

3D PRINTER İLE HIZLI PROTOTİPLEME

Dr. Öğr. Üyesi Selman Tezcan

Bilecik-2026

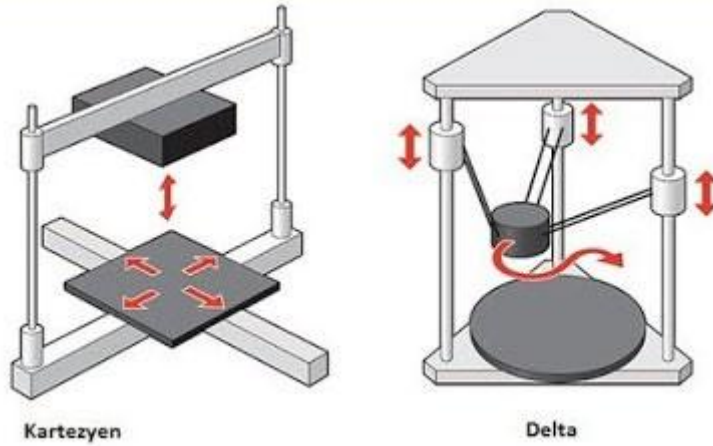
1. Motivasyon

Hızlı prototipleme, bilgisayarda hazırlanan üç boyutlu CAD çizimlerinden direkt olarak elle tutulur fiziksel modeller elde etmemizi sağlayan imalat teknolojisidir. Hızlı prototipleme cihazları vasıtasıyla bilgisayarda çizimi yapılmış her türlü ürünün birebir modelini dakikalar veya saatler içerisinde elde etme imkânı doğmuştur. Hızlı prototipleme cihazları kendi içerisinde farklılıklar göstermekle beraber çalışma prensipleri aynıdır. Bu yöntemde fiziksel modeller tabandan başlayarak katman katman yüzeylerin üst üste eklenmesiyle oluşturulur.

3D printer işlemine aynı zamanda eklemeli üretim (additive manufacturing) de denir. Bu terim, bu teknolojinin nesneler oluşturmak için nasıl çalıştığını tam olarak açıklar. Kullanılan hammadde, bir nesne oluşturmak için ince tabakaların art arda eklenmesini ifade eder. Aslında, tüm 3D baskı teknolojileri, karmaşık şekiller oluşturmak için bir nesne katmanını oluşturdıkları için benzerdir.

1.1. 3D Printer

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



Şekil 1. Kartezyen ve delta üç boyutlu yazıcılar

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

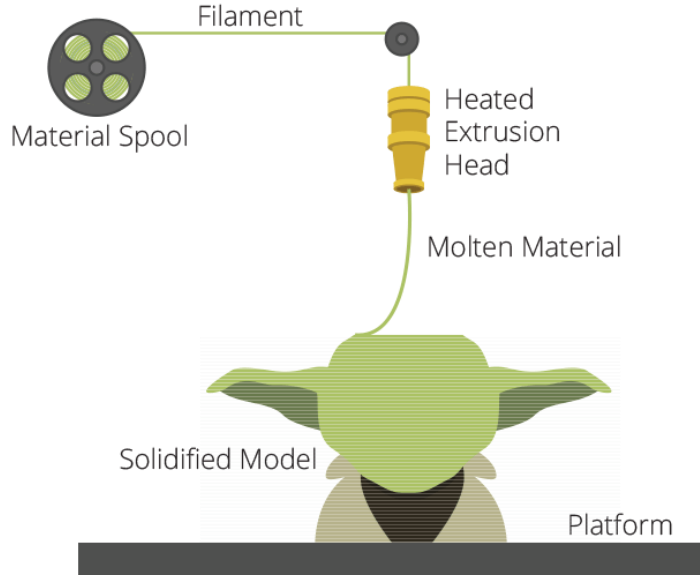
1.2. Nasıl Çalışır?

3D yazıcılar, katmanlı imalat (Additive Manufacturing) diye nitelendirilen bir üretim yöntemi ile çalışırlar. Baskı için birçok hammadde kullanılsa da genellikle filament diye nitelendirilen termo plastik materyaller kullanılır.

3D yazıcıların çalışabilmeleri için 3boyutlu modele, tasarıma ihtiyacı vardır. Bilgisayar ortamında AutoCAD, Solidworks, 3DsMax gibi bir CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) programı ile tasarlanmış

izimler veya 3 boyutlu tarayıcı ile taranmış olan nesneler ‘.stl’ uzantısında dışa aktarılırlar. 3D yazıcı ‘.stl’ uzantısındaki dosyayı algılar ve baskı işlemini gerçekleştirir.

Baskı işlemine başlamadan önce yazıcının ucunda ‘nozzle’ diye adlandırılan kafa bölgesinin belirli bir sıcaklığa gelmesi gerekmektedir. Çünkü 3D baskı işlemi eriyen filamentin katman katman ve üst üste serilmesiyle gerçekleşir. Filamentin düzgün bir şekilde yayılabilmesi için de kafa noktasından çıkartken yüksek sıcaklıkta erimesi gerekir. Kafa noktasından eriyerek çıkan filament yüzeyde yayılır yayılmaz donar ve katı formuna geçer. Tüm katmanlar tamamlandıktan sonra model tamamen katı formda hazır hale gelir.

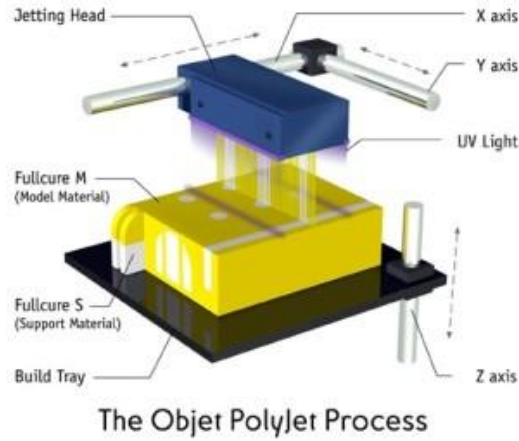


Şekil 2. 3D printer çalışma prensibi

2. Hızlı prototipleme teknolojileri – literatür

2.1. Polyjet

Bu teknolojinin çalışma prensibi inkjet printerlara benzer. Katmanlar fotopolimer reçine malzemenin püskürtüldükten sonra UV ışınla kürlenmesiyle oluşturulur. CAD datası katmanlarına ayrıştırılarak, 3D printer başlığının hareket edeceği yol belirlenir. İhtiyaç varsa üretim esnasında kullanılacak destek yapıları da bu aşamada oluşturulur. İnşa malzemesi olan fotopolimer reçine, püskürtülerek UV ışınla kürlenir ve ilk katman oluşturulur. Kimyasal olarak UV ışınla çabuk kürlenebilen polyjet malzemeleri sayesinde diğer katmanlar da üzerine eklenerek model yapı oluşturulur. Üretim sonucunda oluşacak destek malzemeleri suyla temizlenir ve modelimiz hazırlanmış olur. (Destek malzemesi ve fotopolimer reçine ayrı kimyasal özelliklere sahip olduğundan ayrı kafalardan püskürtülür. Destek malzemesi suda eriyebilme özelliğine sahiptir.) Polyjet sistemlerinde kullanılan hammadde bu yöntemle özgü fotopolimer reçinelerdir. Termal ve mekanik özellikleri birbirinden oldukça farklı olan bir dizi malzeme seçeneğine sahiptir. Bu teknoloji 1990'lı yılların sonunda Objet Geometries firması tarafından geliştirilmiştir.

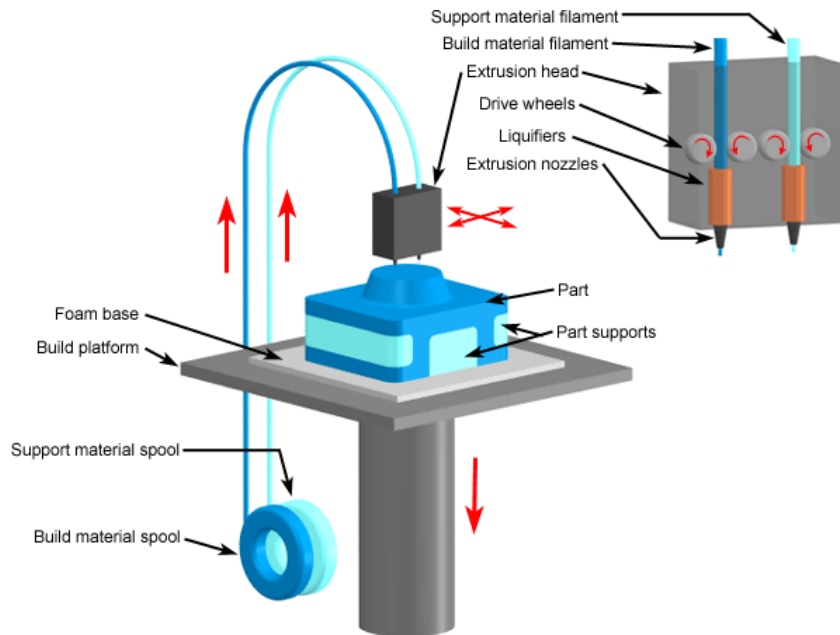


Şekil 3. Polyjet teknolojisi

2.2. Fused deposition modeling (FDM)

FDM (Fused Deposition Modeling) teknolojisi; profesyonel bir 3D yazıcıda filament halinde olan gerçek mühendislik malzemesinin nozzle'da (başlıkta ya da kafada) yarı eriyik hale gelerek, üretim tablasına katman katman dökülmesiyle 3D modeli (prototipi ya da parçayı) inşa eden bir 3D yazıcı teknolojisidir.

Bu teknolojiye, CAD datası katmanlarına ayrıştırılarak, 3D printer başlığının hareket edeceği yol belirlenir. İhtiyaç varsa üretim esnasında kullanılacak destek yapıları da bu aşamada oluşturulur. Filament adı verilen tel halindeki katı malzeme makara ve motor yardımıyla ısıtıcı başlığa yönlendirilir. Başlığa ulaşan katı haldeki malzeme ısıtılarak yarı akışkan bir duruma gelir. Yarı akışkan haldeki malzeme başlıktan akıtılarak yazılım tarafından önceden belirlenmiş spesifik bir yol üzerinde ilerler. Yarı akışkan haldeki malzeme başlıktan çıktığı anda soğuyarak katılaşır ve model geometrisini oluşturan katmanlardan biri bu sayede tamamlanır. Katılaşarak tamamlanan bu katman, başlığın veya üretim tablasının bir birim (katman kalınlığı kadar) hareketi sonucu, örülecek yeni katman için temel oluşturur. Bu süreç modeli oluşturan bütün katmanlar oluşana kadar devam eder. Üretimi tamamlanan modeldeki destek yapıları kırılarak veya (3D yazıcı destekliyorsa) suda eritilerek fiziksel modelden temizlenir ve parça kullanıma hazır hale gelir.

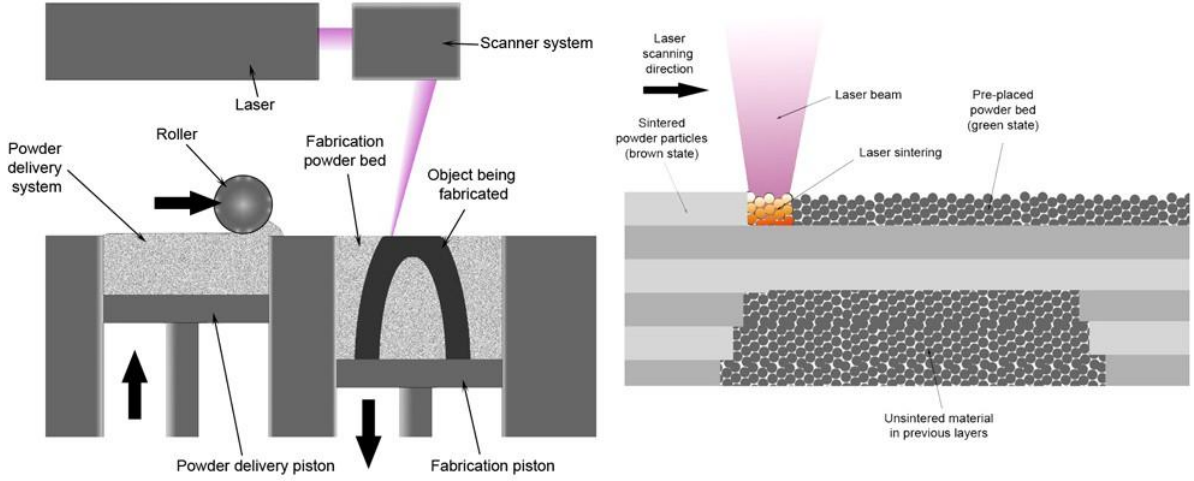


Şekil 4. FDM teknolojisi

2.3. Selective laser sintering (SLS)

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

İnşa malzemesi olarak çoğunlukla poliamid kullanılır. Ancak son yıllardaki gelişmeler sonucu seramik ve metal tozları kullanılabilir. Ancak son yıllardaki gelişmeler sonucu seramik ve metal tozları kullanılabilir.

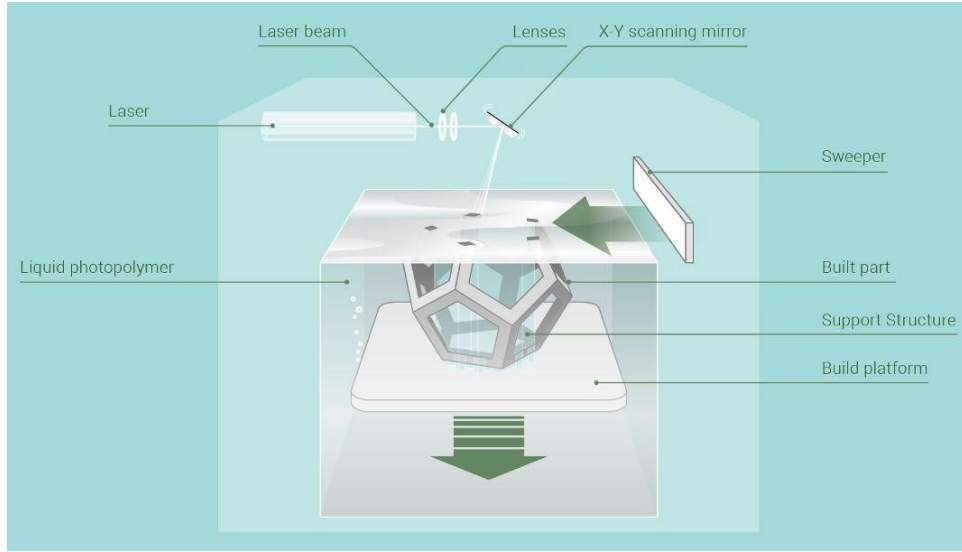


Şekil 5. SLS teknolojisi

2.4. Stereolithography (SLA)

Stereolithography tekniği oda sıcaklığına sıvı halde bulunan fotopolimer reçine tabakasının noktasal bir morötesi (ultraviyole) lazer ışını vasıtasıyla belirli bölgelerinin kürleştirilmesi prensibine dayanır. Bilgisayar destekli üretim (CAM) yazılımı ile hareket eden lazer ışını reçine tabakası üzerinde parça geometrisini tarayarak ilk katmanı oluşturur. İkinci reçine katmanı ilkinin üzerine sıvanır ve kürleştirme işlemi sırasıyla devam ederek parçanın üretilmesi sağlanır. Katmanlar tamamlandıktan sonra parça reçine havuzundan çıkarılır. Parça oluşurken destek görevi gören yapı parçadan mekanik olarak ayrıştırılır.

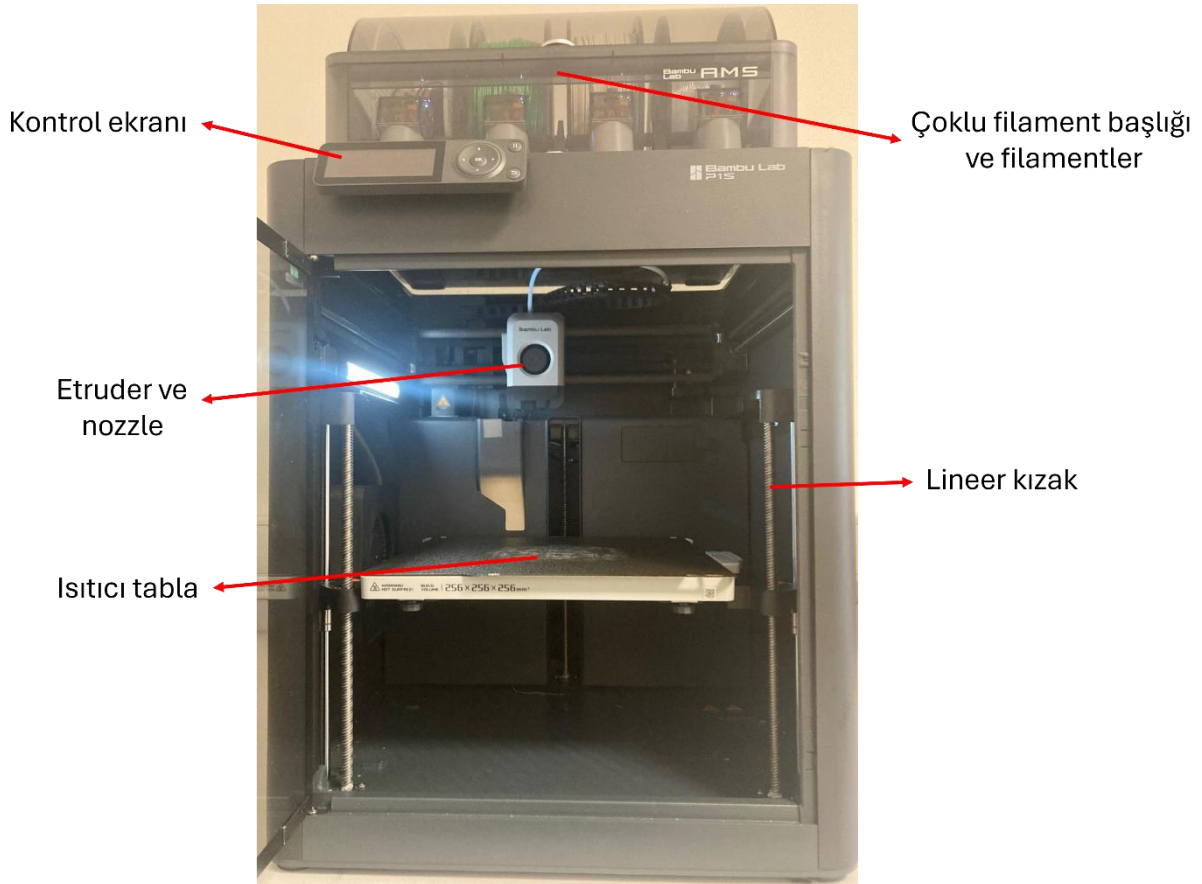
Stereolithography teknolojisinde hammadde olarak bu yöntemde özgü fotopolimer reçineler kullanılır. Termal ve mekanik özellikleri birbirinden oldukça farklı olan bir dizi malzeme seçeneğine sahiptir. Bazı malzemeler ilave kürleştirme gerektirebilir ve bunlar ultraviyole banyosunda ikincil bir işleme tabi tutulmaktadırlar.



Şekil 6. SLA teknolojisi

3. 3D printer ile hızlı prototipleme – (UYGULAMA)

Laboratuvar uygulaması kapsamında FDM teknoloji ile çalışan delta geometriye sahip bir yazıcı ile baskı alma uygulaması gerçekleştirilecektir. Şekilde uygulama esnasında kullanılacak delta geometriye sahip bir üç boyutlu yazıcı gösterilmektedir. Ayrıca aynı şekilde üç boyutlu yazıcının temel elemanları gösterilmiştir.



Şekil 7. Kartezyen 3D printer

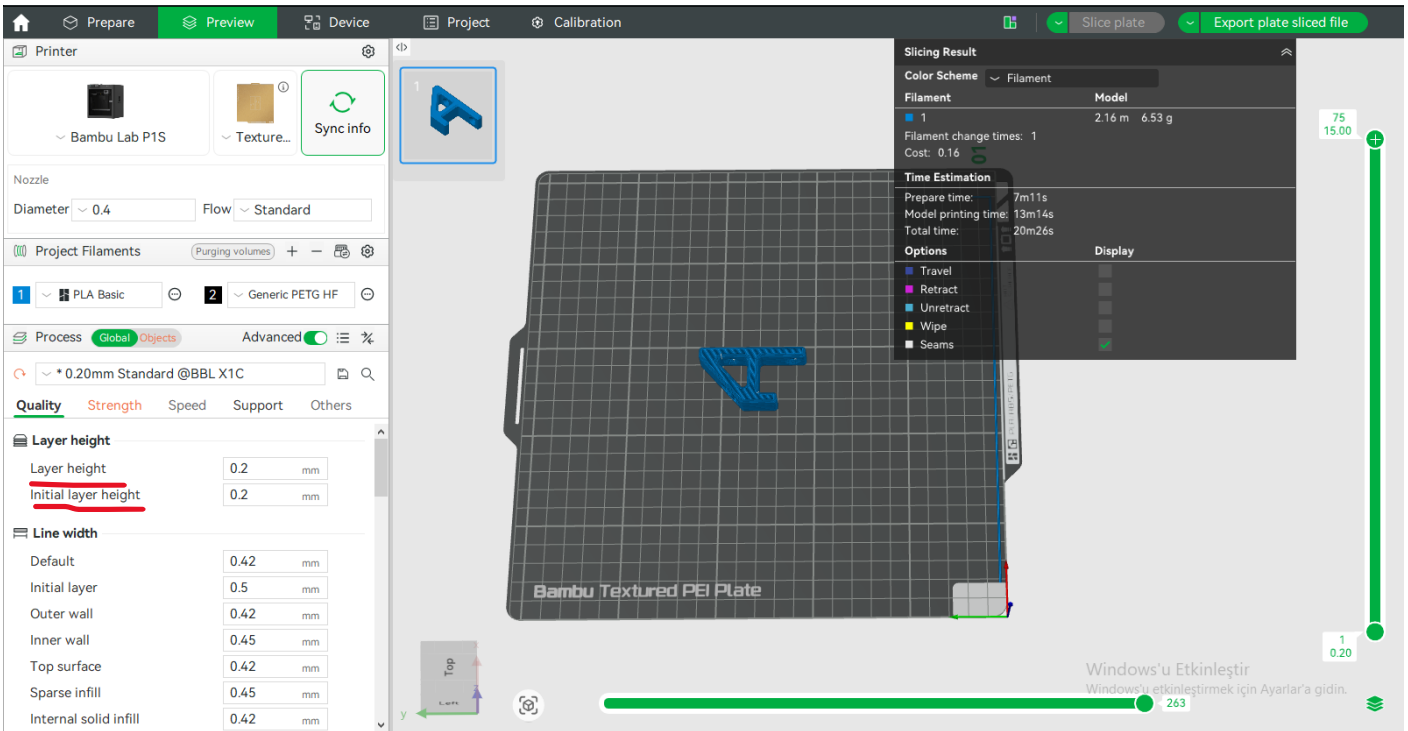
3.1. 3D printer ile baskı alma

Üç boyutlu yazıcılar temel olarak gcode mantığı ile çalışan makinelerdir. Dolayısı ile üretilmesi istenilen parçanın gcode'larının çıkartılması gerekmektedir ve bu kodlar yazıcının anakartına gönderilerek parça basım işlemleri başlamaktadır. Bu işi yapan programlara ise dilimleyici programlar (slicer programları) denir. Piyasada yaygın olarak kullanılan Cura ve Slic3r adlı ücretsiz ve Simply3d isimli ücretli lisansa sahip dilimleyici programları mevcuttur. Bu programlar farklı ara yüzlere sahip olsada temelde yaptıkları iş üretilmesi istenilen parçanın katmanlarına yarılarak, doluluk oranı, katman kalınlığı, baskı hızı ve baskı sıcaklığı gibi parametrelerin seçilip gcode'un üretilmesidir.

3.2. Baskı işlem adımları:

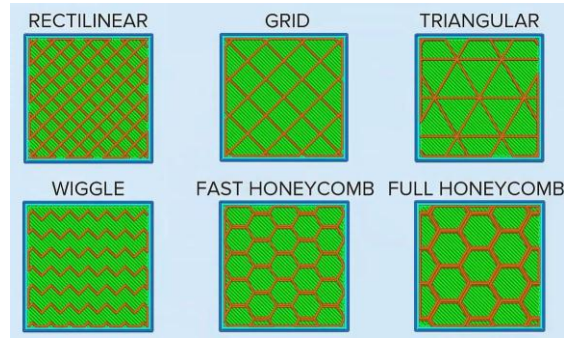
Diğer dilimleyici programlarda benzer arayüzlere sahiptir. Bu uygulamada biz Bambu Studio adlı kendi slicerını kullanacağız.

Öncelikle üretilmesi istenilen parça herhangi bir CAD programında tasarlandıktan sonra STL dosya formunda kaydedilmelidir. Bu stl dosyası Bambu Studio programında açılarak aşağıdaki gibi görülebilir.



Şekil 8. Bambu Studio programı arayüzü-1

Yapılacak ilk ayar basılacak olan parçanın katman kalınlığını ayarlayarak; parçanın alt, yan ve üst yüzeylerinin sahip olacağı katman sayısını belirlemektir. FDM teknolojisine sahip baskı yönteminde parçanın tüm geometrisi her zaman %100 doluluk oranı ile basılmaz parçanın dış yüzeyi belli bir kalınlıkta kabuk olarak üretilir ve parçanın iç yüzeyi gözle görülmeyen yerler belirli bir boşluk oranı ile belirli formlarda doldurulur. Bu dolgu formları çeşitleri aşağıda gösterilen desenlerdedir.

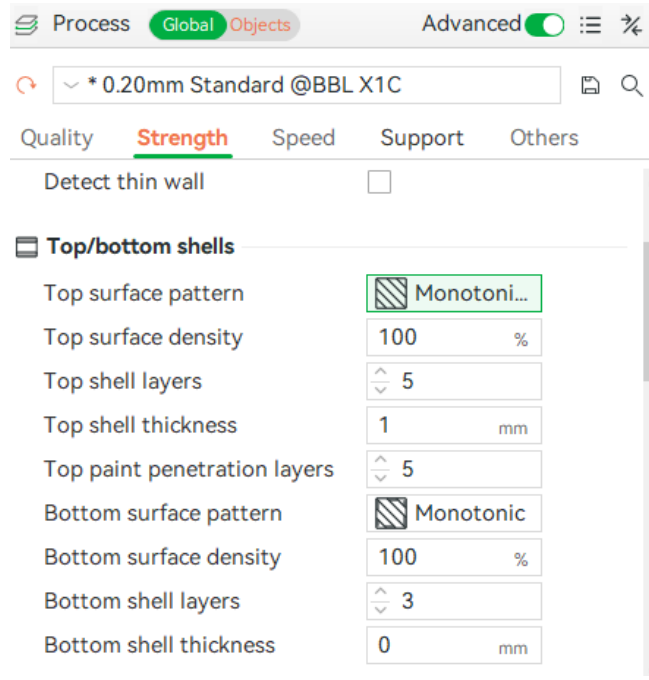


Şekil 9. Farklı dolgu (infill) tipleri

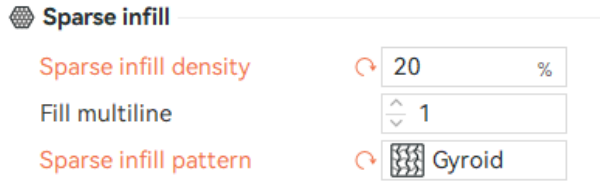
Katman kalınlığı ve doluluk ayarlarından sonra yapılacak diğer temel ayarlar ise hız ayarıdır. Burada hız ayarı parçanın dış yüzeyi basımında, iç doluluk malzemesi basımında ve paçanın basılmadığı yerlerde yazıcı kafanın hızı şeklinde farklı hız ayarları yapılarak tamamlanır. Son olarak kullanılacak hammaddeye ve yazıcının geometrisine göre son ayarlar yapılarak parça baskıya hazır hale getirilir. Bu ayarlar filament malzemesinin baskı sırasında kaç dereceye ısıtılması gerektiği ve eğer parça üzerinde soğutma yapılacaksa hangi seviyelerde yapılması gerektiği tarzı ayarlardır. Aslında ön hazırlık kapsamında yapılan bu ayarlar kullanılan hammaddeye göre ve baskısı alınacak parçanın geometrisine göre özel şekillenmesi gereken ayarlardır.

Quality	Strength	Speed	Support
⚙️ Initial layer speed			
Initial layer	50	mm/s	
Initial layer infill	105	mm/s	
⚙️ Other layers speed			
Outer wall	200	mm/s	
Inner wall	300	mm/s	
Small perimeters	50%	mm/s or %	
Small perimeter threshold	0	mm	
Sparse infill	270	mm/s	
Internal solid infill	250	mm/s	

Şekil 10. Bambu Studio programı arayüzü-2

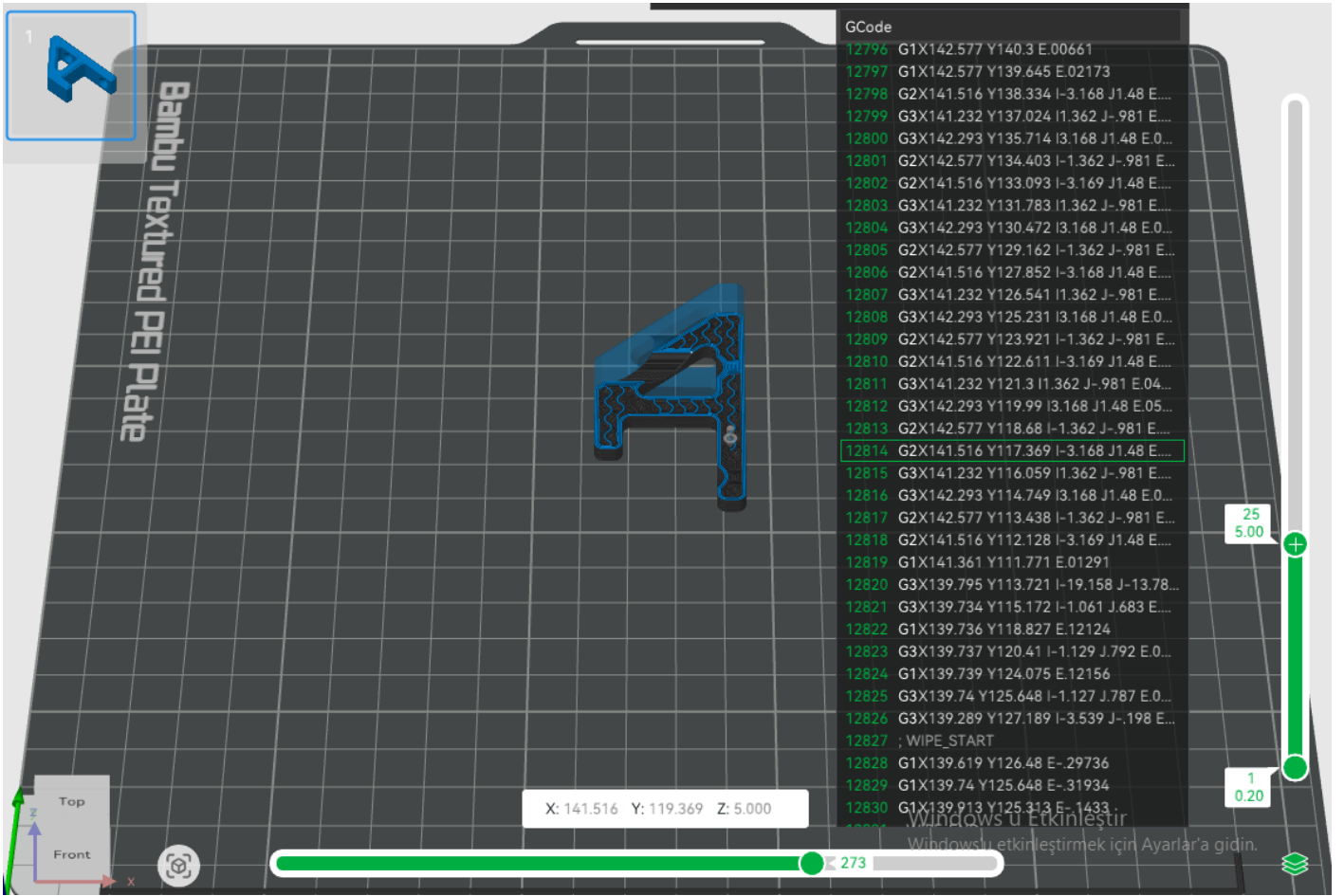


Şekil 11. Bambu Studio programı arayüzü-3



Şekil 12. Bambu Studio programı arayüzü-4

Gerekli ayarlar yapıldıktan sonra kullanılan dilimleyici programa göre program size bir ön izleme sunacaktır. Şekil 13 de baskısı alıncak parçanın 25. katmanı yani 5 mm yükseklikteki kesiti verilmektedir. Ayrıca aynı şekilde bu yükseklikteki baskı katmanında yazıcı kafasının izleyeceği yollar gcode olarak gösterilmiştir. Bu aşamadan sonra export gcode diyerek parçanın basılması için gerekli yollar ve kullanıcı tarafından girilen ayarlar gcode dosyasına aktarılmış olur. Bu aktarılan dosya üç boyutlu yazıcıya aktarılarak baskı işlemi gerçekleşmiş olur. Bu dosyanın yazıcıya aktarılması bilgisayar üzerinden usb kablo yardımı ile olacağı gibi gcode dosyasının sd karta kopyalanarak yazıcıya aktarılması şeklinde de olabilir. Temelde üç boyutlu yazıcı x-y-z eksenlerinde hareket edebilen bir cihazdır. Bu cihazlarda hareket eksenlerde bulunan step motorlar sayesinde gerçekleştirilir.



Şekil 14. Bambu studio programı arayüzü-4 (baskı ön izleme)

Raporda istenilenler:

Araştırma: 3D printerlarda yoğunluklu olarak kullanılan filamentleri yazınız. Birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı oldukları durumları belirtiniz.

Not: Araştırma notunu el ile yazıp teslim ediniz.

Uygulama: ASTM D638 veya ISO 527-2 standartlarına göre oluşturulmuş plaka çekme numunesini katı modelleme programında çiziniz (**Çizim içinde numunenin ortasına ad ve soyadınızın ilk harflerini oluşturunuz**). Çizdiğiniz numuneyi .stl formatında kaydediniz. Daha sonra Bambu Studio programında basım özelliklerini belirleyerek gcode.3mf formatında kaydediniz. Kaydettiğiniz .stl ve .gcode.3mf dosyasını selman.tezcan@bilecik.edu.tr e-mail adresine gönderiniz.

Not: Dosya isimlendirmelerinde öncelikle ad ve soyadınızı yazmayı unutmayınız. (Örnek selman_tezcan_3D_Yazıcı_Deneyi.stl)