



3D KALEMLERİN TEKSTİL ÜZERİNE ÜÇ BOYUTLU BASKIDA KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE DENEYSEL BİR ARAŞTIRMA

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE USABILITY OF 3D PENS IN PRINTING ON TEXTILES

Fatma BULAT¹ ●



ORCID: F.B. 0000-0002-6367-4243

Corresponding author/Sorumlu yazar:

¹ Fatma Bulat

Kırıkkale University, Türkiye

E-mail/E-posta: f. bulat@kku.edu.tr

Received/Geliş tarihi: 11.04.2025

Benzerlik Oranı/Similarity Ratio: %2

Revision Requested/Revizyon talebi:

26.05.2025

Last revision received/Son revizyon teslimi:

14.06.2025

Accepted/Kabul tarihi: 27.06.2025

Etik Kurul İzni/ Ethics Committee Permission:

There is no element in the study that requires ethics committee approval. / Çalışmada etik kurul onayı gerektiren bir unsur bulunmamaktadır.

Citation/Atıf: Bulat, F. (2025). 3D Yazıcı Kalemlerin Tekstil Üzerine Üç Boyutlu Baskıda Kullanılabilirliği Üzerine Deneysel Bir Araştırma. The Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 15 (3), 1014-1028. <https://doi.org/10.7456/tojdac.1674109>

Öz

Son yıllarda tekstil endüstrisindeki teknolojik yenilikler, geleneksel üretim süreçlerini önemli ölçüde dönüştürerek daha yaratıcı ve kişiselleştirilmiş tasarımların yapılmasını kolaylaştırmıştır. Bu yeniliklerden biri, sadece tekstil yüzeylerinin üretiminde değil, aynı zamanda geleneksel tekstil baskısında da uygulama alanı bulan 3D baskıdır. 3D baskının bir uzantısı olarak kabul edilen bir diğer umut verici üç boyutlu teknoloji ise 3D kalemlerdir. Bu el cihazları, plastik filamentlerin ısıtılması prensibine dayalı olarak çalışmakta ve daha sonra istenen şekilleri oluşturmak üzere katılaştırmaktadır. Bu çalışma, tekstil ürünlerine benzersiz desenler, dokular ve yapılar kazandırmak için 3D kalemlerin kullanılabilirliğini araştırmayı amaçlamaktadır. Karma yöntemlerle planlanan ve yürütülen araştırmada deneysel olarak elde edilen bulgular, 3D kalemlerin tekstil baskısında kullanılabileceğini göstermektedir. 3D kalem teknolojilerinin tekstil tasarım ve üretim süreçlerine başarılı bir şekilde entegre edilmesi için kilit bir faktör olmaya devam ettiğinden, termoplastik malzemelerin kumaş yüzeylerine yapışma özelliklerinin daha fazla araştırılması önemlidir. Ayrıca baskıda kullanılan filamentlerin renk aralıklarının az olması bir dezavantajdır, ara renk çeşitliliğinin artırılmasının kullanılabilirlik açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: 3D baskı, 3D kalem, 3D tekstil baskı, Tekstil Tasarım, PLA

Abstract

In recent years, technological innovations in the textile industry have significantly transformed traditional production processes, facilitating the creation of more creative and personalized designs. One of these innovations is 3D printing, which has found application not only in the production of textile surfaces but also in traditional textile printing. Another promising three-dimensional technology that is considered an extension of 3D printing is 3D pens. These handheld devices work on the principle of heating plastic filaments, which are then solidified to form the desired shapes. This study aims to investigate the usability of 3D pens to impart unique patterns, textures and structures to textiles. The findings obtained experimentally in the research, which was planned and conducted with mixed methods, show that 3D pens can be used in textile printing. It is important to further investigate the adhesion properties of thermoplastic materials to fabric surfaces, as this remains a key factor for the successful integration of 3D pen technologies into textile design and manufacturing processes. In addition, the small color range of the filaments used in printing is a disadvantage, it is thought that increasing the range of intermediate colors will be beneficial in terms of usability.

Keywords: 3D printing, 3D pen, 3D textile printing, Textile Design, PLA.



GİRİŞ

Tekstil sanayiinde, endüstri devrimiyle başlayan teknolojik gelişmeler tasarım ve üretim süreçlerinde önemli değişikliklere yol açmış, son 25 yılda 3D baskı teknolojisi geleneksel üretim yöntemlerine alternatif olarak öne çıkmıştır. 3D baskı, dijital modelleri katmanlar halinde inşa eden teknolojilerin genel adıdır (Vanderploeg vd., 2017:171). Bu teknolojinin temelleri 1970'lere dayanmakla birlikte ticarileşmesi 1980'lerde gerçekleşmiştir. Tekstil ve moda tasarım, üretiminde kullanılan bu yazıcılar, son yıllarda konvansiyonel tekstilleri şekillendirmek amacıyla da kullanılmaktadır (Chatterjee ve Ghosh, 2022: 32). Tekstil üzerine 3D baskı, teknik tekstil, koruyucu giysiler, medikal ürünler ve iç giyim tasarımı gibi alanlarda kullanılmakta, yeni kişiselleştirilmiş üretilere olanak sağlamaktadır (Koçevan, 2023: 164). Bu yöntemle, termoplastik veya sıvı polimer malzemeler kullanılarak, 3D nesneler ve desenler doğrudan tekstil yüzeyine uygulanmaktadır. FDM ve PolyJet yazıcıların tercih edildiği bu yöntemde kullanılan malzemeler ise PLA, TPU (Grothe vd., 2020:3) gibi termoplastik filamentler ve sıvı reçinelerdir (Stratasy, 2025). Stratasy ve iş birliği yaptığı Iris Van Herpen, Ganit Goldstein, Julia Corner gibi tasarımcılar (Şekil 1,2,3,4) bu teknolojiyi çeşitli projelerde başarıyla kullanmışlardır (Bulat, 2024: 68). Elde edilen başarılı sonuçlar, birçok tasarımcının tekstil üzerine 3D baskı konusuna ilgi duymasına neden olmuştur. Bu yöntemle sadece desenleme değil, aynı zamanda kumaş yüzeyinde üç boyutlu yüzeylerin inşası da mümkün hale gelmektedir.



Şekil 1. Ne-Kōgei koleksiyonu (Ganit Goldstain, 2024)



Şekil 2. 3D Baskı Kumaş (Koçevan, 2023: 167). Şekil 3. FDM Baskı Giysi (Teghini, 2021:1).

Şekil 4. 3D Baskılı Giysi (3Dsourced, 2024).

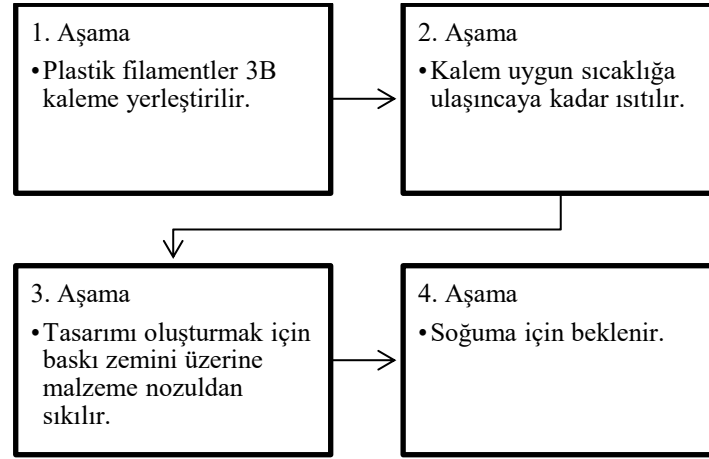
Tekstil yüzeyine 3D baskı uygulamalarında en kritik faktör, baskı malzemelerinin kumaş üzerinde tutunma kalitesidir. Yapılan bilimsel araştırmalar, baskı malzemelerinin tekstil yüzeyine tutunma başarısını ortaya koymaktadır. Tekstil üzerine 3D baskı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde,

kumaş çeşitliliği açısından, 14 makalede pamuk, 14 makalede PES, 3 makalede ise elastan kullanıldığı görülmüştür. İncelenen diğer kumaş türleri arasında aramid, yün, yün/PES karışımı, dokuma naylon, viskon, neopren ve kadife yer almaktadır (Popescu ve Amza, 2022: 16). Tuvshinbayar vd. (2024:176) tarafından gerçekleştirilen, farklı polyester dokuma kumaşlar üzerinde FDM ve SLA yazıcı kullanılarak yapılan 3D baskı çalışmalarında, SLA baskısında kullanılan sıvı polimer malzemenin tekstil yüzeyine tutunma başarısının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Tutunma başarısı, baskı parametreleri, kullanılan polimer türü ve tekstil yüzeyinin yapısal özelliklerine (iplik sayısı, kumaş kalınlığı ve örgü deseni) bağlı olarak değişmektedir ve bu faktörler, 3D baskı malzemelerinin tutunma davranışını büyük ölçüde etkileyebilir (Korger vd., 2020: 5-6). Gorchachova ve Mahltig (2021), pamuk üzerine PLA ve PA malzemeleriyle yapılan baskıları karşılaştırarak, PA'nın daha iyi bir yapışma sağladığını belirtmişlerdir. Pamuk (çok hidrofilik) ve naylon (PLA'dan daha hidrofilik) kombinasyonunun, naylonun daha iyi tutunmasını açıklayabileceği sonucuna varmışlardır. Yapışmayı etkileyen önemli bir faktör ise tekstil alt tabakasının ıslanabilirliğidir; hidrofilik kumaşlar, 3D baskılı polimer için daha iyi bir tutunma sağlar (Görner vd., 2020: 109). Baskı malzemesinin tekstil üzerinde iyi bir tutunma sağlaması, 3D baskı ile şekillendirilen tekstillerin bakımını kolaylaştırır ve bu sayede bu yöntem daha yaygın bir şekilde kullanılabilir. Tekstil üzerine 3D baskı yönteminin sunduğu sınırsız yaratıcı olanakların yanı sıra avantajları ve dezavantajları (Tablo 1) da bulunmaktadır.

Tablo 1. Tekstil Üzerine 3D Baskı Avantajları ve Dezavantajları, (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

Avantajlar	Dezavantajlar
Kişiselleştirme: 3D baskı, tasarımları çok daha özgün ve kişiye özel hale getirebilir. Karmaşık ve özgün geometriler, geleneksel baskı yöntemleriyle yapılması çok zor olan desenlerle kumaşlar yeniden biçimlendirilebilir. Düşük Adetli Üretime Uygun Maliyet: Özellikle düşük adetli üretimler için, 3D baskı maliyet açısından daha ekonomik olabilir. Konvansiyonel üretim için hazırlık süreçleri ve kalıp maliyetleri çok daha yüksektir. Yüksek Ayrıntı ve Estetik: 3D baskı, çok ince ayrıntıları ve karmaşık yapıları hatasız bir şekilde üretmeye olanak tanır. Özellikle detaylı ve üç boyutlu desenler veya dokular için ideal bir tekniktir. Hızlı Prototipleme: Tasarımlar hızla üretilip test edilebilir, böylece daha kısa sürede ürünlerin geliştirilmesi sağlanır. Sıfır Atık: 3D baskı, kullanılan malzeme miktarını minimize edebilir, bu da atık üretiminin azalmasına ve daha sürdürülebilir bir üretim sürecine olanak tanır.	Malzeme Seçeneği Sınırlı: Tekstil üzerine 3D baskı yapmak için kullanılan malzemeler sınırlıdır. Geleneksel tekstil kumaşları kadar esnek ve çeşitliliği yüksek malzemeler henüz yaygın değildir. Yavaş Üretim Hızı (Yüksek Adetli Üretim): Çok sayıda ürün üretmek için, 3D baskı hızı konvansiyonel yöntemlere göre yavaştır. Konvansiyonel yöntemlerle mukayese edilemez. Maliyetli Ekipman ve Teknoloji: Özellikle endüstriyel 3D baskı makineleri, başlangıç yatırımı açısından pahalıdır. Sınırlı Yüzey Kalitesi: 3D baskı ile elde edilen yüzeyler baskı tasarımına bağlı olarak bazen pürüzlü olabilir ve ek işçilik gerektirebilir. Telif Hakkı Sorunları Taklit edilebilir tasarımlar.

3D baskının bir uzantısı olarak kabul edilen diğer umut verici teknoloji, 2014 yılında icat edilen 3D kalemlerdir. Bu el cihazları, FDM yazıcılara benzer şekilde plastik filamentlerin ısıtılarak katmanlar halinde bir araya gelmesi prensibine dayanır. 3D kalem, termoplastik filamentleri ısıtarak nozuldan püskürtür (Chun, 2022: 462) kullanıcıya hem doğaçlama hem de planlı tasarım yapma imkânı sunan bir araçtır. Bu kalemler, üç boyutlu yazıcılarla benzer bir prensibe sahip olsalar da kullanımı oldukça basittir (Rosenski ve Palatnik, 2022: 5). 3B kalemin temel çalışma prensipleri aşağıdaki gibidir (Şekil 5).



Şekil 5. 3D Kalem Çalışma Prensipleri, Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

Yapılan alanyazın taramasında, 3D kalemlerin eğitimde kullanımı üzerine birçok araştırma bulunurken, tasarım alanındaki kullanımlarıyla ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Kyung ve Shin (2018), Iris Van Herpen'in defilesinde kullanılan makyaj tasarımını 3D kalemlerle modellemişlerdir. Qiaohong ve Seeram (2020) ise, 3D kalemlerin nasıl kullanılabileceğini tanıtan bir çalışma yapmışlardır. Çopur ve Türdoğan (2020), 3D kalemlerle üretilen materyallerin öğrencilerin keşfetme ve öğrenme süreçlerini desteklediğini ve özellikle geometri ve matematik konularında etkili bir öğretim aracı olabileceğini vurgulamışlardır. Qiaohong ve Seeram (2020), 3D kalemlerin çalışma prensiplerini, farklı kullanım alanlarını, malzeme çeşitlerini ve renk seçeneklerini inceleyerek gelecekteki potansiyellerini değerlendirmişlerdir. Özdemir ve Aykanat (2021), Anadolu kültüründeki motifleri Z kuşağına tanıtmak amacıyla 3D kalemlerle çanta tasarımları yapmışlardır. Jong-Young ve Byung-Hoon (2021), 3D kalemleri eğitimde tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirmişlerdir. Chun (2022), 3D kalemlerin tasarım eğitiminde yaratıcılığı ve problem çözme becerilerini geliştiren bir yöntem geliştirmiştir.

Tekstil ve moda sektöründe, doğrudan giysi ve aksesuar üretiminde kullanılan 3D kalemler, yaratıcı tasarımların ortaya konmasına olanak tanımaktadır. 3D kalemlerin moda tasarımı (giysi üretimi ve aksesuarlar) uygulamalarında hem amatör hem de profesyonel düzeyde kullanıldığını gösteren çalışmalar bulunsu da bu kalemlerin tekstil üzerine baskı yapıldığına dair araştırmalara rastlanmamıştır. Polimerlerin tekstil üzerine 3D kalemlerle yapıştırılması sürecinde, polimerin kumaşa yeterince yapışmaması nedeniyle ortaya çıkan deneme-yanılma süreçlerini ortadan kaldırmak ve ürünün kullanımında karşılaşılabilecek sorunları önceden tespit etmek büyük önem taşımaktadır. Karma yöntemlerle yapılan bir araştırmada, 3D kalemlerle PLA baskı yapılmış ve malzemenin kumaşa tutunmasını etkileyen ana parametrelerle ilgili bulgular paylaşılmıştır.

Yaratıcı Moda Tasarımında 3D Kalemlerin Kullanımı

Tekstil sektörü, pek çok alanda olduğu gibi, öngörülemez piyasa koşullarına, hızlı ve doğru kararlar alabilmeye, daha kısa üretim döngülerine ve daha yoğun iletişimle pazarlama etkilerini artırmaya yönelik düşünce biçimini değiştirdiği ve yeni teknolojileri uyguladığı ölçüde başarılı olmaktadır (Başaran, 2022:182). Bu çerçevede tasarımcıların son zamanlarda projeler geliştirdiği teknolojilerden biri olan 3D baskı, özellikle moda ve tekstil tasarımı alanında büyük fırsatlar sunmakta; geleneksel tasarım yöntemlerinden farklı olarak daha az malzeme israfı ile üretim yapabilme imkânı tanımaktadır. Endüstriyel 3D yazıcıların yanı sıra, bireysel kullanıcıların yaratıcı projelerini hayata geçirmelerine olanak tanıyan daha taşınabilir bir teknoloji olan 3D kalemler de önemli bir araçtır. FDM yazıcılara benzeyen bu kalemler, 3D yazıcılardan farklı olarak bilgisayar gereksinimi olmadan, doğaçlama (Şekil 5) ya da planlı (Şekil 6, 7, 8, 9) bir tasarım süreci sonunda üç boyutlu yapılar oluşturulmasına olanak verir. Bu süreç, üretim yöntemlerini el işçiliğine daha yakın hale getirerek kişiselleştirilmiş 3D haute couture tasarımların üretilmesini sağlamaktadır. Tasarımcılar, 3D kalemlerle yaratıcı ve özgün yüksek moda giysileri üretmek için çeşitli denemeler yapmaktadır. Bu alanda öne çıkan isimlerden bazıları Iris Van Herpen, Eden Saadon Shenkar, Stéphanie Santos, Patrick Tai, Erica Gray, Amanda Sekulow

ve Carina Shoshtary'dir (Bulat, 2024-b: 6029).



Şekil 6.Seiran Tsuno 3D Kalemlerle Giysi Tasarımları (Julian Ryall, 2020:1)



Şekil 7. 3D Pen Tasarımlar, (Stephanie Santos,2020), **Şekil 8.** Forms Organic (Erica Gray,2016)
Şekil 9. Hunter kreasyonu (Carina Shoshtary, 2020).



Şekil 10. 3D Kalem elbise, (SHIGO, 2014).

3D kalemler, her yaştan bireyin kullanımına uygun, hayal gücü, yaratıcılık ve tasarım yeteneği doğrultusunda her türlü üç boyutlu nesne üretmeye olanak sağlayan araçlardır (Qiaohong ve Seeram, 2020:41). Yapılan araştırmalara göre, bu kalemler 3D yazıcıların tamamlayıcı bir unsuru olarak da kullanılmaktadır (Kim ve Park, 2018:946). 3D baskıdan farklı olarak, ürünlerin anında oluşturulmasını sağlayan bu cihazlarda (Park ve Jisoo, 2019) TPU, PA, PLA, PCL ve ABS gibi termoplastik filamentler kullanılmaktadır (Tablo 2). Birbirinden farklı yapıda ve özellikte olan bu malzemeler tasarımın türüne ve biçimine göre seçilebilir. Bu bağlamda malzemeyi ve özelliklerini tanımak önemlidir. Termoplastik poliüretan (TPU), özellikleri nedeniyle çeşitli endüstrilerde yaygın olarak tercih edilen çok yönlü bir malzemedir (Zu vd., 2025:2). TPU filament, esnekliği, dayanıklılığı ve darbelere karşı direnci ile dikkat çekmektedir (Korger vd., 2020:3). Bu özellikleri, bükülebilir, sıkıştırılabilir ve dayanıklı parçaların üretimi için ideal hale getirmektedir. Bir diğer önemli malzeme olan PLA (Polilaktik Asit), biyolojik kaynaklardan elde edilen bir polimerdir. Mısır, şeker kamışı ve diğer biyokütlelerden üretilen laktik asitten elde edilen biyo-dost bir termoplastiktir. Yüksek çekme mukavemeti ve modüle sahip olmasının yanı sıra, 210 °C civarında düşük bir ekstrüzyon sıcaklığına sahiptir ve %100 biyobozunur bir malzeme olarak çevre dostudur (Muthe vd., 2022:7). PLA, sekiz kez geri dönüştürülebilir ve kullanım ömrü sonunda kompostlanabilir, bu özellikleri nedeniyle 3D baskı için tercih edilen bir malzemedir (Sin ve Tuenn, 2019:15). Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS), yağ bazlı güçlü ve sağlam bir plastiktir. Dayanıklılığı sayesinde, mekanik kullanımlar için oldukça uygundur ve Lego, aksiyon figürleri, araba parçaları gibi birçok farklı alanda tercih edilmektedir. Biyolojik olarak parçalanmaz, ancak geri dönüştürülebilir bir malzemedir. ABS'nin baskı sıcaklığı 210-250°C arasında değişmektedir. Çalışma sırasında yayılan kimyasal kokuların solunması sağlık için zararlı olabilir, ancak baskı işlemi tamamlandığında, ürünün herhangi bir zarar vermediği iddia edilmektedir (Rodríguez vd., 2003:149). Kalemler için uygun bir diğer malzeme ise Polikaprolakton (PCL)'dir. PCL, petrokimyasal hammadde kullanılarak üretilen, biyolojik olarak parçalanabilen yüksek kaliteli bir plastiktir. Temiz beyaz bir son görünüm sunan yarı kristalli bir polyester olup kolayca renklendirilebilir. Bu malzeme, yaklaşık 1,2 g/cm³ yoğunluğa sahip olup, 60°C civarında eriyerek baskı için güvenli bir termoplastik hale gelir. Ayrıca -60°C cam geçiş sıcaklığına sahip olması, ürünün esnek ve sağlam olmasını sağlar. 3D baskı sonrasında, PCL su veya hava ile 55°C'de

yeniden şekillendirilebilir (PCL, 2024).

Tablo 2. 3D Kalemlerde Kullanılan Filamentler ve Özellikleri (Kaynak:Qiaohong ve Seeram, 2020:61).

Filament	Erime Sıcaklığı	Malzeme Özellikleri	Malzeme Yapısı
TPU	225-260°C	-Esnek -Çok dayanıklı -20'den fazla renk seçeneği	Termoplastik Poliüretan, Çok yaygın bir elastik polimer veya elastomerdir.
PA	255-275°C	-Dayanıklı -Esnek -Düşük sürtünme dayanımı -20'den fazla renk seçeneği	Naylon Poliamid, Dayanıklı, esnek bir malzemedir. Yarı saydam çeşitleri de bulunmaktadır.
PLA	155-185°C	-Isıtıldığında kötü koku yok -Sert ve kırılğan -Hızlı soğuma, -30'dan fazla renk seçeneği	Polylatik asit biyo-polikmer olarak adlandırılır, Bitki bazlı ürünlerden ve biyobozunabilir ürünlerden üretilmektedir.
PCL	58-70°C	-Düşük erime noktası -Esnek -Yavaş soğuma -30'dan fazla renk seçeneği	Polikaprolakton, Oldukça yumuşak, hemen kurumaz, (Birçok mükemmel özelliğe sahip biyolojik olarak parçalanabilen bir malzemedir, deniz suyunda bozunur)
ABS	217-237°C	-Isıtıldığında zararlı ve kötü koku var -Hızlı soğuma -30'dan fazla renk seçeneği	Acylonitrile Butadiene Styrene, Yağ bazlı güçlü ve sağlam bir plastiktir (Bu bir mühendislik malzemesidir).

Tekstil endüstrisinde 3D kalemlerle baskı sürecinde, kullanılacak malzemeler genellikle, içerik özelliklerine ve tasarımın renk özelliklerine göre seçilmektedir. İçeriği en doğal olan malzemeler PLA ve PCL'dir. Baskı sırasında tek bir malzeme kullanılabileceği gibi, birden fazla malzeme bir arada da kullanılabilir. Qiaohong ve Seeram (2020:62) gelecekte 3D kalemlerin yapay zekâ ile entegre bir şekilde kullanılabileceğini öngörmekte ve bu cihazların sensörlerle desteklenerek, beynimizdeki imgeleri gerçek malzemelerle çizen veya üreten bir teknolojiye dönüşebileceğini, böylece sanal dünya ile gerçek dünya arasında tamamlayıcı bir araç haline gelebileceğini belirtmektedir.

YÖNTEM

3D kalemler doğrudan moda tasarımlarında kullanılmasına rağmen, tekstil üzerine baskı yapıldığını gösteren sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Tekstil üzerine 3D kalemlerle baskı yapılırken, polimerin tekstile yetersiz yapışması nedeniyle deneme-yanılma süreçlerini ortadan kaldırmak ve ürün kullanımında ortaya çıkabilecek olası problemleri önceden belirlemek büyük önem taşır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen araştırmada, aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

1. 3D kalemlerle tekstil üzerine baskı yapılabilir mi?
2. Kumaş türü baskı başarısını etkiler mi?
3. Kumaş kalınlığı baskı başarısını etkiler mi?
4. PLA malzemenin kumaşa tutunma davranışı nasıldır?
5. Baskılı tekstilin yıkamaya karşı tepkisi nasıldır?

Araştırma, karma yöntemle gerçekleştirilmiştir. Karma yöntem, nitel ve nicel yöntemlerin bir arada kullanılarak araştırma problemlerinin daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasını sağlamaktadır (Johnson ve Onwuegbuzie, 2004). Bu yöntemin kullanılması, tek başına uygulanan nitel veya nicel araştırmalara kıyasla daha derinlemesine sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır. Araştırmanın kavramsal analiz bölümünde, 3D baskı ve 3D kalem teknolojileri, tekstil ve moda tasarımı bağlamında alanyazın taraması yapılarak açıklığa kavuşturulmuştur.

İkinci bölümde ise, 3D kalemler kullanılarak konvansiyonel tekstiller üzerinde deneysel geliştirme yöntemiyle PLA malzemenin kumaşa tutunma davranışı incelenmiş ve baskı süreçlerine dair veriler ve görseller paylaşılmıştır. Araştırmada, eritme sıcaklığı 220°C olan MYNT 3D yazıcı kalemi ve sağlığa uygunluğu ile tercih edilen beyaz renkli Polilaktik Asit (PLA) malzemesi kullanılmıştır. Araştırma örnekleme ilişkin veriler Tablo 3'te yer almaktadır.

Baskı sürecine dair yapılan ilk uygulamada, önce hiçbir işlem yapılmamış tekstillere baskı yapılmış, ardından yıkama, ütüleme gibi ön işlemler uygulanmış tekstillere, baskı yapılmıştır. Baskı süreci ve sonuçları değerlendirilmiş ve baskı işlemi sonrası yine makinede sıkma yapılmadan 15 dakikalık bir yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama sonrasında elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Ön işlem yapılmış ve yapılmamış tekstillerdeki yıkama ve çekme sonuçları incelenmiştir.

Baskı işlemi sırasında, ilk olarak 10x3 cm boyutlarında şeritler basılmış, ancak malzemenin sertliği nedeniyle hareket esnasında kırılmalar yaşanmıştır. Bu sorunların önüne geçmek amacıyla, baskı ölçüleri 1x1 cm olarak yeniden belirlenmiştir. Bu değişiklik, malzemenin hareket esnasında kırılmaya dayanım göstermesini sağlamıştır.

Tablo 3. Araştırma Örnekleme İlişkin Veriler

3D Baskı Malzemesi	Konvansiyonel tekstil	Ön İşlem	Baskı Adedi
PLA	Geleneksel Keçe	Yok	1
PLA	Pamuklu Mermerşahi	Yıkama/ Ütüleme	2
PLA	Pamuklu Ham bez	Yıkama/ Ütüleme	2
PLA	Pamuklu Pazen	Yıkama/ Ütüleme	2
PLA	Saten Kumaş	Yıkama/ Ütüleme	2

BULGULAR

3D kalemlerle konvansiyonel tekstiller üzerine yapılan baskı çalışmalarında, malzemenin tekstil yüzeyine tutunma özelliklerinin belirlenmeye çalışıldığı araştırmada MYNT 3D kalem ve PLA filament kullanılmıştır. 3D yazıcı kalemi, 50°C ile 220°C arasında geniş bir sıcaklık aralığına sahiptir ve TPU, ABS, PLA, PCL gibi 1,75 mm çapındaki farklı filamentleri basabilmektedir. Araştırmada kullanılan PLA filament, kalemin en yüksek sıcaklık ayarı olan 220°C'de işlenmiştir. Tekstil üzerine 3D baskı uygulamalarında kullanılan kumaşlar, farklı türler ve inceliklere sahip olacak şekilde seçilmiştir. Baskı kumaşı olarak doğal ve sentetik kumaşlar tercih edilmiştir. Denenen kumaşlar arasında geleneksel yün keçe, pamuklu mermerşahi, ham bez, pazen ve polyester saten yer almaktadır. Bu kumaşlar, malzemenin tutunma başarısını farklı açılardan değerlendirebilmek için seçilmiştir.



Model 1. Mermerşahi kumaş üzerine PLA baskı.

Model 1a. Yıkama sonuçları.

Model 1b. Çekme Sonuçları

Model 1, pamuklu mermerşahi kumaş üzerine PLA baskı uygulamasıyla elde edilmiştir ve 3D yazıcı kalemle yapılan baskılarda en iyi sonuçları veren kumaş olmuştur. Pamuklu mermerşahi kumaşın gözenekli yapısı, 220°C derecede eritilen PLA malzeme ile başarılı bir şekilde bütünleşmiştir. Yıkama testlerinde, baskı sonrasında herhangi bir ayrılma gözlenmemiştir, bu da malzemenin kumaşla güçlü bir şekilde tutunduğunu göstermektedir. Elle yapılan çekme testinde ise, en fazla güç uygulanan örnek bu model olmuştur. Kumaş yapısı, baskının uygulandığı alanda bozulmuş ve ayrılma yaşanmıştır. Ancak, baskı öncesinde yapılan herhangi bir ön işlemin bu sonuç üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır; baskı öncesi ve sonrası yapılan testler arasındaki karşılaştırmalı sonuçlar benzer şekilde gözlemlenmiştir. Bu, pamuklu kumaşın baskı sürecine ve yıkama işlemlerine karşı iyi bir direnç gösterdiğini, ancak aşırı gerilme durumlarında malzemenin ayrılabilceğini ortaya koymaktadır.



Model 2. Pamuklu ham bez üzerine PLA baskı.

Model 2a. Yıkama sonuçları.

Model 2b. Çekme Sonuçları

Model 2, pamuklu ham bez üzerine yapılan PLA baskıdır ve 3D baskı, elde edilen sonuçlar açısından ikinci en iyi performansı göstermiştir. Kumaşın orta sıklıktaki gözenekli yapısı, baskı malzemesiyle uyumlu bir etkileşim sergilemiştir. Yıkama testlerinde, baskı sonrası herhangi bir ayrılma gözlenmemiştir, bu da malzemenin kumaşla sağlam bir şekilde tutunduğunu göstermektedir. Elle yapılan çekme testinde ise kumaş üzerinde zorlanma yaşanmış olmasına rağmen kumaş yapısı bozulmadan ayrılma gerçekleşmiştir. Bu, baskının kumaşla güçlü bir bağ kurmasına rağmen, belirli bir noktada malzemenin yapısal bütünlüğünün zorlanabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, baskı öncesinde yapılan yıkama ve ütüleme işlemlerinin bu sonuca anlamlı bir etkisi olmamıştır; sonuçlar, ön işlemlerin baskı sonucunu değiştirmedikçe göstermektedir. Bu bulgular, pamuklu ham bezin 3D baskı ile uyumlu olduğunu ancak kumaşın zorlama altında malzemenin ayrılmasına karşı duyarlı olduğunu işaret etmektedir.



Model 3. Pamuklu pazen kumaş üzerine PLA baskı.



Model 3a. Yıkama sonuçları.

Model 3b. Çekme Sonuçları

Model 3, pamuklu pazen kumaş üzerine yapılan PLA baskıdır. 3D yazıcılarla kumaş üzerine yapılan baskı çalışmalarında, pamuklu kumaşların genellikle yüksek baskı kalitesi sunduğu belirtilmektedir ve bu araştırma, o bulguları doğrular niteliktedir. 3D yazıcı kalemle yapılan baskıda elde edilen sonuçlar, pamuklu kumaşların baskı için uygun olduğunu ve bu kumaşların daha az gözenekli olmasına rağmen başarılı bir tutunma sağladığını göstermektedir.

Yıkama testlerinde, baskı sonrası hiçbir ayrılma gözlenmemiştir, bu da malzemenin kumaşa sağlam bir şekilde birleştiğini göstermektedir. Ancak, elle yapılan çekme testinde kumaş, özellikle havlı kısmıyla birlikte ayrılmıştır. Bu durum, havlı yüzeylerde baskı malzemesinin atkı ve çözgü ipliklerine tutunmasının daha zor olduğunu ve bu sebeple gözenekliliği yüksek olan kumaşlarda baskı kalitesinin daha iyi olabileceğini ortaya koymaktadır. Baskı öncesinde yapılan yıkama işlemi veya çekme testlerinin sonuçlar üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığı gözlemlenmiştir. Bu, baskı öncesi işlemlerin kumaşın baskıya olan tepkisini değiştirmedikçe göstermektedir. Bu bulgular, pamuklu pazen kumaşların, baskı uygulamaları için uygun olduklarını, ancak daha yoğun dokulu/ havlı kumaşlarda baskı kalitesinin daha düşük olabileceğini göstermektedir.



Model 4. Polyester saten kumaş üzerine PLA baskı.



Model 4a. Yıkama sonuçları.

Model 4b. Çekme Sonuçları

Model 4, polyester saten kumaş üzerine yapılan PLA baskıdır. Saten kumaş üzerine baskı sırasında malzeme kumaşa başarılı bir biçimde tutunmuştur. Ancak yıkama testlerinde belirgin bir ayrılma tespit edilmiştir. Bu durum polyester kumaşta 3D baskının yıkama vb. bakım koşullarına dayanımının düşük olacağını göstermektedir. Elle yapılan çekme testinde diğer kumaşlara göre daha hızlı bir ayrılma gerçekleşmiştir. Ayrılma süreci, kumaş yapısında herhangi bir bozulmaya yol açmamıştır. Baskı öncesinde yapılan işlemler (yıkama, ütölme gibi) bu sonuca anlamlı bir etki yapmamıştır. Ancak, polyester saten kumaşın apresinin azalması, baskı sürecinde kumaşın sabitlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.



Model 5. Geleneksel keçe üzerine PLA baskı. **Model 5a.** Yıkama Sonuçları.

Model 5b. Çekme Sonuçları.

Model 5, geleneksel tepme keçe üzerine yapılan PLA baskıdır. Geleneksel keçe, doğası gereği lif uçlarının açık olmasıyla bilinir, bu özellik de 3D yazıcı kalemle yapılan baskıda iyi sonuçlar alınmasının temel nedenidir. PLA malzeme, keçe üzerine güçlü bir şekilde tutunmuş ve baskı süreci başarılı olmuştur. Yıkama testlerinde herhangi bir ayrılma gözlenmemiştir, bu da baskı malzemesinin kumaşla sağlam bir şekilde birleştiğini göstermektedir. Elle yapılan çekme testinde en fazla güç uygulanan ikinci numune olarak tanımlanan çalışmada, çekme kuvveti sonrası kumaş yapısı bozulmuş ve ayrılma gerçekleşmiştir. Bu durum, keçe gibi kumaşların baskı sırasında daha fazla kuvvet altında ayrılma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, geleneksel tepme keçenin 3D baskı için uygun bir malzeme olduğu ve PLA'nın keçe yüzeyine güçlü bir tutunma sağladığı görülmektedir. Ancak, kumaşın yapısal özellikleri ve baskı sonrası testlerdeki performansı göz önünde bulundurulduğunda, keçe üzerine yapılan baskıların dayanıklılığı, malzeme ile kumaşın birleşme şekliyle doğrudan ilişkilidir.

Araştırmadan elde edilen 3D yazıcı kalemlerle PLA baskı detaylarına ilişkin bulgular ise Tablo 4'te yer almaktadır. Bu bulgular, kullanılan malzemelerin kumaş yüzeyine nasıl tutunduğunu ve baskı sürecinin farklı kumaş türlerinde nasıl sonuçlar doğurduğunu göstermektedir.

Tablo 4. 3D Kalemle Baskı Sonuçları

3D Baskı Malzemesi	Baskı Sıcaklığı	Konvansiyonel Tekstil	Yıkama Sonuçları	Çekme Sonuçları
PLA	220°C	Pamuklu Mermerşahi	Yıkamada bozulma yok	Güçlü yapışma, kumaş yapısı bozularak zor ayrılma,
PLA	220°C	Pamuklu Ham bez	Yıkamada bozulma yok	Güçlü yapışma, zorlanarak ayrılma, kumaş yapısında bozulma yok,
PLA	220°C	Pamuklu Pazen	Yıkamada düşük düzeyde bozulma	Güçlü yapışma, kumaş havı ile zor ayrılma.
PLA	220°C	Saten Kumaş	Yıkama yüksek düzeyde ayrılma	Güçlü yapışma, kolay ayrılma,
PLA	220°C	Geleneksel Keçe	Yıkamada bozulma yok	Güçlü yapışma, kumaş yapısı bozularak zor ayrılma

Araştırmada, 3D yazıcı kalemlerinde kullanılan baskı malzemesinin kumaş üzerinde tutunmasının genellikle başarılı olduğu değerlendirilmiştir. Özellikle kumaşın gözenekliliği arttıkça, baskı malzemesinin tutunma başarısının da arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak en gözenekli kumaş üzerine baskı çalışmaları yapılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. 3D Kalemle Tekstil Üzerine Doğaçlama Çiçek Baskı Örnekleri (Yazara aittir).

Baskı deseni ne kadar küçük ise tutunma ve dayanım o kadar yüksektir. Ayrıca tutunmayı desteklemek için kumaşın tersine ince bir tabaka olarak baskı yapılması tutunma başarısını önemli ölçüde arttırmaktadır. Baskı sürecinde kullanılan filamentlerin ara renklerinin az olması desenlemede renk kısıtlamasına sebep olmaktadır. Ara renk filamentlerin üretilmesinin baskı çeşitliliğini arttırabileceği düşünülmektedir.

SONUÇ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan 3D yazıcılar tekstil ve moda endüstrisinde tasarım üretim süreçleri de değiştirmektedir. Bu teknolojilerin devamı olarak kabul edilen 2014 yılında icat edilen 3D yazıcı kalemler de tekstil ve moda endüstrisinde giyilebilir sanat tasarımlarında kullanılmaktadır. FDM yazıcılarla benzerlik gösteren bu kalemlerin tekstil üzerine 3D baskıda kullanıldığını gösteren çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. PLA filamentlerle tekstil üzerine baskı yapılan araştırmada farklı tekstil yüzeylerine baskı denemeleri yapılmıştır. 5 farklı tekstil, baskı yüzeyi olarak seçilmiştir. 3D yazıcı kalemlerle tekstil üzerine baskıda PLA malzemenin kumaşa tutunmasında tekstil yüzeyinin gözeneklilik özelliğinin önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte geleneksel keçe gibi malzemenin lif uçlarına direk bağlanabileceği kumaş yapılarında da baskı başarılı sonuç vermiştir. Tutunmanın başarılı bir biçimde gerçekleştiği baskılarda yıkamaya karşı dayanımın arttığı gözlenmiştir. Ancak polyester satende baskı sürecinde tutunma başarılı bir biçimde gerçekleşmiş olmasına rağmen yıkama sonrası baskı da kumaş yüzeyinden belirgin bir şekilde ayrıldığı gözlenmiştir. Bu sonuç saten kumaşa tutunmanın lif düzeyinde gerçekleşmediğini göstermektedir. 3D yazıcı kalemlerle baskı süreci FDM ve Polyjet yazıcılardan çok daha hızlıdır. Kalemlerin bir yazılıma ihtiyaç duymaması, kalemin eritme hızının yüksek olması, nozul kalınlığının fazla olması gibi etkenlerle özellikle doğaçlama tasarımlarda üretim hızı yüksektir. Bu durum baskı maliyetini 3D yazıcılara göre avantajlı hale getirmektedir. Baskı sürecinde elle veya bilgisayarda hazırlanan kalıplar kullanılabileceği gibi tamamen doğaçlama tasarımlarda yapılabilir. 3D kalemler tamamen el emeği ile baskı yapan araçlardır. Bu sebeple yapılan her türlü çalışma “**haute couture**” olarak değerlendirilmektedir. Bu kalemlerle yapılan baskının kalitesi tamamen el becerisine ve tasarımcının deneyimine bağlıdır. Baskı deseni ne kadar küçük ise tutunma ve dayanım o kadar yüksektir. Ayrıca tutunmayı desteklemek için kumaşın tersine ince bir tabaka olarak baskı yapılması tutunma başarısını önemli ölçüde arttırmaktadır.

3D yazıcı teknolojisi ve tekstil ve moda tasarımındaki kullanımı gelişmeye devam etmektedir. 3D baskı teknolojisi, geleneksel tekstillerle beraber kullanıldığında estetik ve farklı baskı biçimleri ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, tekstil ve moda tasarımının geleceğinde, 3D yazıcılar kendine önemli bir yer edinmiştir. 3D kalemlerinde el işçiliği yoğun “**haute couture**” tasarımların ortaya çıkışında önemli rol oynayabileceği düşünülmektedir. Tekstil üzerinde doğrudan 3D baskı ve 3D kalemlerin kullanımı,

tasarımcıların sınırlarını zorlayan ve onları daha yaratıcı çözümler aramaya iten bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir. Ancak, malzeme çeşitliliği, hız ve hassasiyet gibi bazı sınırlamaları, bu teknolojinin büyük ölçekli üretimlerde kullanımını kısıtlamaktadır. Gelecekte, 3D kalemlerin beyinde canlanan imgeleri direk olarak tasarıma dönüştürecek bir araç haline geleceğine inanılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Başaran, F. N. (2022). Dokuma Tasarımında Kullanılan Cad Sistemleri. *Tekstil ve Mühendis*, 29(127), 168-184.
- Bulat, F. (2024). 3D Yazıcılarla (3DP) Tekstil Yüzeyi Manipülasyon Uygulamalarının Yapısal ve Estetik Açından Değerlendirilmesi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 11(3), 64-87.
- Bulat, F. (2024-b). *Tekstil ve Moda Tasarımında Yeni Bir Yaratım Aracı Olarak 3B Kalemler*, Ege 12th International Conference on Social Sciences Proceeding Book. 26-30, 2024, ISBN: 978-625-5962-08-9Academy Global Publishing House, s. 6022-6038, İzmir.
- Chatterjee, K., & Ghosh, T. K. (2020).3D printing of textiles: Potential roadmap to printing with fibers. *Adv. Mater.* 2020, 32, 1902086.
- Chun, H. (2022). A study on the design education method using 3D pen in an era of manufacturing change Nanotechnol. *Environ. Eng.*, 7 (2) (2022), pp. 461-465, 10.1007/s41204-021-00174-5
- Gorlachova M., & Mahltig B. (2021). 3D-printing on textiles an investigation on adhesion properties of the produced composite materials. *JPolym Res*,28,207; doi: 10.1007/s10965-02102567 1
- Görmer D, Störmer J., & Ehrmann A. (2020). The influence of thermal after-treatment on the adhesion of 3D prints on textile fabrics. *Commun Dev Assembling Text Prod*, 1:104– 110; doi: 10.25367/cdatp.2020.1. p104-110
- Grothe, T., Brockhagen, B. S., & Torck, J. L. (2020). Tree-dimensional printing resin on different textile substrates using stereolithography: a proof of concept. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1–7, doi:10.1177/1558925020933440.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). "Mixed methods research: A research paradigm whose time has come". *Educational Researcher*, 33(7): 14-26.
- Kočevar. N.T. (2023). 3D Printing on Textiles – Overview of Research on Adhesion to Woven Fabrics. *Tekstilec*, 66(3), 164–177.DOI:10.14502/tekstilec.66.2023055
- Korger, M., Glogowsky, A., Sanduloff, S., Steinem, C., Huysman, Sobe, H., Bettina, Ernst, M.& Rabe, M. (2020). Testing thermoplastic elastomers selected as Flexible three-dimensional printing materials for functional garment and technical textile applications. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1–10, doi: 10.1177/1558925020924599.
- Muthe, L.P., Pickering, K. & Gauss, C. (2022). Review of 3D/4D Printing of Poly-Lactic Acid Composites with Bio-Derived Reinforcements. *Composites Part C: Open Access* 8, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2022.100271>
- Kim, H. K., & Park, J. S. (2018). Development of Makeup Design by Using 3D Pen -Based on the characteristics of the Iris van Herpen's fashion show. *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, 24(5):946-955.
- Park, K., & Jisoo, H. (2019). "A Study on Contemporary Clothing Design Expressing Convergent Sensibility Using 3D Pen- Focused on the Development of Art Wear Applied with Chusa Kim Junghee's Calligraphy". *Journal of Basic Design & Art*.

Popescu, D., & Amza, G.C. (2022). 3D Printing onto Textiles: A Systematic Analysis of the Adhesion Studies. *3D Printing and Additive Manufacturing*, 11(2):1-21, DOI:10.1089/3dp.2022.0100

Rodríguez, F.J., Thomas, P. J. & Renaud, E. J. (2003). Mechanical behavior of acrylonitrile butadiene styrene fused deposition materials modeling. *Rapid Prototyping Journal*, 9- 4, 219-230, <https://doi.org/10.1108/13552540310489604>

Rosenski, D., & Palatnik, A. (2022). *Secondary students' experience using 3D pen in spatial geometry: affective states while problem solving*. Conference Book: The Twelfth Congress of the European Society for Research in Mathematics. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03811389>

Sin, L. T., & Tueen, B. S. (2019). Injection molding and three-dimensional printing of poly (lactic acid). In *Polylactic Acid. Edited by Lee Tin Sin and Bee Soo Tueen. 2nd ed. Elsevier*, 2019, 325–345.

Tuvshinbayar, K., Mpofu, Nonsikelelo S. M., Berger, T., & Storck, Jan L. S. (2024). Comparison of FDM and SLA printing on woven fabrics. *Communications in development and assembling of textile products* 5(2):169-177

Wei, Q., & Ramakrishna, S. (2020). Creating Art by 3D Pen, urrent Trends in Fashion Technology & Textile Engineering, Volume 6 Issue 4. DOI: 10.19080/CTFTTE.2020.06.55569

Vanderploeg, A., Lee, S.-E., & Mamp, M. (2017). The application of 3D printing technology in the fashion industry. *Int. J. Fash. Des. Technol. Educ.* 2017, 10, 170–179

Zu, R., Chen, W., Huang, Y., Chen, Y., Du, C., Fan., Hua Li, H., & Liu, H. (2025). Tailor-made 3D printing TPU/PLA composites for damping and energy absorption, *Materials & Design*, 252, 2025,113752, ISSN 0264-1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.113752>.

İnternet Kaynakları

Barnes, Julia (2023). 3D Printing for Textiles, https://www.aatcc.org/aatccnews_06a/ Erişim Tarihi:007.04.2025

Carina Shoshtary, (2020). Doodling Fine Art with Carina Shoshtary. <https://learn.the3doodler.com/blog/fine-art-carina-shoshatry/> Erişim Tarihi:007.04.2025

Erica Gray (2016). Forming High- Fashion. <https://learn.the3doodler.com/blog/forming-high-fashion/> Erişim Tarihi:007.04.2025

Ganit Goldstain, (2024). Ne-Kōgei koleksiyonu, <https://3dprintedart.stratasys.com/fashion/ne-kgei> Erişim Tarihi:007.04.2025

PCL, PCL Filament, <https://www.polyfluor.nl/assets/files/datasheet-pcl-filament-uk.pdf/> Erişim Tarihi:07.04.2025.

Ryall, J. (2020). Seiran Tsuno, 3D Kalem Tasarımları, Fashion that's out of this world: made of plastic ink fired from a 3D pen, Japanese nurse's designs marry glamour and tech. <https://www.scmp.com/lifestyle/fashion-beauty/article/3046360/japanese-fashion-designer-uses-3d-pens-create-otherworldly>

SHIGO, 3D Kalem Elbise, (2014). <https://learn.the3doodler.com/blog/making-patterns-plastic/> Erişim Tarihi:07.04.2025.

Stratasy (2025). Materials. <https://www.stratasys.com/en/materials/> Erişim Tarihi:007.04.2025

Stephanie Santos, (2025). The 3D pen is a perfect tool for artists wanting to explore unconventional and new techniques for their work and designs. - <https://learn.the3doodler.com/blog/fashion-stephanie-santos/> Erişim Tarihi:007.04.2025

Teghini, Tiziano (2021). FDM Baskı Giysi, <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-clothing/> Erişim Tarihi:007.04.2025