

BCN3D Smart Cabinet Filament Kurutma ve Saklama Rehberi

3D baskı uygulamalarınızda fark yaratmak için filament kurutma ve ideal filament saklama koşulları hakkında alternatif çözümler sunan BCN3D Smart Cabinet'i rehberimizde tanıyalım.

Higroskopisite nedir?

3D baskı filamentleri üretildiği malzeme türüne göre avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Dezavantajlar sıralanırken önemle vurgulanan Higroskopik özellik, malzemenin neme karşı duyarlı olma yani nemi çekme özelliğidir. Bir filament higroskopik ise 3D baskı ve filament saklama sürecinde ekstra özen ve dikkat gereklidir. Havadaki nem oranı yüksek olan coğrafyalarda, kuru bir ortam temin edilmediği takdirde higroskopik filamentler kısa sürede havadaki nemi içine çeker ve deforme olur.

Filament kurutma işlemi nedir, neden gereklidir?

Tam da bu noktada, **filament kurutma** işleminden söz etmek gerekir. Higroskopik olmayan malzemeler, havadaki nemi yalnızca yüzeyinden emerken, higroskopik malzemeler nemi içine çeker. İlk gruptaki malzemeleri yüzeyden ısıtarak nemden kurtarmak mümkün olsa da, ikinci gruptaki malzemelerde kurutma işlemleri daha zahmetlidir ve başarı oranı daha düşüktür.

Higroskopik filamentlerin doğru koşullarda saklanması veya dehidrasyon teknikleri ile kurutulması önem taşıyor. En yaygın filamentlerden olan PA, TPU, PVA, PET-G ve ABS filamentleri de higroskopik özellikler taşıyor.

BCN3D tarafından yayınlanan bu [teknik bilgi dokümanı \(whitepaper\)](#), nem oranının polimerler üzerindeki etkisini ve

geleneksel metotlara kıyasla Smart Cabinet'in verimliliğini inceliyor.

Nem oranı ve filamentler

En higroskopik filamentlerden PA, PVA ve TPU incelendiğinde, her birinin ne kadar su emdiğini ve ne ölçüde performans kaybı yaşandığını alttaki tabloda görebiliriz.

Deney No	Nem Oranı	PVA	PA	TPU
1	<10%	-0,15%	0,00%	0,00%
2	12%	0,20%	0,10%	0,11%
3	30%	0,32%	0,31%	0,32%
4	40%	0,47%	0,31%	0,32%
5	70%	1,22%	0,92%	0,61%

Farklı nem oranlarında, PVA, PA ve TPU filamentlerde yaşanan ağırlık değişimi.

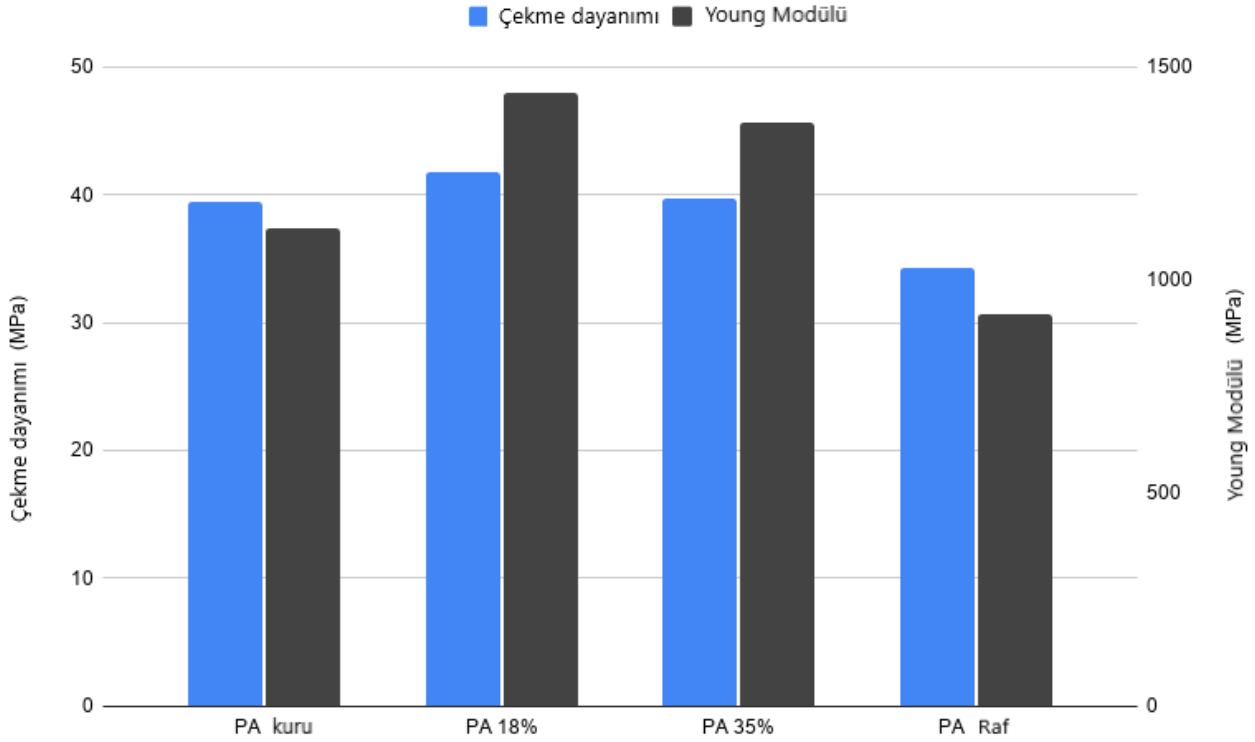
İçlerinde en az higroskopik filament olduğu görülen TPU, hatalı saklama koşullarında dayanıklılığı en düşük filament oldu.

	PVA	PA	TPU
Higroskopisite	En Yüksek	Orta	En düşük
Hatalı saklama koşullarında dayanıklılık	Yüksek	Zayıf	Çok Zayıf
Nem oranı sınırı (4 gün)	40%	30%	12%
Ağırlığa göre su emme limiti	0.47%	0.10%	0.05%

Test edilen malzemelerin 3D baskıya uygun kalma sınırları

Bir sonraki adımda, geçen zamanın farklı malzemelerin su emme oranı üzerindeki etkisi incelendi. Sonuçlar gösteriyor ki, FFF 3D baskı sürecinin istikrarı ve çıktı kalitesi üzerinde

nemlilik ve yanlış muhafazanın etkisi büyük. Üçüncü testte, 4 makara PA filamentin tüm nemi alınıp, farklı nem koşullarında saklanarak çekme dayanımı ölçüldü. Sonuç olarak, filamentteki suyun çekme dayanımı ve Young modülü gibi mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilediği görülüyor.



Farklı nem seviyelerinde saklanan PA filament makaralarının mekanik özellik değerleri

Filament kurutma yöntemleri

Filament Kurutma için Geleneksel yöntemler

1. Fırınlama

Erişilebilir bir çözüm olan fırınlama, pek verimli bir seçenek değil. Filamentlerin çekme dayanımını azaltan ve hatta erimeye sebep olan fırınlama aynı zamanda yüksek enerji maliyetleri yaratıyor. Ek olarak, çok zaman alıyor ve verimliliği düşürüyor.

2. Klima ve Nem giderici

Klima veya nem giderici gibi çözümler yüksek maliyet yaratır. Ayrıca bağıl nemi %40 seviyesinin altına getirecek şekilde filament kurutma becerisi yoktur. Ek olarak, ortam sıcaklığı düşükken fayda sağlamaz.

3. Nem gidericili kurutucular

Bağıl nem seviyelerini kontrol altında tutmak mümkün değildir ve sürekli olarak değişim ve bakım müdahaleleri gerektirir. Özellikle kıyafetlerin ve ayakkabıların rutubete karşı korunması için kullanılan silika jel kurutucu paketleri de desikant (nem giderici) kurutuculardır.

Filament Kurutma için Profesyonel Yöntemler

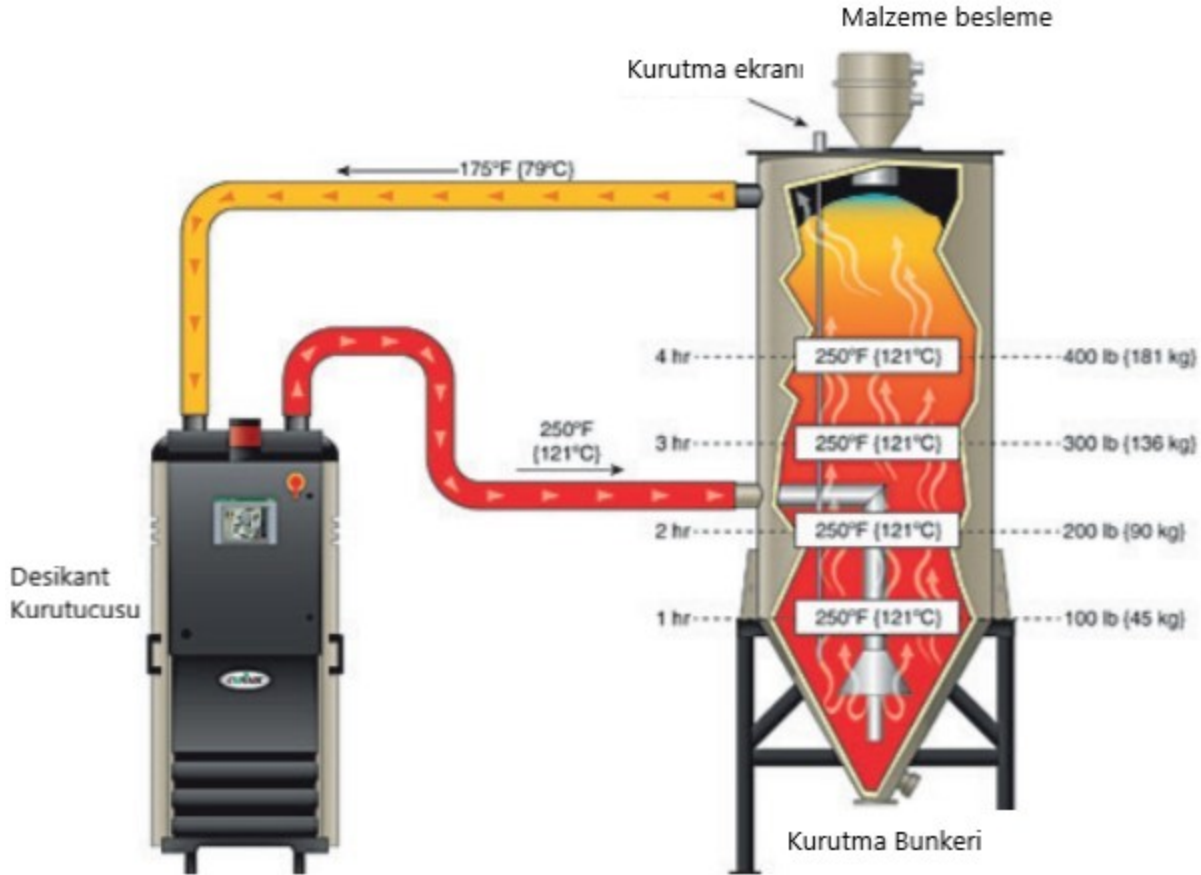
1. Fiziksel (Adsorption) Kurutucular

Fiziksel (Adsorption) kurutucular, higroskopik katı malzemeler ve polimerlerin kurutulmasında yaygın bir yöntemdir. Havadaki su moleküllerini yakalayarak havadaki nemi büyük ölçüde azaltmayı sağlar. Silika, alümina veya havadan büyük miktarda su emme kabiliyetine sahip olan ve yeniden üretilebilen özel killerden yapılır. Havadan belirli bir miktar su emdikten sonra, adsorpsiyon malzemesi doymuş hale gelir ve etkinliği hızla bozulur. Kurutucu malzemeleri ısıtma odasından izole ederek ve sıcaklığını artırarak, emilen tüm nemi çevreye bırakmak ve malzemeyi rejenerasyon ile yeniden kullanmak mümkündür.

BCN3D Smart Cabinet de bu çalışma mantığına sahiptir. Sürekli kurutma ve rejenerasyon döngüleri, depolanan makaraların etrafında sabit bir kuru ortam sağlar ve filament aniden dış değişikliklerden korur.

2. Sıcak Hava Kurutucuları

Sıcak ve kuru havanın dolaştırılmasıyla kurutma gerçekleşir. PLA gibi malzemelerin ısı dayanımı düşük olduğu için, bu işlem daha çok, higroskopik olmayan ve erime sıcaklığı yüksek malzemelerde etkilidir.



Sıcak hava ile filament kurutma süreci. Kaynak: [Process Heating](#)

3. Vakum İşlemi

Vakumla kurutma, buhar basıncı ve sıvılarda kaynama noktasının birbirine bağlı olması prensibine dayanıyor.

çevresel baskı üzerine. Normal şartlar altında, NŞA, (25 °C ve 1 bar) hem buhar hem de sıvı halde bulunabilir. Denge durumundaki iki fazın oranı sıcaklık ve basınç ile kontrol edilebilir. Atmosfer basıncını düşürerek suyun kaynama noktasını düşürmek mümkündür. Örneğin, basınç normal atmosfer

basıncının onda birine düşürülürse (1.0'dan 0.1 atm'ye), suyun kaynama noktası 100 °C'den 33 °C'ye iner. Bu şekilde, sıcaklığı değiştirmeden sıvıları buharlaştırmak mümkündür. Bu nedenle, vakumla kurutma, özellikle higroskopik özelliği yüksek katıların su içeriğini azaltmanın en zararsız yöntemlerinden biri olarak görülüyor. Bununla birlikte, ekipman maliyeti ve sürekli bakım gerekliliği vakumla kurutmanın önemli dezavantajlarından oluyor.

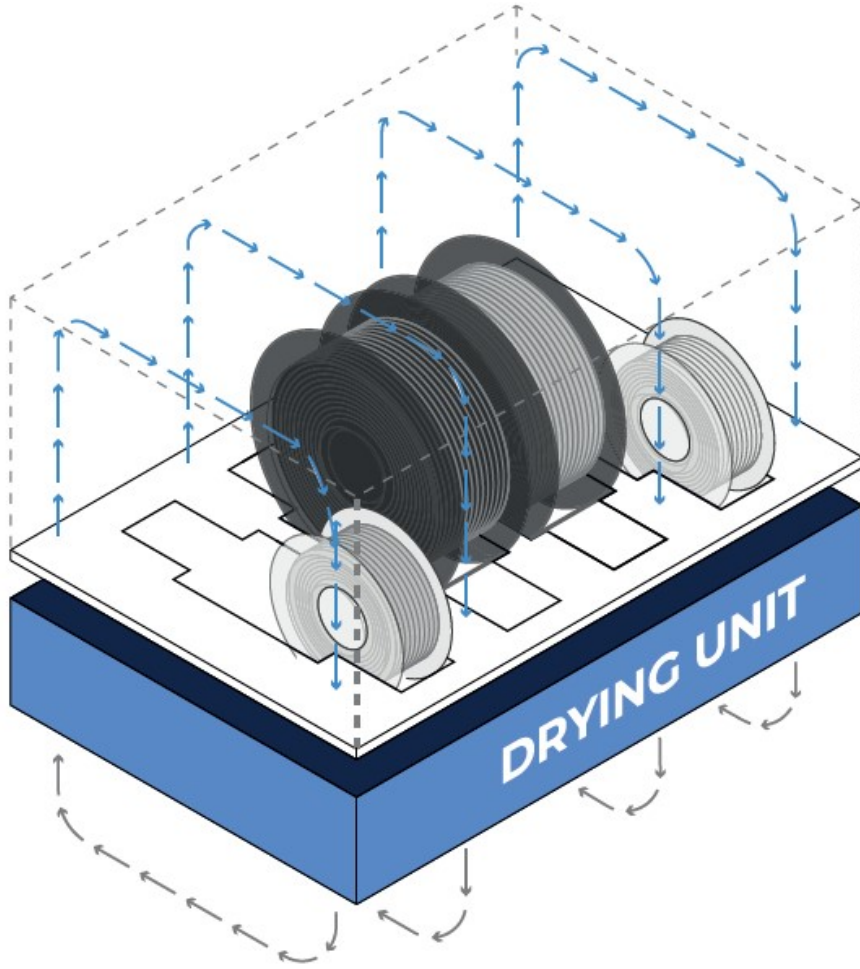


Vakum kurutucu. Görsel: AMTechniques

4. BCN3D Smart Cabinet

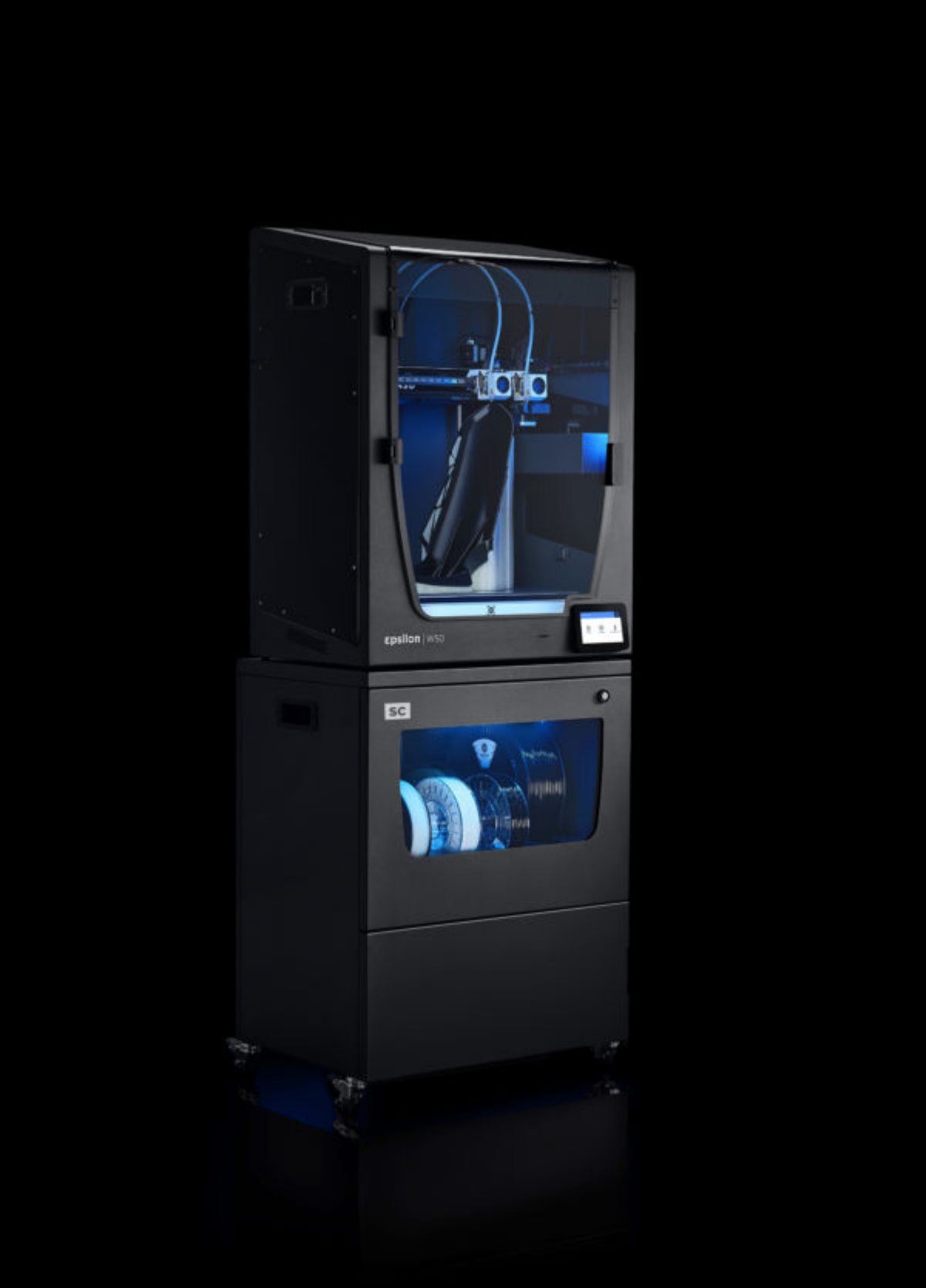
Bahsi geçen yöntemlere kıyasla, BCN3D Smart Cabinet çok düşük enerji tüketimine sahiptir. (Ortalama 12 W / Maksimum 100 W) Aynı zamanda filamentleri, çoğunluk için ideal olarak %40 bağıl nem seviyesinin altından tutar.

750 g ila 1 kg arasında 8 makara filamenti veya adedi 2,7 kg'a kadar 4 makarayı kurutabilir. Bunu ısı kullanmadan yapar ve böylece malzemelerin çekme dayanımını korur.



BCN 3D Filament kurutma düzeneđi.

BCN3D Smary Cabinet filamentleri uzun vadede korur ve neme bağlı 3D baskı hatalarını önemli ölçüde azaltır. İçindeki silika jel, baskı haznesindeki havadan nemi emer. Jel doyum noktasına ulaştığında, filamentten izole edilir ve ısıtılarak emdiği suyun sistemden uzaklaştırılması sağlanır. Bu boşaltma işleminin ardından silika jel yeniden kullanıma hazır hale gelir. Bu süreç, filamentlerin etkin bir şekilde kuru kalmasını ve kullanım için ideal koşullarda saklanmasını sağlar.



BCN 3D Smart Cabinet

Malzeme koruma özelliğinin yanı sıra Smart Cabinet, Kesintisiz Güç Tedariği (Uninterruptible Power Supply/UPS) özelliği sunar. Saatler süren baskıyı mahvedebilecek veya ekipmana zarar verebilecek enerji kesintilerine karşı koruma sağlar.

3D yazıcılar, 3D baskı filamentleri ve daha fazlası için [3dörtgen Blog](#)'u ziyaret etmeyi unutmayın!

CIM UPC ve BCN3D'nin 3D Baskı Üretim Serüveni

Daima yeni teknolojilerin arayışı içinde olan, eklemeli imalat alanında uzman CIM UPC, son kullanım uygulamalarının üretim sürecinde radikal bir dönüşüme başvurdu. BCN3D yazıcılardan ve [Smart Cabinet](#)'ten (Akıllı Kabin) oluşan küçük bir baskı çiftliği, hem düşük hacimli toplu üretim hem de büyük parçalar için en iyi seçenek olduğunu kanıtladı.

BCN3D Technologies'in doğduğu yer olarak nitelendirilen CIM UPC, uzun yıllardır temel amacı eklemeli imalatı her yere yaymak olan Ar-Ge çalışmaları yürütüyor.

Esas müşteri tabanını KOBİ ve yeni işletmeler üzerine kuran şirket, ihtiyaç duyulan parçalar için en iyi teknolojiyi analiz ettikten sonra ya parçaları kendi tesislerinde üretiyor ya da söz konusu şirketin teknolojiyi benimseyerek çözüm üretmesine yardımcı oluyor. Başlıca ortak kaygıları **işlevsellik, kalite, maliyet ve teslimat süresi** olan şirketler **prototipleme, alet ve yedek parçalardan tam üretime kadar tüm tedarik zincirleri boyunca** 3D baskının faydalarını kendileri gözlemleme imkânına sahip oluyor.

FFF teknolojisi ise endüstriyel eklemeli imalat üretim makinelerine eşsiz bir alternatif getirdi.

Bir malzemedен diğerine geçmenin zor olduğu, oldukça karmaşık olan geleneksel üretim süreçlerinin aksine FFF, CIM UPC'ye çok

çeşitli termoplastikler ile baskıyı değerli kılmak için tüm platformu doldurmaya gerek kalmadan üretim yapma esnekliği de tanıyor.

Masaüstü 3D yazıcılar ile:

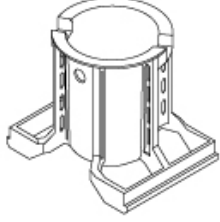
- Parçalar 48 saatten daha kısa bir sürede üretilebilir.
- Diğer üretim yöntemlerine kıyasla daha düşük parça başı maliyet elde edilebilir.
- [Epsilon W27](#) ve [W50](#) yazıcılar, büyük baskı işleri için yeterli derecede büyük bir baskı hacmi sağlar.
- Enjeksiyon kalıplamada kullanılanlara eş değer malzemeler kullanılabilir.
- PA12 kurulumundan PP kurulumuna geçmesi için 2 gün gereken SLS makinesinin aksine, çeşitli uygulamalar ve müşteriler için çalışan farklı püskürtme ucu boyutlarına ve malzemelerine sahip farklı yazıcı konfigürasyonlarından yararlanılabilir.

Peki BCN3D Smart Cabinet (Akıllı Kabin) nedir ve üretim sürecinde nasıl bir fark yaratıyor?

Smart Cabinet'in görevi, her şeyden önce tüm malzemeleri her zaman optimum nem seviyesinde tutmaktır. Bu sayede nemden kaynaklı bozunmalar ve zararlar önlenir. Bu sayede CIM UPC'nin üretim süreçlerinde kullandığı teknik malzemelerin zarar görmesi önleniyor.

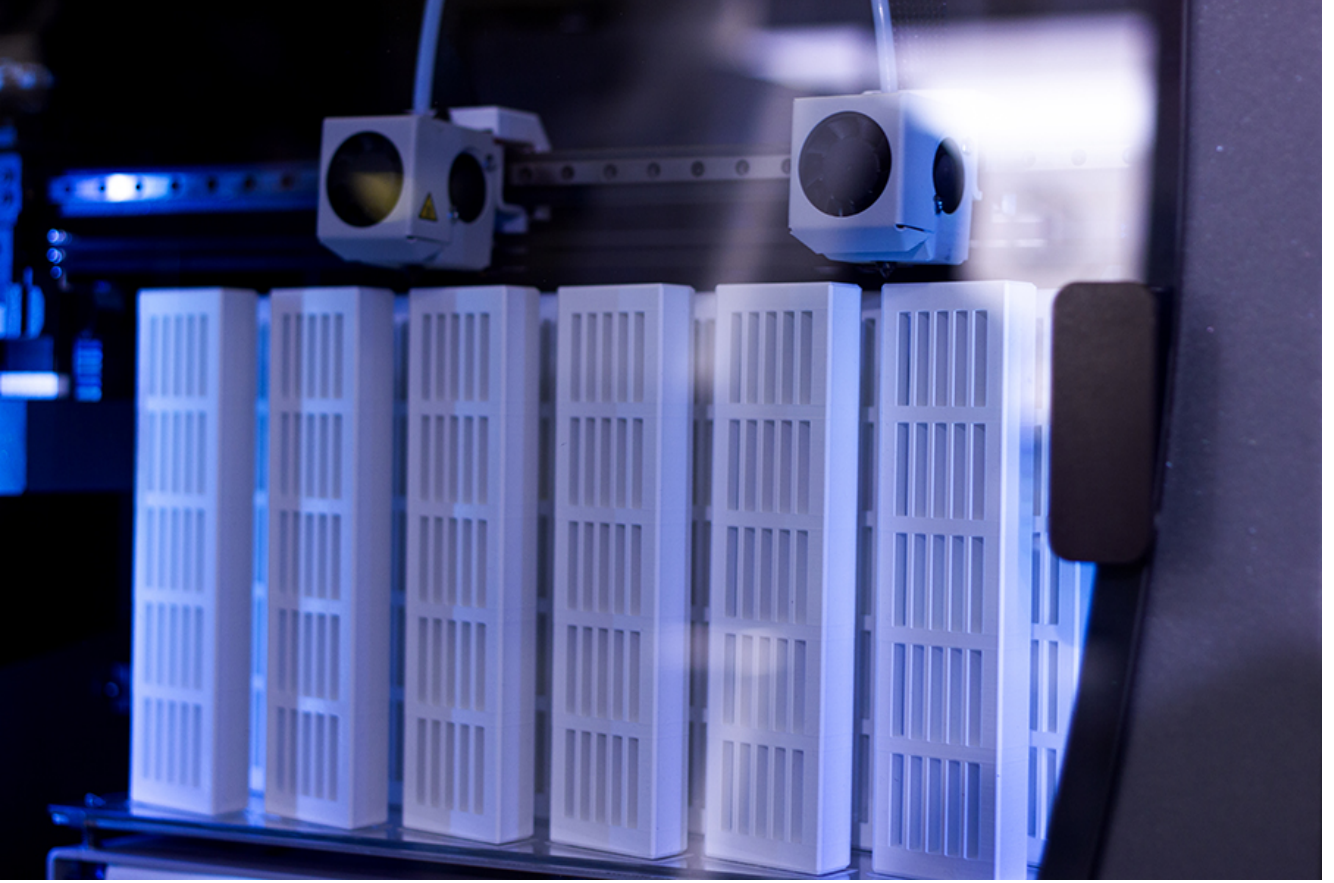
Eklemeli imalatın farkını ortaya koyacak 3 farklı parça

CIM UPC'nin kendi baskı çiftlikleriyle ürettiği çeşitli şirketler için belirli parça örneklerine bir göz atalım:

Ventilation grill	Intake manifold	Watertight tank
		
Rail transport industry part with an important infrastructure	End-use piece for the automotive industry	Final part for the pharmaceutical industry

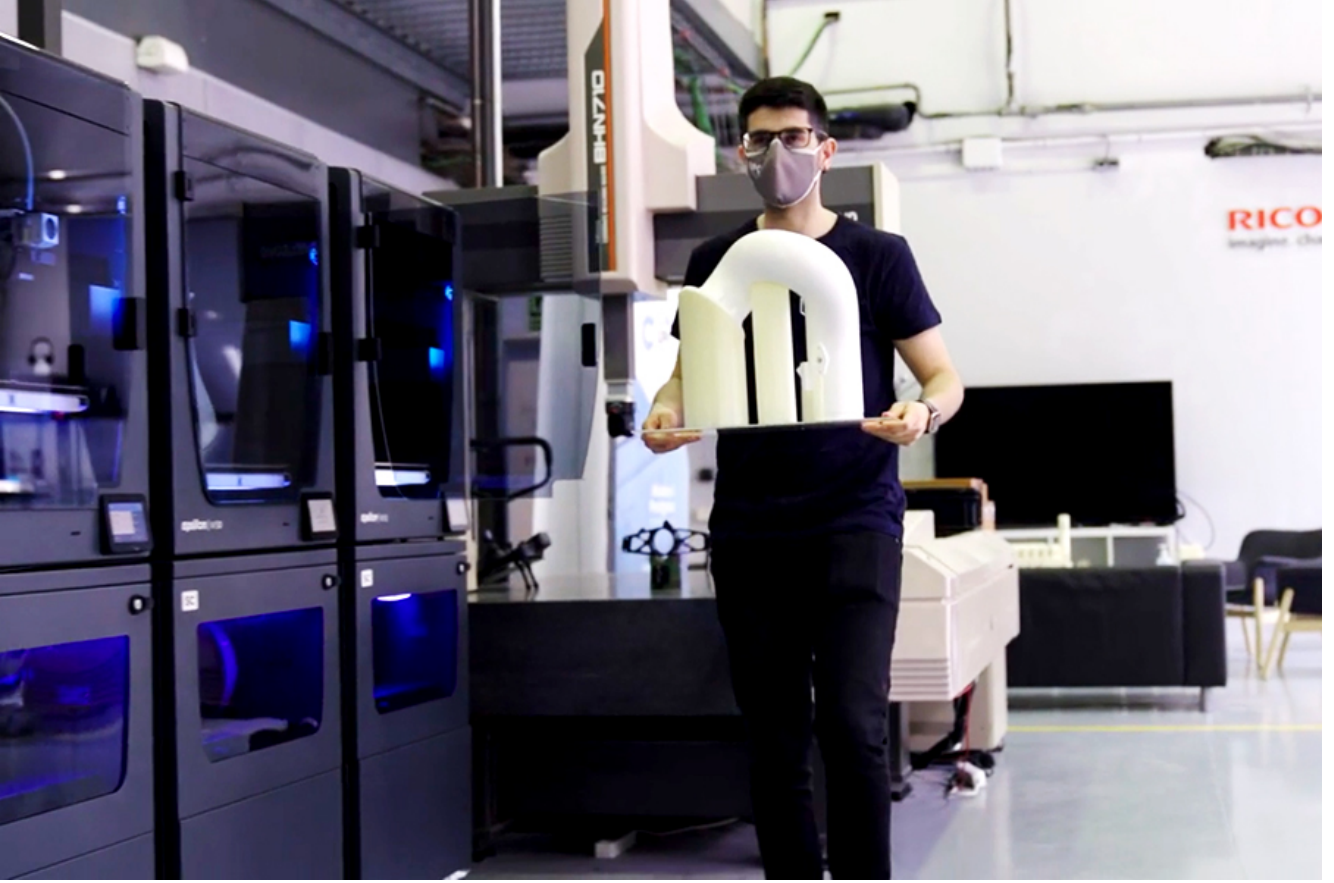
Soldan sağa: 1. Havalandırma kafesi: Önemli bir altyapıya sahip demiryolu taşımacılığı sektörü parçası 2. Emme manifoldu: Otomotiv endüstrisi için bir nihai kullanım parçası 3. Su sızdırmaz tank: İlaç endüstrisi için son parça

İlk görselde yer alan havalandırma kafesi, başta enjeksiyon kalıplama ile üretiliyordu. Bu da, enjeksiyon kalıplama makinesinin yanı sıra parçanın kalıbının bulundurulmasını da zorunlu kılarak üretici için bir altyapı zorunluluğunu şart koşuyordu. Yılda sadece birkaç tane üretilen parçalar için bu durum şirketleri epey zorluyordu. Sonuç olarak, CIM UPC parçayı tarayarak ve 3D basarak süreci tamamen dijitalleştirmelerini önerdi ve **ilk 50 ünite beklenen sürenin yarısında teslim edildi.**



3D yazıcı ile üretilen havalandırma kafesleri

Bir üniversite otomobil yarışmasına katılmak için tasarlanan ve nihai kullanım parçası olan bu **emme manifoldu**, SLS işlemeden elde edilen mekanik özelliklerinden hiçbir şey kaybetmeden FFF teknolojisinde üretilebilir.



3D yazıcı ile üretilen emme manifoldu

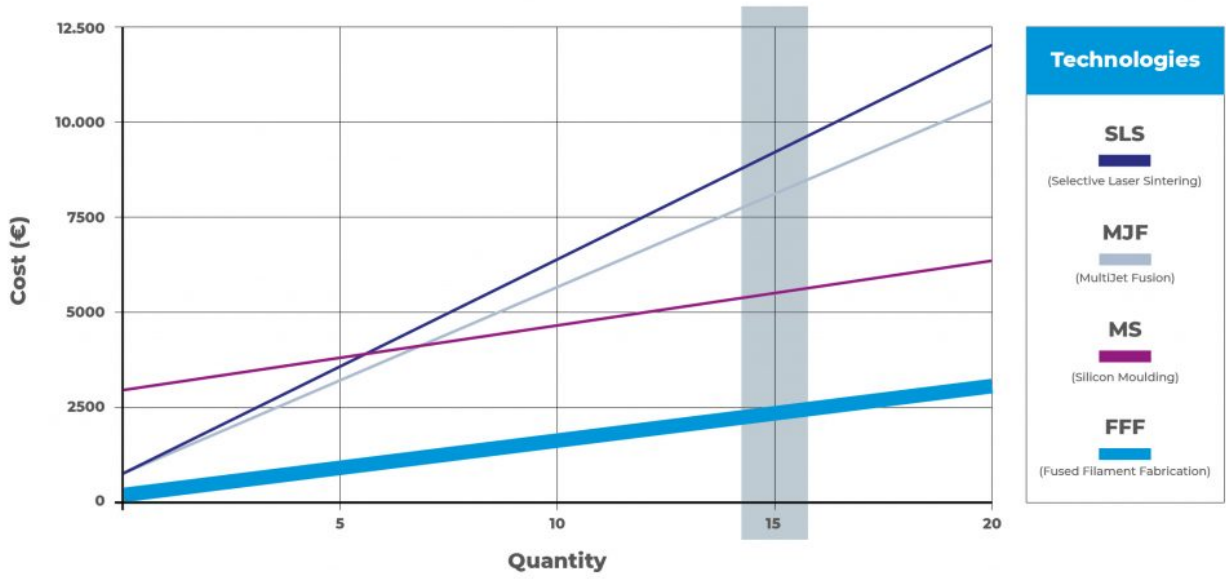


Bu görselde ise ilaç sektörü için makine tasarlayan ve üreten bir firmanın talep ettiği su sızdırmaz tank yer alıyor. Söz

konusu su sızdırmaz tanktan 15 birim üretmek için kolları sıvayan CIM UPC, 3D baskıdan yararlandı.

Tüm bu üretim süreçlerinde FFF teknolojisinin, incelenen diğer teknolojilere kıyasla 3-8 bin Euro'ya kadar tasarruf etmeyi sağladığı saptandı.

COMPARISON OF DIFFERENT TECHNOLOGIES



Sağ sütunda yukarıdan aşağı yer alan SLS, MFJ, MS ve FFF teknolojilerinin maliyet karşılaştırması

Havalandırma kafesi, emme manifoldu ve su sızdırmaz tank, CIM UPC'nin BCN3D baskı çiftliği ile elde ettiği geniş başarı yelpazesinin sadece birkaç örneği. 3D baskının eşsiz imkânlarını arkasına alarak harikalar yaratan baskı çiftliği, CIM UPC'nin tüm sektörlerdeki müşteri tabanının çok yönlü ihtiyaçlarını karşılamaya devam ediyor.

Ayrıca yazımızda sık sık sözünü ettiğimiz Smart Cabinet'in önemini kavramak adına, [nemin etkileri üzerine yazılmış teknik inceleme yazısını](#) okuyabilirsiniz.

Kaynak: [BCN3D](#)