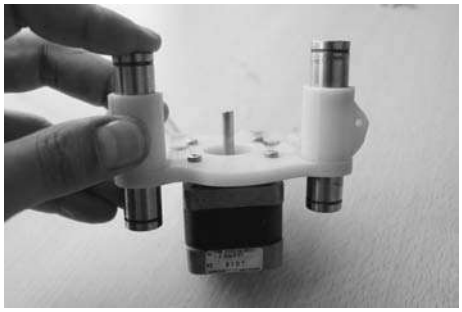


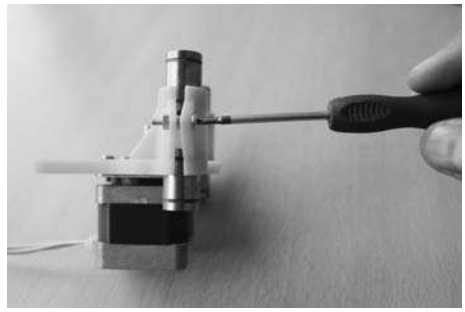


29. Sıra geldi X eksenini yapmaya. X motorunu alın ve üstüne XZ bağlantı plakasını yerleştirin. 4 adet 10 mm M3 vida ile plakayı motorun üstündeki deliklere vidalayın.

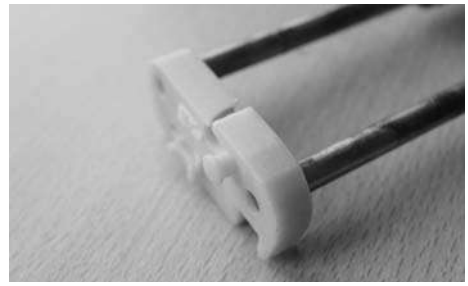


30. Z ekseni için 4 adet lineer rulmandan ikisini soldaki oluğa diğer ikisin sağdaki oluğa aralarında bir miktar boşluk kalacak şekilde yerleştirin. Olukları sıkmak için sağ ve soldaki deliklere 2 adet 16 mm uzunluktaki M3 vidayı ve somunu takın ve vidalayın.





31. X ekseninin 2 adet 24 cm çelik millerini alın ve toplam 4 adet lineer rulmanı millere 2'şer adet takın. Millerin uçlarını ön ve arka bağlantı plastik parçalarındaki büyük deliklere geçirin. Misina gerici plastik parçayı arka bağlantı parçasındaki deliğe bir adet 30 mm M3 vida ve somunla tıpkı Y ekseninde yaptığımız gibi bağlayın.



32. X ekseninin, lineer rulmanları XZ bağlantı parçasındaki oluklara denk gelecek şekilde yerleştirin. X ekseni lineer rulman tutucu parçayı rulmanların üstüne yerleştirin ve üç delikten arkada tek kalana 16 mm uzunlukta M3 vida ve somun takarak sıkıştırın.





33. Ön tarafta XZ bağlantısının ve lineer rulman tutucu parçanın üstündeki iki delikten 2 adet 16 mm uzunlukta M3 vida geçirerek X ekseni sınır anahtarını alta denk düşecek şekilde vidalayın.



34. J-Head baskı ucuna pnömatik rakoru vidalayın. Uçtaki alüminyum blok parçasına Kapton bant sarın. Kapton bant ucu kapatmasın.

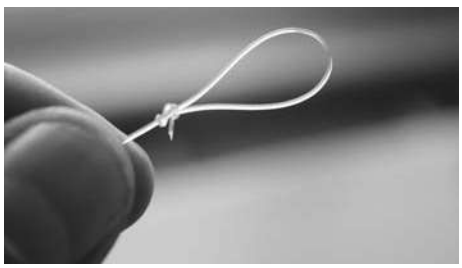




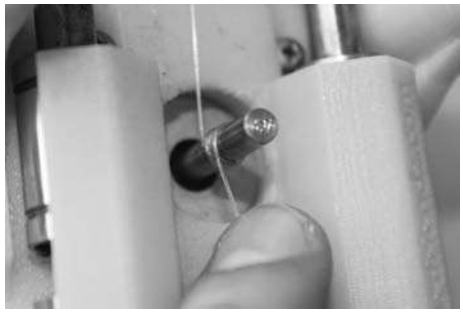
35. J-Head baskı ucunu J-head kelepçe parçasının iki yanındaki deliklerden X ekseni üzerindeki ön bağlantı parçasına 2 adet 30 mm M3 vida ve somunla sabitleyin. Bu noktada kullandığımız ön bağlantı parçasındaki teflon boru tutucu eki pnömatik rakor kullandığımız için kırabilir veya kesebiliriz.

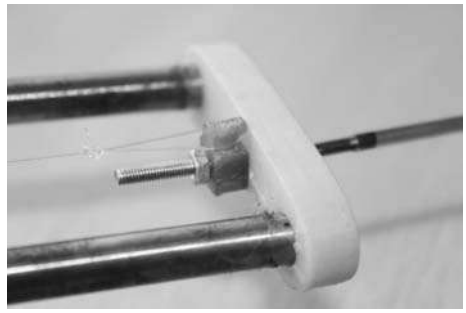


36. Yaklaşık 30 cm misina kesip Y ekseninde yaptığımız gibi ilmik atın. Bir ucunu ön taraftaki delikten geçirip silindirik bağlantıya geçirin. daha sonra misinayı motor miline 6 tur dolayın. Diğer ucunu misina gericiye takıp gericinin vidasını sıkarak misinayı gerin.







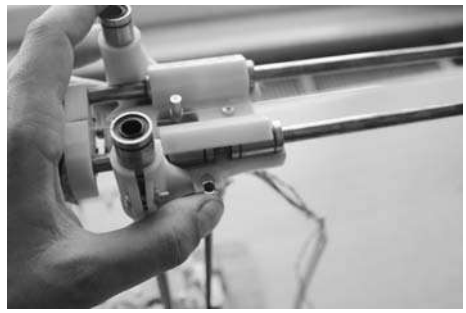


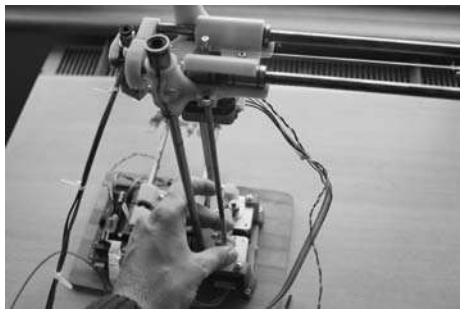
37. XZ bağlantı parçasının sağında kalan ve M5 saplamaya denk düşecek aralıktan içeri M5 somunu yerleştirin.



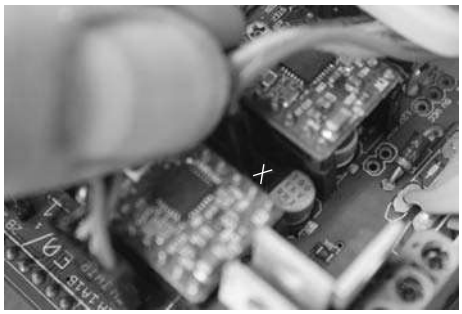
38. Artık tek bir parça olarak monte edilmiş olan XZ bağlantısını ve X eksenini Z ekseni milleri ve saplamaya yerleştireceğiz. Bunun için sistemi Z lineer rulmanlarından Z millerine geçirin. M5 saplama yarığa yerleştirdiğimiz M5 somuna denk gelecek şekilde tutarken saplamayı döndürerek somuna vidalayın. Saplamayı XZ sistemi bir miktar aşağı inecek kadar döndürün.

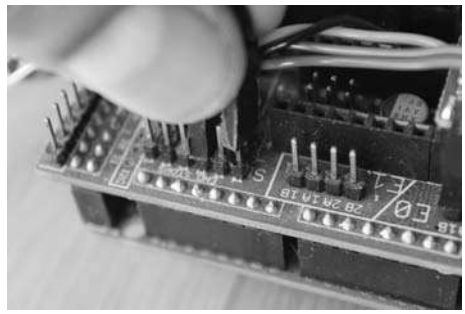




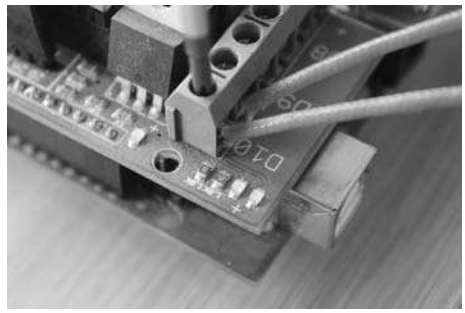


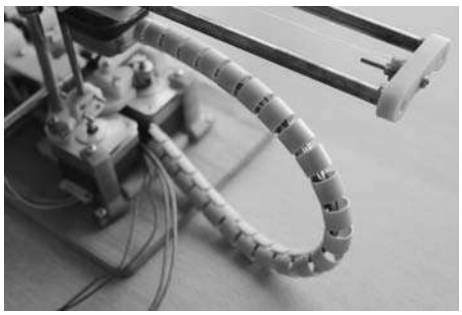
39. X motoru kablolarını RAMPS üzerinde X yazan pinlere, X sınır anahtarı kablolarını X minimum endstop pinlerine, sıcak uç termistörünün kablosunu T0 termistör pinine ve yine sıcak ucun ısıtıcı kablolarını (bu kablolar daha kalındır) D10'a takın. Kablolar hiçbir eksene veya noktaya takılmayacak ve mümkün olduğunda görüntü kirliliği yaratmayacak şekilde takılmalıdır. İstenirse kablo gizleyici kullanılabilir veya plastik kelepçe ile kablolar bir araya toplanabilir.



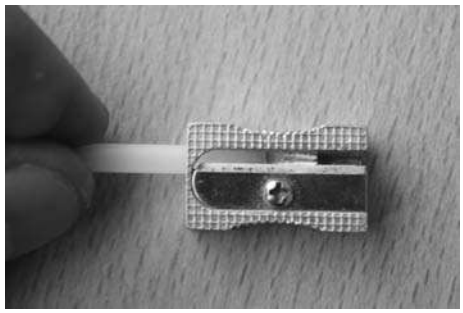


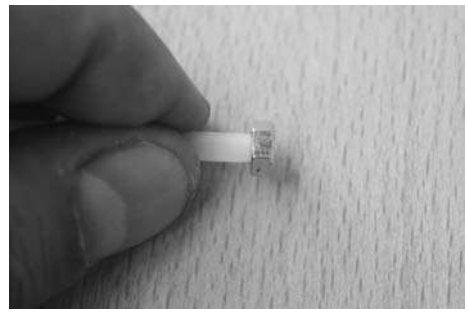






40. PTFE (teflon) borunun bir ucunu kalemtraş ile açın veya maket bıçağı ile inceltin. Buraya M4 bir somun vidalayın.





41. Borunun diğer ucunu baskı ucu üstündeki pnömatik rakorun deliğine iterek yerleştirin. Doğru yaptıysanız pnömatik rakorun boru etrafındaki halkasına basmadan boru yerinden çıkmayacaktır.



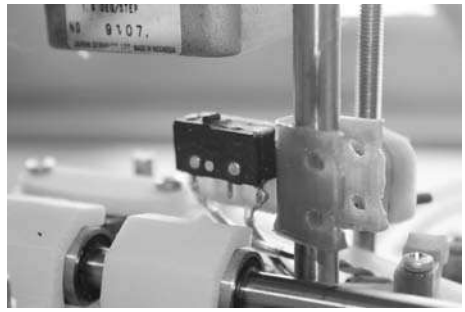
42. Borunun somun bulunan ucunu aşağıda 3 motor üstündeki ana plakaya bağlı boru tutucu parçanın ve kaplinin altından geçirerek ana plakanın rulmana yakın yarığından içeri yerleştirin. Bu kanaldan filament geçeceği için somunun ve borunun deliği, motor miline takılı kasnağın oluğu aynı hizada olmalıdır. Bunu sağlamak için somunu yukarı aşağı hareket ettirin ve/veya kasnağı milde yukarı aşağı ittirip uygun yerde vidasını alyan ile sıkın.

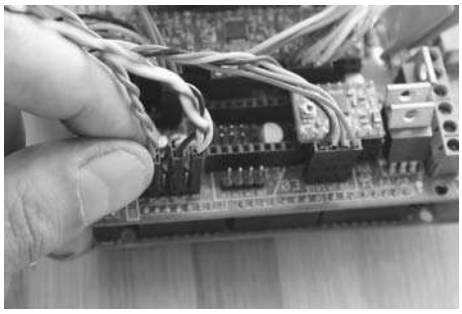




43. Z sınır anahtarını Z sınır anahtarı tutucu parçaya 2 adet 10 mm m3 vida ile vidalayın. Bu parçayı sağda kalan Z miline takın. Sınır anahtarının metal parçası veya düğmesi yukarı bakmalı ve motorun alt kısmına gelecek şekilde durmalıdır. Son olarak Z sınır anahtarını jumper kablo ile RAMPS'taki Z sınır anahtarı pinlerine takın.

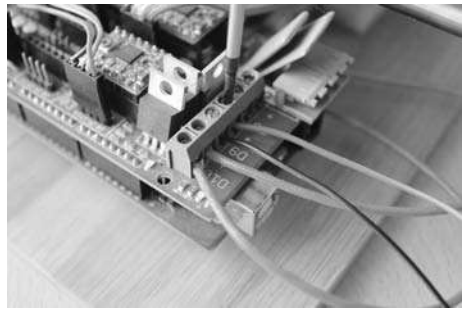






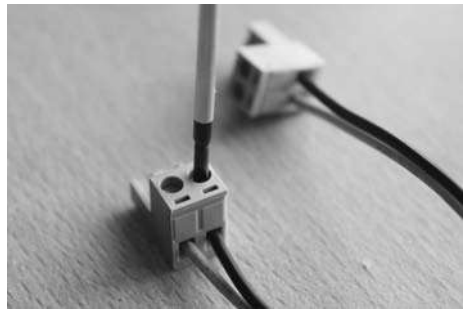
44. J-head soğutucu fanını X ekseninin ön bağlantı parçasına J-Head'in alüminyum blok hariç üst bölümünü soğutacak şekilde japon yapıştırıcısı ile yapıştırın. Fanı RAMPS üzerinde D9 bağlantısına bağlayabilirsiniz. Eksi ve artı kutuplarına dikkat edin. Genelde siyah renk eksiyi (toprak) ve kırmızı renk artıyı (akım) ifade eder. 3 pinli fanda ise kablolardan birisini kullanmanıza gerek yoktur, diğer ikisini bağlayarak çalıştırabilirsiniz.

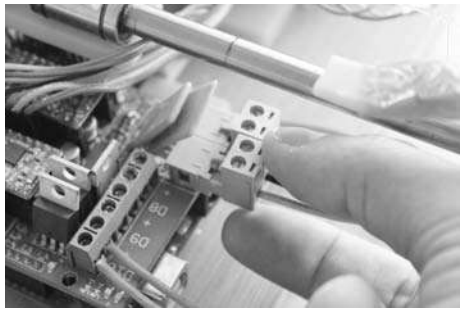




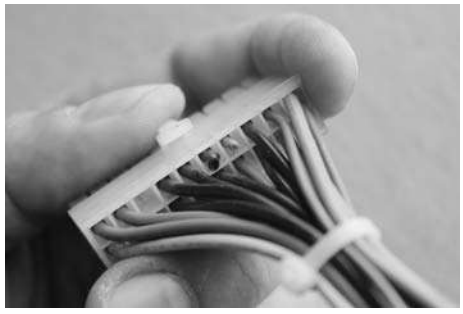
45. Elektriğe bağlı olmayacak vaziyette bilgisayar güç kaynağını alın ve sarı ve siyah kablolardan 2'şer adet kesin. Bu kabloları RAMPS üzerindeki elektrik girişlerine takıp vidalayın. Bu girişleri RAMPS'a geri takın.

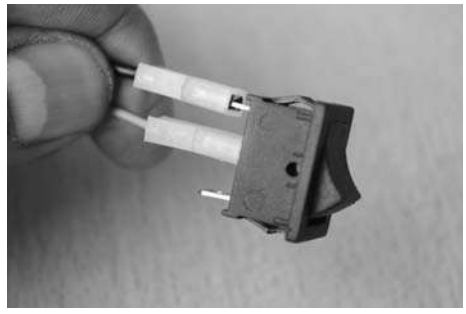




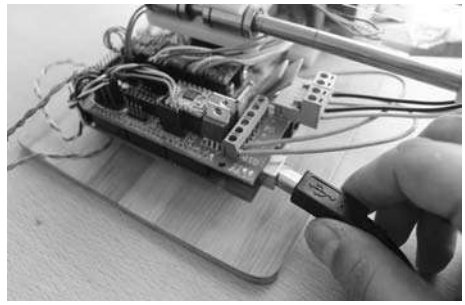


46. Güç kaynağındaki yeşil kablo açma kapama işlevi görmektedir. Soket şeklindeki kablo demetinden yeşil kabloyu ve yanındaki siyah kabloyu kesin. Bu ikisini bir anahtara bağlayın. Bu anahtar yazıcınızın açma kapama düğmesi olacaktır.

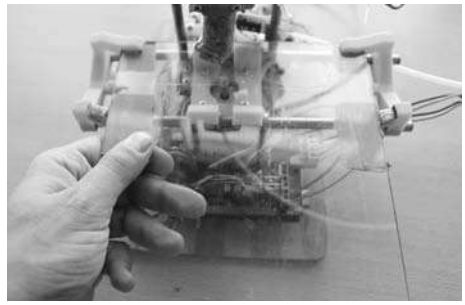




47. Arduino kontrol kartınıza USB yazıcı kablosunu takın ve diğer ucunu bilgisayarınıza bağlayın.



48. Kestirmiş olduğunuz cam tabanı Y eksenindeki kollara geçirin.



49. Güç kaynağınıza kablosunu takıp fişe takın.



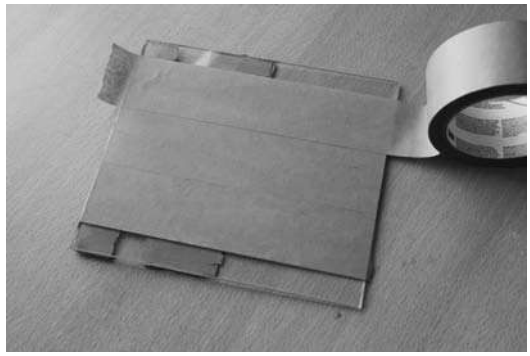
50. Montaj bitti. Şimdi artık anahtarı açtığınızda yazıcınız çalışacaktır. Ama doğru çalışması için firmware yazılımın konfigüre edilip Arduino kontrol kartına yüklenmesi ve yazıcının kalibre edilmesi gerekmektedir.

İncelikler

Montaj sırasında hiç lehim yapmadan işlemleri tamamlamak teorik olarak mümkündür. Bunun için bir tarafı erkek diğer tarafı dişi jumper kabloları uç uca bağlanabilir ve gerekli yerlere kablo terminali takılarak takılabilir. Ramps'a girecek dişi jumperların içindeki metal uçlara kablolar kıstırılır ve oturtulur. Yine diğer tarafta kablolar kablo terminali ile tutturulabilir. Ama en iyisi lehim ve havya ile biraz antreman yaparak öğrenmek ve kabloları lehimle bağlamak, etraflarına da makaron takarak ve makaronu ısıtıp büzüştürerek kısa devre ihtimalini ortadan kaldırmaktır.

Smartrap tasarımı extruder'da dişli sistemi kullanmadan doğrudan filament'i oluklu kasnak ile çektiğinden motorun torkunun dişli sistemlere göre daha yüksek olması daha iyi sonuç verecektir.

Yaptığımız kartezyen yazıcıda sıcak zemin bulunmamaktadır. Sıcak yatak olmaksızın PLA plastik filament'ler sorunsuz basılabilmektedir. Ancak ABS filament'lerle basılan nesneler ABS'nin yüksek ısısı nedeniyle soğuk zemin üzerinde çabukça büzülmekte, tabanlarının kenarları kıvrılarak havaya kalkmaktadır. Bu durum aynı zamanda nesnenin tabandan kurtulmasına da neden olabilir. ABS basılmak istendiğinde cam zemini kaplayacak şekilde yan yana mavi bantlar kaplanabilir. Bu mavi bant yüzeyi tutuşu artıracak şekilde hafifçe zımparalanabilir. Veya Pritt yapıştırıcı veya japon yapıştırıcısı tatbik edilebilir. Çift taraflı bant kullanmak da bir seçenektir.



Bütün bunlara rağmen ABS ile sıkıntı yaşanıyorsa Cam zemin üstüne sıcak yatak satın alınarak sabitlenebilir ve bu sıcak yatak üzerinde yine bir cam zemin kullanılabilir. Sıcak zemin RAMPS'ın D8 bağlantısına takılmalıdır. Sıcak zeminin üzerindeki akım yönünü belirten eksi ve artı işaretlere dikkat edilmeli yatak RAMPS'a buna göre bağlanmalıdır. Sıcak zemin kullanılacaksa, seçilecek güç kaynağının 12 V kabloları üzerinde mutlaka 16 amper akım vermesi gerekmektedir. Bu durum güç kaynağı üzerindeki bilgilendirmeler tablosundan okunabilir. Biz kendi örneğimizde 12A bir güç kaynağı kullandık, yani sıcak zemin için uygun değildi, sıcak zemin takmak istersek değiştirmeliyiz.



Misinayı X ve Y eksenlerine bağlarken motor miline hangi yönde sarıldığına dikkat edilmelidir. Sarma yönünüze, eksen rulmanlara hangi taraftan yakın durduğuna göre hareket esnasında misina tepeden çıkabilir veya aşağıda plastiğe temas edilip kopabilir. Sarma yönü aynı zamanda eksenlerin hareketlerini de belirlemektedir. Sarma yönünüzü değiştirdiğinizde, X'e sola gitme komutu verdiğinizde sağa gidebilir. Buna dikkat edin ve misinanın hareketini gözlemleyip en iyi bağlama yöntemini bulun. Motor milinin hem solunda hem sağında kalan misina bölümünün aynı gerginlikte olması için germe işlemi sırasında ekseni sola sağa hareket ettirerek boşluğu ve gerginliği dağıtmaya çalışın.

Z eksenindeki sınır anahtarı (endstop) baskı ucunun cama tam değdiği noktaya göre ayarlanmalıdır. Bu kalibrasyonu yapana kadar bu anahtarı ve tutucuyu milde mümkün mertebe yukarda tutun. Fazla aşağıda kalırsa baskı ucu aşağı hareket ederken cama temas edip inmeye devam ederek camı zorlayabilir. Bu da yazıcıda hasara neden olabilir. Diğer sınır anahtarlarına da aynı özeni göstermeyi unutmayın.

Yazıcıyı kolay taşımak, titreşimleri ve yazıcının zeminde kaymasını önlemek için yazıcı altına ahşap bir zemin monte edilebilir. Bu zemini yazıcıya arkada kalan boş motor deliklerinden vidalayabilirsiniz. Veya tabandaki orta ve ön motor sıkıştırıcı bağlantıları uygun noktalardan delerek ahşaba vidalayabilirsiniz.

Z ekseninde saplama kullanıldığı için yüksek hız beklenmemelidir. Aynı şekilde X ve Y eksenlerinde de baskı veya boşta hareket hızlarını artırmak motor milinin misina sargısı içinde boşta dönmesine ve baskıda hataya neden olabilir. Misinalı sistemler ucuz ve kolaydır ancak performansları dişli kayışlı sistemlere göre ortalamadır.

Motor millerini arada bir makine yağını bir peçeteye veya beze dökerek yağlamak gerekir. Veya sprey yağlayıcılar kullanılabilir. Millerinizin kalitesine göre paslanma ve aşınma ihtimalleri vardır. Bu yüzden makineyi nemden uzak tutunuz.

Montajda kullanılan hiçbir plastik parçayı aşırı güç kullanarak monte etmeyin veya fazla sıkı vidalamayın. 3 boyutlu yazıcıdan çıkan parçalar sağlamdır ama kırılmaz değildir. 3 boyutlu yazıcıdan çıkan ve kendi yazıcınızda kullandığınız plastik parçalarınız ABS ise kırılmadan önce esneyerek dağılır, PLA ise fazla güçle kırılır. Onlara hassas davranın.

Bu yazıcıda kabloları alt ortada kalan motor arası boşlukların içinden geçirerek saklayabilirsiniz ancak bir dereceye kadar... Etrafta bir miktar kablo görünmesine alışın. Hatta bu görüntünün yaptığınız aleti aşırı teknik ve bilimsel göstermesi itibariyle avantajınıza çevirin. Bu yazıcıyı yaparak büyük bir iş başardınız, işin olduğundan daha zor görünmesi belki de başkalarına sergilerken işinize yarar. Şaka bir yana kab-

loların görünmesi aynı zamanda bir sorun olduğunda, bir kablo çıktığında kolayca görebilmenizi de sağlayacaktır.

Motorlardan biri istediğinizin ters yönünde dönüyorsa RAMPS üzerindeki bağlantısını tam ters şekilde bağlayarak yönünü değiştirebilirsiniz. Diğer bir yöntem de firmware içinden "invert direction" seçeneğini seçmektir.

Firmware yazılımı yükleyip Repetier'den komut verdiğinizde hiçbir hareket olmuyorsa bağlantılarınızı kontrol edin. Firmware'in doğru yüklendiğinden emin olun. Herşeyden önce de termistör kablosunun doğru takıldığından ve doğru ısıyı gösterdiğinden emin olun.

J-Head sıcak baskı ucunu bozmak istemiyorsanız fanınızı açık tutmayı unutmayın. Fan çalışmazsa filament baskı ucu içinde şişme yapabilir ve sıkışmalara-tıkanmalara neden olabilir. Veya J-head'deki PEEK malzemeden yapılmış plastik yalıtım silindirinde erimeler olabilir. Bu da uçtaki alüminyum bloğun uçtan kendi kendine çıkmasına neden olabilir. Sorun olduğunda mümkün mertebe sıcak ucu demonte edip içini açmadan sorunu çözüm. Sıcak ucu fazla kurcalamanın özellikle de sıcakken söküp takmanın tepedeki PEEK boru dişlilerini yalama ettiği deneyimle sabittir. En iyi baskı ucu hiç içi açılmadan işlevini gören baskı ucudur (Bu kitabın yazarları geçmişte yaptıkları 3 yazıcıda 1 adet tamamı metal baskı ucu, 2 adet de J-head'i tahrip ettiler. Bundan derin dersler çıkardılar).

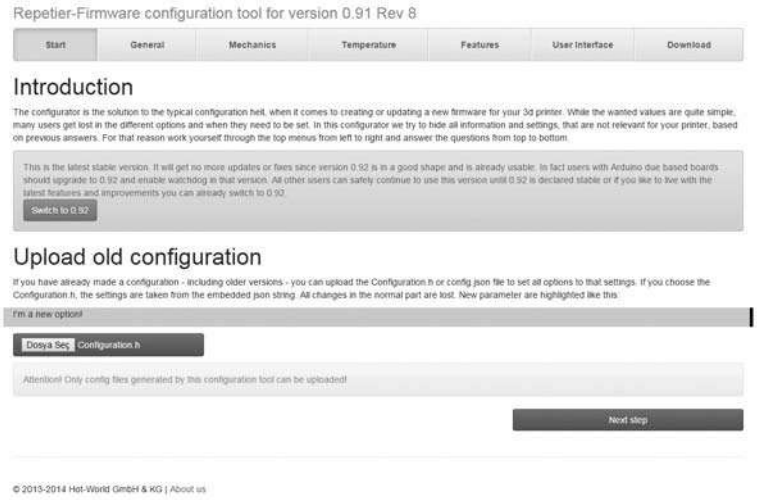
Firmware Ayarları

Bu bölümde smartrap tasarımı ve burada kullanılan malzemeleri makinemizin bilmesini sağlayacağız. Bunun için de Repetier firmware'in ayarları verilecektir. Bu ayarlar Repetier'in web sayfasındaki konfigürasyon aracı (configuration tool) ile kaydedilip firmware dosyaları ile birlikte sabit diske indirilebilir (Bu araca ulaşmak konusunda yardım için Repetier Firmware bölümüne bakabilirsiniz). İndirilen klasördeki dosyalar da Arduino kontrol kartına Arduino IDE programı ile yüklenebilir. Bu konuda gerekli temel bilgileri yazılım bölümünde vermiştik. Siz başka bir firmware ve baskı programı kullanmak isterseniz buradaki ayarları kullandığınız firmware'in konfigürasyon dosyasına yazmanız gerekecektir.

Şimdi Repetier sitesinden konfigürasyon aracını açın ve ayarları yazmaya başlayın. İşlemler bittikten sonra firmware yazılımını indirip Arduino ile yazıcımıza yükleyeceğiz.

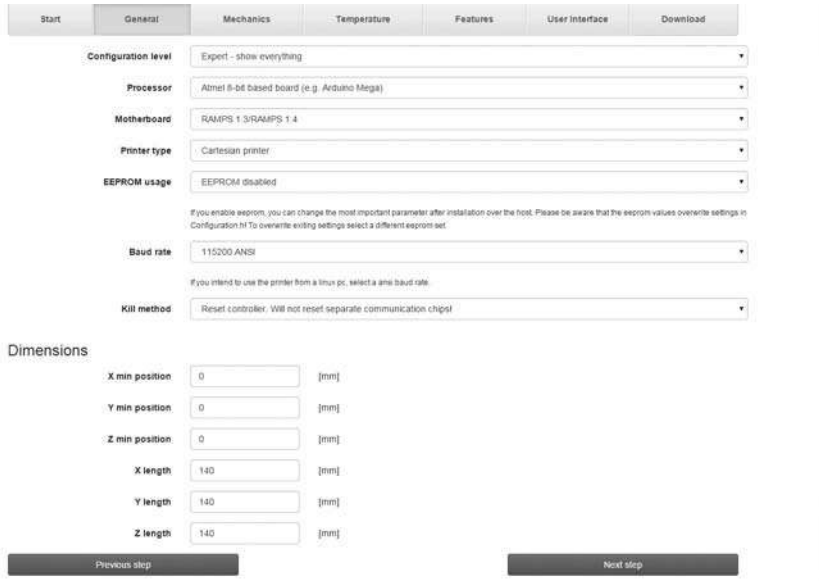


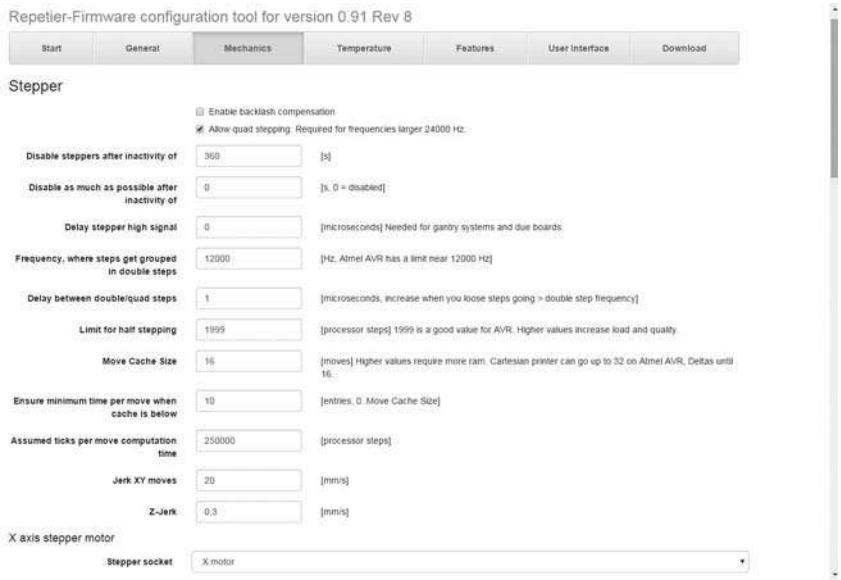
Bu yazıcının firmware dosyaları DVD'de yer almaktadır.



Yaptığımız sistem için X, Y ve Z eksen uzunlukları 14 cm'den bir miktar fazla yani yazıcı maksimum 14x14x14 cm ebadında baskı alabiliyor. Bu nedenle firmware'de X length, Y length ve Z length değerlerini 140 mm olarak yazıyoruz. Siz kendi yazıcınızda milleri biraz daha uzun kullanırsanız bu değeri değiştirebilirsiniz.

Arduino Mega kullandığımızdan "processor" yani işlemci Atmel 8-bit based Mega seçilecek. Motherboard yani "anakart" RAMPS 1.4 seçilecek. "Printer type" yani printer tipi ise "cartesian" olmalıdır.



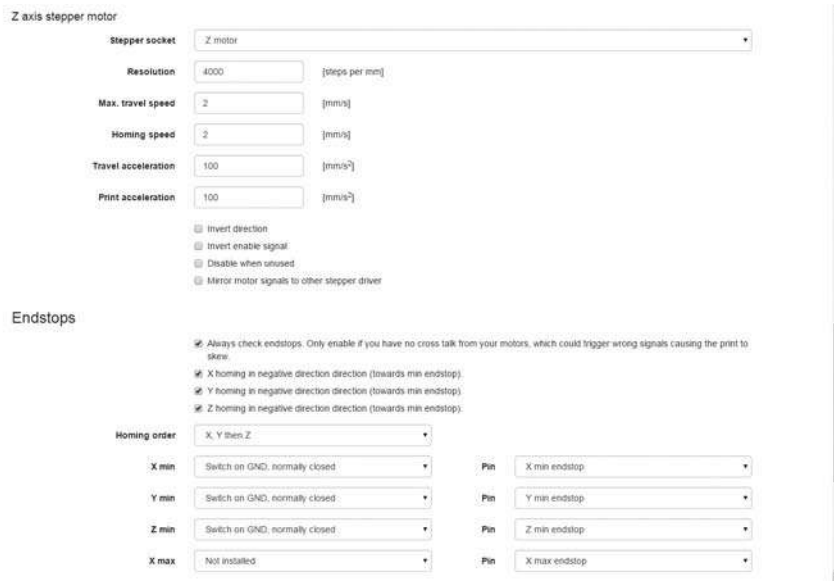


En önemli ayarlardan biri eksenlerin "steps per mm" yani milimetre başına step ayarıdır. Repetier firmware yazılımında bu ayar "resolution" olarak isimlendirilmiştir. Bu ayarın yapılması için internet'te hazır hesaplayıcılar bulunmaktadır, ancak özellikle bu örnekte misina kullandığımız için hazır hesaplayıcılar bir işe yaramayacaktır. Ayrıca hesabı kendimiz yaparak öğrenmemiz başka uygulamalar ve farklı denemeler için de iyidir.

Bizim sistemimizde X ve Y misina kullanıyor. Z ise M5 saplama ile çalışıyor. Extruder motoru da MK7 Drive Gear ile filament'i çekiyor. Bu 3 farklı kullanım için motorun 1 adımının kaç mm hareket anlamına geldiğini bulmamız gerekiyor ki yazıcıya bir eksende X miktar git dediğimizde (veya baskıda baskı programı dediğinde) baskı ucu gerçekten X miktarda gidebilsin.

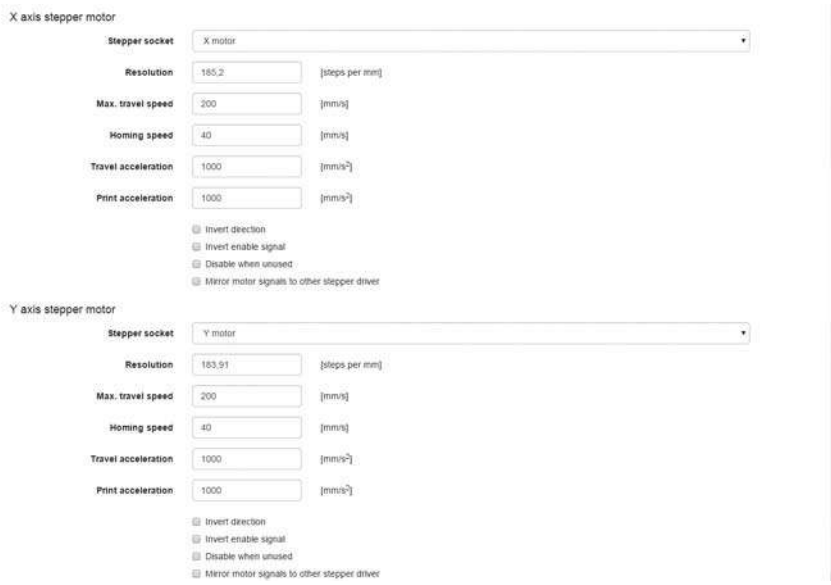
Kolaydan başlarsak M5 saplamamız için diş aralığı 0,8 mm'dir. Yani motorun bir tam turunda saplama da bir tur atar ve Z ekseninde baskı ucu 0,8 mm yükselir. Kullandığımız motorun bir tam turu normal adımlarla 200 adımdır (step). 1/16 mikroadım modunda (bu modu jumper ayarlarıyla seçmiştik) 16x200 adım yani 3200 adımdır. 0,8 mm 3200 adımsa oran orantı ile 1 mm'nin 4000 adım olduğu bulunabilir. Yani Z'yi 1 mm yukarı almak için motora 4000 adım (step) kadar dönmesi söylenmelidir.

Z ekseninin "steps per mm" değeri 4000'dir ve bu değer "Z axis stepper motor" başlığı altında "resolution" kısmına yazılmalıdır.



X ve Y ekseninde ise misina kullanıyoruz. Motor mili 1 tur döndüğünde milin çevresi kadar mm hareket oluşuyor diyebiliriz, ancak bu doğru değildir. Misinanın kalınlığını da hesap etmemiz gerekir. Misinanın orta noktasını hesap ederek bir çember düşünürsek bu çemberin çapı motor mili dahil 5.5 mm olur. 5 mm motor milinin çapıdır ve bu sistemde 0.5 milimetre inceliğinde misina kullanıyoruz. Çemberin çevresini hesaplamak için Pi x 5.5 çarpımından 17,2788 mm gibi bir sayıya ulaşırız. 3200 adım X veya Y eksenlerini 17,2788 mm kadar hareket ettiriyorsa yine oran orantı ile 1 mm hareket için yaklaşım 185,2 adım değeri çıkar.

"X axis stepper motor" başlığı altında "resolution" kısmına ve "Y axis stepper motor" başlığı altında "resolution" kısmına 185,2 yazılmalıdır.



Bu hesap teoride böyledir ama konu misina olunca pratik teoriyle yüzde yüz örtüşmemektedir. Bu nedenle bu değerleri Firmware'e yerleştirdikten ve yazıcıya yükledikten sonra yazıcıya belli bir ölçüde gitmesi söylenmeli, eksen boyunca gerçekte ne kadar hareket ettiği bulunmalı, buna uygun olarak istenilenden az veya çok hareket etmişse Firmware'deki değer değiştirilmeli ve bu işlem sağlıklı sonuçlar alınıncaya kadar tekrarlanmalıdır. Ölçüm işlemi örnek bir kalibrasyon objesinin baskısı alınarak da gerçekleştirilebilir.

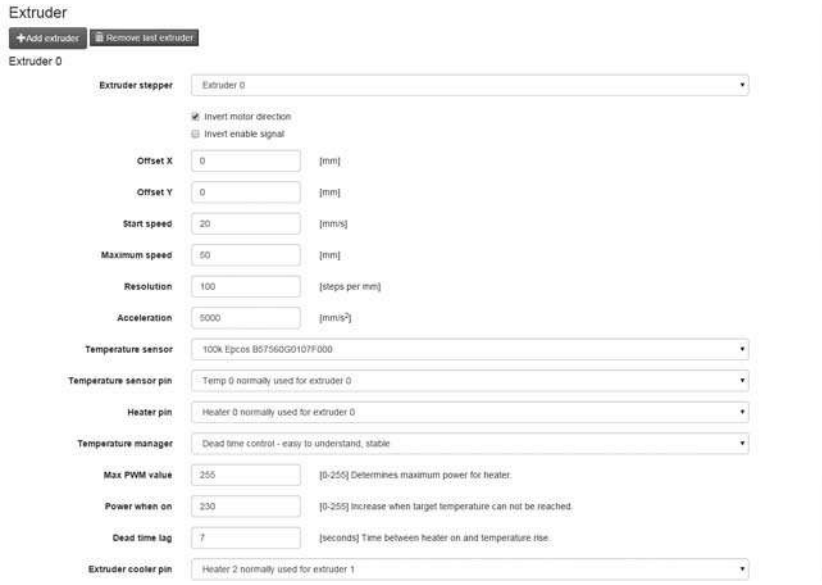
Sınır anahtarlarımız (endstop) NC (normally closed) olarak bağlandı. Mekanik sınır anahtarı kullandık. RAMPS üzeride sınır anahtarlarını "minimum endstop" bağlantılarına bağladık, yani eksenlerin gidebileği en düşük koordinat noktalarına sınır anahtarı koyduk. Bu nedenle "Endstops" başlığı altında "X min" "Y min" ve "Z min" ayarlarını "switch on gnd, normally closed" yapıyoruz. Bunların karşılarındaki ayarları da "X min endstop" ve benzeri şekilde bırakıyoruz.

"Maximum endstop" kullanmadığımız için "X max", "Y max", "Z max" kısımlarını disabled bırakıyoruz. Bu noktalarda mekanik bir sınır anahtarı yerine firmware yazılımı verdiğimiz 140 mm eksen boyuna uygun olarak yazılımsal olarak otomatik duracak.



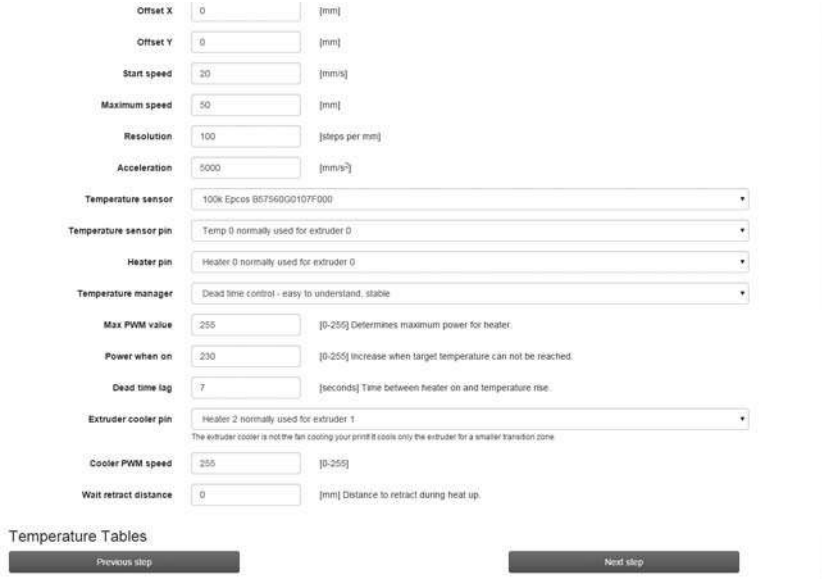
Extruder motorunun "resolution" (steps per mm) değerini bulabilmek için motor miline taktığımız oluklu kasnağın oluklu kısmının çapını bilmeliyiz. Çünkü tıpkı misinadaki gibi kasnak bir tur attığında filament kasnağın çevresi kadar ilerleyecektir. 11 mm oluklu kısımdaki kasnak çapı için çevresi yaklaşık Pi x 11 = 34,56 mm olacaktır. 34,56 mm için mikrosteppingde 3200 adım gerekiyorsa, 1 mm için oran orantıdan 92,59 adım çıkar.

Yani extruder motorunun "steps per mm" değeri 92,59'dur. "Extruder" başlığı altında "resolution" kısmına bu değer yazılmalıdır.

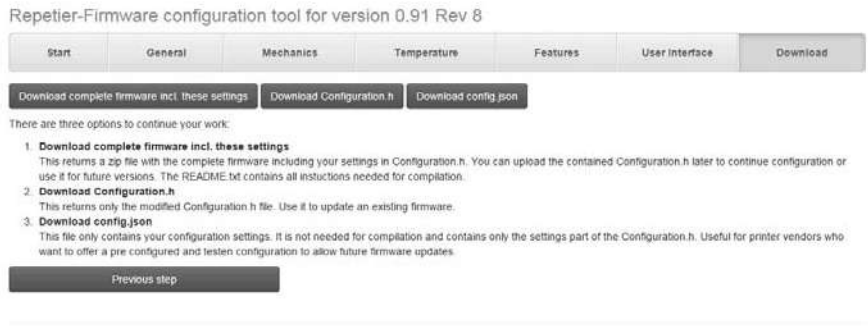


Aldığımız J-head üzerinde 100K Epcos NTC termistör (ısıl direnç) bulunuyor. "Temperature sensor" ayarını bun göre ayarlıyoruz. "Temperature sensor pin" RAMPS üzerindeki T0 pini olduğundan "Temp 0 normally used for extruder 0" olmalı. "Heater pin" ise J-head'in ısıtıcısı D10'a bağlandığından "Heater 0 normally used for extruder 0" olmalı.

Fanı D9'a bağladığımız için "Extruder cooler pin" (extruder soğutma pini) ise "Heater 2 normally used for extruder 1" olacak.



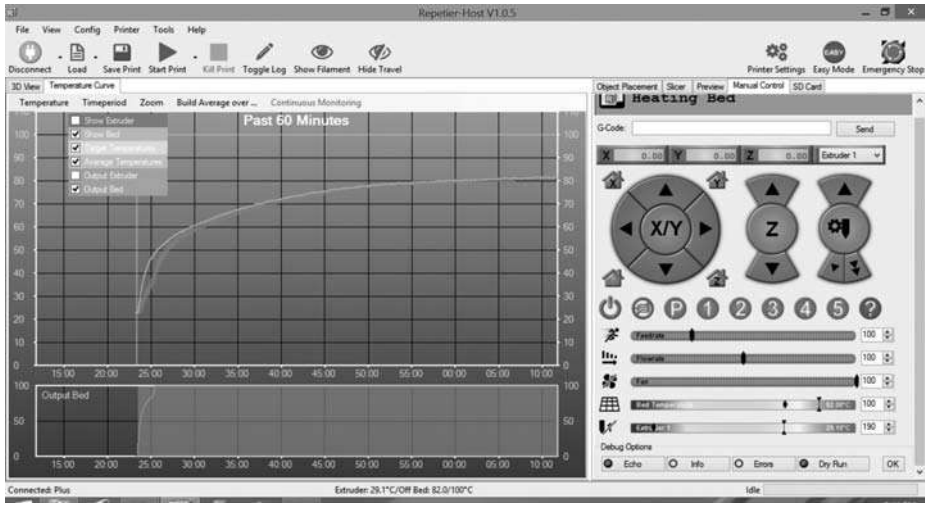
Bunlar dışındaki ayarları yazılım bölümünde detaylandırdık. Sizin sisteminizde bir farklılık varsa, yani farklı bir ayar yapılması gerekiyorsa oradaki talimatları yeniden okuyun. Son adıma ilerleyin ve hazırlanmış Firmware dosyanızı "Download complete firmware incld. these settings" düğmesine tıklayarak indirin. İndirdiğiniz klasördeki "configuration.h" dosyasını bir daha değiştirmeniz gerekirse kullandığımız bu konfigürasyon aracına geri upload edip değişiklikler yapabilir, bir dahaki sefere tüm firmware'i değil sadece "configuration.h" dosyasını "Download configuration.h" butonuyla indirebilirsiniz.



Kalibrasyon ve Sorunların Giderilmesi

Yazıcıyı montajlayıp içine Firmware'i attıktan sonra yüksek ihtimalle bir veya birkaç şeyde mutlaka hata çıkacaktır. Tamamen hatasız çalışsa dahi baskı ucu istenilen oranda hareket etmeyebilir veya filament istediğiniz yönde veya istediğiniz kadar gitmeyebilir. Canınızı sıkmayın, bunlar olağandır ve çözülmesi mümkündür.

Baskı alacağınız yazılım, örneğin Repetier ile yazıcınıza bağlandığınızda sıcaklık eğrisi grafiğinde veya manuel kontrollerdeki sıcaklık değerlerinde eğer doğru sıcaklık okuması yapılmıyorsa, 0 veya negatif bir değer görünüyorsa termistör'ü kontrol etmek gerekir. Termistör'de temassızlık olabilir, doğru yere ve doğru şekilde takılmamış olabilir veya termistör bozuk olabilir. Bağlantıları kontrol edin sonuç alamıyorsanız yeni bir termistör alarak baskı ucundaki alüminyum blok üzerindeki termistör'e ayrılmış boşluğa eskisini çıkararak yenisini takın. Tekrar kapton bant ile sarın.



Sıcaklık grafiğinde sorun varsa yazıcıda sorun var demektir.

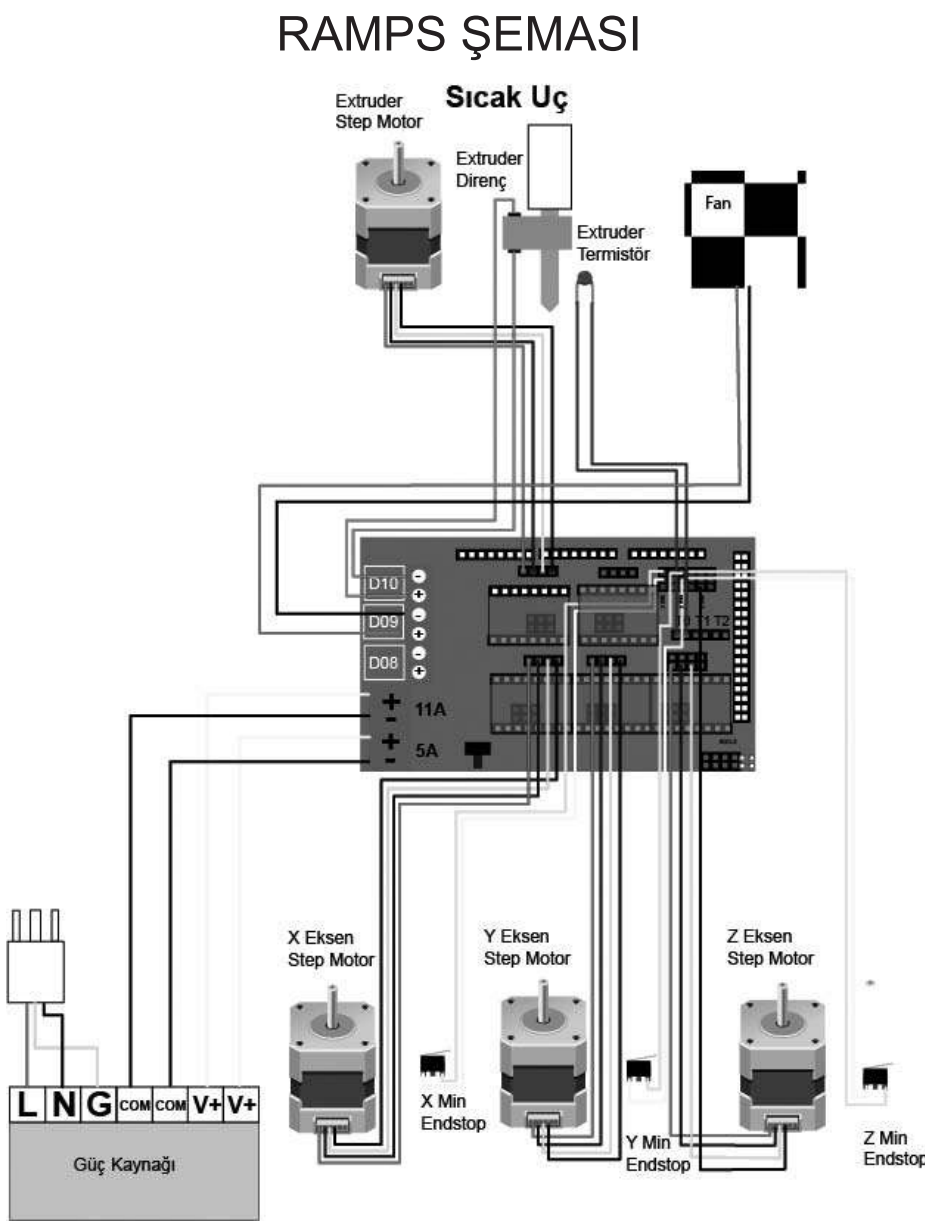
Aynı şekilde alüminyum blok üzerindeki ısıtıcı direnç de çalışmayabilir. Extruder'ı ısıt komutu verdiğinizde sıcaklık eğrisinde yükselme yoksa bağlantılarda problem olabilir. Isıtıcıyı RAMPS üzerinde doğru yere takmalı ve taktığınız yeri de doğru bir şekilde firmware yazılımının konfigürasyonunda belirtmelisiniz. Tek extruder için RAMPS'ın D10 bağlantısı kullanılmaktadır. Bağlantı kablolarının yerini farklı takmanız sorun değildir, ısıtıcı direncimizin akım yönü sorun olmadığından böyle de çalışacaktır.

Ancak extruder fanı çalışmıyorsa bu kabloları nasıl bağladığınızla ilgili olabilir. Fan üzerinde siyah topraktır ve RAMPS üzerinde D9'un eksi (-) kısmına, kırmızı ise pozitif (+) işaretli kısma takılmalıdır. Yoksa fan çalışmayacaktır. Yine firmware ayarlarının doğru yapıldığı kontrol edilmelidir. Fanlar çabuk bozulabilmektedir bu yüzden hiçbir şekilde çalışmıyorsa yeni fan alınabilir.

Step motorların içinde kısa devreler olabilmektedir, bir motorun mili normalde elektrik verilmemişken serbestçe dönmüyorsa motor bir şekilde bloke olmuş olabilir. Motorların bağlantılarını değiştirerek test edebilirsiniz. Örneğin X eksen motoru ile Y eksen motorunun yerini değiştirip komut verdiğinizde diğer motor çalışıyorsa motorunuz arızalı veya kablo bağlantıları sorunludur. Motorun bağlantılarını kontrol edin veya motoru değiştirin.

Sınır anahtarları (endstoplar) yanlış bağlanmış olduklarında türlü tuhaflıkta sorunlar ortaya çıkabilir. Örneğin sınır anahtarını NC (normally closed) değil NO (normally open) bağlarsanız ve firmware'de tersi ise yanlış yaptığınız eksenler hareket etmeyecek veya hatalı haraketler yapacaktır. Endstop'un yanlış bağlandığını en açık ve trajik şekilde anlamanın yolu da eksenler hareket ederken sınırda durmayıp bas-

kı zemininin veya baskı ucunun makinenin kendine çarpması ve ilerlemeye devam etmeye çalışmasıdır.



Tek ekstuder, min endstop, sıcak zeminsiz kartezyen RAMPS şeması.

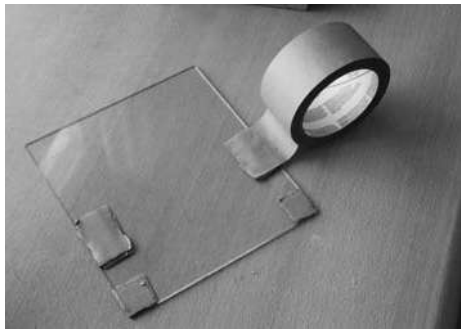
RAMPS üzerinde sınır anahtarı pinleri 6 sütun şeklindedir ve her sütun 3'er pinden oluşur. 2 pini olan sınır anahtarlarını örneğin bir yana takarsak veya üç pinden bi-

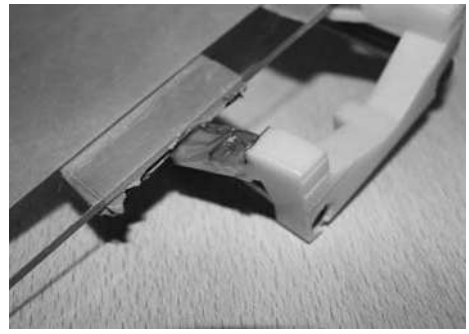
rini üst ikiliye takarsak endstoplar çalışmaz. RAMPS kartının pinlerini anlatan görsellere iyice bakarak doğru pinleri kullanmak şarttır.

Sınır anahtarı bağlantıları doğruysa, örneğin Repetier yazılımı ile yazıcınıza bağlanın. Bir eksen seçin ve o eksende küçük bir hareket verin. Hareket esnasında sınır anahtarına elinizle basın. Hareket duruyorsa sınır anahtarı çalışmaktadır. Bunu tüm eksenlere uygulayın. Çalışmayan endstop ya bozuktur ya yanlış bağlanmıştır ya da "min endstop" değil de "max endstop" olarak ayarlanmıştır.

Eksen sınır anahtarına değecek şekilde değil de aksi yönde giderken çarpmalar oluyorsa bu eksenlerin uzunluklarını yanlış verdiğinizi gösterir. Yani yazıcınızın basabileceği, eksenlerinin hareket edebileceğinden daha uzun bir ayarı firmware'e girmiş olabilirsiniz. Firmware'de X length, Y length veya Z length ayarlarını azaltın. X ve Y'de çarpmaların olmayacağı, Z'de ise tepeden çıkma olmayacağı bir değer girin. Bunun için konfigürasyon aracını kullanarak eski "configuration.h" dosyanızı düzenleyebilir veya "configuration.h" dosyasını Arduino IDE'de açarak #define X_MAX_LENGTH, #define Y_MAX_LENGTH, #define Z_MAX_LENGTH satırlarındaki sayıları yeni değerlerle değiştirebilirsiniz (Daha detaylı komutlar için EK1 bölümüne bakınız).

İyi baskı ve düzgün tutuş için baskı zemini düz olmalıdır. Yani baskı kafası sola-sağa ve öne-arkaya hareket ederen aynı düzlemde hareket etmelidir. Smartrap tasarımında baskı zemini ön tarafa doğru aşağı sarkma eğilimindedir. Yani öne doğru bir eğim olması muhtemeldir. Eğer durum buysa cam plakanın altına ön tutucu bacaklar kısmına denk gelecek şekilde destek konarak ön taraf yükseltilebilir. Bu noktada camı tutan kollardan ön ikisinin üst kısımları kesilip çıkarılırsa yükseltme miktarı sınırlanmayacaktır.





Eğimi tespit edebilmek için baskı ucu X en gerideyken Z yönünde hareket ettirilerek cama temas sağlanır. Bu noktadan X'i artırıp baskı ucunu öne aldığınızda baskı ucu ve cam arasında boşluk oluşuyorsa eğim vardır. Baskı ucunu gelebildiği kadar öne getirin. Şimdi oluşan boşluğu almak üzere camı alıp ön tutucu kollara alttan destek

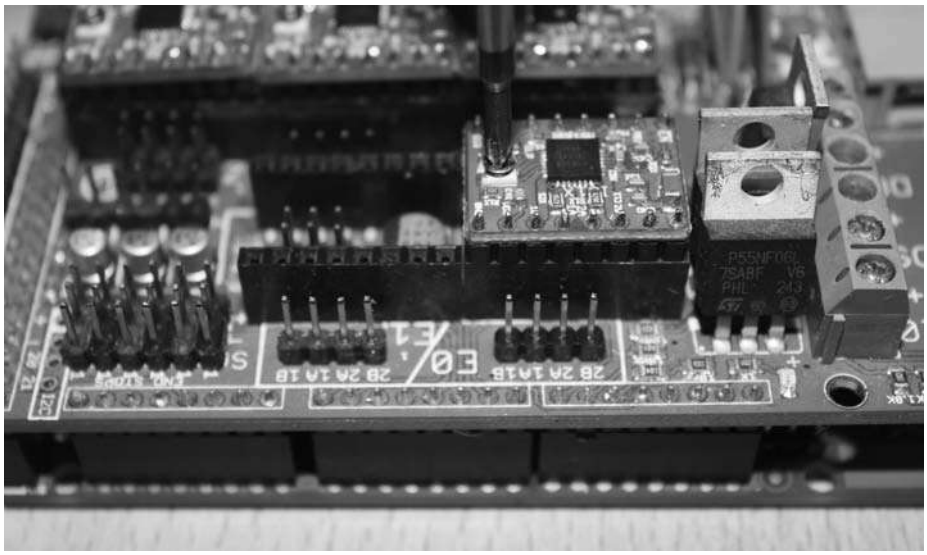
koyun. Örneğin mavi bant keserek bunu yerleştirebilirsiniz. Birkaç kat bant üst üste yapıştırarak deneyin. Olmazsa tekrar edin. Sonunda cam baskı ucuna temas edecek kadar yükseldiğinde bu eğim alınmış demektir.

Y ekseninde yani sol-sağ doğrultusunda eğim ihtimali daha azdır. Ancak yine de benzer bir yöntemle sol-sağ eğimini de alabilirsiniz. Bu sefer baskı ucunu yüksekteki noktaya çekin, alçakta kalan noktaya göre Y eksenini hareket ettirin. Boşluğu camın altına alçakta kalan tarafa mavi bant katmanları koyarak almaya çalışın.

Aslında bu sorunları aşmanın daha akılcı ve kalıcı yöntemleri de var. Ama bu yöntemler daha çok vakit alacak, çok ucuz olmayacak ve biraz daha teknik beceri gerektirecektir. Örneğin ayarlanabilir bir baskı zemini yapabilirsiniz. Cam yerine örneğin alüminyum veya sunta koyun. Bu suntanın dört köşesinde biraz mesafe bırakarak dört delik açın. Bu deliklere denk gelecek şekilde ikinci bir baskı zeminini delin. Bu iki katman arasında deliklerin arasına yay koyun. deliklerden ve yaydan uygun uzunlukta ve genişlikte vidalar yerleştirin ve alttan somunla bağlayın. Elimizde vidalar sıkılıp gevşetildiğinde eğimi kontrol edilebilen ayarlı bir baskı zemini olacaktır. Bu yöntemle yazıcınıza bir sıcak baskı zemini de ekleyebilirsiniz. Sıcak baskı zeminlerinin de bahsettiğimiz şekilde dört köşesinde vida delikleri bulunmaktadır.

Motorlar ters yönde dönüyorsa 3 şekilde diğer yöne çevrilebilirler. RAMPS üzerindeki 4 pinli motor bağlantısı 180 derece döndürülüp tam ters şekilde takılabilir. Veya firmware'in konfigürasyon ayarlarından o eksen motoru için "invert direction" yani yönünü tersine çevir seçeneği seçilebilir. Son olarak da X ve Y ekseni için misinayı ters yönde sarabilirsiniz. Sonuncu seçeneği ancak hareket sırasında misinada problem görüyorsanız uygulayın. En kolayı RAMPS üzerindeki bağlantıyı tersine çevirmektir.

Bir diğer kalibrasyon motorların torklarının, yani döndürme kuvvetlerinin ayarlanmasıdır. Bu da verilen akım miktarı ile ayarlanabilir. Eğer motor mili dönmüyorsa akım ve tork az olabilir, veya çok gürültü yapıyor ya da arada bir tekliyorsa fazla akım veriliyor olabilir. Motorlara giden akım küçük motor sürücü kartlarının üstündeki bir vida ile kontrol edilebilmektedir. Vidayı saat yönünde döndürerek akımı artırabilir veya ters yönde döndürerek azaltabilirsiniz. En iyi yöntem bu vidayı motor hareket etmeyene kadar saat yönünün tersinde döndürmek ve daha sonra tam hareket ettiği noktadan bir 45 derecelik saat yönünde çevirmektir. Hareket yumuşak ses azsa ve takılmalar olmuyorsa işlem tamamdır.



Motor sürücü üstündeki vida ile motora giden akım ve motorun torku artırılabilir

Eğer bir eksen veya extruder'in çektiği filament verdiğiniz komuttaki hareket miktarından daha kısa veya daha uzun hareket ediyorsa "resolution" (steps per mm) ayarlarında sorun vardır. Eksenlerden birini seçin. Repetier'den manual ayarları seçip belli bir miktar hareket ettirme komutu verin, örneğin 10 cm yani 100 mm. Gerçekleşen hareket miktarını ölçün (kumpas ile veya yoksa bir metre ile). Örneğin 105 mm hareket etmiş olsun. Eski "steps per mm" ayarı da diyelim ki 98 olsun. Firmware'e girilmesi gereken yeni ayar oran orantı yaparsak şu olmalıdır:

98 x (100 mm / 105 mm) = 93,3

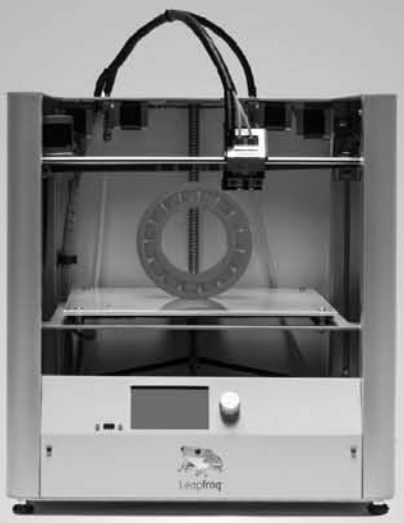
Bunu formül haline getirirsek:

Yeni ayar = eski ayar x (istenilen mesafe / gerçekleşen mesafe)

Sizde çıkan sonucu Repetier konfigürasyon aracı ile firmware'de ölçtüğünüz eksen motoruna ait "resolution" bölümüne yazın. Konfigürasyon dosyasını alıp firmware ile birlikte tekrar makineye gönderin. Bahsettiğimiz komut verme ve ölçme işlemini yeniden yapın. Sonucu tekrar girin. Verdiğiniz komut ile aldığınız sonuç aynı olana kadar bu işlemi tekrarlayın. Bu işlemi yaparken konfigürasyon aracını kullanmak yerine doğrudan "configuration.h" dosyası içinde #define XAXIS_STEPS_PER_MM, #define YAXIS_STEPS_PER_MM, #define ZAXIS_STEPS_PER_MM satırlarındaki sayıları da değiştirebilirsiniz (Diğer parametreler için EK 1 bölümüne bakınız).

Bunu bütün eksenler için yapmanız gerekmektedir. Ayrıca extruder'ın filament'i ne kadar çektiğini ölçerek bu işlemleri extruder için de yapmalısınız. Bunun için filament'i tam yazıcıya girdiği noktadan kalemle işaretleyin. Yazıcı kafanızı ısıtıp filament'i 10 cm geri çekme komutu verin ve gerçekte ne kadar geri çektiğini ölçün. (Tersine işaretleyip ileri itme komutu da verebilirsiniz, yalnız bu sefer epey geriden bir noktadan işaretleyin ki işaretlediğiniz yer extruder'ın içine kaçmasın) Yukardaki formülle extruder'i da firmware'de doğru ayara ulaştırın. Konfigürasyon aracını kullanmayacaksanız bu değer "configuration.h" dosyasında #define EXT0_STEPS_PER_MM satırının yanındaki değerin yerine yazılmalıdır.

Size oyuncak değil gerçek bir üretim makinası lazım...!
Yüksek hassasiyet ve detay kabiliyetli Leapfrog 3Boyutlu Yazıcılar ile, evinizde ve atölyenizde, karmaşık geometrili ve endüstriyel seviye baskıları rahatlıkla üretebilirsiniz.









voksel
Hızlı İmalat Teknolojileri

4

3 Boyutlu Yazıcı Yapalım: Delta Yazıcı

FDM (Fused Deposition Modelling) türü 3 boyutlu yazıcı ailesinin bir üyesi olan Delta yazıcılar geleneksel kartezyen model olan yazıcıların aksine kafa hareketini sağlamak için 3 adet diagonal kol ve mafsallar kullanırlar. Bu tasarım yüksek hızda baskı olanağı sağlar. Rostock klasik, Rostock mini, Kossel ve Simpson gibi farklı delta yazıcı tasarımları bulunmaktadır. Kartezyen modellerin aksine 3 diagonal bağlantı ile tek bir robot kola dönüşen tasarımı sayesinde oval detayları olan cisimlerin 3 boyutlu baskısında kendisini daha yetenekli kılıyor.

Bu bölümümüzde Delta Printer sınıfının en zarif ve akıllı tasarımlarından biri olan Rostock Mini'yi temel alan bir yazıcıyı birlikte yapacağız.

İlk olarak kurulum sürecinde bize yardımcı olacak alet takımları ve malzemelere bir göz atalım:

Malzemeler

Alet Takımı

Yıldız tornavida	
Düz tornavida	
Alyan anahtarı	
Pense, ayarlı anahtar	
Lehim	
Havya (lehim aleti)	
Kumpas veya metre	

Plastik Parçalar

Plastik parçalarımızın her birini herhangi bir 3 boyutlu yazıcıdan bastırıyoruz. Bu parçalarımızı birden fazla yolla temin edebilmemiz mümkün. İlk olarak online satış sitelerinden bu parçaları set halinde satın alabiliriz. Ayrıca hemen altta gördüğünüz bağlantıdaki dosyaları veya web sitesinde bulunan alternatiflerinden birini bir 3 boyutlu yazıcı sahibine ileterek parçaların basımını sağlayabilirsiniz.

Yazıcının ana kısımlarının baskısını alacağınız stl dosyalarını bu web sayfasından da indirebilirsiniz: http://www.thingiverse.com/thing:664536

Ana Kısım 3 Boyutlu Yazdırılabilir Plastik Parçalar

1	Motor yuvası x 3 adet		4	Platform	
2	Raylar x 3 adet		5	Baskı ucu yuvası	
3	Çark yuvası x 3 adet		6	Fan Yuvası	

3 Boyutlu Yazdırılabilir Extruder Plastik Parçaları

Ana Gövde	1		Mandal	1	
Büyük Dişli	1		Küçük Dişli	1	

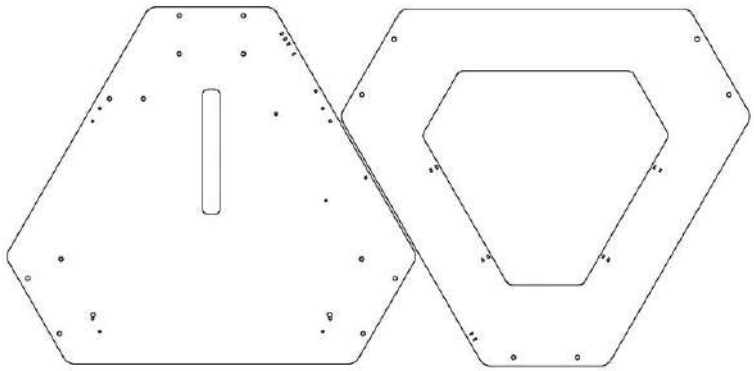
Extruder'ın stl dosyalarını indirebileceğiniz web sayfası linki: http://www.thingiverse.com/thing:664536

Bu dosyalar ekteki DVD'de yer almaktadır.

Yazıcının Alt ve Üst Akrilik Çerçeveleri

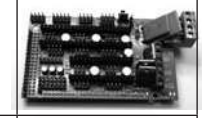
Akrilik Çerçeveler	2	Lazer Kesim (.dxf)	280x280 mm	

Yazıcının alttan ve üstten dengede durmasını sağlayan akrilik çerçeveleri bir lazer kesim atolyesine hazırlattırabilirsiniz. Burada bir husuda dikkat etmeniz gerekiyor. Kitabın yanında verdiğimiz DVD'deki dxf dosya formatı içerisinde vereceğimiz akrilik çerçeveler, ilgili CAD programıyla açıldıklarında vida delikleri çizgi şeklinde gözükecektir. Bu çizgiler vida deliklerinin çapını ifade etmektedir. Bu durum kimi zaman bazı lazer kesimciler tarafından yanlış anlaşıldığı için bu detayı iletişime geçtiğiniz lazer kesim atölyesine ifade etmeniz yararınıza olacaktır. Akrilik çerçeve için gerekli .dxf dosyasını http://www.thingiverse.com/thing:664536 adresinden indirebilirsiniz.



Sırasıyla alt ve üst çerçevelerin dxf formatından bir görüntüsü.
Programda açıldığında çerçevelerin üstündeki delikler çizgi şeklinde gözükecektir.

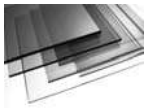
Elektronik ve Mekanik Parça Listesi

İsim	Adet	Kategori	Detay	
Nema 17 motor	4	Elektronik	200 step (adım) Bi-polar	
F608ZZ flanşlı bilyalı rulman	3	Mekanik		
608ZZ bilyalı rulman	3	Mekanik		
LM8UU lineer rulman	6	Mekanik		
GT2 için kasnak	3	Mekanik	32 dişli 3mm dişe uygun	
GT2 kayış	3	Mekanik	3 mm diş aralığı 976 mm uzunluk	
RAMPS 1.4	1	Elektronik		
Arduino mega 2560	1	Elektronik		
StepStick driver A4988	4	Elektronik		
J-Head Hot-End	1		1,75 mm filament için, 0.4 mm uçlu	
Fan	1	Extruder	12 v	

Metrik 2.5x10 vida	6	Hırdavat	
Metrik 3x6 setuskur vida	1	Hırdavat	
Metrik 3x10 vida	12	Hırdavat	
Metrik 3x12 vida	3	Hırdavat	
Metrik 3x18 vida	4	Hırdavat	
Metrik 3x25 vida	6	Hırdavat	
Metrik 3x30 vida	12	Hırdavat	
Metrik 3x16 vida	36	Hırdavat	
Metrik 3 pul	20	Hırdavat	
Metrik 3 somun	56	Hırdavat	
Metrik 4x10 setuskur vida	3	Hırdavat	
Metrik 4x16 vida	20	Hırdavat	

Metrik 4x20 vida	2	Hırdavat	
Metrik 4 pul	30	Hırdavat	
Metrik 4 somun	5	Hırdavat	
Metrik 4x50 vida	3	Hırdavat	
Metrik 8x30 vida	3	Hırdavat	
Metrik 8 pul	11	Hırdavat	
Metrik 8 somun	3	Hırdavat	
Metrik 8x18 çelik çubuk ya da tahta	1	Hırdavat	
16 mm yay	2	Hırdavat	
25 mm yay	4	Hırdavat	
Traxxas 5347 mafsal	12	Hırdavat	

8x492 mm kromajlı çelik mil	6	Hırdavat	8 mm çap 492 mm uzunluk	
Karbon fiber çubuk	6	Mekanik	4.8 mm çap 166 mm uzunluk	
Endswitch (sınır anahtarı)	3	Elektronik		
Jumper Kablo	6		1 metre	
Heated Bed PCB MK2	1	Elektronik		
Kablo 1 metre		Elektronik	45 amperlik	
Metrik 8x60 altıgen başlı oluklu vida (hobbed bolt)	1	Mekanik	Hazır alınmalı veya tornada yaptırılmalı	
1K direnç	1	Elektronik	Baskı zemini için	
Led	1	Elektronik	Baskı zemini için	
Termistör 100K	1	Elektronik	Baskı zemini için	
Teflon boru	1 metre	Mekanik	2mm iç çap 4mm dış çap	
Kapton bant	1		Isı izolasyonu için	

Cam	20x20 3 mm kalınlık		Baskı zemini için	
Pnömatik rakor	2	Mekanik	4 mm boru çapına uygun	
ATX güç kaynağı	1	Elektronik	400W, 12 V kanalında min. 16 amper	
Plastik kelepçe	40-50		2,5 mm kalınlık	
Kablo terminali				

Uyarılar ve Alınması Gereken Tedbirler

Bu 3 boyutlu yazıcı oldukça yüksek sıcaklık (>260) değerlerine çıkabilmektedir. Uyarıları dikkatlice okuyun.

Bazı polimerler kimyasal ayrışmaya maruz kalarak zehirli dumanların açığa çıkmasına sebebiyet verebilirler. Bu yüzden 3 boyutlu yazıcının daima iyi havalandırılmış bir ortamda kullanılması gereklidir. Dolayısıyla 3 boyutlu baskı işlemine tabi kılacağınız polimerin kimyasal ayrışma özelliklerini anladığınızdan emin olun. Ayrıca duman dedektörü yahut karbon monoksit dedektörü kullanmanız fayda sağlayacaktır.

Bu 3 boyutlu yazıcı yeni nesil bir donanımdır. Dolayısıyla bu cihaz, bulaşık makinası, su ısıtma cihazı gibi ev eşyaları dışında tutulup, çalışırken çalıştığı ortamdan ortamın güvenliği gereği uzaklaşılmamalıdır. Sık aralıklarla 3 boyutlu yazıcının çalışma süreci kontrol edilmelidir.

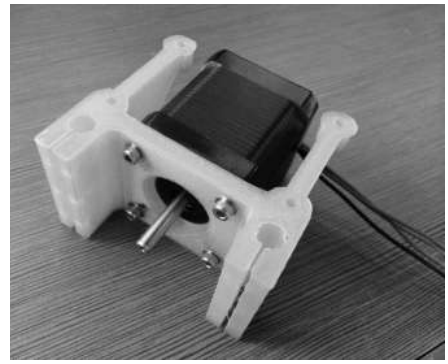
Elektrikle çalışırken çarpmalara karşı dikkatli olunmalıdır. Ayrıca bu yazıcı tasarımı deneysel niteliktedir ve oluşabilecek kazaların sorumluluğu sizdedir.

Adım Adım Yapalım

Zeminin Kurulumu

Bu aşamada 3 boyutlu yazıcımızın üzerinde yükseleyeceği aynı zamanda baskı alacağımız zeminin kurulumunu yapacağız. İlkin adım adım süreci birlikte yürüteceğimiz parçalara bir gözatalım.

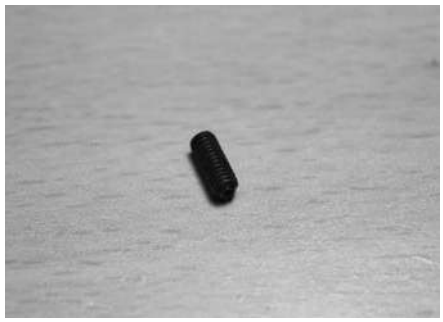
Gerekli Parçalar	Adet
Motor Yuvası (plastik parça 1)	3
Nema 17 motor	3
GT2 32 dişli kasnak (3 mm dişe uygun)	3
Metrik 3x10 vida	12
Metrik 3 pul	12
Metrik 4x16 vida	12
Metrik 4 pul	12
Alt akrilik parça	1
Metrik 4X10 Setuskur (Kasnak sıkıştırma vidası)	3

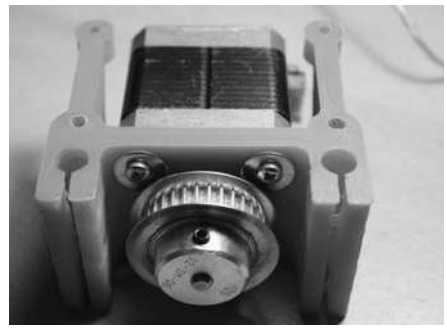


1. Nema 17 Step motorumuzu 10 mm uzunluğundaki metrik 3 vidalar ve metrik 3 pullarla uygun alyan anahtarımız yardımıyla motor yuvasına vidalıyoruz. Vidalama işleminden önce step motorumuzun kablolarının yana doğru baktığından emin olmamız gerekiyor. Bu işlemi her bir vida deliği için tekrarlıyoruz. Vidalarımızı sıkıştırırken plastik parçalara zarar vermemeye dikkat etmemiz gerekiyor, zira her ne kadar dayanıklı olasalar da söz konusu aksamların plastik olması itibariyle üzerlerinde güç denemesi yapmamızın bizi bir geri aşamaya atabileceğini unutmamalıyız.

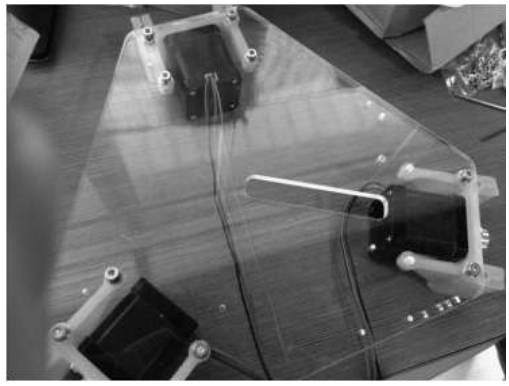
2. 32 dişli kasnağımızı Nema 17 motormuzun şaftına takıyoruz. Burada dikkat edeceğimiz nokta kasnakla vida pulları arasında 1 mm boşluk bırakmamız gerektiğidir. Eğer yeterli boşluğu bırakmazsak bu durum kasnağın pullara sürtünmesine yol açar ve bu da baskı sırasında pek arzu etmeyeceğimiz sinir bozucu bir gürültüye sebebiyet verir.

Kasnağımızın motor şaftı üzerinde başına buyruk bir şekilde dönmemesi için sabitlememiz gerekiyor. Bunun için 10 mm'lik Metrik 4 setuskur vidasını kasnağın yan yüzeyinde bulunan vida deliğine uygun alyan anahtarımızla vidalıyoruz. Ancak bu sefer vidalama işlemini oldukça sıkı bir şekilde halletmemiz gerekiyor. Zira bir baskı sırasında kasnağın motor şaftı üzerinde yapacağı 1'mm lik kayma baskı alanına santimler düzeyinde tezahür edebilir ve sonuçta yüzümüzde pek de mutlu bir ifade belirmez.





3. Bu aşamada diğer iki adımda tamamladığımız motor yuvalarını lazer kesim yaptırdığımız şeffaf akrilik çerçevelere monte edeceğiz. Orta kısmında düz çizgisel bir yarık bulunan akrilik çerçevemizin lazerle açılmış vida deliklerine motor yuvalarını 16 mm'lik metrik 4 vidalar ve metrik 4 pullarla monte ediyoruz.



Bu aşamanın sonunda yazıcımızın zeminini nihayet elde etmiş bulunuyoruz.

Kolların ve Baskı Ucu Platformunun Kurulumu

Bu kısımda 3 boyutlu yazıcımızın potansiyelini sahnenin en önünde gerçekleştiren aktörlerine can vereceğiz. Karbon fiber kollar ve platformdan bahsediyoruz. Step motorların hareketlerini iletici kayışlar aracılığıyla 3 eksende gerçekleşmesini sağla-

yan kollar 3 boyutlu yazıcımızın belki de en gözde aktörüdür diyebiliriz. Elbette ilk olarak bu süreçte kullanacağımız parçalara bir göz atıyoruz.

Gerekli Parçalar	Adet
Traxxas 5347 mafsal (plastik parça ve bilyalı ek)	12
Karbon fiber çubuk (4.8 mm X 166 mm)	6
Metrik 3x25 vida	6
Metrik 3 somun	6
Platform (plastik parça 4)	1

1. Bu adımda mafsallarımızı bir araya getireceğiz. Mafsalların plastik parçaları metal rulmanlardan ayrı olarak gelirler. Bu yüzden rulmanları plastik aksama yerleştirmemiz gerekiyor. Metal bilyalı ekin delik olan kısmı plastik mafsalın boşluğuna gelecek şekilde bir kargaburnu yardımıyla ittirin. Bunu yaparken nazik olmaya çalışın, zira mafsaldaki metal bilyalı ek fazla baskıya dayanamayıp deforme olabilir. Metal kısım plastiğe oturduktan sonra plastik parçanın içinde rahatça hareket ediyor olması gerekiyor. Bu işlemi kalan 11 mafsala da uygulayın.







2. Şimdi sıra mafsalları karbon fiber çubuklara monte etmeye geldi. Bu adımda yoğunlaşacağımız nokta mafsalları çubuklara yapıştırıcı yardımıyla yerleştirdikten sonra yapıştırıcı donmadan evvel her bir çubuğun iki tarafında bulunan mafsalların delikleri arasındaki mesafenin 192 mm olduğundan emin olmamız gerekiyor. Bunun için bir cetvelden faydalanabiliriz. Öncelikle mafsalımızın karbon fiber çubuğun içinde kalacak olan kısmına ince bir katman yapıştırıcı sürüyoruz. Mafsalların resimde görüldüğü gibi aynı hizzada olması çok önemli. Mafsalların delikleri arasında kalan mesafenin de 192 mm olduğundan emin olduğumuzda yapmamız gereken tek şey yapıştırıcının kurumasını beklemek.

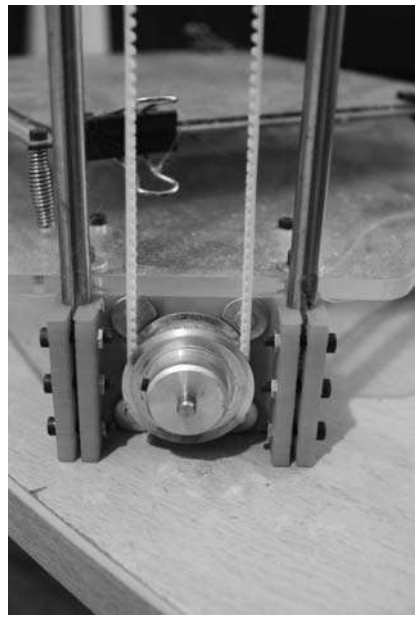
3. Son aşama olarak mafsallarını monte ettiğimiz karbon fiber kollarımızı platformla buluşturacağız. Karbon fiber kolları platforma Metrik 3x25 vida ve Metrik 3 somunlarla monte ediyoruz. Bu aşamada dikkat edeceğimiz husus somunun platformdaki yerine tam olarak oturması gerektiğidir. Platformun tasarımında metrik 3 vidanın karşılık geldiği yerde tam da metrik 3 somunun oturacağı bir boşluk vardır. Mafsal platformla vida arasında sabit kalana dek vidayı sıkıştırın. Sıkıştırma işlemi için uygun alyan anahtarı kullanın ve kolu monte ettiğimiz parçanın plastik olduğunu unutmadan sıkıştırmaya devam edin. Bu işlemi diğer 5 kola da uygulayın. Bu aşamanın sonunda 6 adet karbon fiber kolu platforma monte etmiş olduk. Kullandığımızda elimize kolumuza sıklıkla bulaşabilen yapıştırıcıyı da ardımızda bırakmış olduk.



Rayların ve Çelik Millerin Kurulumu

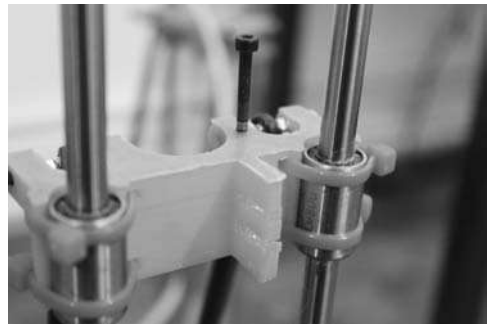
Bu bölümde kayış yardımıyla çelik miller üzerinde gidip gelerek karbon fiber kollara eksen hareketi sağlayan rayların kurulumunu yapacağız. Evvela süreci birlikte katedeceğimiz parçalara bir bakalım.

Gerekli Parçalar	**Adet**
Ray (plastik parça 2)	3
8 mmx492 mm kromajlı çelik	6
LM8UU lineer rulman	6
2.5 mm plastik kelepçe	20
Metrik 3x16 vida	24
Metrik 3 somun	24
Metrik 3x30 vida	6

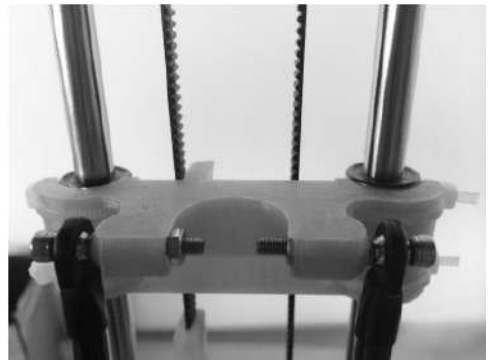


1. İşe zemindeki motor yuvalarına 8 mm'lik kromajlı çelik millerimizi oturtmakla başlayalım. Çelik milleri motor yuvalarının üzerlerinde bulunan deliklere dik bir şekilde, motor yuvası deliğinin sonuna dek yerleştirelim. Bu parçanın 3 boyutlu baskısı sırasında oluşmuş plastik çapaklardan ötürü bir parça güç uygulamamız gerekebilir. Ama bunu yaparken çelik millere uyguladığımız kuvvetin dik yönlü olmasına özen gösterelim. Bu işlemi kalan 5 adet çelik mile de uyguladıktan sonra millerin motor yuvalarının içinde sabit kalması için yanlarında bulunan vida deliklerine 16 mm uzunluğundaki metrik 3 vidalarımızı somunlarıyla birlikte takıp sıkılaştırıyoruz. Bunu yaparken somunların motor yuvasının iç kısmında yani kasnak tarafında olduğundan emin olmamız gerekiyor. Sıkıştırma işlemi sırasında motor yuvasının ilgili kısmının esnemeye başladığını farkettiğimiz an gerekli sıkılığa erişmişiz demektir.

2. Bu aşamada raylarımızın çelik miller üzerinde dikey yönlü rahatça gidip gelebilmesini sağlayacak olan 6 adet LM8UU lineer rulmanı çelik millerin her birine dahil ediyoruz. Hemen ardından rayların az önce taktığımız vidaları yukarıda kalacak şekilde rulmanlara plastik kelepçe ile sıkıca bağlıyoruz. Kablo bağlarını rulmanın alt ve üst kısmında bulunan oluklarına denk getirmemiz olası kaymaları önleyecektir. Pastik kelepçelerin rulmanı sıkıca sardığından ve hiç boşluk kalmadığından emin olduğumuz vakit fazla kısımlarını kesebiliriz.



3. Bir sonraki aşamada kurulumuna geçeceğimiz sınır anahtarını (endstop) tetikleyecek olan basit mekaniği plastik rayın üzerinde oluşturacağız. Rayın düz yüzeyindeki vida deliğine 30 mm'lik metrik 3 vidayı takıyoruz. Bunu yaparken plastik parça üzerine bir parça güç uygulamamız gerekecek. Bu kuvvetin yine dik yönlü olmasına özen gösterelim.

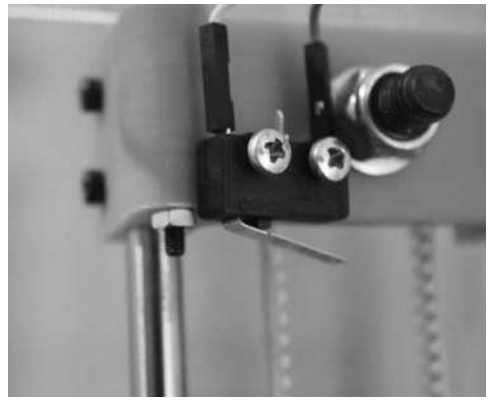


4. Bölümün bu son kısmında önceki bölümde ortaya çıkardığımız platform ve kolları raylarımıza monte edip 3 boyutlu yazıcımızın oldukça hayati olan kısımlarının üstesinden gelmiş olacağız. Platformun 3 köşesinden uzanan 2'li kollarını mafsallarından 16'mm uzunluğundaki metrik 3 vidalar ve somunlarla raylara tutturacağız. Somunlar rayın iç kısmında kalacak şekilde karbon fiber kolların ucundaki mafsal deliklerinden uygun alyan anahtarı yardımıyla sıkıştırıyoruz. Bunu yapmadan önce vidayı mafsal deliğinden geçirmiş olmak işimizi kolaylaştıracaktır. Burada amaç mafsalın vida üzerinde sağa sola gidip gelmeden sabit bir şekilde durmasını sağlamak olduğundan vidaları aşırı sıkmayın..

Çatının Kurulumu

Bu bölümde lazer kesimle yaptırdığımız üst akrilik çerçevemizi monte edip end-stopları ve üst kasnakları yerlerine takacağız. Öncelikle parçalara bir göz atalım:

Gerekli Parçalar	**Adet**
Sınır anahtarı (end-stop)	3
Metrik 2.5x12 vida	6
Metrik 4x16 vida	6
Metrik 4 pul	6
Metrik 8x30 vida	3
Metrik 8 Somun (dar yanaklı)	3
Metrik 8 pul	6
F608ZZ bilyeli rulman	3
Jumper kablo (1 metre)	6
Metrik 3x16 vida	12
Metrik 3 somun	12
Çark yuvası (plastik parça 3)	3
Kablo terminali	6

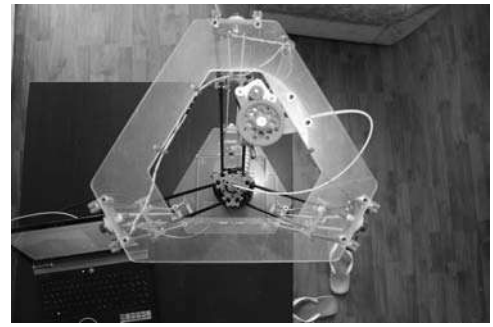


1. Öncelikli olarak belirtmemiz gereken husus, sınır anahtarlarını (end-stop) sistemimizin mekanik yapısının maksimum sınırını belirleyecek şekilde yerleştirecek olamızdır. Dolayısıyla sınır anahtarlarını (end-stop) yazıcımızın üst kısmına monte edeceğiz. Siz şayet minimum sınır anahtarı koymayı tercih edecek olursanız bu anahtarları yazıcınızın alt kısmına dahil etmek durumundasınız. İlk olarak üst çark yuvalarındaki iki adet vida deliğine end-stoplarımızı takmakla işe koyulacağız. Şu zamana dek üzerinde hiç durmadığımız end-stoplar, şayet hiç olmasalardı motorun dikey hareketiyle birlikte raylar akrilik çatıyı delmekle meşgul olurlardı. Dolayısıyla onlarsız yapamayacağımız için 12 mm uzunluğundaki metrik 2.5 vidaları çark yuvasındaki vida deliklerine, end-stopların metal kolu aşağıya bakacak şekilde vidalıyoruz. Bu işlemi çark yuvasını henüz çelik millere takmadan önce yapmamız daha kolay olur. Hemen ardından end-stop'un metal kolu aşağıya bakacak şekilde çark yuvasını çelik millere geçiriyoruz. Çelik millerin çark yuvasındaki deliklere silme bir şekilde tam olarak girdiğinden emin olduktan sonra metrik 3 vida ve somunlarımızla motor yuvası esneyene dek sıkılaştırıyoruz.



2. Bu adımda 1'er metrelik kabloları sınır anahtarlarının (end-stop) üst kısmındaki 3 ayaktan ortadaki boş kalacak şekilde iki yanda bulunan ayaklara bağlayacağız. Bunu lehimle yahut kablo terminali ile yapabiliriz. Evde lehimle uğraşmak istemiyorsanız kablo terminalini öneririm. Üstelik herhangi bir aksilikte çıkarıp takmanızı mümkün kılıyor. Az evvel dediğim gibi end-stop'un ortasındaki ayak boş kalacak şekilde kablolarımızı bağlıyoruz. Ayrıca end-stop'un üzerinde bağlayacağımız yerde "COM" (C) ve "NC" ibareleri vardır. Şayet bunları görüyorsak doğru yoldayız demektir. Bütün end-stop'lara aynı muameleyi yaptıktan sonra sıra üst akrilik çerçeveyi takmaya geldi. Bu kısımda kendimize dair bir güven sorunumuz olsa bile bunun sonucu hiç bir şekilde etkilemeyeceğini söyleyebilirim; zira elimizdeki şeffaf akrilik düzgün altıgen olduğundan ne kadar uğraşırsak uğraşalım hata yapmamız mümkün değil. Dolayısıyla akrilik üst çerçevemizi çark yuvalarının üzerine yerleştirdikten sonra 16 mm'lik metrik 4 vidalarımızı, metrik 4 somunları yerleştirdikten sonra çark yuvalarının ilgili deliklerine vidalamaya başlayabiliriz. Bu sefer vidamız dar bir yolda 16 mm kadar

ilerleyeceği için teknolojinin nimetlerinden faydalanabiliriz. Şayet elimizde vida sıkma makinası varsa uygun alyan uçla birlikte bu aşamayı hızlıca bitirebiliriz.



3. Son olarak kayışların üzerinde rahatça hareket edeceği rulmanları çark yuvalarına monte edeceğiz. 30 mm uzunluğundaki metrik 8 vidanın üzerine sırasıyla metrik 8 pul, F608ZZ rulman ve yine metrik 8 pul yerleştiriyoruz. Rulmanın yanaklı kısmının vidanın kapalı kısmına bakacak şekilde olduğundan emin olun. Ayrıca pulların dar yanaklı olması gerekiyor, zira büyük pullardan olursa sürtünmeden dolayı rulmanın serbestçe çalışması sekteye uğrar. Pulun yanaklı kısmı vidanın kapalı tarafına bakacak şekilde rulmanı ve yine pulu vidaya dizdikten sonra, rulmanımız dış tarafta kalacak şekilde çark yuvasının içinden, metrik 8 pulu yerleştirdikten sonra, metrik 8 vidayı sıkıştırıyoruz. Bu işlemi bir elimizle bir fort pense yardımıyla vidayı tutarken, öbür elimizle uygun alyan anahtarıyla metrik 8 vidayı sıkıştırarak yapabiliriz. Bu aşamanın sonunda nihayet yazıcımız estetik duruşuyla kendini ortaya çıkarmış oldu. En azından bu konuda hiç bir bilgisi olmayan misafirlerimiz için evde bir gizem kaynağı olmaya başladı bile. Keyfini çıkarın!

GT2 Kayışların Kurulumu

Bu bölümde motorlardan alacağı hareket gücünü karbon fiber kollarla birlikte platforma iletecek olan kayışların kurulumunu yapacağız. Kayışların işlevi insan bedenindeki kaslar gibidir. Nasıl kaslarımız olmadan bedenimizdeki herhangi bir uzvumuzu hareket ettiremiyorsak, kayışlar olmadan da raylar ve kollar anlamsızca oldukları yerde duracaklardır.

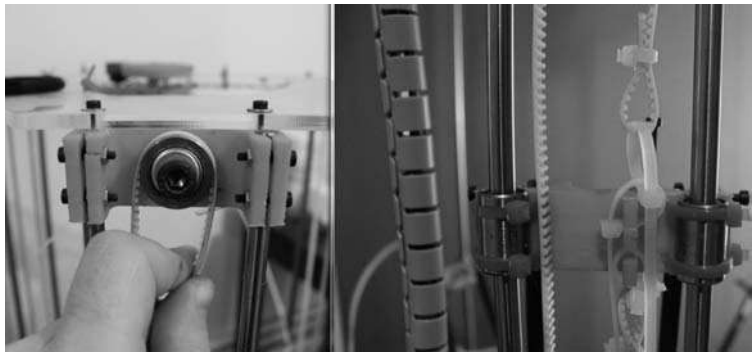
Gerekli Parçalar	Adet
GT2 Kayış 3mm dişli 976 mm uzunluğunda	3
2.5 mm plastik kelepçe	20



1. Öncelikle kayışımızı dişli yüzeyi zemindeki motor yuvasının kasnağına gelecek şekilde geçiriyoruz. Ardından kayışımızın bir ucunu 2-3 cm kıvırıp kablo bağıyla sıkıca bağlıyoruz. Kıvırdığımızda en azından bir kablo bağının

girebileceği kadar boşluk kalmasına dikkat ediyoruz. Kayış uzunluğunun spesifikliği dikkatinizi çekmiş olabilir. Bu kayışların içinde genellikle çelik teller olduğundan fazla gelmesi durumunda kesmesi oldukça zorludur. Az gelmesi halinde ise ayarlama yapmamız güçleşecektir.

2. Bir önceki aşamada motor kasnağından geçirdiğimiz kayışı üst çerçevedeli F608ZZ rulmandan geçiriyoruz. Sonra rayın arka kısmında üst üste bulunan iki adet kayış deliğinin üstekine bir tane plastik kelepçe takıyoruz; ancak taktıktan sonra plastik kelepçeyi henüz sonuna dek sıkmayın. Az önce ucunu kıvırıp plastik kelepçeyle bağladığımız kayışımızın ucunda bıraktığımız boşluğa bir tane daha kelepçe geçirip az evvel raya taktığımız kelepçeyi içinden sıkıca bağlıyoruz. Plastik kelepçeleri sıkmaya ray tarafından başlıyoruz. Bu aşamaya kadar yaptıklarımızı kayışın diğer ucu için alt kısma da uyguluyoruz.



3. Kayışları doğrudan raydaki ilgili boşluklara geçirmeden araya koyduğumuz iki adet plastik kelepçe kayışlarda arzu ettiğimiz gerilimi ayarlamamız için bize olanak sağlıyor. Plastik kelepçelerin fazla kısımlarını kestikten sonra istediğimiz gerilime ulaştığımızı test etmek için müzikten faydalanacağız. Parmağımızla kayışın sol kısmını biraz çekip bıraktığımızda hissettiğimiz gerilim ve ton bir bas gitar düzeyinde ise kaygılanmamızı gerektiren herhangi bir sebep yok demektir.

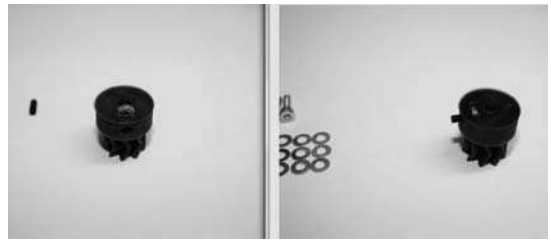
4. Üç aşamada gerçekleştirdiğimiz bu işlemi kalan iki kayış için de yaptıktan sonra, 3 Boyutlu yazıcımızın mekanik kısmını neredeyse tamamlamış oluyoruz. Haydi hayırlı olsun!



Extruder'ın Kurulumu

3 boyutlu yazıcı, 3 eksende istediği kadar estetik figürler sergilesin, o hareketlerin gözle görülür bir cisme dönüşmesini mümkün kılacak sarf malzemeyi yani filament'i kendisine sağlayacak olan extruder olmadan baskı yapılamaz. Şimdi kurulum sırası extruder'da.

Gerekli Parçalar	Adet
Büyük dişli (yazdırılmış parça)	1
Küçük dişli (yazdırılmış parça)	1
Mandal (yazdırılmış parça)	1
Ana gövde (yazdırılmış parça)	1
608Zz rulman	3
Metrik 8x60 altıgen başlı oluklu vida (hobbed bolt)	1
Metrik 4x50 vida	3
Metrik 4 somun	5
Metrik 4 pul	6
Metrik 8x18 çelik rod yahut tahta	1
Metrik 8 pul	5
Metrik 3x12 vida	3
Metrik 3x6 setuskur	1
Metrik 3 somun	2
Metrik 3x30 vida	1
Metrik 4x20 vida	2
16Mm yay	2
Nema 17 step motor	1

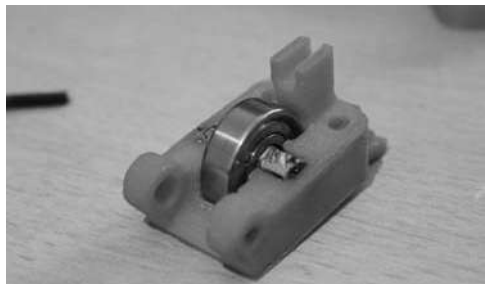


1. Extruder'ımızın kurulumundaki bu ilk adıma, motorumuzun şaftına takmak üzere küçük dişliyi hazırlamakla başlayacağız. Öncelikle şaft dişlisinin şaftta sabit kalmasını sağlamak için çarkın hemen altında bulunan boşluğa metrik 3 somunu yerleştiriyoruz. Hemen ardından bir sonraki adımda hazır olması için setuskur vidasını yerleştirip somunu kavrayana dek uygun alyan anahtarıyla sıkıyoruz.

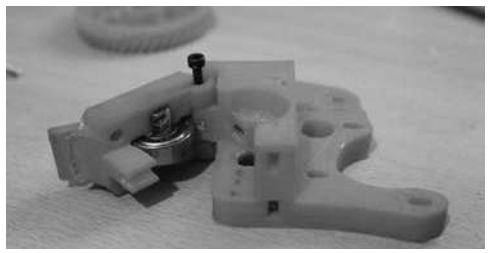
2. İlk aşamada hazırladığımız şaft dişlisini, alt kısmı motora doğru bakacak şekilde motorumuzun şaftına takıyoruz. Bunu yaparken dişli üzerindeki setuskur vidasının gevşek olduğundan emin olalım. Motor şaftı dişlinin sonuna dayanana dek dişlimizi elimizle itiriyoruz. Bu işlemin sonunda şaft dişlisini şafta sabitlemek için setuskur vidasını uygun alyan anahtarıyla sıkmaya başlayabiliriz. Unutmadan şunu belirtelim; dişlimiz plastik malzemeden yapıldığı için sıkarken esneme yaptığını farkettiğimiz an duralım.



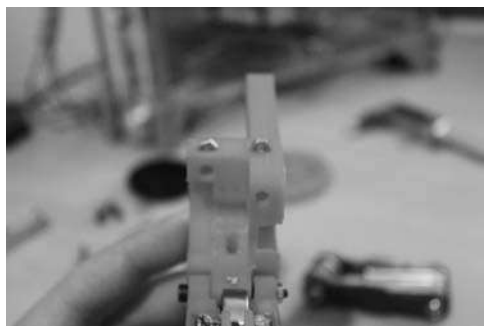
3. Mandalın içine, 18 mm uzunluğunda 8 mm çapında kestirdiğimiz (8 mm milleri alırken bunu da kestirebiliriz) çelik yahut bir tahta parçasını 608ZZ rulmanın ortasından geçirerek ara mandalın ilgili bölümüne yerleştiriyoruz. Rulmanın içine yerleştireceğimiz cisim rulmanı sabit eksende tutma işlevi görüyor.



4. Şimdi de mandalı extruder'ımızın ana gövdesine Metrik 3x30 mm'lik vida ve metrik 3 somunla bağlıyoruz.



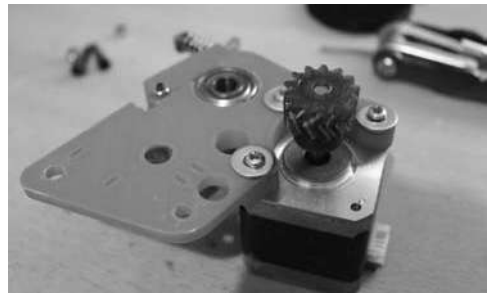
5. Bu aşamada mandalın yayla açılıp kapanır kısmını ana gövdeye 50 mm uzunluğundaki metrik 4 vidalarla tutturacağız. Ancak, ilkin ana gövdenin ilgili kısmına vidaları sıkıştırabilmek için metrik 4 somunları yerleştirmemiz gerekiyor.



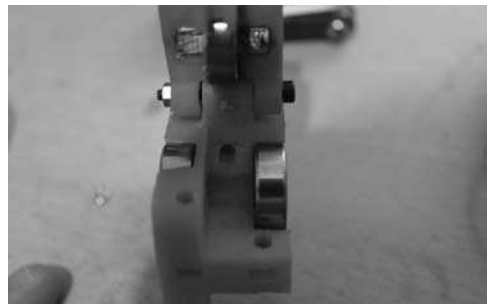
6. Geriye mandalı ana gövdeye doğru kapatıp metrik 4 vidalarımızı yaylarıyla birlikte takmak kalıyor. Bunu yapmadan önce vidaları sırasıyla pul, yay ve pul olarak dizip hazırlarsak sıkıştırma kısmında sorun yaşamamış oluruz.



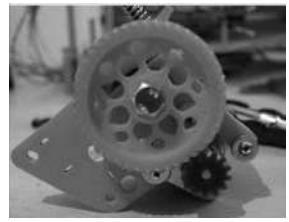
7. Motorumuzu, şaft çarkı extruder'ın ana gövdesinin düz kısmına gelecek şekilde üç yerinden vidalıyoruz. Bunu yapmadan evvel motorumuzun soket girişinin sağ dışta kalacak pozisyonda olmasına dikkat ediyoruz. Vidalama işlemini pullarıyla birlikte çok sıkı bir şekilde yapmamız gerekiyor.



8. Bu aşamanın hemen ardından 3. aşamada yerine taktığımız 608ZZ rulmanın ana parçada tam karşısına denk gelen rulman oyuklarına iki rulman daha ilave ediyoruz.

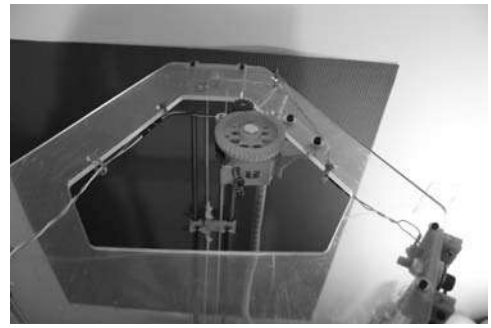


9. Bu aşamada ise artık büyük çarkı sahneye davet edip extruder'ımızı hayata kazandırıyoruz. Metrik 8 oluklu vidanın (Hobbed bolt) altıgen kafasını çarkın yine altıgen olan boşluğuna girecek şekilde hazırlayın. Ardından 3-5 kadar pulu civataya dizin. Hobbed bolt'un ara mandal içinde gizlenmiş olan oluğunun tam olarak mandalın çıkışına denk düşücek şekilde büyük çarka pul ekliyoruz. Yaklaşık 3-5 arası bir pulla bunu sağlayabiliyoruz. Civatayı daha önce ana parçaya yerleştirdiğimiz rulmanların arasından geçirip şaft dişlisine tam olarak olturmasını sağlayın. Sonra metrik 8 somununu pulla birlikte sıkın.





10. Geriye extruder'ımızı üst akrilik çerçeveye monte etmek kaldı. Öncelikle yazıcımızın akrilik tavanının ilgili bölümünde 4 mm'lik vidaların gireceği şekilde delikler açıyoruz. Şarjlı matkap yahut uygun matkap ucuyla şarjlı vidalama aleti bile bu işi görür. 3 boyutlu yazıcımızı, önü bize bakacak şekilde çevirip, extruder'ın yaylı vidaları bize bakacak şekilde 20 mm uzunluğundaki metrik 4 vidalar ve somunlarla vidalayıp montajı tamamlıyoruz.

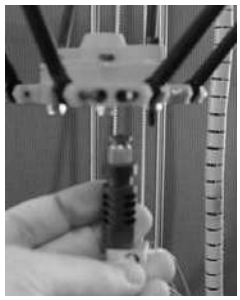


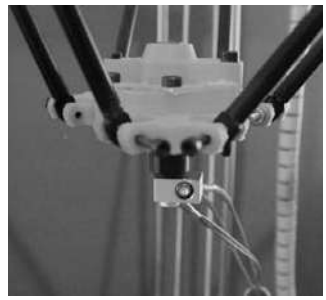
Baskı Ucu (Hot-End) ve Fanın Kurulumu

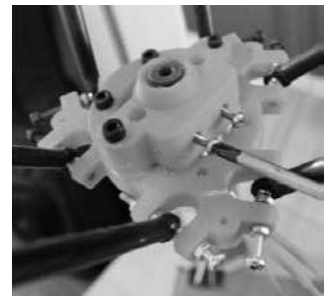
Kayışlar 3 boyutlu yazıcımızın kaslarıysa sıcak baskı ucu ise kalbidir. Zeminde yükselecek olan cismi içinden eriterek çıkardığı filament'le ortaya çıkaran odur. Şayet onu doğru sıcaklık değerinde tutamazsak nesneyi istediğimiz standartlarda elde edemeyiz.

Gerekli Parçalar	**Adet**
Baskı ucu (J-Head Hot-End)	1
Fan	1
Baskı ucu yuvası (plastik parça 5)	1
Fan Yuvası (plastik parça 6)	1
Metrik 3x18 vida	4
Teflon Boru 2 mm iç çap 4 mm dış çap 1 metre uzunluk	1
Pnömatik (4 mm boruya uygun)	2

1. Bu kısmı bir aşamada halledeceğiz. Baskı ucu yuvasını platformda ilgili yere vidalıyoruz. Baskı ucunun üstüne pnömatik rakoru takıyoruz. Ardından baskı ucunu yuva içine metal kısmı aşağı bakacak şekilde oturtuyoruz. Uç yuvasının sıkıştırma deliklerine 18 mm'lik metrik 3 vidalarımızı takıp iyice sıkıştırıyoruz.







2. Fan yuvasını bulup platformdaki iki deliğine metrik 3 vidalarla tutturuyoruz. Fanı da buraya iki vidayla bağlıyoruz. Ya da fanı platformun hemen altına güçlü bir yapıştırıcıyla kolayca sabitlememiz de mümkün.



3. Son olarak filament'in extruder'dan hot-end'e gitmesini sağlayacak olan yolu kuracağız. Bunun için iç çapı 2 mm olan bir metrelik ısıya dayanıklı teflon boru kullanacağız. Extruder'ın filament çıkışına pnömatik rakor takıyoruz. Teflon borunun bir ucunu extruder'daki pnömatiğe diğer ucunu ise baskı ucundaki pnömatiğe takıyoruz.

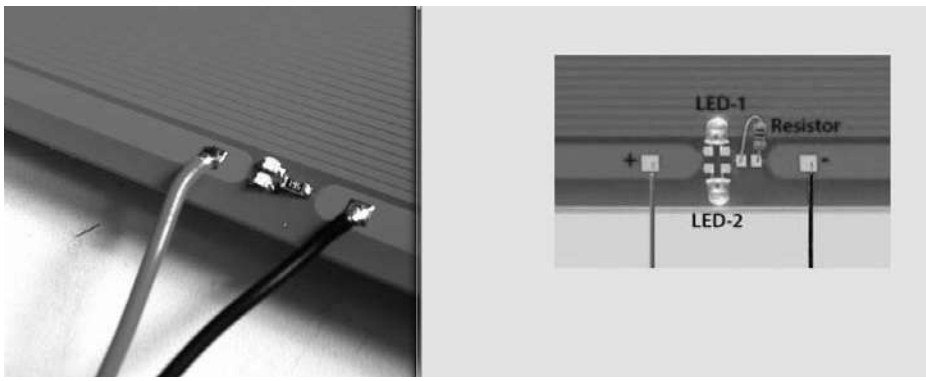


Sıcak Zemin (Heated Bed) Kurulumu

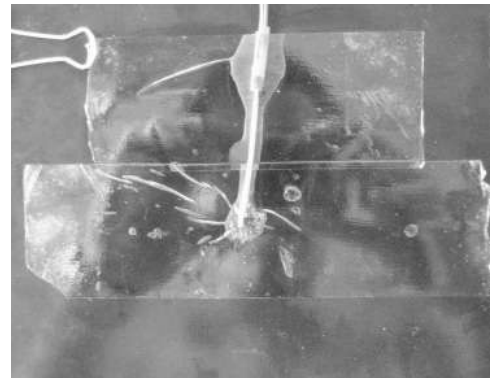
Baskıda kullanacağımız materyalin ne olacağına elde etmek istediğimiz objenin ne olduğuna ve detaylarına göre karar veririz. Buna göre baskıda kullanacağımız filament ya ABS ya da PLA olur. PLA filament için baskı zeminimizin soğuk olması yeterliyken ABS filament devreye girdiğinde işler biraz değişir; zira ABS polimerinin erime sıcaklığıyla PLA arasında dramatik bir fark vardır. İşte bundan dolayı ısıtıcı uçtan (hot-end) çıkan eriyik haldeki filament'le ortam ısısı arasındaki fark büyüdükçe, baskı sırasında cismin kenarlarında kaçınılmaz bir şekilde kıvrılmalar oluşacaktır. İşte bu sinir bozucu kıvrılmaları ortadan kaldırmak için sıcak tablayı kullanmaktayız.

Gerekli Parçalar	**Adet**
Heated bed PCB MK2	1
100K termistör	1
45 Amperlik kablo (1 metre)	1
1K Direnç	1
Led	2
Kapton bant	1
3 mm kalınlığında cam 20x20	1
Metrik 3x30 vida	4
Metrik 3 pul	8
Yay 25 mm	4

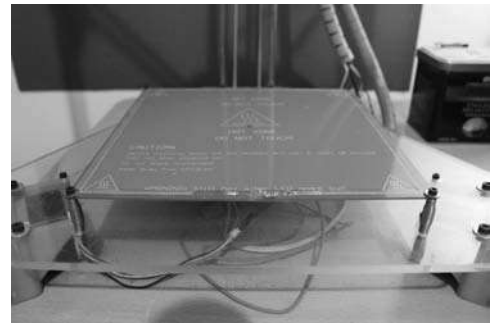
1. Öncelikle sıcak zeminin yazılı bölümünü çevirip iki parça olacak şekilde kabloları, direnci ve led lambaları ilgili yerlerine dikkatlice lehimliyoruz. Led'leri lehimlerken uzun bacağının baskı zemininde pozitif (+) kutba gelmesine dikkat edelim.



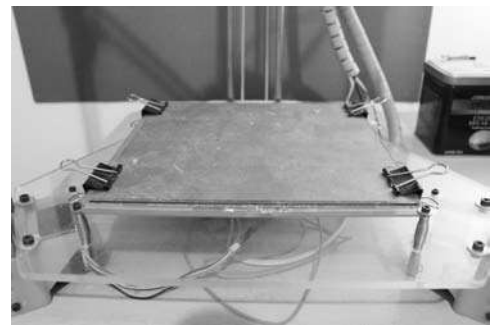
2. Hemen ardından tablamızı ters çevirip termistörün ısı ölçer ucunu tablanın tam ortasındaki deliğin üzerine ısıya dayanıklı kapton bant ile sıkıca yapıştırıyoruz. Termistör sıcaklığı ölçerek sıcak zemini istediğimiz ısıda tutmamızı sağlıyor. Benzer düzenekten ısıtıcı uçta da vardır.



3. Artık sıcak zemini akrilik zeminin lazer kesim sırasında açılmış olan deliklerine monte edeceğiz. Bunu yaparken kalibrasyon sürecinde zeminde milimetrelik ayarlamalar yapmamıza olanak sağlayacak olan yaylarımızı kullanacağız. Akrilik zeminden başlayarak sırasıyla; pul, yay, sıcak tabla, pul ve vida olacak şekilde tablamızı zemine monte ediyoruz. Yani yay zeminin hemen üzerinde sıcak tabla ve akrilik zemin arasındaki boşlukta kalacak.



4. Son aşamada akrilik zemin üzerine monte ettiğimiz sıcak tablamızın üstüne 3 mm eninde, 20x20 ebatlarındaki camı takıyoruz. Bunun için camı istediğimiz zaman çıkartıp temizleme olanağı sağlayan kırtasiye tipi kıskaçlar işimizi görecektir.



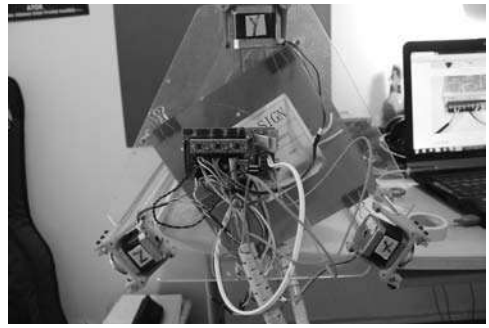
Arduino Devre'nin Montajı ve Kablolama

Baskı ucu 3 boyutlu yazıcımızın kalbiyse Arduino ve RAMPS da beynidir. Baskısını almak istediğimiz cismin g-kodu bilgisayardan Arduino devreye gider ve bu kodlar devre tarafından süreçlendirilip tüm elektronik parçalara komutlar halinde iletilir.

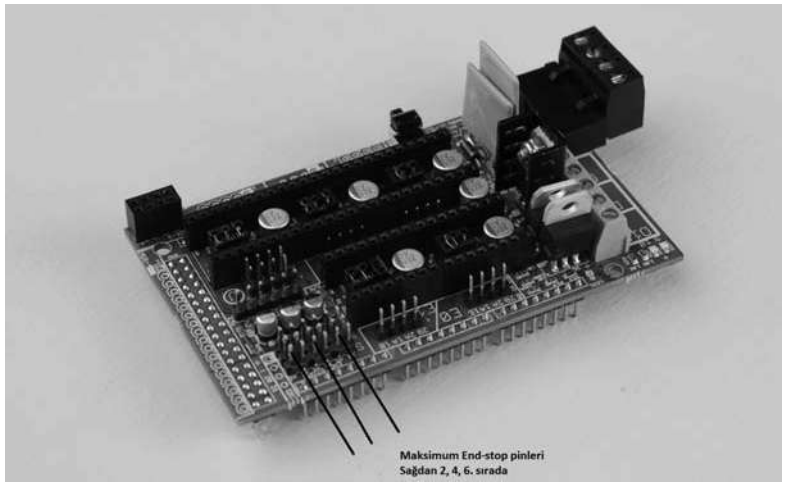
Gerekli Parçalar	Adet
RAMPS1.4	1
Arduino compatible Mega2560	1
StepStick driver A4988	4

1. Arduino kontrol kartına RAMPS shield'i oturtun. Eğer pinlere ve elektrik bağlantılarının yönüne dikkat ederseniz yanlış takmanızın imkânı yoktur. Ramps shield üzerindeki motor sürücü soketlerinin ortalarındaki 3'er 2'li pinlere jumper'ları yerleştirin. Bunlar motorun mikroadımlama (microstepping) modunda çalışması için gereklidir (Kullanmadığınız motor sürücünün altındaki 3 adet 2'li pine bir jumper takmanıza gerek yoktur). Jumper taktığınız pinlere denk gelen soketlere 4 adet motor sürücüyü yerleştirin.

2. Arduino ve RAMPS'ı yazıcının en altına önceden açtığınız deliklere monte edin. Bunun için devrenin ana kısmının iki yerindeki deliklerden akrilik çerçeveye vidalamamız yeterli olacaktır.



3. Geriye sadece motorları ve diğer tüm aksamları arduino devrede yerlerine takmak kalıyor. Baskı ucu termistörünü T0'da, baskı zemini termistörünü T1'e takın. Endstop'lar ise max endstop pinlerine X, Y, X sırasıyla takılmalıdır. Motorları kendilerine ait X, Y, Z 4'lü pinlerine takın. Exruder motorunu E0 yazılı 4'lü pine takın. Sıcak zemini D8'e, fanı D9'a ve baskı ucunun rezistans kablosunu da D10'a takın. Bir önceki görselde motorların "X", "Y" ve "Z" olarak işaretlenmesinin sebebi devre üzerinde "X Motor" "Y Motor" ve "Z Motor" olarak yerlerinin belli olmasıdır.



RAMPS üzerinde maksimum endstop pinleri

Güç Kaynağının (Power Supply) Arduino'ya Bağlanması

Arduino ve RAMPS'a istenilen güçte ve amperdeki elektriği güvenli ve stabil bir şekilde sağlayacak olan güç kaynağından başkası değildir. O arka planda usulca çalışan görünmez emektir. Dolayısıyla onu sahneye sokarken hakkını verelim.

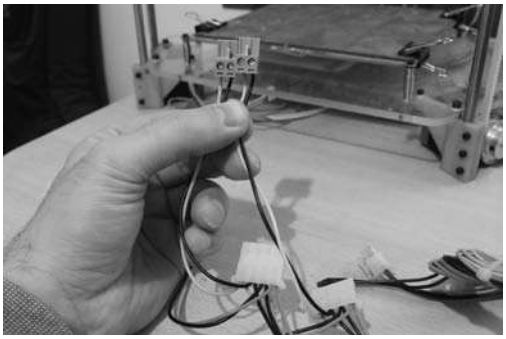
Gerekli Parçalar	Adet
ATX güç kaynağı (Power Supply)	1

1. Genelde bilgisayarların içinde kullanılan bu arkadaşlarımız "On" düğmesine basıldığında direkt olarak çalışırlar. Ancak biz bunu bir bilgisayar içinde kullanmadığımız için doğrudan çalıştırmak için bir hile yapacağız. Güç kaynağından dışarı fırlamış olan kablolardan geniş soketli olanının tırnağı üste bakacak şekilde, yeşil ve siyah kablo bağlı 4. ve 5. girişlerine basit bir kabloyla köprü atıyoruz. Ancak bunu yaparken kablonun sadece sokete giren kısımlarının çıplak olduğundan emin olalım, zira hile yapalım derken kısa devreyle karşılaşmak istemeyiz.

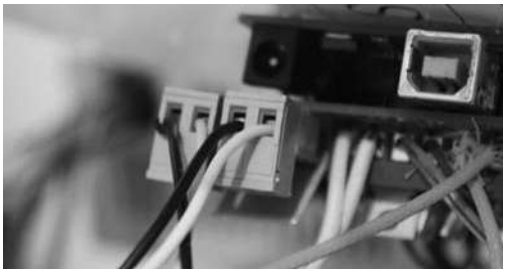




2. Son aşamada güç kaynağımızdan çıkan küçük soketlerin ikisinden kesip çıkartacağımız ikişer kablodan ikili soketlerden oluşan iki adet giriş oluşturacağız. Bu kablolar sarı ve siyah olur. Sarı (+) ve siyah ise (-) kutuptur. Yerlerine buna uygun olarak bağlayalım.

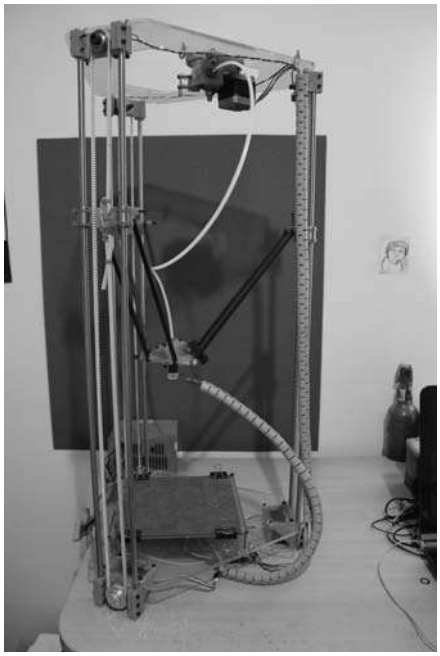


3. Geriye sadece 3 boyutlu yazıcımızı çalıştırmak için güç kaynağının soketlerini Arduino devredeki geçen bölümde verdiğimiz şemaya göre takmak kaldı. Unutmayın RAMPS üzerindeki girişlerin artı ve eksi kutuplarına dikkat etmelisiniz.



Kabloların Toparlanması

Dışarda kalan kabloların ele ayağa dolanmaması ve derli toplu estetik bir görünüm arzetmesini istiyorsak kablo gizleme spirali bunun için birebirdir.



Delta Yazıcılar için Repetier Firmware Ayarları

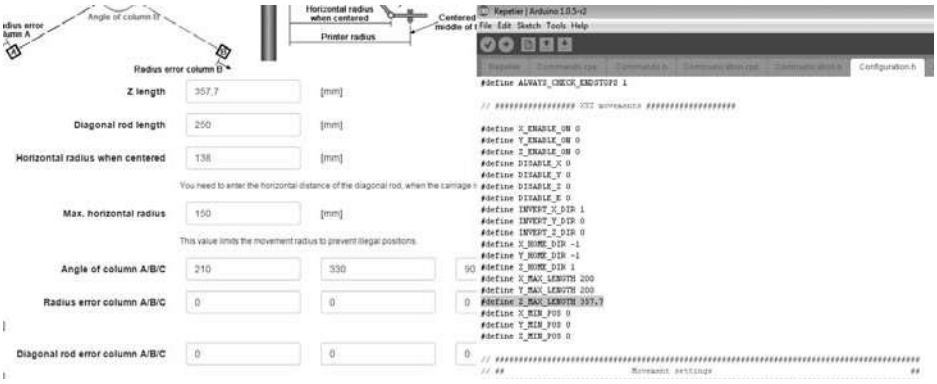
Repetier firmware bölümünde bahsettiğimiz gibi firmware ayarları 2 şekilde yapılabilir. İlki repetier'in resmi sayfasındaki (http://www.repetier.com/) Repetier konfigürasyon aracı (repetier configuration tool) üzerinden adım adım ilerleyerek yapılabilecek olan ayarlamadır (Bu araca nasıl ulaşacağınız Repetier Firmware bölümünde anlatıldı). Diğer bir seçenek ise repetier web safasından indireceğimiz repetier firmware klasöründeki "repetier.ino" dosyasını Arduino IDE yazılımında açarak ulaşabileceğimiz "configuration.h" dosyasının içinden ilgili yerlere yazarak değiştirmektir. Repetier konfigürasyon aracıyla bu ayarları yapmak ile doğrudan "configuration.h" dosyası içine ilgili parametreleri girmek arasında teorik olarak hiçbir fark yok. Konfigürasyon işini doğrudan "configuration.h" dosyası üzerinden nasıl yapılacağını bilmek, Repetier gibi kolay bir konfigürasyon arayüzü sunmayan farklı firmware ve baskı yazılımlarına adapte olmakta işimizi kolaylaştıracaktır. Ayrıca bu ayarları elle değiştirdiğimizde, her seferinde "configuration.h" dosyamızı repetier sitesine yükleyip, değişikliklerden sonra firmware'i tekrar indirme derdinden de kurtuluruz. Bu bölümde elle ayarlama için bazı parametreler verilecektir. Detaylı bir liste için lütfen EK 1 bölümüne bakınız.

Delta yazıcının konfigürasyon sürecini "repetier configuration tool" ve "configuration.h" dosyası üzerinden adım adım ilerleyerek anlatacağız.

1. Konfigürasyon aracı sayfasında "next" butonuna tıklayarak genel ayarlara geçiyoruz. Karşımıza çıkan sayfadaki "printer type" kısmını "delta printers" olarak belirliyoruz. Ardından "dimensions" bölümüne geçiyoruz. "Z length" parametresine baskı ucunun en tepede ve en aşağıdaki pozisyonları arasındaki dikey mesafeyi, yani aslında Z ekseninde maksimum baskı yapabileceğimiz uzunluk değerini yazıyoruz. Bunu kendiniz ölçebilirsiniz ve kullandığınız baskı ucuna göre de değişiklik gösterdğinden en sağlıklısı budur. Bu değeri şimdilik 357,7 olarak olarak yazmamızda bir sorun yok, ancak kalibrasyonda değiştireceğiz (Aynı işlemi doğrudan configuration.h dosyası içerisinde bulunan "#define Z_MAX_LENGTH" ifadesinin karşısına ilgili rakamı yazarak yapabiliriz). Kalibrasyon bölümünde bu değer daha hassas bir şekilde ayarlanacaktır.



Bu yazıcının firmware dosyaları ekteki DVD'de yer almaktadır.



2. "Horizontal radius when centered" (delta radius) parametresi ise baskı ucu tam olarak sıcak zeminin merkezinde olduğunda diagonal kolların her iki tarafındaki mafsal deliklerinin orta noktalarının zemine paralel izdüşümleri arasındaki mesafeyi ifade eder. İşte bu mesafenin ölçümünü yapıp milimetre cinsinden "Horizontal radius when centered" değişkeni olarak yazacağız. Bizim ölçümümüz 138 mm çıktı. Bunu konfigürasyon aracında "Horizontal radius when centered" kısmına yazıyoruz veya configuration.h dosyasında "#define DELTA_RADIUS" parametresinin sonundaki sayıyı 138 yapıyoruz.

3. "Max horizontal radius" olarak ise 150 değerini girmemizde bir sakınca yok. Sütun açıları olarak "Angle of column A/B/C" değişkenlerine sırasıyla; "210", "330", "90" değerlerini yazıyoruz. "Radius error column A/B/C" değerlerinin her birini "0" olarak giriyoruz. Aynı şekilde "Diagonal rod error column A/B/C" değerlerini de "0" olarak girip bir sonraki aşama olan "Mechanics" sekmesine geçiyoruz.

4. Bu kısımda X, Y ve Z motorlarının milimetre başına adım sayısını ifade eden "resolution" değerini bulacağız. Bunun için http://prusaprinters.org/calculator/ web sayfasında verilen hazır hesap makinesini kullanabileceğimiz gibi, yazıcımızın sistemini daha iyi anlamak için işin matematiksel kısmını manuel olarak da hesaplayacağız. Delta yazıcımızda kayış sistemiyle çalıştığımız için linkteki hesaplama araçlarından "Steps per millimeter - belt driven systems" başlıklı olanını kullanıyoruz. Hesaplama makinesindeki "motor step angle" değerini motorumuzun tipi itibariyle 1.8° (200 per revolution) olarak girdikten sonra, "Driver microstepping" (Mikro adımlama) değeri olarak motor sürücüleri jumper'larıyla birlikte 1/16 değerinde olduğundan, seçenekler arasından "1/16 – uStep (mostly Pololu)" ifadesini seçiyoruz. Mekanik sistemizin ileticisi kayış olduğu için "Belt pitch" değeri olarak kayışımızın dişlileri arasındaki mesafeyi (hatve) kumpas yardımıyla milimetre cinsinden ölçüp, sonucu yine milimetre cinsinden ilgili kısma yazıyoruz. Delta yazıcılarda kullanılan kayış tipi çoğunlukla GT2 tipi kayıştır ve dişlileri arasındaki mesafe 2, 3 veya 5 mm'dir. Kayış tipini ifade eden "Belt presets" kısmına "3 mm Pitch (GT2, HTD" seçeneğini giriyoruz. Kasnak diş sayısı olarak "Pulley tooth count" kısmına yazacağımız değer

ise kasnağımızın diş sayısının kendisidir. Örneğin ilk bölümlerde kurulumunu yaptığımız Delta yazıcımızda kullandığımız kasnak 32 dişli bir kasnaktı. Sonuç olarak http://prusaprinters.org/calculator/ linkinde bize verilmiş olan hesaplama makinasında yukarıdaki değerleri girdiğimizde elde ettiğimiz "resolution" olarak ifade edilen milimetre başına adım sayısı değişkeni (steps per mm) kısmına formülde elde ettiğimiz rakamı yazıyoruz. Bulduğumuz bu değeri Y ve Z motorları için konfigürasyon sayfası üzerindeki yerlerine yazın.

Siz farklı özelliklere sahip bir kasnak ve kayış kullandıysanız, bu değerleri ölçüp formülde yerlerine yazarak, motorun "milimetre başına adım sayısını" bulabilirsiniz. Kayışın dişlileri arasındaki mesafeyi (hatve) kumpas yardımıyla ölçebilirsiniz.

Milimetre başına adım sayısı = Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama miktarı) / (Kayışın diş aralığı (hatve) x Kasnağın Diş Sayısı)

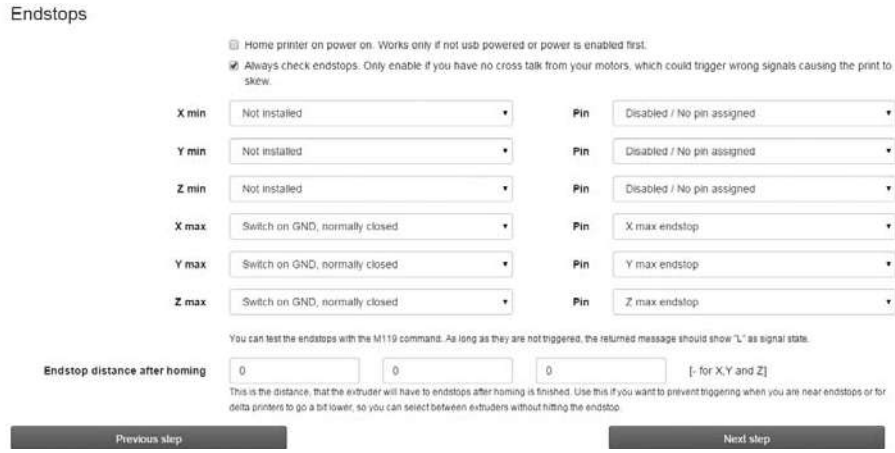
Örneğin: 200 step 1/16 mikroadımlama modunda Nema 17 motora, 3 mm hatveli GT2 Kayışa ve 32 Dişli kasnağa sahip bizim sistemimize gore hesaplayacak olursak: (200 x 16) / (3 x 32) = 33.33

Milimetre başına adım sayısı (steps per milimetre) değerini doğrudan configuration.h dosyası içerisine girmek istediğimizde; "#define XAXIS_STEPS_PER_MM, "#define YAXIS_STEPS_PER_MM ve "#define ZAXIS_STEPS_PER_MM" ifadelerinin hemen karşısına buluduğumuz 33.33 değerini sadece sayı olarak yazmamız yeterli. "Resolution" dışındaki değişkenleri olduğu gibi bırakıp sınır anahtarı (end-stop) ayarlarına geçiyoruz



3. Repetier konfigürasyon aracının endstop ayarlarına daima endstop'ların kontrol edilmesini ifade eden "Always check endstops" seçeneğini işaretleyerek başlıyoruz. Minimum endstop kullanmadığımız için "X min", "Y min" ve "Z min" "Not instal-

led" olarak kaydedilirken, karşılarındaki "Pin" olarak ifadelendirilen kısım ise "Disabled/No Pin Assigned" olarak geçilmeli. Diğer yandan, "X max", "Y max" ve "Z max" kısımları için "switch on GND, normally closed" ifadesi seçilmelidir. Karşılarındaki "Pin" kısımlarını ise sırasıyla "X max endstop", "Y max endstop" ve "Z max endstop" olarak kaydediyoruz. Siz şayet sistemde minimum end-stop kullanmayı tercih edecekseniz bu ayarları minimum endstop için uygulayın.



4. Sıcaklık ayarlarına ise repetier konfigürasyon aracı üzerine bulunan "Enable heated bed support" ibaresini aktif hale getirmekle başlıyoruz. Bu ayarı doğrudan "configuration.h" dosyası üzerinden yapmak istediğimizde, "#define HAVE_HEATED_BED 1" ifadesinin karşısında bulunan "O" kodunu "1" olarak değişirmemiz yeterli olacaktır. Heated bed (sıcak zemin) kısmında geçen diğer parametreleri olduğu gibi bırakıyoruz.



5. Bilgisayarımızın "extruder"ı tanıması için "Add extruder" butonunu tıklayıp extruder ayarlarının ekrana gelmesini sağlıyoruz. Bu kısımda "Mekanik Ayarlar" bölümünde X, Y ve Z eksenleri için yaptığımız ayarları ve hesaplamayı, vereceğimiz formül yardımıyla extruder için uygulayacağız.

Milimetre başına adım sayısı = (Motorun devir başına yaptığı adım x Mikro Adımlama) x (Büyük çark dişli sayısı / Küçük çark dişli sayısı) / (Oluklu vida çapı x Pi sayısı)

Bu formülü kullandığımız extruder tasarımına uygulayacak olursak:

200 step mikroadımlama modunda Nema 17 motor, 45 dişli büyük çark, 13 dişli küçük çark, 7 mm çaplı hobbed bolt için:
(200 x 16) x (45 / 13) / (7 mm x 3.14159) = 503,7

İlgili değeri, repetier konfigürasyon aracında, ekxtruder kısmında bulunan "resolution" parametresi olarak yerine yazıyoruz. Aynı değeri configuration.h dosyası içerisinde "#define EXT0_STEPS_PER_MM" ifadesinin karşısına sadece rakam olarak yazmamız yeterlidir.



6. Son olarak "download" sekmesine gelip "Download complete firmware incl. these settings" butonuna tıklayıp repetier firmware ayarlarını bilgisayarımıza indiriyoruz. Repetier firmware klasörünün içinde bulunan "repetier.ino" dosyasına tıklayıp Arduino yazılımında bu dosyayı açıyoruz. "Upload" botununa tıklayarak az evvel yaptığımız ayarları yazıcımıza yükleyebiliriz. Diğer bir seçenek olarak da, geçtiğimiz tüm adımlarda "configuration.h" dosyası üzerinde yaptığımız değişiklikleri "save" edip yine "upload" butonuna tıklayarak ayarlarımızı yazıcımıza yükleyebilmemiz mümkün. İki yol da teorik olarak birbirinin aynısı olup dikkat etmemiz gereken tek husus; upload işlemi yaparken repetier host programının açık ve yazıcının bilgisayara usb kablosuyla bağlı bulunduğundan emin olmamızdır.

İki yöntemi kombine ederek ilk ayarları Repetier sitesindeki konfigürasyon aracı üzerinden yapmanız ve daha sonra özellikle kalibrasyondaki ince ayarları "configuration.h" üzerinde yapmanız en kısa ve kolay çözüm olacaktır.

Delta Yazıcının Kalibrasyonu

Kalibrasyon yazıcının istenilen değerlerle doğru bir şekilde çalışmasını sağlamak için yapılan ince ayardır. Bu ince ayarlar kartezyen ve delta yazıcılarda bazı farklılıklara sahiptir. Zemin, extruder ve step motor torklarının ayarlanması kalibrasyonları benzerlikler gösterirken, delta yazıcılarda "delta radius" ayarının da hassas bir şekilde yapılması gerekir. Ayrıca maksimum sınır anahtarı (max. end-stop) yani baskının alınacağı seviyeye değil de, yazıcının baskı alanının sınırlarına göre yerleştirilmiş sınır anahtarlarının ayarlanması da minimum sınır anahtarı ayarından farklıdır. Kartezyen yazıcı yaptığımız bölümde minimum sınır anahtarlarına uygun kalibrasyonu göstermiştik. Bu bölümde de maksimum sınır anahtarlarına göre kalibrasyonu göstereceğiz.

Öncelikle kurulumunu yaptığımız ve kontrol kartına firmware yazılımını yüklediğimiz yazıcımıza Repetier yazılımı ile bağlanarak hareket komutları vererek dikey eksenlerde hareket eden rayları ve baskı ucunun hareketlerini gözlemleyelim. Eğer motorlardan fazla ses geliyor veya raylardan biri hareket etmiyorsa RAMPS üzerindeki motor sürücü vidalarını tornavida ile döndürerek motora giden akımı artırın veya azaltın. Motorlar minimum ses çıkardıkları ama rayları da rahatça hareket ettirdikleri ayarda olmalıdır.

Yazıcınızı Repetier host'dan "home" komutu vererek rayların sınır anahtarlarına kadar çıkıp durduğu "home" pozisyonuna getirin. Bu pozisyondan aşağı doğru Z ekseninde, yani dümdüz aşağı doğrultuda baskı platformunu indirme komutu verin. 3 eksendeki 3 ray aynı miktarda aşağı inmiyorsa, yani paskı plaformu düz aşağı inerken bir tarafa doğru kayma varsa bu eksenlerin mekanik kurulumunda hata olabilir, veya motorlarda bir sorun olabilir. Eksenlerdeki rulmanların millerde rahatça hareket ettiğinden, kayışların takılmadan döndüğünden, rulmanların sorunsuz döndüğünden emin olun.

Baskı ucunun hareketlerinde mekanik sorunları ortadan kaldırdıktan sonra, şimdi baskı zeminini kaba bir şekilde kalibre edeceğiz. Sıcak baskı zemininin 4 kenarı ile akrilik çerçeve arasında kalan dikey mesafeleri ölçün. Bu ölçümü hassas bir şekilde yapmak için kumpas kullanabilirsiniz. Bu mesafeler aynı değilse, sıcak zemini akrilik çerçeveye bağlayan yaylı vidaları döndürerek zeminin köşelerini yukarı aşağı hareket ettirin ve tam olarak zeminin akrilik çerçeveye paralel olmasını sağlayın.

Yazıcıda maksimum sınır anahtarı kullandığımız için, yani sınır anahtarları aşağıda baskı zemine yakın değil de tepede baskı alanının sınırına yakın olduğundan, minimum sınır anahtarları mekanik olarak değil yazılım olarak çalışmaktadır. Yazılımsal sınır anahtarı yazıcının belirlenen ve konfigürasyona yazılan baskı boyutuna göre motorların hareketini mekanik sınır anahtarlarının tam tersi yönde belli bir mesafe

gidildiğinde durdurur. Yazıcınızın baskı yüksekliği değerini yani "Z length" değerini firmware ayarlarından belirlemiştik. Tam da bu değer aynı zamanda yazılımsal olarak belirlenen minimum sınır anahtarlarının sanal yerini belirlemeye de yarar. Şimdi yazıcınızı tekrar "home" pozisyonuna yani rayların tepedeki mekanik sınır anahtarlarına deydiği pozisyona getirin. Baskı ucunu aşağı inme komutuyla yavaş yavaş indirin. Baskı zeminine temas etmeye yaklaştığında inme miktarını daha az vererek en son temas ettiği noktada durun. Bu nokta baskının yapılacağı nokta olduğundan, Repetier baskı yazılımında okunan Z değeri 0 olmalıdır. Eğer Z 0'dan büyükse "Z length" değeri yanlıştır, "Z length" değerini firmware'in konfigürasyonundan azaltın. Eğer Z değeri baskı ucu platforma ulaşmadan önce 0'a geldiyse, yazılımsal sınır anahtarı nedeniyle baskı ucu duracak zemine varmadan biraz havada kalacaktır. Bu da "Z length" değerinin kısa geldiği anlamına gelir, firmware ayarlarından artırılması gerekir. Bu işlemi yaparak baskı ucunun baskı zeminine merkezde temas ettiği noktada Repetier'de okunan Z değerinin 0 olmasını sağlayın. Repetier online konfigürasyon aracını kullanarak veya doğrudan "#define Z_MAX_LENGTH" ifadesini "configuration.h" dosyasından değiştirerek bu ayarı yapabilirsiniz.

Raylar üzerinde sınır anahtarlarını tetikleyen vidaları orta noktalarına kadar vidalayın ve plastikten itibaren aynı boyda olduğundan emin olun. Daha sonra baskı ucunu aşağı indirerek sırasıyla baskı zeminine temas edecek şekilde 3 kuleye en yakın noktalara çekin. Bu noktalardayken Repetier'in gösterdiği Z yükseklik değerlerini not edin. Kaydettiğiniz bu üç değer arasında fark varsa bu değerler aynı Z değerini gösterene kadar vidaları sıkarak veya gevşeterek yüksekliklerini ayarlayın ve tekrar tekrar aynı noktalardan ölçüm alın. Kenarlara gittiğinizde Z 0 olmasına rağmen baskı ucu zemine temas etmiyorsa Z length'i temas gerçekleşene kadar firmware'den azar azar arttırın (her artırmada firmware'i makineye yeniden yüklemeniz gerekecek).

Şimdi yazıcı firmware konfigürasyonundaki "delta radius" değerinin ince ayarını yapacağız. Repetier firmware konfigürasyon aracında bu değer "horizontal radius when centered" olarak bulunmaktadır. Baskı ucu baskı zemininde yatayda, X ve Y eksenlerinde hareket ederken içbükey veya dışbükey bir hareket izliyorsa, yani merkezden çevreye hareket ederken Repetier'de gösterilen Z değeri değişmediği halde gözlemlenen yükseklik değişiyorsa, "delta radius" değerinin ince ayarını yapmak gerekmektedir. Eğer baskı ucu hareket ederken kenarlarda yüksekte, merkezde alçakta kalıyorsa, firmware'de verdiğiniz "horizontal radius when centered" değerini azaltın. Eğer tersine baskı ucu aynı z değeriyle merkezde yüksekte kenarlarda alçakta kalıyorsa, bu değeri artırın. Baskı ucunun yataydaki hareketlerinin dikeyde bir hareket yaratmadığı durumu, yani baskı ucunun hareketinin düzleştiği ayarı bulana kadar bu değeri artırmaya veya azaltmaya devam edin. Repetier konfigürasyon aracında "horizontal radius when centered" ifadesini değiştirmek yerine doğrudan "configuration.h" dosyası içinde "#define DELTA_RADIUS" parametresine karşılık gelen değeri de değiştirebilirsiniz.

Bu ölçümü daha hassas yapmak isterseniz merkezde ve kenarlarda baskı ucu zemine temas ederken Z değerlerini ölçerek de yapabilirsiniz. Baskı ucu kenarda iken Repetier, Z yükseklik değeri için merkezdeyken olduğundan daha yüksek bir değer veriyorsa "horizontal radius when centered" değeri artırılmalıdır. Eğer Z merkezdeyken yüksek, kenarlarda düşük çıkıyorsa "horizontal radius when centered" değeri azaltılmalıdır.

Baskı ucunun baskı zemininde düzgün bir hareketini sağlayana kadar, yukardaki kalibrasyon işlemlerinin ince ayarlamalarına devam edebilirsiniz. Bu adımlardan sonra extruder kalibrasyonu gelecektir. Bu adımda kartezyen yazıcı kalibrasyonu bölümde yaptığımız gibi, firmware'e girdiğimiz filament itici extruder motoruna ait "resolution" değerinin ince ayarını yapacağız. Bunun için Repetier yazılımıyla yazıcınıza bağlanıp, baskı ucunu ısıtıp filament'i bir yerden işaretledikten sonra belli bir oranda geri çekin veya itekleyin. İlerledikten veya çekildikten sonra da işaretleyin. Bu aradaki ölçülen uzunluk sizin verdiğiniz komuttaki uzunluktan fazlaysa eski değeri azaltın, fazlaysa eski girmiş olduğunuz değeri artırıp firmware'i yazıcınıza yeniden yükleyin.

5

Filament Yapma Makinesi ve Filament Sarma Makinesi

3 boyutlu yazıcılar baskı için çeşitli materyallere ihtiyaç duyuyorlar. Önceki bölümlerde yaptığımız kartezyen veya delta tasarıma sahip FDM türü yazıcılar filament ile çalışmaktadır. Kablo haline getirilmiş plastik olan filament, hazır olarak temin edilebilmektedir. Ancak granül plastik fiyatları filament fiyatlarıyla kıyaslandığında oldukça ucuzdur. Bu nedenle granül plastikten bir şekilde kendi filament'imizi üretmek veya doğrudan granül plastikle baskı yapabiliyor olmak 3 boyutlu baskı ile uğraşanlar için önemli bir imkândır. İkinci seçenek FDM yazıcılar için teknik bazı zorluklar içerde de ilki yani filament üretmek mümkündür. Bu bölümde piyasadan alınabilecek olan filament'i kendi imkânlarımızla üretip baskı için kolaylık sağlayan makaraya sarılmış hale getiren iki makinayı yapacağız.

Filament Yapma Makinesi

Uyarılar ve Alınması Gereken Tedbirler

Filament extruder cihazı oldukça yüksek sıcaklık (>200) ve basınç (>150psi) değerlerine çıkabilmektedir. Uyarıları dikkatlice okuyun.

Bazı polimerler kimyasal ayrışmaya maruz kalarak zehirli dumanların açığa çıkmasına sebebiyet verebilirler. Bu yüzden 3 boyutlu yazıcının daima iyi havalandırılmış bir ortamda kullanılması gereklidir. Dolayısıyla 3 boyutlu baskı işlemine tabi kılacağınız polimerin kimyasal ayrışma özelliklerini anladığınızdan emin olun. Ayrıca duman dedektörü yahut karbon monoksit dedektörü kullanmanız fayda sağlayacaktır.

Bu filament extruder cihazı yeni nesil bir donanımdır. Dolayısıyla bu cihaz, bulaşık makinası, su ısıtma cihazı gibi ev eşyaları dışında tutulup, çalışırken çalıştığı ortamdan ortamın güvenliği gereği uzaklaşılmamalıdır. Sık aralıklarla filament extruder'ın çalışma süreci kontrol edilmelidir.

Elektrikle çalışırken çarpmalara karşı dikkatli olunmalıdır. Ayrıca bu yazıcı tasarımı deneysel niteliktedir ve oluşabilecek kazaların sorumluluğu sizdedir.

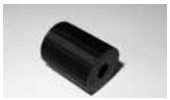
Kurulum

3 boyutlu yazıcımızı yaptık ve mutluyuz, ancak onun baskı yapacağı materyale yani filament'e ihtiyacı var. Şu noktaya kendi kendimize yeteceğimiz bir yaklaşımla geldik ve öyle de devam etmekte kararlıysak, piyasada bir makarası kayda değer fiyatlarla satılan filament'i kendimiz için çok çok düşük bir maliyetle üretmek bize yakışan bir tercih olur. Yapacağımız makine Filastruder tasarımını temel almaktadır.

Genel olarak makinenin çalışma prensibinden söz edecek olursak, öncelikle ektrüzyonun tanımını yapmak gerekir: Isı ve basınç kullanmak suretiyle malzemelere şekil vermek için kullanılan yönteme ektrüzyon denir. Aynı tanıma sahip olan enjeksiyondan farkı ise ektrüzyonda kullanılan malzemenin kalıptan sürekli geçmesini sağlayarak uzun parçalar elde etme işlemidir. Yani enjeksiyonda hacim doldurma yoluyla parça elde edilirken ekstrüzyonda malzemenin kalıptan sürekli geçme işlemine dayalı bir üretim söz konusudur.

Bu kısa ve genel ekstrüzyon tanımından özel olarak filament makinemizin çalışma prensibine dönecek olursak, bu extrüzyon düzeneği besleme borusu boyunca matkap ucu aracılığıyla taşınan polimerleri ısıtıcı uçta eritip yine matkap ucunun uyguladığı basınçla püskürtme memesinden (nozzle) istediğimiz çapta filament'i bize sağlıyor.

Gerekli Parçalar	Adet	
PID dijital termostat (Sestos D1S-2R-24)	1	
Metal boru - dış çap: 20 mm, uzunluk: 20 cm, et kalınlığı: 3 mm, iç çap: 14 mm	1	
Dişli manşon (içteki dişler boruda açılacak dişlere uygun)	1	
Metal kelepçe (dişli manşona uyacak)	1	
Pirinç kör tapa (nozzle için) (dişli manşona vidalanacak)	1 veya 2	
Uzun ahşap burgu matkap ucu - çapı: 12 mm uzunluk: 32 cm (bu ebatlarda bulunamadığı taktirde sistemin revize edilmesi gerekir)	1	
12V 3 RPM Z iç redüktör DC motor	1	
Metrik 12 şaft bileziği (12 mm matkap ucuna geçirilecek)	1	
Eksenel silindirik makaralı rulman ve 2 yatağı (12 mm matkap ucuna geçirilecek)	1	
Metrik 6x80 vida ve somunlar	4	
90x150x18 mm tahta blok (birinin üzerine 4 metrik 6 vida deliği ve şaft bileziği için delik açılacak, diğerine motoru kutusu için 6 delik açılacak)	2	

90x90x18 mm tahta blok (ortasına matkap ucunun geçebileceği 14 mm delik ve 4 adet metrik 6 vida deliği açılacak)	1	
55x16x2 cm tahta blok (zemin) (Diğer bütün tahta bloklar buna dik monte edilecek)	1	
100K K-Type Termokupl (thermocouple)	1	
60mm Fan, 12v	1	
Dişi Terminal	5	
Kelepçe rezistans	1	
12v Güç Kaynağı (Laptop Güç Kaynağı)	1	
Metal L Köşe Bağlantı	4	
Dişli Flanş (Boruda açılacak dişlere uygun)	1	
Kapton Bant	1	
Plastik aralayıcı	4	
Metrik 6 pul	8	

Metal pim	1-2	
Altı köşe lokma anahtar (matkap ucu motor bağlantısı)	1	
Anahtar (switch)	2	
Plastik 3 boyutlu yazdırılacak parça* http://www.thingiverse.com/thing:664540	1	

Bu bölümde kuracağımız makina çoğunlukla metal aksamlardan oluşan bir düzeneği içerdiğinden malzemeleri kuruluma hazır hale getirme sürecinin üzerinde biraz durmamız gerekmekte. İlk olarak besleme çubuğundan başlayacağız.

Besleme Çubuğunun Hazırlanması

Polimerin matkap ucu aracılığıyla ısıtıcı uca değin içinde yolculuk yaptığı besleme çubuğunu montaja nasıl hazır hale getireceğimize değineceğiz. Öncelikle dış çapı 20 mm, uzunluğu 20 cm, et kalınlığı 3 mm ve iç çapı 14 mm olan çekme boruyu temin edeceğiz. Ayrıca yukarıda özelliklerini saydığımız boruya vidalanmaya uygun uzunluğu 32 milimetre olan bir dişli manşonu ediniyoruz.

Yukarıda özelliklerini sıraladığımız boru ve manşonla birlikte gideceğimiz torna (ve/veya freze) atölyesinde boruya dişli manşon girecek şekilde dişler açıtırıyoruz. Borunun her iki tarafına 32 milimetre uzunluğunda olan bu dişlilerin açılmasını sağlıyoruz.

Son olarak metal borumuzun vida dişlerinin sonlandığı noktanın yaklaşık 5 mm ötesinden başlayarak 14x38 mm ebatlarında bir oluk açtırmamız gerekiyor. Bu oluk polimerlerin boruya akacağı besleme kanalımız olacak. Tüm bu işlemleri bir torna (ve/veya freze) atölyesinde yapabiliyoruz.

*Bu dosyalar ekteki DVD'de yer almaktadır.

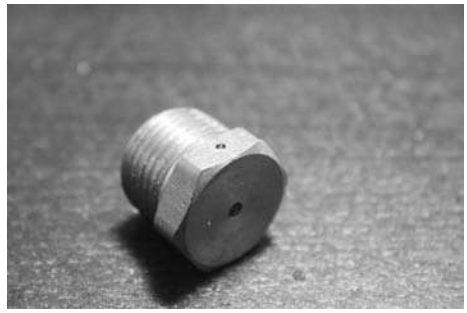




Püskürtme Memesinin (Nozzle) Hazırlanması

Ekstrüzyon tanımında da bahsettiğimiz gibi polimerin sürekli kalıptan geçerek filament'e dönüştüğü son aşamayı bize sağlayan materyali, yani püskürtme memesini (nozzle) hazırlayacağız. İlkin iki adet pirinç kör tapa alıyoruz. İki tane alıyoruz, zira iki tür diametreye sahip; 1.75 ve 3 mm'lik filament'leri üretmek istiyoruz. Siz sadece kendi 1,75 mm filament kullanan yazıcınız için kullanacaksanız 1 tane almanız yeterlidir.

Kör tapanın ortasına 1,75 mm'lik bir nozzle için 1/16 inç, 3 mm'lik bir nozıl içinse 7/64 inç çapında birer delik açmamız gerekiyor. İki pirinç tapa ile birlikte yolunu tutacağımız bir torna atölyesinde verdiğimiz rakamlarla bu delikleri açtıracağız. Ayrıca tüm bunlara ek olarak püskürtme memesindeki ısıyı ölçmemiz için gerekli olan termokupl'ın (thermocouple) uç kısmı girecek şekilde 5 mm derinliğinde 2 mm çapında bir delik açmamız gerekiyor. Bu işlemi püskürtme memesinin hemen yan yüzeyine yapabiliriz.



Püskürtme memesi yan kımında termokupl için açtığımız deliğe ve uçtaki filament deliğine dikkat edin.

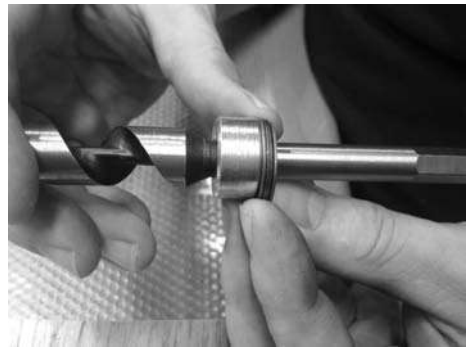
Extruder'ın Mekanik Kurulumu

1. İlk olarak filament extruder'ımızın en yakıcı yerinden besleme gövdesinin kurulumundan başlayacağız. Başlangıçta matkap ucundaki gerekli düzenlemeleri yapacağız. Şaft bileziğini matkap ucundaki ilgili yere takıp iyice sıkıştırıyoruz.



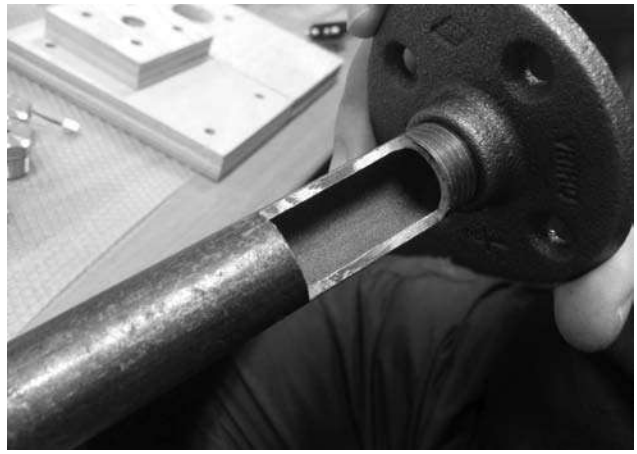
2. Ardından eksenel silindirik makaralı rulmanımızı yataklarıyla birlikte arkasına yerleştiriyoruz. Buradaki maksatımız motora bağlanacak olan matkap ucunun doğrusal bir şekilde sorunsuz dönmesini sağlamak. Bu tarz hareketleri sağlamak için rulmanlar bize uygun çözümler üretiyor.





3. Bu aşamada artık matkap ucunu içine alacak olan besleme borusuna el atabiliriz. Öncelikle kesim sırasında borunun içinde kalan metal parçacıklarını temizlememiz gerekiyor. Bunun için matkap ucu dışında kullanabileceğimiz herhangi bir metal cisim işimizi görecektir. Borunun içi ne kadar temiz olursa filament çıkarma sürecinin başında heba etmemiz gereken plastik miktarı da o kadar azalır. Metal borunun içindeki çapakların temizlendiğinden emin olduktan sonra içine uygun ebatta bir mıknatıs atıp sürüklersek boruya yapışık duran artık metal parçalarını da temizlemiş oluruz.

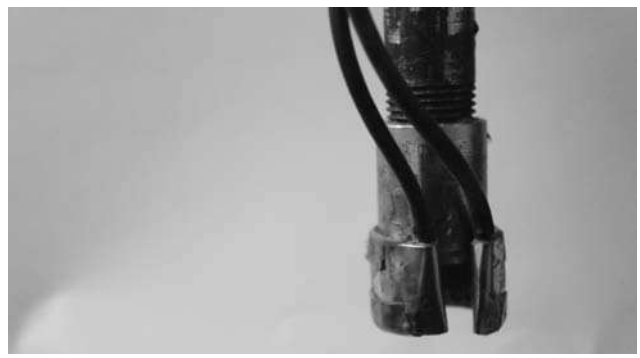
4. Artık besleme borusuna dişli flanşı takabiliriz.



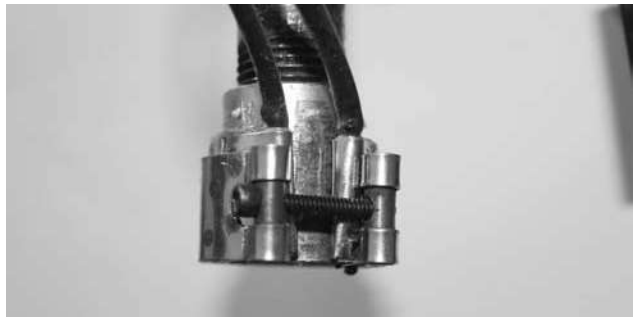
5. Ardından diğer ucuna içi dişli manşonu takıyoruz.



6. Manşonun üstüne kelepçe rezistansı takıyoruz.



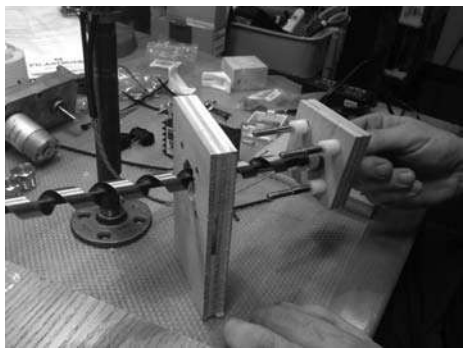
7. Bunun üstüne metal kelepçeyi takıyoruz. Bu işlem biraz güç gerektirecek.

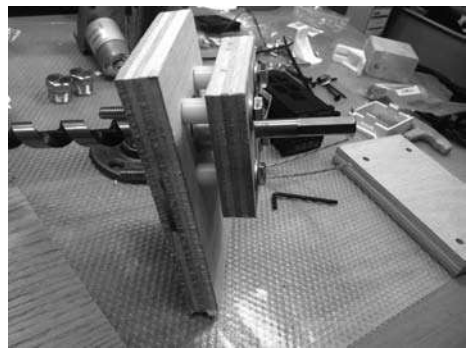


8. Ayrıca son olarak manşonun ucuna hazırladığımız püskürtme memesini (nozzle) takıyoruz.

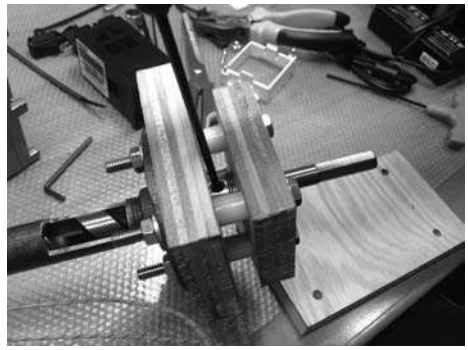


9. Sıra ilk aşamada hazırladığımız matkap ucunu tahta bloklara yerleşirmeye geldi. Şaft bileziği arkada kalacak şekilde matkap ucunu kare şeklindeki tahta bloğa geçirin. Matkap ucnu önden diğer tahta bloğa sokun. Plastik aralayıcıları aralarına dahil ederek metrik 6 vidaları iki tahta bloktan geçirin.





10. Matkap ucuyla besleme borusunun sonsuz izdivacını artık başlatabiliriz. Boruyu flanş ile birlikte matkap ucuna geçirip tahta bloğa metrik 6 vidalarla sıkıca sabitliyoruz. Unutmadan söyleyelim, artık üzerinde çalıştığımız parçalar hiç de kırılgan olmayan metal ve ahşap malzemeler olduklarından sıkıştırma işlemlerini çekinmeden yapabiliriz. Bu aşamada şaft bileziğini gevşetip öne arkaya bir miktar oynatmanız gerekebilir.

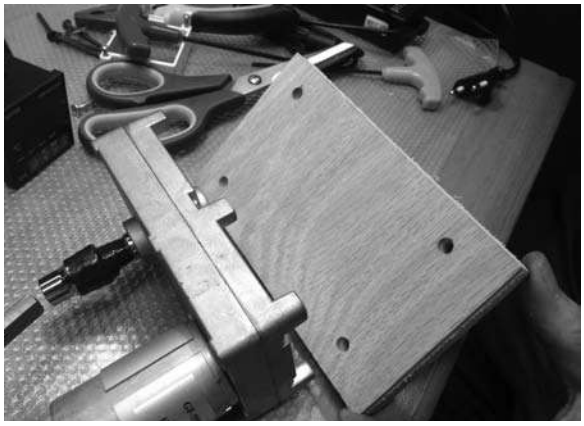


11. Bu aşamada motorumuzu hazırlayacağız. Sabitleme pimiyle birlikte matkap ucunu motora bağlayağımız altı köşe lokmayı motorun miline geçireceğiz.

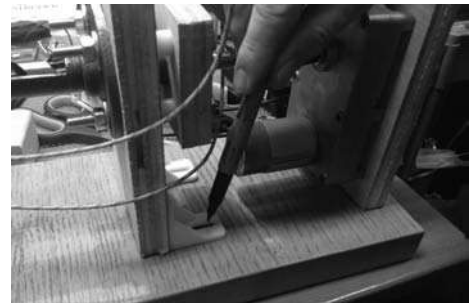




12. Hemen ardından motoru sabitleyeceğimiz tahta bloğu motora vidalıyoruz.



13. Bu aşamada tahta bloklara sabitlediğimiz aksamları zemindeki tahta bloğa vidalayacağız. Bunun için metal köşe bağlantılarını kullanıyoruz. Lokmanın iç kısmıyla matkap ucunun arasında 2 mm'lik bir boşluk bıraktığımızdan, diğer bir deyişle matkap ucu altı köşe lokmaya girdiğinde 2 mm'lik bir mesafe bıraktığımızdan emin olmamız gerekiyor.



14. Son olarak termokupl'ın başını püskürtme memesindeki deliğe yerleştiriyoruz.



Fanın Kurulumu

Filament'in püskürtme memesinden öylece çıkması bizim için pek bir anlam ifade etmiyor, zira istediğimiz filament çapını elde etmemiz için filament'in memeden çıkar çıkmaz hızlıca soğutulması gerekiyor. Şayet filament'i kendi haline öylece bırakırsak, sünme nedeniyle istediğimiz çapın yaklaşık 0.5 mm altına düşeriz ki bu fark yazıcımızın ekstruder kasnağının filament'i itekleyememesi anlamına gelebileceği gibi, kazaran iteklemesi durumunda ise baskı ucunda yaşanması kuvvetle muhtemel tıkanmaların "3. Sayfa" habercisi olacaktır. Dolayısıyla "soğutma çok önemli".

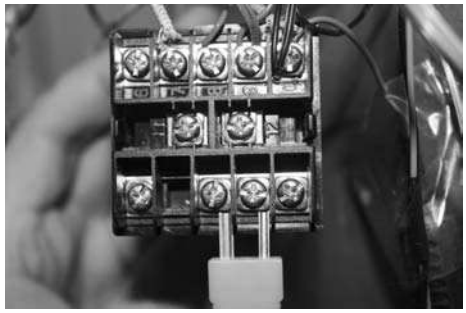
Plastik sanayide kullanılan tipte extruder'larda soğutma işlemi su havuzlarında yapılır. Bunun sebebi bu tipte makinaların saatlik üretim miktarlarının üst seviyelerde olmasıdır. Tam da bundan dolayı ve neyse ki soğutma işlemi için havuz yapmak zorunda kalmayacağız. Saatlik üretim mütavazi miktarlarda olacağı için ortalama büyüklükte bir fan işimizi görecektir. Onu bir tahta takozun üzerine gelecek şekilde püskürtme memesinin hemen altına takalım.



Elektronik Aksamın Kurulumu

Filament makinemizde kullanacağımız ABS ve PLA polimerler granüller halindeyken, bu parçaların makinanın ısıtıcı ucunda eriyip meme kısmından istediğimiz çapta çıktığını öğrenmiştik. Şimdi ısıtma aşamasında bize örneğin ABS polimeri için gerekli olan 180 dereceyi sağlayıp, bu sıcaklık noktasında ısıtıcı ucu stabil halde tutan elektronik düzeneğimizden bahsedip, onu mekanik aksama nasıl dahil edeceğimizi anlatacağız.







Şimdi birlikte aşama aşama elektronik termostatın kablolama işlemini yapacağız.

1. Güç kaynağının pozitif ucunu ana anahtarın ortadaki pinine bağlıyoruz.

2. Ana anahtarın diğer kablosunu Pin 9'a bağlıyoruz.

3. Pin 8'den Pin 9'a bir kablo bağlıyoruz.

4. Motor ve fan anahtarının orta pininden gelen kabloyu fanın kırmızı kablosuna ve motora bağlıyoruz.

5. Motor ve fan anahtarının diğer kablosunu Pin 9'a bağlıyoruz.

6. Fanın siyah kablosunu Pin 10'a bağlıyoruz.

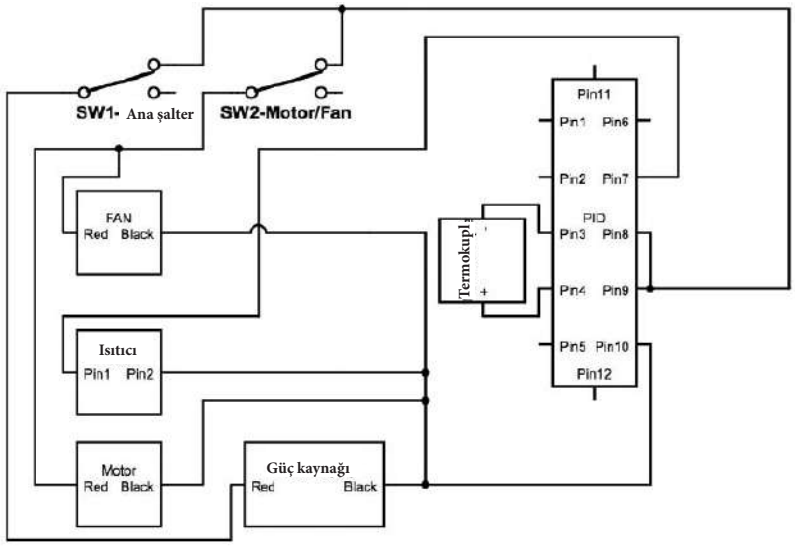
7. Isıtıcı kablolarından birini Pin 10'a bağlıyoruz.

8. Diğer motor terminalini Pin 10'a bağlıyoruz.

9. Güç kaynağının negatif kablosunu Pin 10'a bağlıyoruz.

10. Diğer ısıtıcı kablosunu Pin 7'ye bağlıyoruz.

11. Son olarak + ve - kutupları dikkate alarak termistörü Pin 3 ve Pin 4'e bağlıyoruz.



Filament Eksruderın Isı Yalıtımı

İşin içine sıcaklık değişkeninin girdiği hemen her termodinamik düzende üretilen hedef sıcaklık ölçüm değerinin muhafaza edilmesi gerekir, zira söz konusu termodinamik düzeneğin stabil çalışabilmesi için muhtemel düzensizliklerin (entropi) minimalize edilmesi şart koşuldur.





Bu tarz bir işleyişi olan bir sistemin ısı yalıtımı için çokça malzeme alternatifi vardır. Bunlardan "cam yünü" bizim için yeterli olacaktır. Cam yününü püskürtme memesi ve ısıtıcı ucun bulunduğu kısmı kaplayacak şekilde sarmadan evvel, o bölgeyi kapton bantla, arada hiç hava kalmayacak şekilde sıkıca bantlamamız, yalıtım konusunda çok daha iyi sonuç verecektir. Kapton bantla, termokupl memedeki deliğinden çıkmayacak şekilde söz konusu bölgeyi en az 3 kat bantlayalım. Ardından cam yününü üzerine sarıp bir kablo bağı aracılığıyla izolasyonumuzu sabitleyelim.

Besleme Haznesi

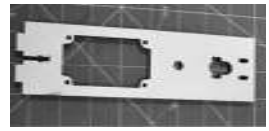
Besleme borusuna büyük miktarda granül plastiğin yüklenebilmesi için, besleme haznesine ihtiyaç bulunmaktadır. Uzun süren filament üretimlerinde ebadı büyük olan besleme hazneleri tercih edilebilir. Besleme haznesi farklı materyallerden yapılabileceği gibi 3 boyutlu yazıdırılması da mümkündür. Bu hazne besleme borusu üzerindeki manşon ve diğer uçtaki malzemeler çıkarılarak besleme oluğuna denk gelecek şekilde monte edilebilir.

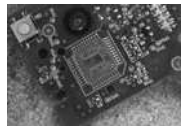


Bu STL dosyası ekteki DVD'de yer almaktadır.

Filament Sarma Makinası (Filawinder)

Filament extruder cihazıyla elde edeceğimiz filament'leri düzgün bir şekilde bir makaraya saracak bir mekanizma şart. Filament elle rahatlıkla ip gibi sarılabilecek bir materyal olmadığından ve ciddi eğilip bükülmelerde kırılabilecek bir yapıya sahip olduğu için onu dolaşmadan bir arada tutacak bir tasarım bizim işimizi bir hayli kolaylaştıracaktır. Özellikle 100 metre ve üzeri uzunluklara sahip bir filament kesinlikle makaraya ihtiyaç duymaktadır. Bunun için kit halinde satın aldığımız Filawinder'ı (http://www.filastruder.com/) kurmaya başlayabiliriz. Öncelikle kutudan çıkan parçalara bir göz atalım.

Parçalar	**Adet**	
Lazer kesim tahta bloklar	8	
Paket kablo	2	
Servo motor	1	
Dişli motor	1	
12V güç kaynağı	1	
Filawinder elektronik kart	1	
Arduino nano	1	

Lazer sensör kartı	1	
Çizgi lazer	1	
Şerit kablo	1	
Düğmeler	3	
Switchler	2	
Potansiyometre	1	
608ZZ rulman	3	
Metrik 3x10 vida	3	
Metrik 3x12 vida	10	
Metrik 3x16 vida	6	
Metrik 3x25 vida	8	

Metrik 3 Altıgen Somun	17	
Metrik 3 kare somun	7	
Metrik 8 somun	3	
Metrik 8 pul	2	
2 mm iç çap 3 mm dış çap PTFE boru 50 cm	1	
4 mm iç çap 6 mm PTFE boru 50 cm	1	
Saplama	1	
Silindirik mıknatıs	1	

Filawinder'ın Plastik Parçaları

Filawinder'ın kutudan çıkmayacak olan plastik parçalarını bir 3 boyutlu yazıcıdan baskı alarak elde edeceğiz. Şayet 3 boyutlu yazıcımızın kalibrasyonunu tamamladıysak kendi printerımızdan bu parçaları almamız daha keyifli olacaktır. Plastik parçaları http://www.thingiverse.com/thing:664541 linkinden indirebilirsiniz.

Kontrol kutusu	
Destek	
Destek çubuğu	
Tahrik dişlisi	
Makara desteği	
Makara dişlisi	
Rehber çubuk (opsiyonel)	
Servo yuvası (opsiyonel)	
Lazer Yuvası (opsiyonel)	

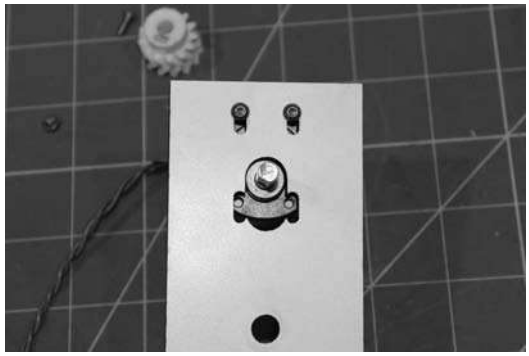
Bu dosyalar ekteki DVD'de yer almaktadır.

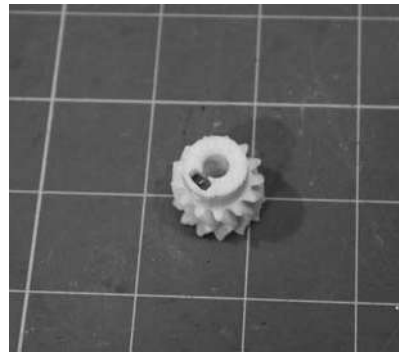
Filawinder'ın Kurulumu

1. Lazer kesim blokların her iki tarafındaki koruma bantlarını çıkartın. Lazer kesim sırasında bloklar üzerinde isler meydana gelebilir. Bunlar çalışma sırasında bir sorun teşkil etmez ama görüntüyü bozabilir. Bu lekeleri asetonla giderebilirsiniz.

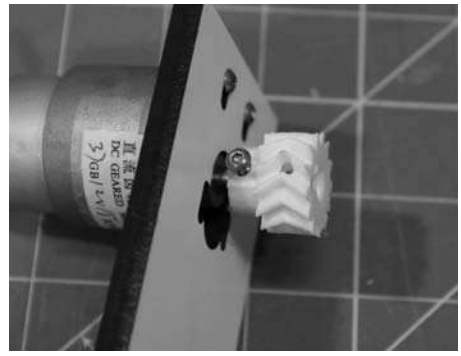
2. Dişli motor şaftının olduğu ince kısmı tahta bloğun dar kısmına gelecek şekilde yerleştirelim. Motorun üzerindeki delikler tahta bloğun ilgili delikleriyle aynı hizaya gelene dek motoru çevirelim. 10 mm uzunluğundaki metrik 3 vidalarla motoru bloğa tutturalım. Ancak motor blok üzerindeki deliklerde aşağı yukarı gidip gelmesine müsade boşluğu bırakalım.

3. Ardından küçük dişlinin sıkıştırma vidasını tutturacağımız boşluğa bir adet altıgen somunu koyduktan sonra Metrik 3x10 vidayı somunun sadece birkaç dişlisini kavrayacak şekilde sıkıştırıyoruz.

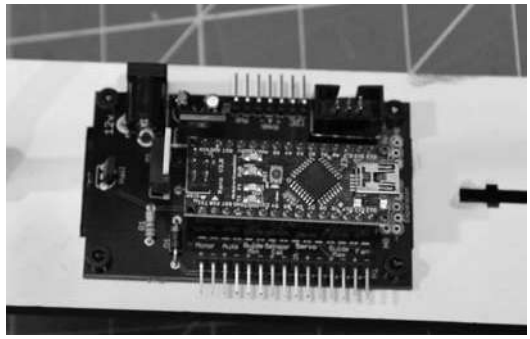




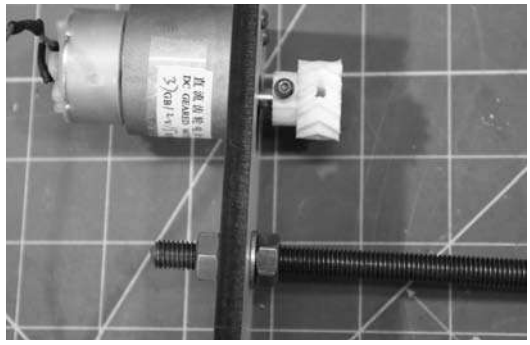
4. Küçük dişliyi motor şaftının düz kısmı sıkıştırma vidasına denk gelecek şekilde takıyoruz. Bu noktada sıkıştırma işlemini optimum düzeyde gerçekleştirmemiz gerekiyor, zira küçük dişli plastik bir parça ve şayet çok fazla sıkıştırırsak plastik esner somun yukarı doğru kaymaya başlar, ardından yuvayı parçalayarak dışarı çıkar. Bu yüzden vidanın şaftı kavradığını anladığımız an sıkıştırma işlemini bitiriyoruz.



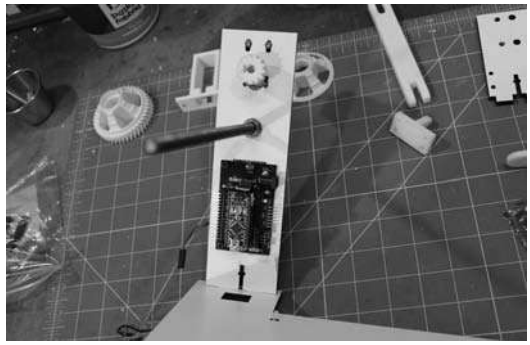
5. Anakartı şaftın altındaki yerine Metrik 3x12 vidalarla takıyoruz.



6. Saplamayı dişlinin birkaç cm altındaki yerine metrik 8 somun pullarla takıyoruz.



7. Sıra anakartı monte ettiğimiz bloğu destek bloğuna monte etmeye geldi. Motoru tutan bloğun hemen altındaki çentikleri destek bloğunun ilgili boşluklarına yerleştirmemiz gerekiyor. Bunun için bir miktar basınç uygulamamız yeterli olacaktır.



8. Anakart bloğunu destek bloğuna iyice sabitlemek için metrik 3x25 vidayı kullanacağız. Öncelikle anakart bloğundaki boşluğa somunu yerleştirip parmağımızda sabitliyoruz, ardından metrik 3x25 vidayı büyük bloktan geçirmek suretiyle anakartın bloğuyla büyük bloğu sabitliyoruz.

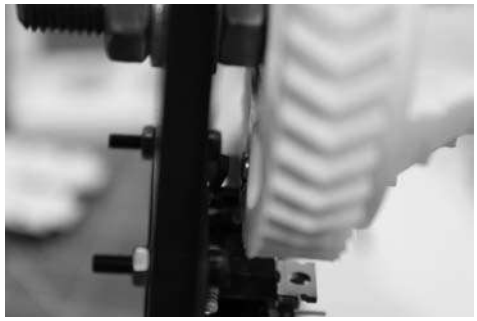


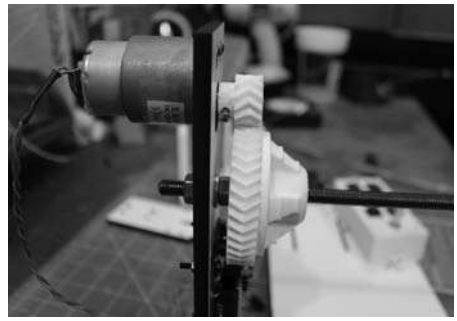
9. Büyük makara dişlisinin içine 608ZZ rulmanı yerleştiriyoruz. Ayrıca dişlinin düz kısmında bulunan boşluğa silindirik mıknatısı kuzey kısmı dışa bakacak şekilde yerleştiriyoruz.

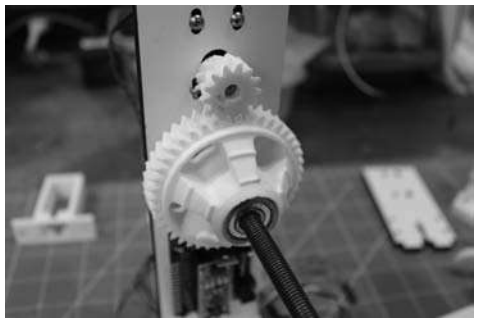




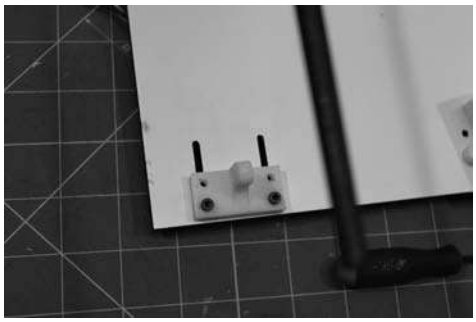
10. Makara dişlisini düz kısmı içeri bakacak şekilde çubuğa geçirelim. Motoru bağladığımız vidaların motorun aşağı yukarı hareket etmesini sağlayacak kadar gevşek olduğundan emin olduktan sonra, makara dişlisiyle motor şaftı dişlisini buluşturalım. Birbirlerini tam olarak ve aynı hizada kavradıklarından emin olduğumuzda motor vidalarını sıkmaya başlayabiliriz.

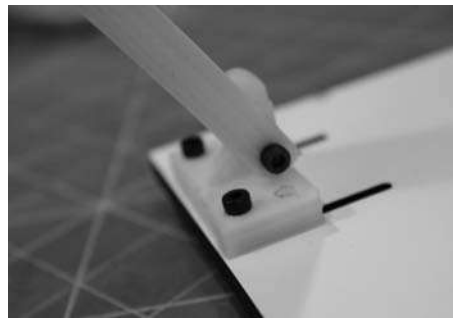






11. Makara desteğini arka tahta bloğa vidalayın. Makara destek kolunu metrik 3x25 vidayla destek bloğuna sabitliyoruz. Destek kolunu rahatça dönebilecek kadar sıkıştırıyoruz.

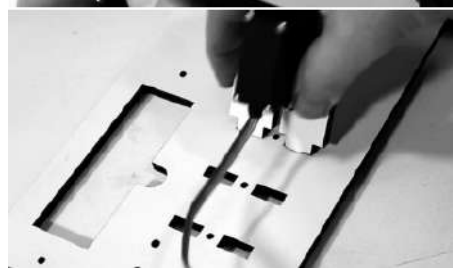






12. Makaraya sarılacak olan filament'e kılavuzluk edecek kola servo motoru metrik 3x12 vidalarla monte ediyoruz. Hemen ardından servo motoru bağladığımız parçayı destek bloğuna yine mir miktar basınç uygulayarak takıyoruz. Sağlamlaştırmak için de yine kare somun ve metrik 3x25 vidayı kullanıyoruz.

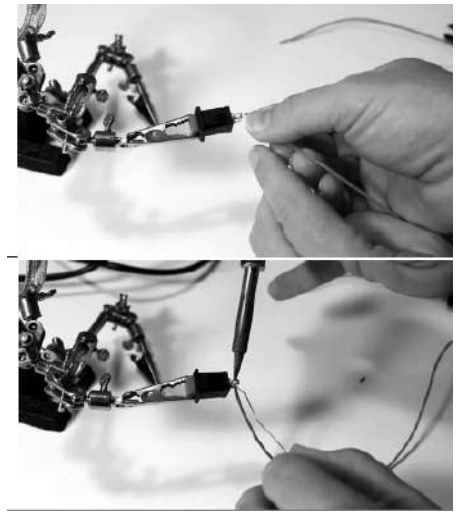




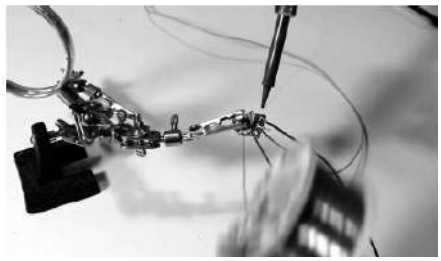
13. X şeklindeki malzemeyi servo kola yine servo paketinden çıkan vidalarla monte edeceğiz. X şeklindeki malzemeyi kolun arkasından vidalıyoruz. Ardından servo kolu servo motorun beyaz plastik kısmına iyice yerleştiriyoruz.



14. Kablolardan birini ikiye ayırıp her iki ucunu bir kaç cm kadar soyuyoruz. Ardından bir havya yardımıyla kırmızı butona lehimliyoruz.



15. Potansiyometrenin üç ayağına kablolarımızı lehimleyeceğiz. Anakarttaki yerlerini karıştırmamak için farklı renkte kablolar kullanacağız. Kabloları potansiyometrenin üç ayağına da ufak lehim parçalarıyla tutturalım.



16. Potansiyometre, switch ve butonlara bağladığımız kabloların uçlarına ikili ve üçlü terminalleri yerleştirelim. Bu terminaller sayesinde ilgili anahtarları anakarttaki yerlerine bağlayacağız.



17. Kabloları birbirlerine karışmadan derli toplu durmaları için bir otomatik vida sıkma makinesi yardımıyla kendi içlerinde üstüste sardırabiliriz.



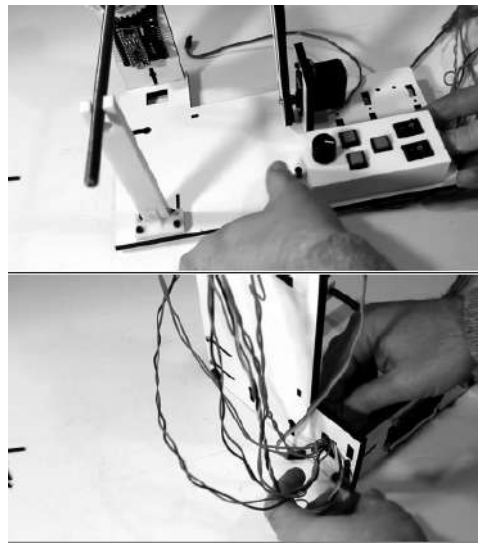
18. Buton ve switch'leri önceden yazıcıdan baskısını aldığımız parçalardan olan kontrol kutusu içine yerleştirebiliriz. Bunu yaptıktan sonra kabloların dışarıda kalan kısımlarına küçük kağıt parçalarıyla hangi kablonun nereye ait olduğunu belirten işaretler koyacağız. "Sol Buton" "Sağ Buton" "Orta Buton" "Power Switch (Sağdaki)" "Auto Switch (soldaki)" gibi.



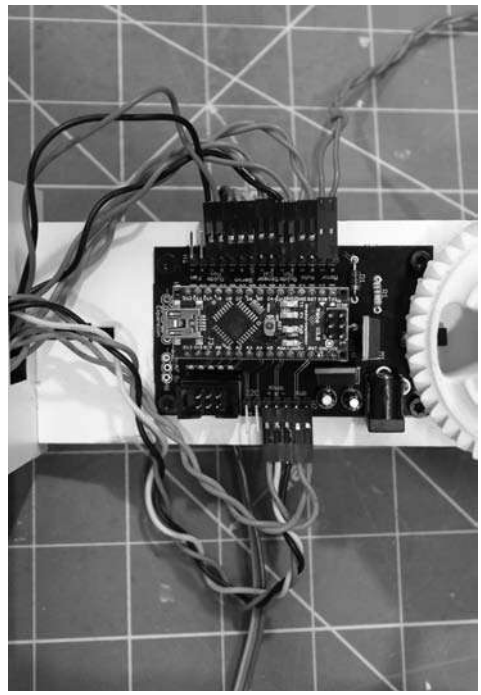
19. Potansiyometre şaftına düğmesini yerleştiriyoruz. Plastik düğmenin şaftın üzerindeki küçük somuna oturduğundan emin olmamız gerekiyor. Bu nokta çok önemli, zira potansiyometre şaftı stabil durumda olmazsa servo motoru tutarsız davranışlar sergileyebilir.



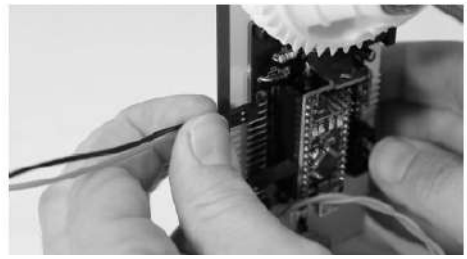
20. Kontrol kutusunu metrik 3x16 vidalarla destek bloğuna mont ediyoruz. Kabloların bloğun arkasından çıktığından emin olalım. Kablolar arkadan dolaşıp anakart üstündeki delikten anakarta ulaştırılacak.



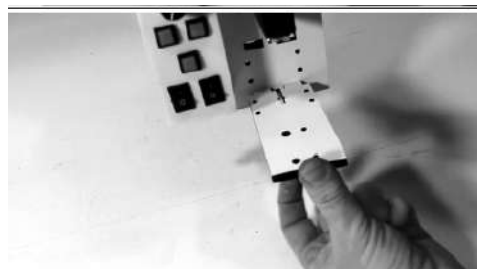
21. Bu adımda şimdiye kadar lehimlediğimiz kabloları anakarttaki yerlerine takacağız. "Sağ butonu" Anakart üzerinde "Guide Max" yazan yere, "Orta butonu" Anakartta "Sensor Cal" yazan yere, soldaki anahtar olan "Auto Switch"i "Auto" yazan yere takıyoruz. Servo motoru anakartın altında "Servo" yazan yere bağlıyoruz. Sağdaki anahtar olan "Power Swicth"i kartın sağ tarafında "PWR" yazan yere, "Potansiyometreyi" ise "Knob"a bağlıyoruz.



22. Dişli motora bağladığımız ikili kabloyu terminalleriyle birlikte"+ ve-" uçlarını gözeterek anakartta "Motor" yazan bölüme takıyoruz.



23. Şayet filawinder'ı dikey olarak kuracaksanız destek bloğuna metrik 3x25 vidalarla filament'in makaradan önceki girişini düzenleyen plakayı eklememiz gerekiyor.



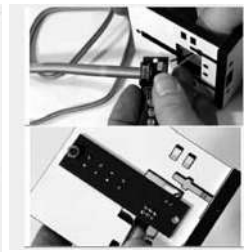
24. 4 mm'lik PTFE boruyu son taktığımız plakanın ilgili deliklerinden bir kaç cm çıkacak şekilde geçiriyoruz. Bu boru 1.75 mm'lik filament'i makaraya sıkı bir şekilde sarmamızı sağlayacak kadar bir sürtünme sağlıyor. Şayet filament'i öylece makaraya sarmaya çalışırsak oldukça boşluklu bir şekilde devam edip kısa sürede makaradan çıkacaktır. Aynı işlemi 3mm'lik filament'e uygulayacağımızı da hesaba katarak 4 mm'lik PTFE boruyu taktığımız yerin hemen yanıda aynı şekilde 6 mm'lik başka bir PTFE boruyu dahil ediyoruz.



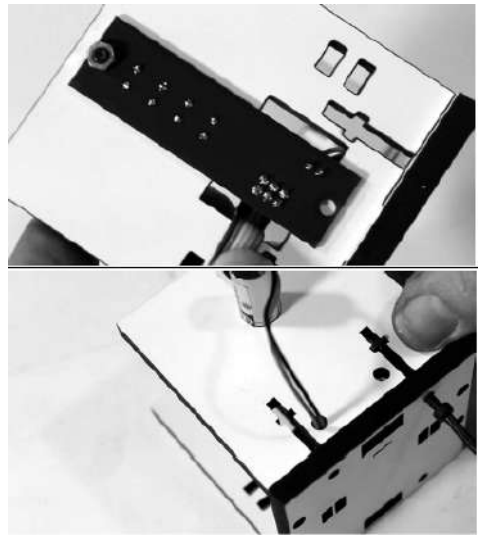


25. Bu aşamada artık sensörümüzü monte edebiliriz. Birbirine yine biraz basınçla bağladığımız 3 plakayı lazerin gireceği bölüme lazerimizi takıyoruz. Lazere bağlı olan kablolaları arka delikten geçirerek sensör kartının ilgili yerine takıyoruz. Bunun için artık lehime gerek yok. Hemen ardından sensör kartını plakaya metrik 3x12 vidalarla monte ediyoruz. Şerit kablonun arkadan çıktığına emin olmamız gerekiyor.

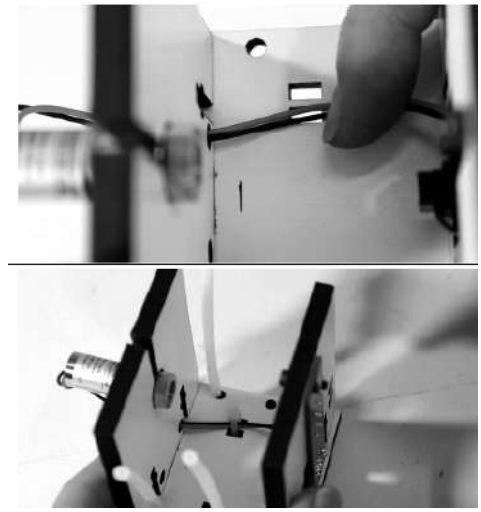




26. Lazeri ve sensör kartını metrik 3x25 vidalarla plakalara tutturuyoruz.



27. Kablo bağı yardımıyla kabloları sabitliyoruz. Çünkü kabloların lazerin görüş alanına ve filament'in yoluna girmesini istemiyoruz. Ayrıca filament'e sensör sistemi içerisinde sağa sola savrulmadan yoluna devam etmesi için sensörün taban kısmına 4 parça PTFE boru kesip takıyoruz.



28. Son olarak 608ZZ rulmanı makaranın dış kısmını tutacak olan makara dişlisine takıyoruz. Ardından makaranın dış kısmından metrik 8 vidayla sıkıştırıyoruz. Sarma sırasında dişlinin makara içerisinde dönmesine fırsat vermeyecek kadar sıkı olmasına gayret edelim.





29. Bu adımdan filament sarma makinasının mekanik kurulumu bitmiştir. Cihazın firmware dosyasının arduino bölümünde anlatıldığı şekilde elektronik karta upload edilmesi gerekmektedir.

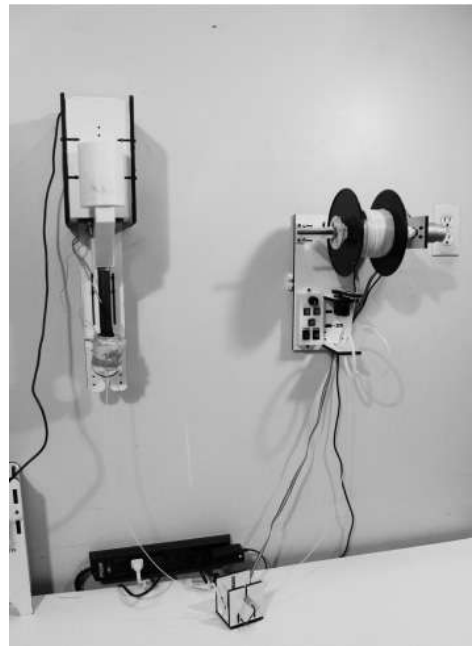
Filament sarma makınamız hazır. Filament extruder çalışırken eş zamanlı olarak onu makaraya saracak olan filawinder'ı artık kullanabiliriz.



Bu cihazın firmware dosyaları ekteki DVD'de yer almaktadır.

Filament Makinesi ile Birlikte Sarma Makinesinin Konumlandırılması

Filament makinesi ile Filawinder'ı kullanmaya başlamadan evvel bu iki aleti nasıl konumlandıracağımıza karar vermemiz gerekiyor. Filawinder'ı filament makinesine göre konumlandıracağımıza göre önce filament yapma makinesinin zemine göre hangi açılarda çalışacağına kafa yorulması gerekiyor. Neyse ki kullanıcı deneyimleri bizi bu zahmetli deneysel süreçten kurtarmaya yetecek kadar veriyi bize sunuyor.



Filament makinesini zemine paralel, dik ya da belli bir açıda konumlandırılması onun verimini doğrudan etkileyecek faktörlerin başında geliyor. Kullanıcıların ilk deneyimlerine baktığımızda cihazın çoğunlukla zemine paralel konumlandırıldığını görüyoruz. Sonraki süreçlerde cihazın zemine dik ve püskürtme memesi aşağı bakacak şekilde duvara sabitlendiğine tanık oluyoruz. Bu son deneyimde filament yapma makinesinin birim zamanda çıkardığı filament'in diğer deneyimlere göre %15 ila %20 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca filament ekstrüzyon işleminin en yakıcı noktası çıkarılan filament'in hedef çapını tutturulmasını sağlamaktır. Örneğin 1.75 mm çapa sahip bir filament'i 1.60 ila 1.75 mm arasında bir çapla çıkarmak gereklidir. Bu aralıklar dışında kalan bir filament'in 3 boyutlu yazıcıda sorun çıkartacağı aşikardır. Filament extruder'ı dikey konumlandırıp doğru fanla soğutma işlemini yaptığımız taktirde filament'imizi hem makul bir hızda hem de hedef çap aralığında çıkarmamız mümkün olacaktır. Üstelik bu şekilde alandan da tasarruf etmiş olacağız.

Bir önceki bölümde montajını yaptığımız filament sarma makinesini filament yapma makinesinin yanına uygun bir şekilde duvara sabitleyelim.

Filament Yapma Makinesinin Çalıştırılması

1. İlkin, makinayı ekstrüzyon işlemine tabi kılacağımız granül halindeki polimerin cinsinin uygun erime sıcaklığına ayarlayacağız. Bunun için öncelikle filament yapma makinesinin güç düğmesini aktif duruma getiriyoruz. Cihazın motor düzeneğini çalıştıran düğmeye henüz dokunmuyoruz. Şayet çıkarmak istediğimiz filament ABS ise 180 °C, PLA ise 140 °C'ye göre makinayı ayarlamamız gerekiyor. Dijital termostatın AT düğmesinin sağındaki aşağı ve yukarı yönlü okları tıklayarak ekrandaki rakamı ektrüzyon işlemine tabi kılacağımız polimerin gerektirdiği sıcaklığa getiriyoruz.



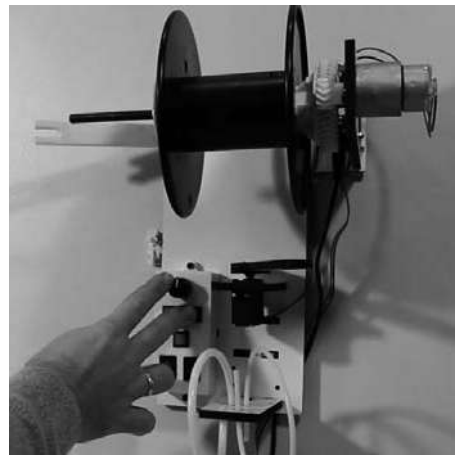
2. İkinci ve son aşamada artık grenül polimerimizi makinaya dahil etmeye hazırız. Çıkarmak istediğimiz filament'in miktarı kadar granülü makinenin granül haznesine koyuyoruz. Bu üretim düzeyinde fire hesaba katılamayacak ölçüde az olduğundan elde edilmek istenile 1 kg filament'in gerektirdiği miktarın 1 kg granül olduğunu söyleyebiliriz. Granül haznesini istediğimiz miktarla doldurduktan sonra dijital termostatı kontrol ediyoruz. Şayet termostatın gösterdiği değer istediğimiz sıcaklık değeri ise (ABS için 180, PLA için 140) cihazın motor start düğmesine basıp makinamızı çalıştırabiliriz. Bu arada fanın çalışır olduğundan emin olmamız gerekiyor. Filament baskı makinesi çalışırken bir yandan sarma makinesiyle ilgilenmemiz önünde herhangi bir engel yok.



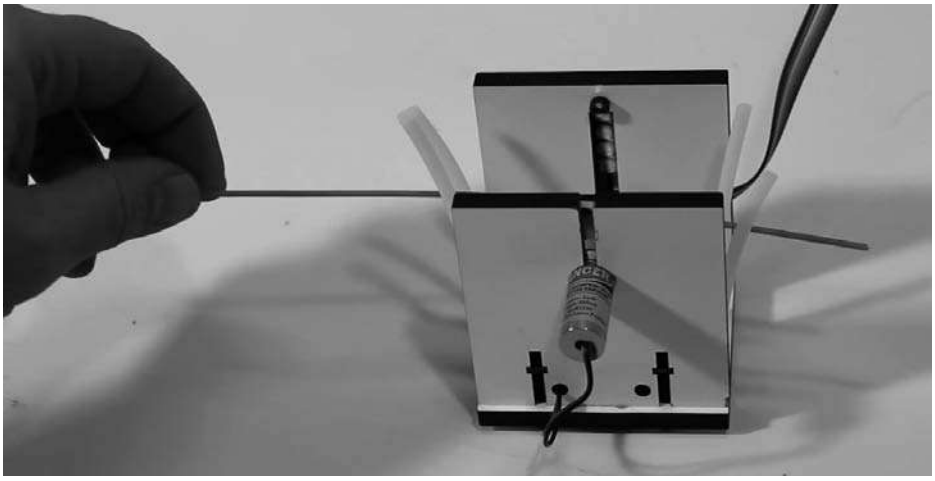
Filawinder Filament Sarma Makinesi'nin Çalıştırılması

1. Extruder cihazı çalışırken filament'i makaraya eş zamanlı bir şekilde sarmak için kullandığımız Filawinder'ı her çalıştırmada yaptığımız yaklaşık 30 sn'lik kısa bir işlemden bahsedeceğiz. Öncelikle Filawinder'ı çalıştıran ana düğmeyi ve otomatik sarma düğmesini aktif duruma getiriyoruz. Ardından, filament'in makarada üstüste yığılmadan düzenli bir biçimde sarılmasını sağlayan kılavuzu kalibre etmek için, sağ üstte bulunan kırmızı düğmeyi bir parmağımızla basılı tutarken diğer parmağımızla potansiyometre ile kılavuzun uç kısmını makaranın sağ iç kısmının denk geleceği maksimum noktaya getiriyoruz. Aynı işlemi sol kırmızı düğme ile makaranın solu iç kısmına uyguluyoruz. Burada yapmak istediğimiz, filawinder'ın kılavuzunun gidip geleceği sağ ve sol maksimum limitleri ayarlamak. Benzer işlemi orta altta bulunan kırmızı düğmeyle, bu defa kılavuzun başlangıç konumunu ayarlayacağız. Bu konum makaranın orta noktası olabilir.

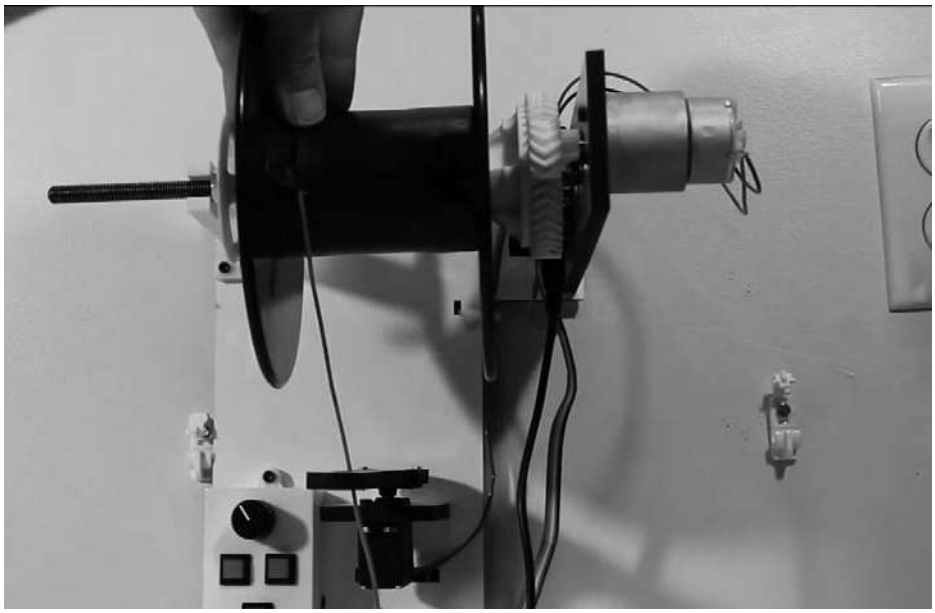




2. Bu aşamada sensörü kalibre edeceğiz. Öncelikle cihazın kontrol ünitesinin sol kısmında bulunan siyah düğmeyle kontrol ettiğimiz otomatik sarma switch'ini kapalı duruma yani manuel pozisyona getiriyoruz. Bunu yaptığımızda makaranın döndüğünü göreceksiniz. Henüz sarma işlemine geçmediğimiz için potansiyometreyi sıfıra getirip makarayı sabitliyoruz. Ardından kontrol ünitesindeki kırmızı düğmelerin altında bulunan düğmeye basıp bir parça filament'i sensörün lazer kısmına aşağıdan yukarıya dek filament'in gölgesini göreceğimiz şekilde 5 saniye kadar gösteriyoruz. Bunu yaptıktan hemen sonra manuel moddan oto moda geçmek için soldaki siyah switch'i aktif duruma getiriyoruz.



3. Son aşamada artık kalibrasyonunu yaptığımız filawinder'ın baskı makinesi ile birlikte eş zamanlı çalışmasını sağlayıp keyif çayımızı içmeden evvel yapacak ufak bir işimiz daha kaldı. Bir süredir çalışmakta olan extruder'dan çıkan filament'i PTFE borudan ve ardından kılavuzdan geçirip makaraya bantlıyoruz ve son tabloda "U" halini alan filament'in sensöre ulaşmasını bekliyoruz. Filament'in sensör kutusuna girmesine son aşamada elimizle yardımcı olabiliriz. Sensörün filament'i görmeye başlamasından kısa bir süre sonra, filawinder'ın makara kısmı dönüp filament'i sarmaya başlayacaktır.



6

Baskı Alma

3 boyutlu yazıcının kullanması yani baskı almak aslında makinenin kendisini yapmak kadar detaylı bir alandır. Çoğu kullanıcı hazır makineler satın almış da olsa ya makinelerini tanımadıklarından, ya da baskı konusunda bilgileri olmadığından düzgün baskı yapamamaktadır. 3 boyutlu yazıcı, 2 boyutlu kağıda çıkış alan yazıcıdan farklı olarak baskı zemininde bir yapı inşa eder. Bir yapı inşa etmek kağıt üstüne çizim yapmaktan farklı ve bir ölçüde de zor bir iştir.

FDM tipi 3 boyutlu yazıcılar nesneleri katman katman inşa eder. Baskı ucu ilk katmandan itibaren salam gibi dilimlenmiş nesnenin her defasında bir katmanını yapar. Üst üste binen katmanlar nesneyi oluşturur. Nesnenin şeklinden, makinenin doğasından, baskı tekniğinden, kullanılan yazılımdan dolayı bu inşa sürecinin bütünlüklü düşünülmesi gerekir. Her nesne kolayca basılmayabilir. Bazı nesneler ise hiç basılmayabilir. Bu nesnelerin daha 3 boyutlu modellenmiş hallerini görür görmez nasıl bir inşa stratejisi izleneceği planlanmalıdır. Nesne basıldığında sonucun ne olacağını tahmin etmek hem bilgi hem tecrübe gerektirir.

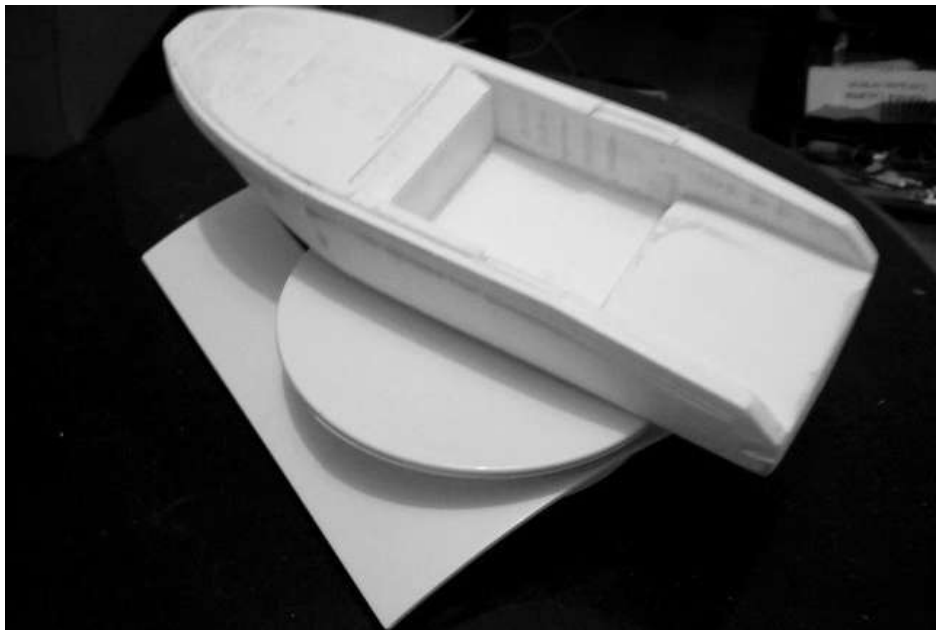
Basılacak nesnenin düzgün basılması için özellikle Slic3r'da doğru baskı parametrelerinin verilmesi önemlidir. Yazıcının teknik kabiliyetine, nesnenin şekline, arzu edilen baskı hızı ve kalitesine uygun olarak parametreler değişiklik gösterir.

3 boyutlu yazıcılarda baskı kalibrasyondan ayrı düşünülemez. Mevzubahis olan bir inşa süreci olduğundan kalibrasyon sadece makinenin düzgün çalışması değil aynı zamanda nesneye uygun çalışmasıdır da. Özellikle 3 boyutlu yazıcınızı kendiniz yaptıysanız ilk basılacak nesneler kalibrasyona yönelik nesneler olmalıdır. Ayrıca hazır satılan yazıcılardan bir bölümü de birleştirilebilir kitler olarak satıldığından sıfırdan

kendi yazıcınızı yapmaktan farksızdır. Son olarak da hazır alınmış kalibre edilmiş bir FDM yazıcının da doğru baskı alacağının hiçbir zaman %100 garantisi yoktur.

Kalibrasyon nesnelerini düzgün basmanın kendisi hem baskıdır hem de kalibrasyon açısından işlevsel niteliği vardır. Kalibrasyon nesneleri STL dosyaları olarak bulunmaktadır. Bu nesnelerin tasarımları yazıcının bazı ayarlarını, firmware ayarları ve Slic3r dilimleme ayarlarını düzeltmek için özel olarak belirlenmiştir.

Baskı sırasında yapılan baskı ucu hareketleri, filament hareketleri ve teknikler özel durumlar için terimlerle adlandırılmıştır. Bu terimler nesnenin belli bir yerini inşa etmek için uygulanması gereken yöntemleri ve aynı zamanda da bu noktada sorun olduğunda sorunu isimlendirmek için de kullanılırlar. Örneğin "köprüleme" terimi yazıcının baskı ucunun iki yüksek nokta arasında havada örümcek ağı gibi veya aynen bir köprü gibi plastikle bağlar kurmasını kasteder. Yazıcının nesnenin bu bölgesini basarken sorun oluşması bir "köprüleme hatası"dır.

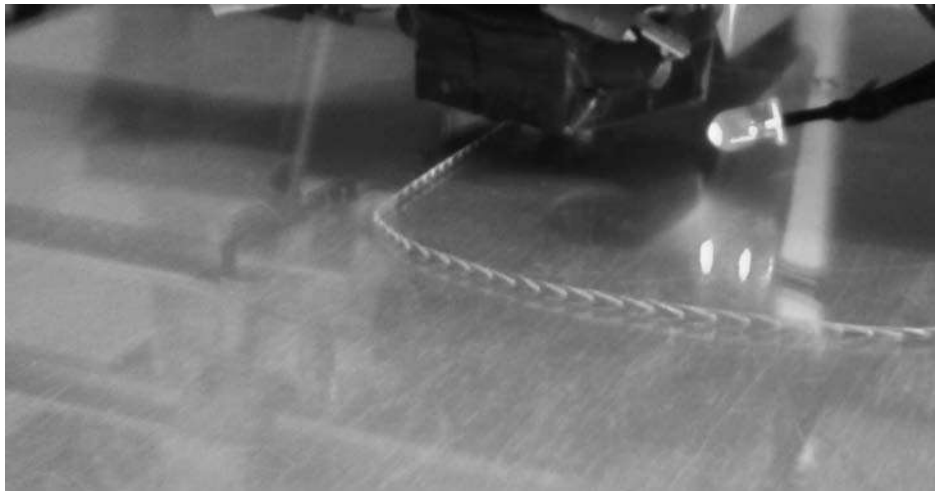


İlk Baskıda Karşılaşılan Sorunlar

İlk baskılarımızı yaparken, yazıcıdan baskı almadan ölçerek yaptığımız kalibrasyon sırasında görmediğimiz sorunlar ortaya çıkacaktır. Bunlar da çeşitli isimlerle adlandırılmıştır. Öncelikle bu hataları tespit edip düzelteceğiz, sonra da baskı sırasındaki "köprüleme" gibi teknikleri ve bunların farklı seçeneklerle farklı şekilde basılmalarını ele alacağız.

Zemin Tutuş Sorunu, Kenar Kalkması ve Çözümleri

Zemin tutuş sorunu savaşılması ve galip gelinmesi gereken ilk sorundur. Birden fazla nedeni vardır. Örneğin baskı ucu zeminin üzerinde olması gerekenden daha yüksekte ise basılan materyal kesik kesik bir görünüm verebilir veya baskı zemini üzerinde sağa sola kayabilir. Durum buysa Z endstop yeri veya baskının başlayacağı Z yüksekliği değiştirilmelidir.



Baskı kafası yüksekte kaldığından zemin tutuşu sağlanmamış.

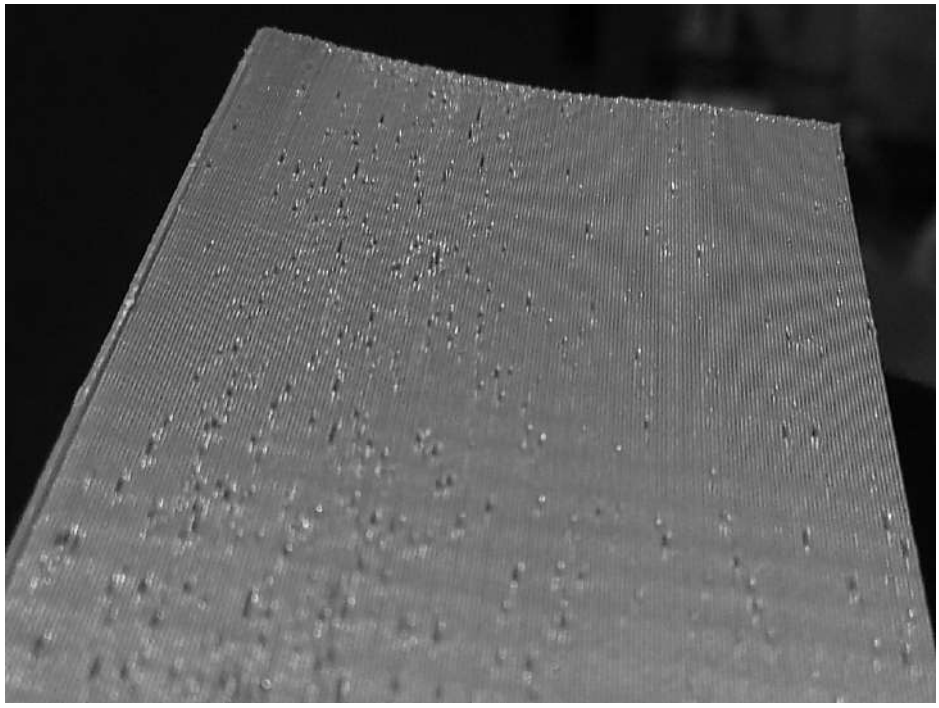
Zemin tutuşunu artırmak için mavi bant, kapton bant, çift taraflı bant zemine yapıştırılabilir. Zemin zımparalanabilir. Sıcak zemin kullanmak önemlidir. Veya zemine yapıtırıcı (Pritt ve japon yapıştırıcısı) uygulanabilir. Son olarak zemine asetonda bekletilerek eritilmiş ABS karışımı ince bir katman olarak sıvanabilir.

Bunun dışında Slic3r ayarlarından Raft parametresi değiştirilerek birkaç mm kadar taban yapılması komutu verilebilir. Böylece nesnenin çevresine tutunmayı artıracak bir zemin yapılır.

Nesne Yüzeyinde Noktasal Boşuklar, Delikler

Bunun nedeni büyük ihtimalle düşük kalite filament kullanımıdır. Filament nemli ortamda tutuduysa, yapılırken içinde hava kabarcıkları kaldıysa bunlar baskıya bu şekilde yansır. Bunu baskı sırasında baskı ucundan çıtır-pıtır şeklinde minik patla-

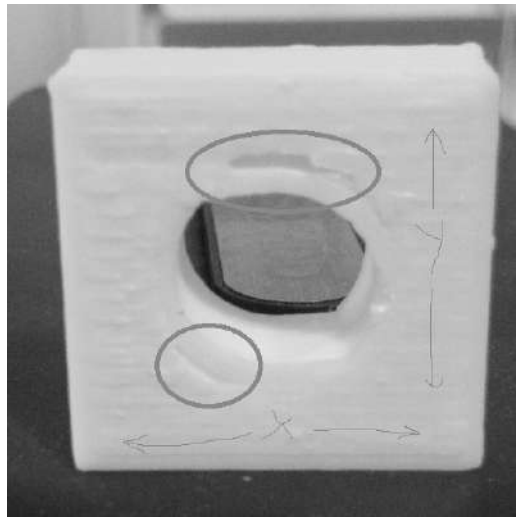
ma sesleri gelmesinden de anlayabilirsiniz. Durum buysa filament'inizi ve/veya filament tedarikçinizi değiştirin. Kendi filament'inizi üretiyorsanız kuru bir ortamda filament çıkarın ve nemsiz bir ortamda saklayın.



Nemli, içinde kabarcıklar olan filament baskıda delikler yaratır.

Orantısız delikler

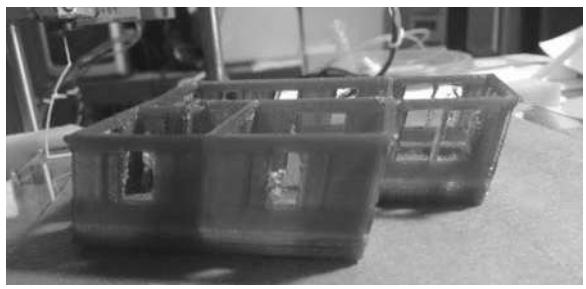
Nesnenin üzerinde tam daire şeklinde bir delik varsa ve bu daire olarak değil de elips olarak basıldıysa eksenlerinizde kalibrasyon problemi bulunmaktadır. Ya firmware'de eksen motorlarından birinin "resolution" ayarı yani "steps per mm" (mm başına adım) değeri yanlıştır ya da bu eksendeki motor eksen bağlantısında problem vardır. Bir kalibrasyon nesnesi basıp X ve Y doğrultularında ölçün. Eğer istenilen ebattan farklı basıldıysa "resolution" (steps_per_mm) değerini değiştirin. Ayrıca dişli kayış kullandıysanız gevşek veya fazla sıkı olmadığından emin olun. Misina kullandıysanız misinayı gergin ve motor milinin iki yönünde bolluk olmayacak hale getirin.



Buradaki delik yukarıdan basık, eksen kalibrasyonları kontrol edilmeli.

Yana Yatık Nesneler

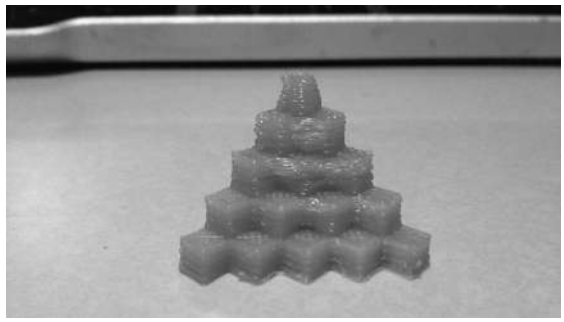
Baskı boyunca her katmanda baskı alanı bir miktar kayıyorsa, sonuç yana doğru yatık bir nesne olacaktır. Bunun nedeni eksen hareketlerindeki bir engel olabilir. Örneğin sadece bir yönde giderken eksenlerde mekanik olarak bir kabloya takılıp geçme oluyorsa baskı ucu hafif hafif kayacaktır. Ya da örneğin eksen hareketi için misina kullandıysanız misinanın bir tarafındaki gerinlik diğer tarafından daha fazladır ve baskı sırasında motor mili döndükçe iki taraf arasındaki gerginlik aktarılarak eşitlenmektedir. Misina sorunu gerginliği düzelterek, ekseni elle sola sağa hareket ettirerek çözülebilir. Fiziksel takılmaları aşmak için kablolar toparlanmalı hareketli parçalardaki pürüzler temizlenmelidir. Son olarak bu sorun motordan geçen akımın fazla veya az olmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu durumda kontrol kartı üzerindeki motor sürücünün akımı belirleyen vidası akımı artırmak için saat yönünde veya akımı azaltmak için saat yönünün tersinde döndürülmelidir.



Örnek ev yazıcımızın yataydaki eksenlerinden biri düzenli olarak kaydığından yana yatık basıldı.

Baskı İlerledikçe Deformasyonlar

Baskı ilerledikçe ortaya çıkan deformasyonlar ısıdan kaynaklanıyor olabilir. Özellikle nesnenin üst katmanlarına ilerledikçe kule gibi sivri ve tek başına kalmış yapılar ısıdan dolayı biçimsizleşebilir. Bu durumda katmanlara soğuyacak vakit vermek için baskı hızı düşürülebilir. Veya parçayı soğutacak bir ekstra fan eklenebilir. Sıcak baskı zemini kaynaklı sorunlar ilk katmanlar basıldıktan sonra sıcak zemin kapatılarak veya ısısı düşürülerek çözülebilir.



Nesnenin üst katmanlarına ilerledikçe malzeme soğuma fırsatı bulamazsa baskı bozulur.

Dolgu (Infill) Sorunları

Nesnede dolgu sorunları birçok nedenle oluşabilir. Dolgu hızlı yapılır ve bol filament kullanılır, dolayısıyla dolguda boşluklar varsa nedeni extruder motorunun filament'i yeterince çekip baskı ucuna basamaması olabilir. Extruder motorunun torkunun yetip yetmediği, yeterli akım verilip verilmediği, "resolution" ayarının yani mm başına step sayısının doğru verilip verilmediği olağan şüphelilerdir. Dolguda kullanılan materyal miktarını artırmak da bir çözüm olabilir. Yine parçayı soğutacak bir fan konulması etkili olabilir.



Dolgu sorunları.

Baskıda Kullanılan Teknikler ve Daha Kaliteli Baskı Alma

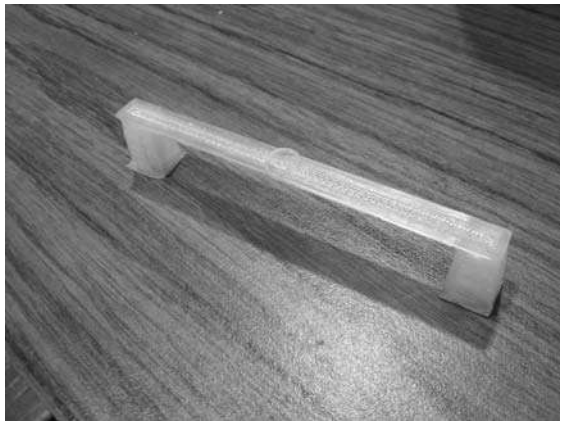
Daha önce de belirttiğimiz gibi baskıda nesnenin yapılabilmesi için belirli noktalarda belirli tekniklerin uygulanması gerekir. Bu teknikleri 3 boyutlu yazıcı kendisi uygulayabilir ancak bunların Slic3r gibi dilimleyici yazılımdan ayarlanması gerekmektedir. Şimdi bu detaylar üzerinde duralım.

Bridging (Köprüleme)

Köprüleme nesnenin iki noktası arasında filament'i bir halat gibi kullanarak bağlar kurulması ve daha sonra bu bağların destek olarak kullanılarak bu bölgenin üstüne baskı yapılmasıdır. Mükemmel köprülemede halat gibi atılan filament'lerde aşağı sarkma olmaz veya minimumdadır. Basılan köprüde boşluklar olmaz.

İyi köprüleme için baskı ısısının iyi ayarlanmış olması gerekir. Her plastik aynı değildir. Her aynı tür plastik, örneğin ABS de aynı değildir. Baskı denemelerinde ısının ABS için 230 dereceden aşağı doğru bir iki derece indirilerek yeni baskılar alınması ve bu farklı baskıların karşılaştırılması doğru ısının bulunmasını sağlar. ABS baskı ucundan çıktıktan sonra fan ile üst katmanların soğutulması da köprüleme için iyi sonuçlar doğuracaktır, yani köprülemede fan önemlidir.

Slic3r'ın köprüleme ayarları arasında Speed sekmesinde Bridges hız ayarı bulunmaktadır. Bu ayarı değiştirerek sonuçlar incelenebilir. Advanced kısmındaki Bridge Flow Ratio ayarı ile köprülemede kullanılan materyal miktarı azaltılarak çıkan filament'in sündürülmesi ve sarkmanın önlenmesi sağlanabilir.



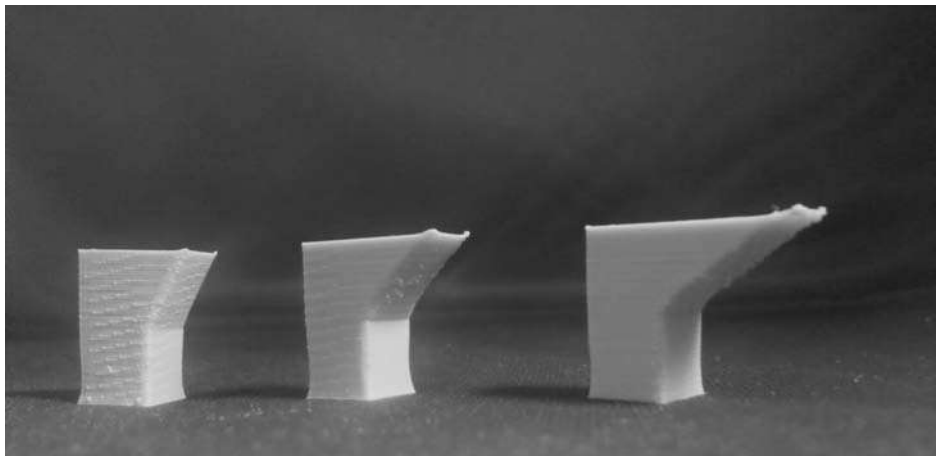
Köprüleme örneği.

Overhangs (Çıkıntılar ve Negatif Açılı Baskı)

Baskıda düz yükselen bir duvar üst katmanlarda yavaş yavaş dışarı doğru genişliyorsa, yani negatif açılıysa, bir çıkıntıdan (overhang) bahsediyoruzdur. Bir çıkıntının açısı büyüdükçe basılması zorlaşır, çünkü üst katmandaki filament'in az bir kısmı alt katmandaki plastiğin az bir kısmı alt katmandaki plastiğe tutunmaktadır. Açı büyüdükçe bu durum iki katmanın kenarda birbirine tutunamamasına, üst katmanın kenardan taşma ve sonunda da sarkma yapmasına neden olur. Yazıcınızın hangi açıda artık düzgün baskı yapamadığını bilebilmek için farklı açılarda overhang kalibrasyon nesneleri basabilirsiniz. Bu nesneleri farklı ayarlarla tekrar tekrar basarak gelişimi gözlemlemeniz de mümkündür.

Overhang için en önemli unsur nesneyi soğutan fandır. Şöyle bir varsayımda bulunalım, eğer katman üstünde baskı ucu dışarı çıkıntı yaptığı anda dışarı taşmış olan plastik soğutulabilseydi hemen katılaşır ve devam edecek olan ve daha da çıkıntı yapacak olan materyal için tutunacak katı bir nokta yaratırdı. Ancak plastik anında donmamaktadır. Yine de en azından iyi bir soğutma ile buna bir miktar yaklaşmak mümkün olabilir.

Çıkıntı uzunluğu artıkça, nesne dışa doğru daha fazla eğimli oldukça destek materyali kullanma ihtiyacı doğmaktadır. Destek yapısı (support) nesne modellenirken kullanıcı tarafından da konabilir. Veya Slic3r ayarlarından "support material" seçeneği aktif hale getirilebilir.



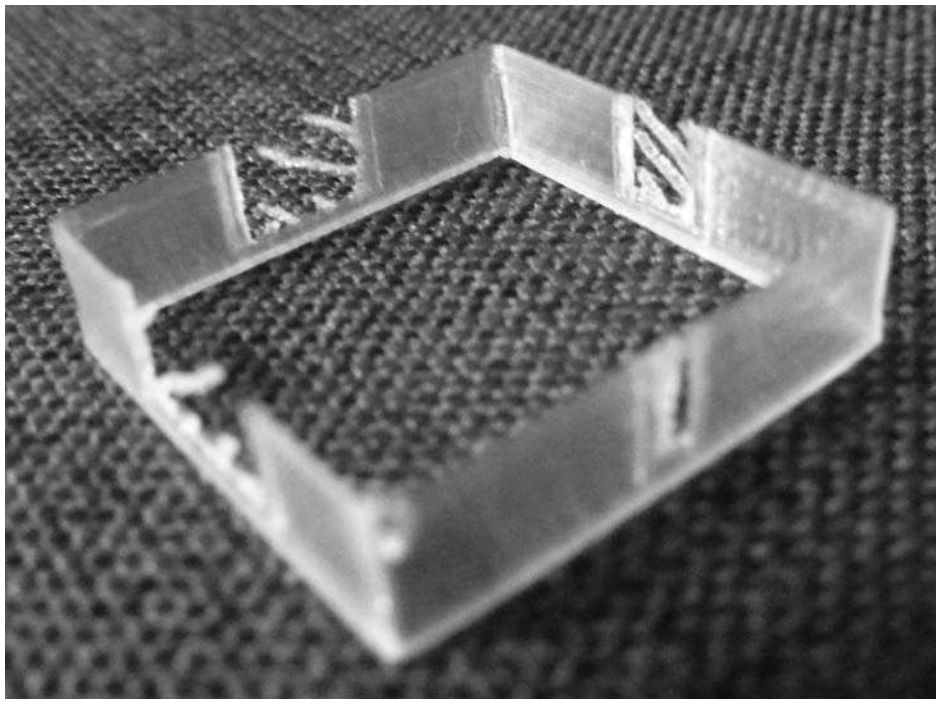
Farklı açılarda çıkıntılar.

Ooze (Akıntı) ve Retraction (Geri Çekme)

Ooze veya oozebane, özellikle sıcak baskı ucunun (hotend) plastiği kendi kendine biraz akıtmasından kaynaklanmaktadır. Her baskı ucu eşit kalitede üretilmemektedir, ayrıca bowden kablosu (teflon boru) kullanan extruder'larda kablonun oynaması da filament'i bir miktar ileri-geri itmektedir. Bu gibi nedenlerde extruder filament'i itmeden de uçtan plastik akıntısı olur. Bu da baskıda nesnenin üstünde her katmanda fazladan çıkmış plastik birikintilerine neden olur. Bir diğer sorun da baskı yapılan bir noktadan diğerine hareket ederken arada gereksiz plastik iplikler oluşmasıdır.

Bu birikintilerle başetmek için Slic3r'da çeşitli ayarlar bulunmaktadır. Bu ayarlardan ilki "retraction" (geri çekme) ayarıdır. Geri çekme filament'in extruder tarafından geri yönde hareket ettirilerek uçtaki çıkan plastiğin akışının durdurulmasını sağlamaktadır. Katmanlar arası geçişlerde, basılan farklı nesneler arası geçişlerde veya nesnenin çeşitli noktaları arasında geçişlerde, arada akıntı olması ve gereksiz plastik parçaları bu şekilde önlenebilir.

Geri çekme dışında diğer bir seçenek de "Lift Z" ayarı ile Z ekseninde baskı ucunun bir miktar kadırılmasıdır. Bu da baskı ucunu nesneden uzaklaştırarak akıntının sağa sola bulaşmasını engeller.



Akıntı sorunu nedeniyle boş yerlerde biriken plastik iplikler.

Örnek Bir Baskı Alalım

1. Önce model temin edilir veya 3 boyutlu modellenir. Modelleme katı modelleme olarak yapılmalıdır yani sadece bir yüzey değil model hacim olarak kapalı bir nesne olarak tasarlanmalıdır. Nesne hazır temin edildiyse baskıya hazır durumda olabilir. Bu durumda doğrudan 4. adıma atlanabilir. Bu örnekte biz Makehuman programıyla bir adam modeli hazırladık. Blender'da açabilmek için Makehuman'da nesneyi export ettik.



Makehuman yazılımında ölçüleri belirlenmiş adam modeli.

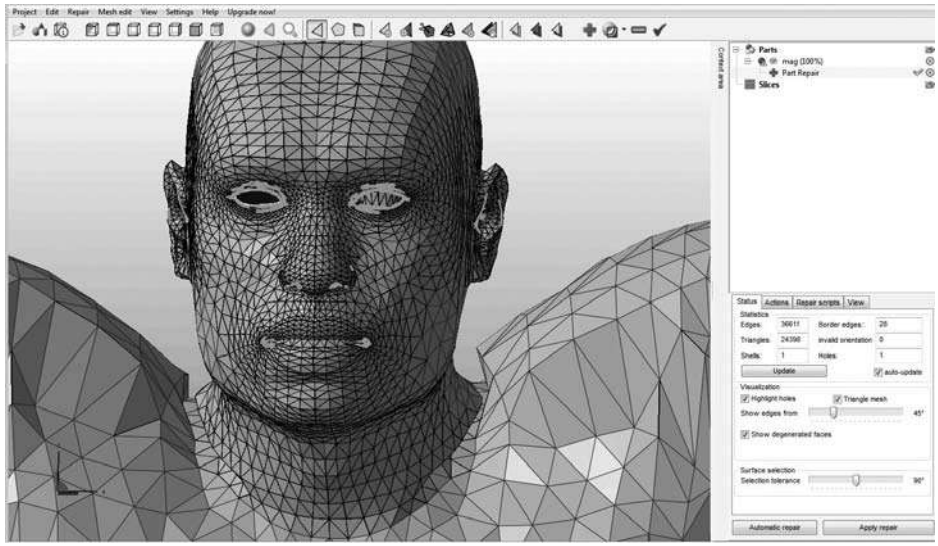
2. Modellenen nesne tamamen baskıya uygun hale getirilir. Bunun için önce modelleme yazılımında delikler ve boşluklar kapatılıp nesne "manifold" ve "watertight" hale getirilir ve STL dosyası olarak kaydedilir. Bu modele biz Blender yazılımında ellerini kaldıracak şekilde poz verdirdik. Modeli STL olarak kaydettik.

Bu programlar ekteki DVD'de yer almaktadır.



Blender'da poz verdirilmiş adam modeli.

3. Netfabb veya Meshlab gibi yazılımlar kullanılarak kalan ufak pürüzler temizlenir, delikler kaldıysa kapatılır. Repetier yazılımı da bir ölçüde baskı öncesinde düzeltmeler yapabilmektedir. Biz örneğimizde Blender'da kapatamadığımız göz çukurundaki delik gibi delikleri Netfabb'ın "repair" (parçayı tamir et) seçeneği ile kapattık. Nesne "katı" (solid) hale, yani basılabilir duruma geldi.



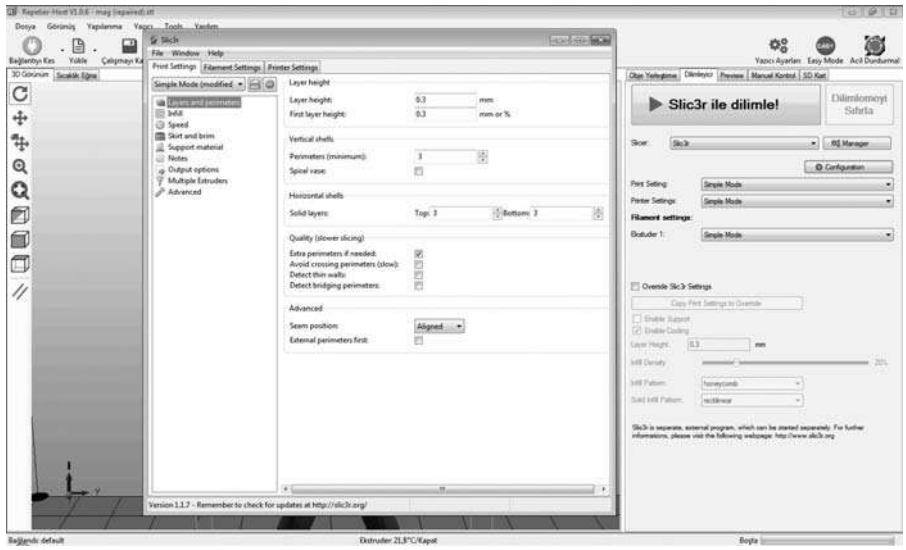
Netfabb'da tamir bekleyen adam modeli.

4. STL dosyası haline getirilen nesne Repetier ve benzeri baskı yazılımına yüklenir. Uygun konuma, uygun boyutta, uygun açıda yerleştirilir. Bu örnekte nesne sahneye küçük boyutlu geldi, bu nedenle büyütme değerini 50 verdik.



Repetier'de açılmış halde adam modelimiz. Büyütüldü ve döndürüldü.

5. Dilimleme için kullanılan yazılım örneğin Slic3r yazılımında inşa sürecinin ayrıntıları parametrelerle belirlenir. Biz nesneyi 0.3 mm katman kalınlığında basmayı tercih ettik.



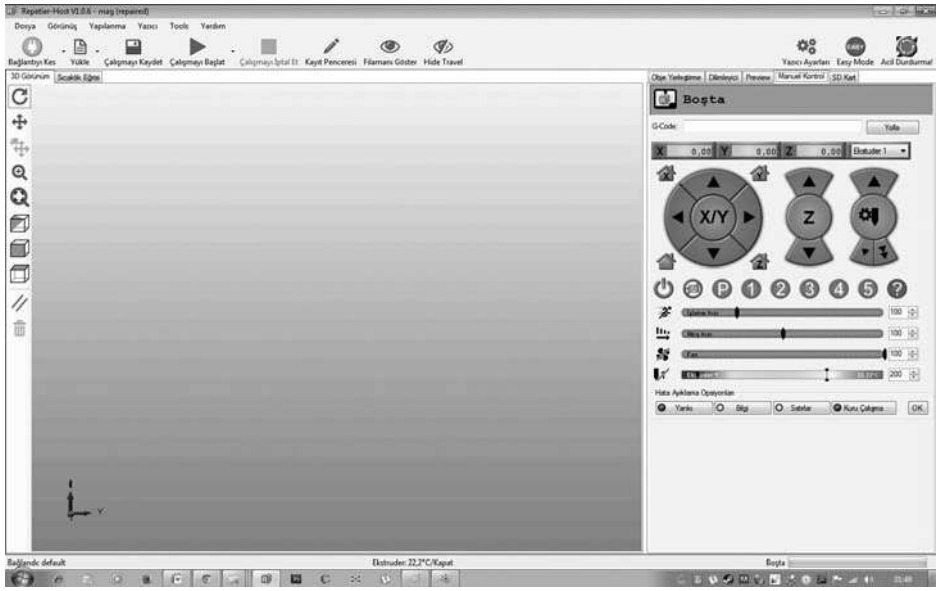
Dilimleyici penceresinde "Configuration" düğmesi ile ayarlar yapılıyor.

6. Daha sonra "Slic3r ile dilimle" komutu verilerek dilimleme işlemi yapılır ve Gcode olarak baskı kafasının ve filament'in inşa sırasındaki hareketleri belirlenir. Biz dilimlemeyi bitirdiğimizde sağda panelde baskının 301 katman olarak bir buçuk saatte yapılacağını, toplamda 3,5 metre filament kullanılacağını öğrendik.



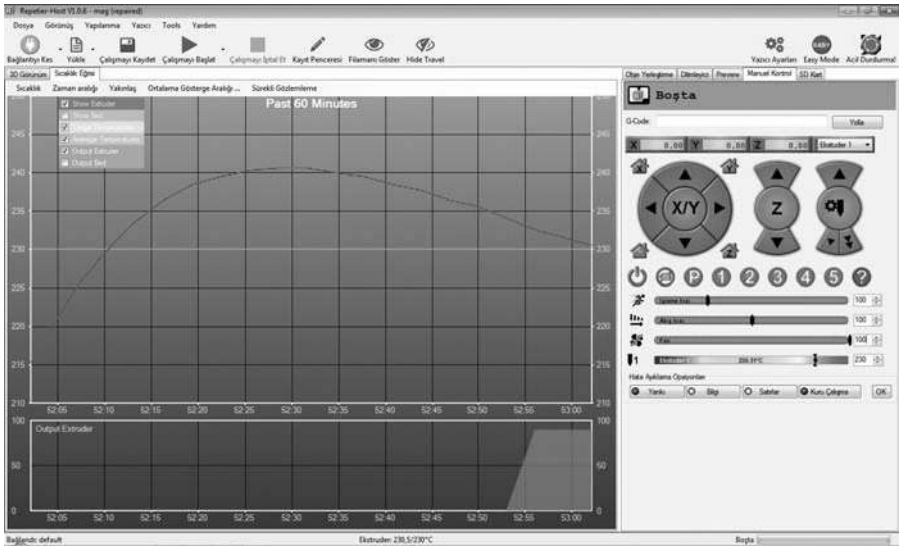
Dilimleme sonrasında katman katman nesnemizin görüntüsü.

7. Baskı yazılımı ile yazıcı bağlantısı kurulur. Yazıcı çeşitli yönlerde hareket ettirilerek ve eksenler Home pozisyonuna getirilerek, ayrıca ısı ölçüm değerlerine, fanların dönüp dönmediğine bakılarak sorunsuz olduğundan emin olunur.



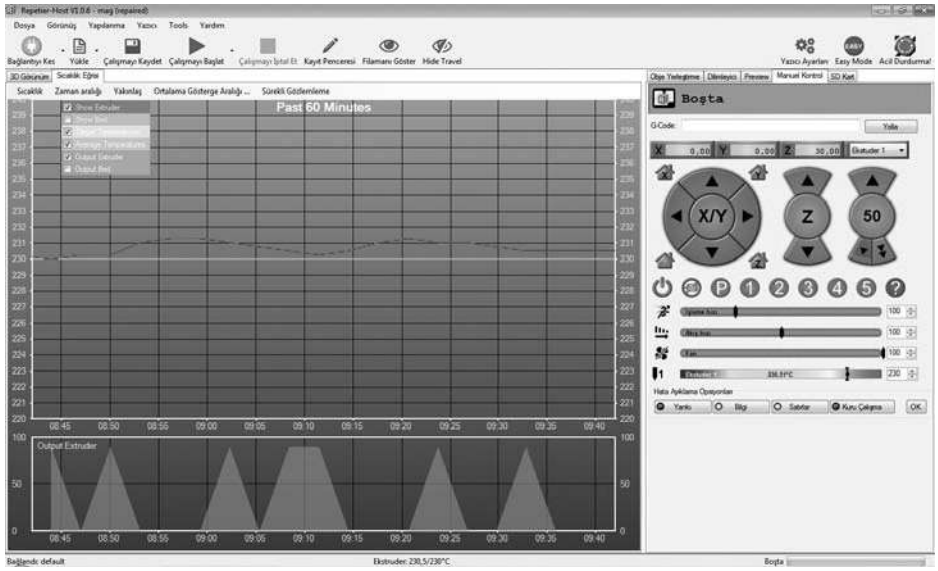
Sağdaki manuel kontrol ayarlarında eksenleri "home" pozisyonuna getirdik.

8. Yazıcı fonksiyonel durumdaysa baskı ucu arzu edilen sıcaklığa getirilir. Biz ABS basacağımız için 230 dereceye getirdik.



Sağ panelde ekstruder 1'e tıklanarak ısı istenilen sıcaklığa getiriliyor.

9. Baskı ucu ısındıktan sonra filament baskı ucuna getirilir ve bir miktar deneme amaçlı plastik akıtılması sağlanır. Biz örneğimizde 50 mm kadar filament'i baskı ucuna taşıyoruz. Baskı ucundan sıcak plastik çıkışı başlıyor.

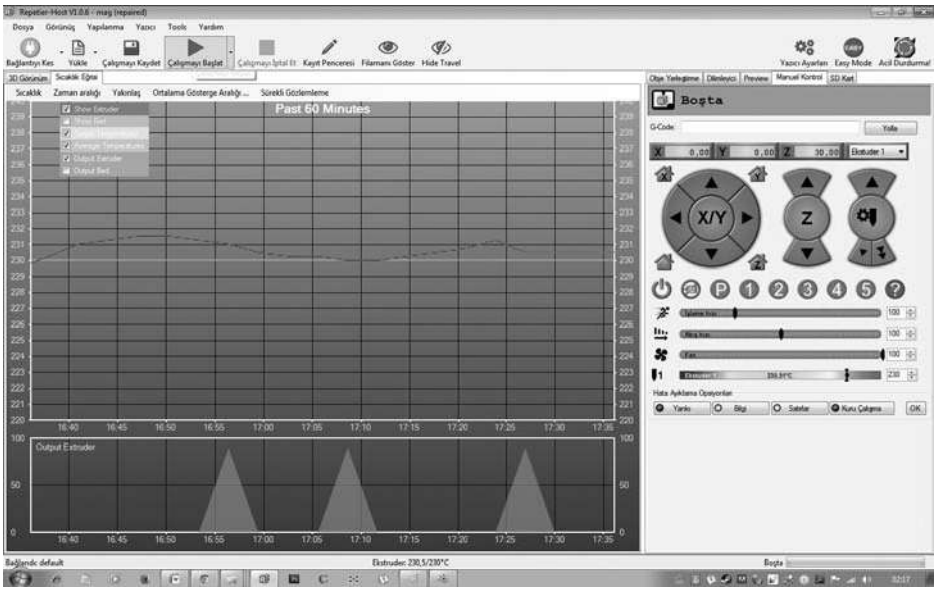


Sağ panelde en sağda filament itme seçeneği de bulunmaktadır.



Sıcak plastik baskı ucundan çıkıyor.

10. Plastik akışında da problem yoksa çıkan plastik silinir ve "Çalışmayı Başlat" düğmesi ile baskı komutu verilir.



Üst panelde "Çalışmayı Başlat" butonu ile baskı başlatılır.

11. Baskı ucu X, Y, Z konumlarında Home pozisyonuna yani endstoplara temas pozisyonlarına gelir ve baskı zeminine yaklaşır. Baskı başlar. Bu aşamada basılan ilk katmanda plastiğin zemini tutuşu sağlandıysa, baskı muhtemelen sonuç iyi ya da kötü de olsa yapılacaktır.



Baskı sürerken adam modelimiz.

12. Basılan nesne ile ne yapacağınız size kalmıştır. İşlevsel bir nesne de basabilirsiniz, bir hediye de.



Fotoğraf için Nisan Lordoğlu'na teşekkürlerimizi sunarız.

Baskı Sonrası Yapılacak İşlemler

Uyarı
Bu bölümde bahsi geçen "aseton" gibi kolay alevlenir maddelerle ev ortamında işlem yapmaktan kaçının. İlgili deneyleri güvenli bir atölye ortamında gerçekleştirmeyi tercih edin.

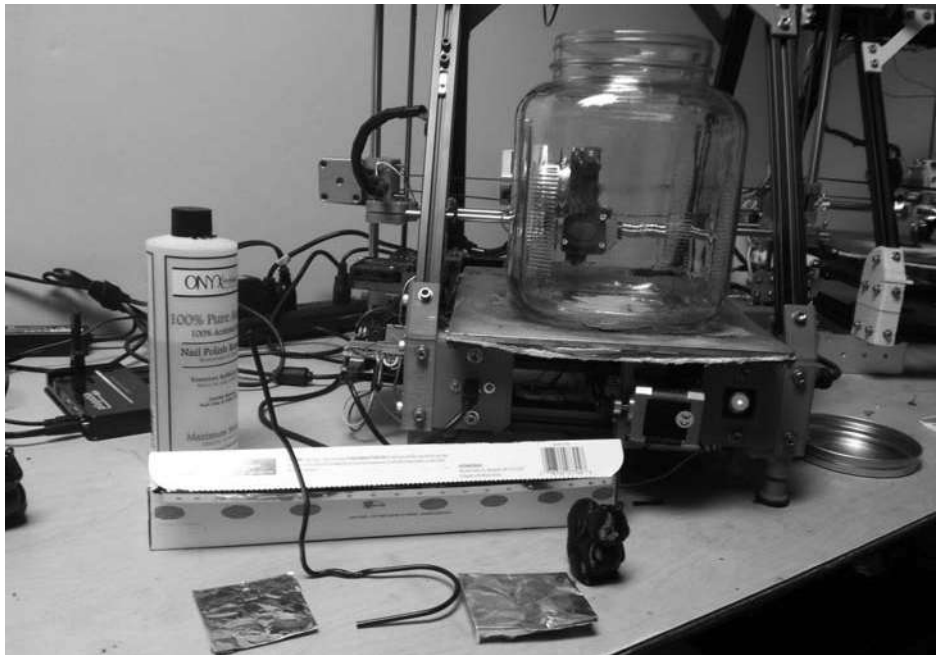
Ne kadar kaliteli ve yüksek çözünürlüklü bir yazıcınız olursa olsun, herhangi bir baskı sonrasında parlak ve pürüzsüz bir yüzey görebilmeniz neredeyse olanaksızdır. Tam da bu yüzden 3 boyutlu baskıda kullandığımız filament'in materyal özelliğine bağlı olarak baskı sonrasında objeyi bir dizi işleme tabi tutuyoruz.

1. Aşama: İnce bir zımpara, cımbız, biraz aseton ve orta boy bir kavanoz işimizi göecektir. 3 boyutlu baskı sonrası elde ettiğimiz objenin üzerinde support malzemesi olarak kullandığımız kısımları ve belirgin fazlalıkları cımbızla nazikçe sökmeye başlıyoruz. Bu işlemi yaparken çok detaylı çalışmanıza gerek yok, zira hemen ardından 2. Aşama olarak zımparayı kullanacağız. Destek unsurlarını ve diğer fazlalıkları cımbızla aldıktan hemen sonra zımpara aşamasına geçiyoruz.



3. Aşama: Objemizin 3D tasarımına zeval vermeden üzerindeki ince bir katmandan oluşan fazlalıkları zımparayla gideriyoruz. Bunu yaparken cismin orjinalliğini bozmamaya çalışın. Mükemmel bir pürüzsüzlük elde etmek için kendinizi harap etmenize gerek yok ve bunu zaten bu aşamada yapmamız mümkün de değil. Aseton, o mükemmelliği yakalamamız için zaten yardımımıza koşacak.

4. Aşama: İstediğimiz pürüzsüzlüğe artık bu aşamanın sonunda ulaşmamız mümkün olacak. Öncelikle bize lazım olacak malzemeler; orta büyüklükte bir kavanoz, yaklaşık 40-50 cm uzunluğunda kalın bir tel, yarım kaşık aseton ve bir mikar alüminyum folyo. Evvela alüminyum folyoyu üzerine objemizi koyacağımız bir platform haline getireceğiz. Bir miktar folyoyu 3-5 kat kadar katlayıp ortası kavanozun zeminine değmeyecek şekle getiriyoruz. Telin bir ucunu çember şekline getirip hazırladığımız alüminyun platformun altına oturtuyoruz. Bu düzeneği aseton buharı kavanozun içindeyken cismi sağlıklı bir şekilde almak için yapıyoruz. Kavanozun içine yarım kaşık kadar asetonu dökdükten sonra cismi plaftormun üzerine koyarak tel yardımıyla platformu kavanozun zeminine oturtuyoruz. Hemen ardından kavanozu olduğu gibi yazıcımızın zeminine koyup heated bed'i (Sıcak Tabla) 105° ye ayarlıyoruz. Sıcak tabla uygun sıcaklığa geldikten bir kaç dakika sonra nesnemizin pürüzsüzleşmeye ve parlamaya başladığını farkedeceksiniz. Bu işlemi 5 dakika kadar yapıp sıcak tablayı kapatın. Ve kavanozun iyice soğuduğundan emin olduktan sonra kavanozun zeminindeki cismi platformla birlikte tel yardımıyla çıkartın.



Aseton banyosu düzeneği.



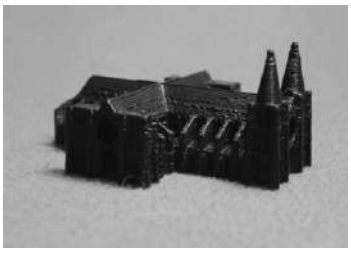
Elde ettiğimiz sonuç, obje üzerinde uyguladığımız her üç aşamada da çektiğimiz eziyete değiyor. Sağdaki cismin pürüzsüzlüğü ve parlaklığına dikkat edin.

Örnek Baskılar

Bu bölümde yer alan baskılar kitapta anlatılan yazıcılarla alınmıştır. Farklılıkları, çıkıntı ve köprüleme örneklerini inceleyebilirsiniz.









Ekteki DVD'de baskı alabileceğiniz örnek nesneler de yer almaktadır.













EK1: Repetier Firmware "Configuration.H" Parametreleri

Bu parametreleri kullanarak Repetier Firmware konfigürasyon aracından çıkan "configuration.h" dosyasını kalibrasyon sırasında değiştirebilir veya firmware'i manuel olarak ayarlayabilirsiniz. Bu sayede online Repetier konfigürasyon aracına dönmeniz gerekmeyecektir. Burada bütün parametreler verilmemiştir, önemlileri gösterecek şekilde özetlenmiştir.

#define NUM_EXTRUDER 1	Extruder sayısı: 1 veya 2
#define MOTHERBOARD 33	RAMPS 1.4 için 33, Melzi (63), RUMBA(80), Rambo (301), Azteeg X3 (34)
#define XAXIS_STEPS_PER_MM 33.33	X ekseni resolution (MM başına adım sayısı)
#define YAXIS_STEPS_PER_MM 33.33	Y ekseni resolution (MM başına adım sayısı)
#define ZAXIS_STEPS_PER_MM 33.33	Z ekseni resolution (MM başına adım sayısı)
#define DRIVE_SYSTEM 0	0 Kartezyen, 3 Delta
#define EXT0_STEPS_PER_MM 503.7	Extruder resolution (MM başına adım sayısı)
#define EXT0_TEMPSENSOR_TYPE 1	Baskı ucu termistör tipi, 1 seçeneği 100K 2 seçeneği 200K, 4 seçeneği 10K
#define EXT0_HEATER_PIN HEATER_0_PIN	Baskı ucu rezistans pini, RAMPS'da D10 için HEATER_0_PIN
#define EXT0_TEMPSENSOR_PIN TEMP_0_PIN	Baskı ucu termistör pini, RAMPS'ta T0 için TEMP_0_PIN, T1 için TEMP_1_PIN
#define EXT0_INVERSE false	Extruder motoru ters döndürme (true = açık, false = kapalı)
#define EXT0_EXTRUDER_COOLER_PIN -1	Baskı ucu fan pini, RAMPS'ta D9 pini için -1 yerine HEATER_2_PIN yazılabilir
#define EXT0_EXTRUDER_COOLER_SPEED 255	Baskı ucu fan hızı (0-255)
#define HAVE_HEATED_BED true	Sıcak zemin (true = var, false = yok)
#define HEATED_BED_SENSOR_PIN TEMP_1_PIN	Sıcak zemin termistör pini, RAMPS'ta T1 pini için TEMP_1_PIN
#define HEATED_BED_HEATER_PIN HEATER_1_PIN	Sıcak zemin ısıtma pini, RAMPS'ta D8 için HEATER_1_PIN
#define MIN_HARDWARE_ENDSTOP_X true #define MIN_HARDWARE_ENDSTOP_Y true #define MIN_HARDWARE_ENDSTOP_Z true #define MAX_HARDWARE_ENDSTOP_X false #define MAX_HARDWARE_ENDSTOP_Y false #define MAX_HARDWARE_ENDSTOP_Z true	X, Y, Z için Minimum ve Maksimum Endstop ayarları (true = var, false = yok)

#define INVERT_X_DIR true #define INVERT_Y_DIR true #define INVERT_Z_DIR true	X, Y, Z eksen motorlarını ters yönde döndürme (true = açık, false = kapalı)
#define X_HOME_DIR -1 #define Y_HOME_DIR -1 #define Z_HOME_DIR -1	Endstoplar hangi yönde "home" edecek (1 = maximum, -1 = minimum)
#define X_MAX_LENGTH 165 #define Y_MAX_LENGTH 175 #define Z_MAX_LENGTH 80	X, Y ve Z ekseninde yazdırma alanı boyutları (mm cinsinden) yazıcı tipi delta ise sadece Z_MAX_LENGTH kullanılır, diğerleri gözardı edilir
#define DELTA_RADIUS 138	Delta yazıcılar delta radius (mm cinsinden)
#define DELTA_DIAGONAL_ROD 250	Delta yazıcılar için kolların boyu (mm cinsinden)

3 BOYUTLU YAZICILAR FİRMALAR İNDEXİ

İZMİR

İletişim:
Kazım Dirik Mah. 302. Sok. No:81 Sutaş Plaza Bornova İzmir
Phone: 90 232 877 16 40
Mobile: 90 552 335 26 56
Fax: 90 232 877 16 54
Email: info@rigid3d.com
Web: www.rigid3d.com

İletişim:
1.Beyler 846 Sok. No 28A D:301 Konak /İzmir
info@pozitra.com
+90 232 484 20 84
http://www.pozitra.com

İletişim:
Megapol Tower Kat:10 Bayraklı, İZMİR - TURKEY -35580
+90 850 885 0 490
(Haftaiçi 09:00-18:00 Müşteri Hizmetleri ve Teknik Servis)
support@makerstuff.net

ANKARA

TEKNODİZAYN

Merkez / 3D Showroom
Adres: Tepe Prime Avenue, C Blok, Kat:4, No : 64
M. Kemal Mah. Çankaya - ANKARA / TÜRKİYE
Telefon 1: +90 (312) 988 15 00
Telefon 2: +90 (312) 988 15 88
e-posta: satis@teknodizayn.com

Fabrika
Adres : ASO 1.OSB Erkunt Cd. No:12-ANKARA
Telefon: +90 (312) 395 85 70
Faks: +90 (312) 395 85 37
e-posta: info@teknodizayn.com

İSTANBUL

Voksel Mühendislik ve Hızlı İmalat Teknolojileri San. Tic. A.Ş.
Koza Plaza B13, No: 48/1 Tekstilkent Cd. Esenler 34235
İstanbul, Türkiye
Tel: +90 212 438 3590
Faks: +90 212 438 3591
E-posta: info@voksel.com.tr

Bomec Robot Teknolojileri San. Tic. Ltd. Şti.
Perpa Ticaret Merkezi B Blok Kat:8 No:1101 Şişli/İstanbul
Tel: 0850 766 0 425
Mail: info@robotistan.com

Adres : Kısıklı Mh. Alemdağ Cad. No:58 Üsküdar İstanbul, 34692 Türkiye
Telefon : +90 216 521 38 40/41
Faks : +90 216 521 38 42
e-posta : info at 3dortgen.com

Genel bilgi: 0 216 612 00 94 - info@3bfab.com
Satış: 0 216 612 00 95 - satis@3bfab.com
Teknik destek: 0 216 612 00 96 - destek@3bfab.com
Facebook: 3bfabrika
Twitter: 3bFabrika

Ofis ve Showroom adresimiz:
3bFab – Promarket Tasarım ve Teknoloji A.Ş.
Ihlamurkuyu Mah. Çanakkale Cad. No 5 Kat: 4 34771 Ümraniye - İstanbul

Uygulamalarla 3 Boyutlu Yazıcı Yapımı ve Kullanımı

3 boyutlu yazıcılar artık sadece tasarım, sanat ve mühendislik gibi alanlarda değil her düzeyde kullanıcının farklı amaçlarına göre de kullanılabilir hale geldi. İnternette 3 boyutlu nesneler paylaşılıyor, 3 boyutlu yazıcılara yönelik sosyal ağların kullanımı artıyor ve 3 boyutlu yazdırma hizmeti çeşitlenerek farklı teknikleri kullanıcılara sunuyor. Masaüstü 3 boyutlu yazıcılar hem eğlence hem de iş için yeni olanaklar getiriyor. Sadece yetişkinler değil çocuklar ve gençler de kendi istedikleri nesneleri, oyuncakları veya oyun nesnelerini kolayca tasarlayıp yazdırabiliyor. 3 boyutlu tarayıcılarla taranan nesnelerin kopyaları kolayca basılabiliyor.

Bu dönüşümü ve imkânı anlayabilmek için en iyi yollardan biri de kendin yaparak öğrenmek. Bu kitapla 3 boyutlu yazıcıların gelişimini, bu dünyanın kendine özgü dilini, 3 boyutlu yazıcıların tekniğini, yazılımlarını öğrenecek ve kendi yazıcınızı tasarlayıp üretecek bilgiye sahip olacaksınız. 3 boyutlu yazıcı sahibi olanlar yazıcılarını daha iyi nasıl kullanabileceklerini, baskıda sorun yaşamamak için baskı tekniklerini, daha kaliteli nesneler üretmenin yollarını bu kitapta bulacaklar.

- **3 Boyutlu Yazıcı Yazılımları ve Örnek Modeller DVD'si ile Birlikte**
- **3 Boyutlu Yazdırmanın İncelikleri**
- **3 Boyutlu Yazdırmanın Tekniği ve Estetiği**
- **Daha Kaliteli Baskı Almak için İpuçları**
- **3 Boyutlu Yazıcı Yapalım: Kartezyen Yazıcı**
- **3 Boyutlu Yazıcı Yapalım: Delta Yazıcı**

Dr. Yavuz Kerem DEMİRBAŞ

1981 yılında Bursa'da doğdu. Cağaloğlu Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra lisans öğrenimini İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde tamamladı. Erasmus programı ile gittiği Kopenhag'da, IT University of Copenhagen'da yüksek lisans tezinin ön çalışmalarını yaptı. Yüksek Lisans'ı Marmara Üniversitesi İletişim Fakültesi İletişim Bilimleri Bilim Dalı'nda "Bir İletişim Formu Bilgisayar Oyunlarında Auteur Oyun Kuramı" konulu teziyle bitirdi. Doktora eğitimini yine aynı bilim dalı altında sürdürürken konuk araştırmacı olarak Utrecht Üniversitesi'nde bulundu. Doktora eğitimini "Bilgisayar Oyunları ve Gerçeklik İlişkisi Çerçevesinde Oyunlaştırma ve Alternatifleri" konulu teziyle tamamladı. Marmara Üniversitesi İletişim Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev almaktadır. "Dijital Fotoğrafçılık" isimli kitabı Pusula Yayıncılık tarafından basılmıştır.

Bora ARLI

1981 yılında Konya'da doğdu. Lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Uluslararası İlişkiler Bölümü'nde tamamladı. Sosyal Güvenlik Kurumu'ndaki memur olarak çalıştı. Manchester'da dil eğitimi gördü. Profesyonel olarak çevirmenlik kariyerini sürdürmekte, ayrıca üç boyutlu yazıcılar konusunda firmalara danışmanlık hizmeti vermektedir. Müzikle yakından ilgili olan Bora Arlı, güncel olarak Klezmer müziği icra çalışmaları ve tarihi üzerine bir çalışma hazırlığı yapmaktadır.

robotistan.com

"Türkiye'nin En Büyük Robotik Marketi"



abaküs Türkiye'nin Bilişim Kaynağı www.abakuskitap.com

info@abakuskitap.com

facebook.com/abakuskitap

twitter.com/abakuskitap

38 TL

ISBN 978-605-9029-02-2

9 786059 129022