

PAPER DETAILS

TITLE: Üç Boyutlu Yazıcıların Moda Tasarım Sürecine Entegrasyonu ve Örnek Sürdürülebilir Bir Uygulama

AUTHORS: Mahta Asgharian Marzabad, Nilsen Sünter Eroglu

PAGES: 15-38

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3866837>

ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

¹Mahta Asgharian Marzabad,
Orcid: 0009-0002-2721-4837

²Nilşen Sünter Eroğlu,
Orcid: 0000-0002-8403-7809

¹MSc Student. Haliç University, Institute of Graduate Studies, Department of Textile and Fashion Design, Istanbul, Türkiye

²Asst.Prof.Dr. Marmara University Vocational School of Technical Sciences, Department of Design, Istanbul, Türkiye

Sorumlu Yazar (Corresponding Author):
Mahta Asgharian MARZABAD
22151580022@ogr.halic.edu.tr

Anahtar Kelimeler:

Üç boyutlu yazıcı, Üç boyutlu tasarım, Moda tasarımı, Model uygulama, Üç boyutlu baskı

Keywords:

Three dimensional printer, Three dimensional design, Fashion design, Model application, Three dimensional printing

Üç Boyutlu Yazıcıların Moda Tasarım Sürecine Entegrasyonu ve Örnek Sürdürülebilir Bir Uygulama

Integration of Three-Dimensional Printers into the Fashion Design Process and an Exemplary Sustainable Application

DOI: 10.54976/tjfdm.1469388

Alınış (Received): 17.04.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 04.02.2025

ÖZ

Bu çalışma, mimariden tıbbi ekipman üretimine kadar birçok endüstride, eklemeli imalat olarak adlandırılan üç boyutlu baskının dönüştürücü potansiyelini kapsamlı bir şekilde anlatmaktadır. Çalışmanın odak noktası, geleneksel hazır giyim üretim yöntemlerinin yanı sıra moda üzerindeki devrim niteliğinde olan üç boyutlu tasarımların etkisinden oluşmaktadır. Moda tasarım alanında üç boyutlu baskı, yaratıcılığa olanak tanıyarak tasarımcıların kişiselleştirilmiş aksesuarları ve avangart tasarımları hassasiyetle oluşturmalarını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında gelişmiş üç boyutlu baskı teknolojisi ile sanatsal ifadenin birleşimini örnekleyen bir giysinin tasarımı yapılmıştır. Üç boyutlu baskı üretim teknolojileri, tasarımcıların ürettiği üç boyutlu tasarım örnekleri, üç boyutlu tasarım ile sürdürülebilirlik ilişkisi aktarılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise üç boyutlu yazıcıdan çıkmış atık malzemelerin geri kazandırılması sağlanmış ve Simurg'un küllerinden yeniden doğmasından esinlenerek bir model tasarımı ve üretimi yapılmıştır. Böylece sürdürülebilir, teknoloji odaklı ve sanatsal bir giysi tasarımı ortaya konmuş ve üç boyutlu yazıcıların moda tasarım alanında daha fazla kullanılmasının önemi vurgulanmıştır.

ABSTRACT

This article comprehensively describes the transformative potential of three-dimensional printing, called additive manufacturing, in many industries, from architecture to medical equipment manufacturing. The focus of the study consists of the impact of revolutionary three-dimensional designs on fashion, as well as traditional ready-made clothing production methods. In the field of fashion design, three-dimensional printing enables creativity, allowing designers to create personalized accessories and avant-garde designs with precision. Within the scope of the study, a garment was designed that exemplifies the combination of advanced three-dimensional printing technology and artistic expression. Three-dimensional printing production technologies, three-dimensional design examples produced by designers, and the relationship between three-dimensional design and sustainability are explained. In the second part of the study, the waste materials produced by the three-dimensional printer were recycled and a model was designed and produced inspired by the rebirth of Simurg from its ashes. Thus, a sustainable, technology-oriented and artistic clothing design was created and the importance of using three-dimensional printers more in the field of fashion design was emphasized.

Kaynak gösterimi: Marzabad, M. A., Sünter Eroğlu, N., (2025). Üç Boyutlu Yazıcıların Moda Tasarım Sürecine Entegrasyonu ve Örnek Sürdürülebilir Bir Uygulama. *Turkish Journal of Fashion Design and Management*, 7(1), 15–38, <https://doi.org/10.54976/tjfdm.1469388>

How to cite: Marzabad, M. A., Sünter Eroğlu, N., (2025). Integration of Three-Dimensional Printers into the Fashion Design Process and an Exemplary Sustainable Application. *Turkish Journal of Fashion Design and Management*, 7(1), 15–38, <https://doi.org/10.54976/tjfdm.1469388>

Giriş

Giyim, toplum içinde önemli bir sosyal aktivite olarak kabul edilmektedir. Günümüzde, insanlar giyim tercihlerinde sadece estetik ve konfor arayışıyla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda kişisel ifade ve rahatlık arayışıyla da ilgilenmektedirler. Bu durum, giyim endüstrisine yeni bir boyut kazandırmaktadır. Geleneksel giyim ile akıllı teknolojinin birleşimi sonucu ortaya çıkan "akıllı giyim", sunduğu üstün avantajlar sayesinde ticari potansiyele sahiptir ve bu alanda yeni sektörlerin doğmasına yönelik potansiyeli öne çıkmaktadır (Soliwal, 2024; Kabukcu, 2018).

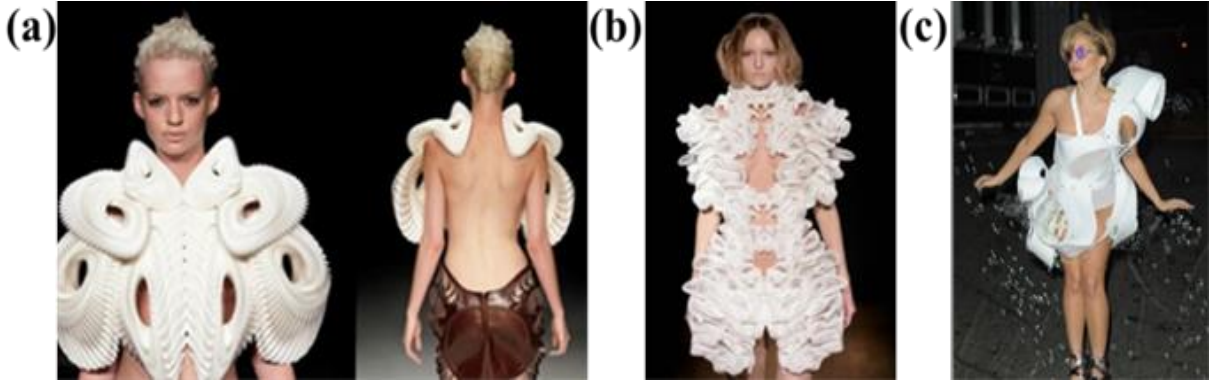
Akıllı giyim, insanların günlük giyimine algılama teknolojisi, mikroelektronik ve bilgi teknolojisi uyarlanarak sağlık izleme, enerji toplama, akıllı algılama, bilgi görüntüleme ve veri iletimi gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Son yıllarda, 3 Boyutlu (3B) baskı ve giyilebilir teknoloji, endüstri ve akademi arasında moda disiplinlerinde popülerlik kazanmıştır (Erener ve Boz, 2021). Özellikle hazır giyim sektöründe, 3B baskı teknolojisinin benzersiz hazırlama teknikleri ve ürün kalitesi sayesinde önemli avantajlar sağlandığı gözlemlenmiştir (Düzgün ve Çetinkaya, 2019).

Bu çalışma, moda tasarımında akıllı tekstillerin kullanımını, giyilebilir teknolojideki güncel gelişmeleri ve 3B baskı teknolojisinin moda endüstrisindeki potansiyelini araştırmaktadır. 3B baskı teknolojisi, moda endüstrisine yenilikçi tasarım ve üretim seçenekleri sunmaktadır. Ayrıca, bu çalışma 3B baskı teknolojisinin moda tasarımındaki uygulamalarını, üretim süreçlerini ve bu teknolojinin moda endüstrisindeki son trendleri incelemektedir. Akıllı tekstillerin ve 3B tasarım programlarının bir arada kullanımının moda tasarımına olan etkisi de ele alınmaktadır. Deneysel tasarım yöntemleri kullanılarak 3B yazıcılarla üretilen tekstil ve ürünleri özellikleri değerlendirilmiştir. Son olarak, efsanevi Simurg kuşundan ilham alınarak; dönüşüm ve yenilenmenin simgesel vücut bulmuş hali olan bir elbise tasarlanmıştır. Atık 3B yazıcı malzemelerin yeniden kullanılmasıyla, geleneksel tasarım, sanatsal ifadeler, 3B baskı teknolojileri ve sürdürülebilir moda uygulamaları içeren multidisipliner bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

1.1. 3B Baskılı Tekstiller, Aksesuarlar ve Elbiseler

Modern üretim yöntemleri içerisinde Eklemeli İmalat (Eİ), endüstrinin manzarasını yeniden şekillendiren bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Eİ, hızlı üretim veya 3B baskı olarak da bilinen, malzeme eklenerek 3B bir ürün oluşturabilen tüm süreçler için kullanılan bir terimdir. Bu ürünlere ilişkin bilgiler, ayrı katmanlara bölünmüş 3B Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) modelinden gelir. Bu dilimler, doğrudan Eİ işlemiyle oluşturulan katmanlara karşılık gelir ve neredeyse her türlü geometrinin üretilmesine olanak tanır (Bingham, et al., 2007). Çeşitli çalışmalar, 3B baskı teknolojisinin kumaş, giysi, giyilebilir teknolojiler ve kişiselleştirilmiş giyilebilir ürünler gibi konuları araştıran birçok incelemenin varlığını ortaya koymaktadır. 3B baskı teknolojisinin kullanımı, giyim tasarımcılarına ek ilham ve yaratıcılık sağlamaktadır. Örneğin; Iris van Herpen (Herpen,

n.d.), Julia Koerner (Koerner, n.d.), ve Behnaz Farahi (Farahi, n.d.) gibi birçok tanınmış moda tasarımcı, geleceğin bilim ve teknolojisine uygun kıyafetler yaratmak amacıyla 3B baskı teknolojisini kullanmışlardır. Ayrıca, fonksiyonel 3B baskı teknolojisi, giyim ve elektroniğin ideal birleşimini sağlayabilir. İlerleyen paragraflarda, 3D yazıcıları tasarımlarında kullanan farklı moda tasarımcılarından, giysilerden aksesuarlara kadar geniş yelpazede örnekler sunulacaktır. Ayrıca, 3B baskı ile yeni kumaşların geliştirilmesi, akıllı giysiler, giyilebilir elektronikler ve kişiselleştirilmiş giysiler üzerine de tartışılacaktır. İlerleyen paragraflarda ünlü tasarımcıların 3B yazıcılarla ürettiği kıyafet örneklerine yer verilmektedir; 2010 yılında Iris van Herpen, Daniel Widrig Materialise, “Crystallization Collection”da bir elbise tasarlamışlardır. Bu tasarımda LSİ 3B yazıcı ile PA kullanmış ve bu elbisede sıvının kristallere dönüşümünden ilham alınmıştır (Şekil 1a.) (Etherington, 2010). Bir yıl sonra, 2011 yılında, Iris van Herpen, Daniel Widrig ve Materialize “Escapism Collection”da bir elbise daha tasarlamışlardır. Bu tasarımda da LSİ yazıcı ile PA kullanılmış ve elbiseler hafif, esnek ve dantel bir yapıda üretilmiştir ve herhangi bir iğne veya iplik kullanılmamıştır (Şekil 1b.) (Derringer, 2011). Daha sonra, 2013 yılında, başka bir tasarım örneği, Benjamin Males'in SLA 3B yazıcı ile Polimer Reçine kullanarak tasarladığı “Lady Gaga's Anemone Dress” adlı kıyafettir. Bu elbise, sert ve farklı boyutlardaki baloncuklardan oluşmaktadır (Şekil 1c.) (Sharma, 2013).

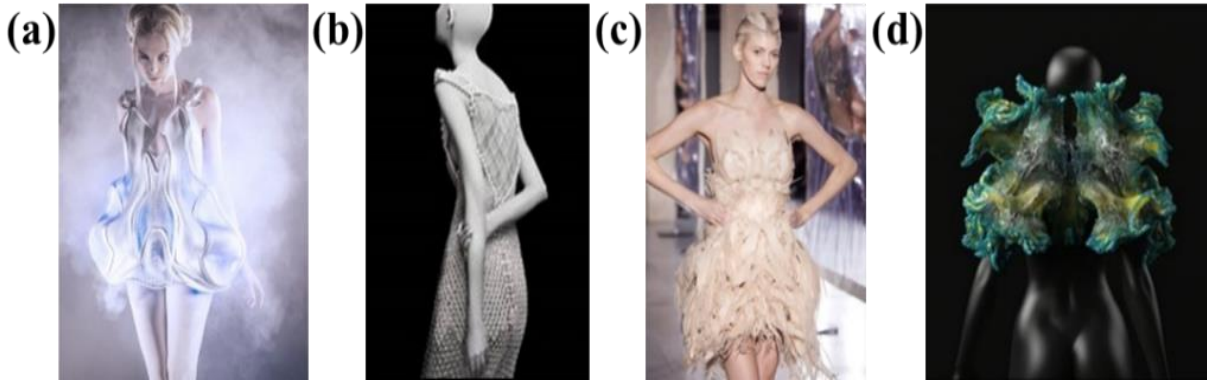


Şekil 1. (a) “Crystallization Collection”da (Etherington, 2010), (b) “Escapism Collection” (Derringer, 2011), (c) “Lady Gaga's Anemone Dress” (Sharma, 2013)

Figure 1. (a) “Crystallization Collection”da (Schouwer, 2020), (b) “Escapism Collection” (Melkebeek, 2020), (c) “Lady Gaga's Anemone Dress” (Sharma, 2013)

Anouk Wipprecht ve Niccolo Casas tarafından (Materialize ve Intel işbirliğiyle) tasarlanan bir diğer yenilikçi çalışma olan 'Smoke Dress', Termoplastik Poliüretan (TPÜ) 92A01 malzemesi ve Lazer Sinterleme İşlemi (LSİ) tekniğiyle 3B yazıcı kullanılarak üretilmiştir. Bu giysi, bir başkası tarafından müdahale edildiğinde duman perdesi oluşturarak kullanıcı ile çevresi arasındaki etkileşimi etkileyici bir şekilde ortaya koymaktadır (Şekil 2a.) (Casas, 2013). Aynı yıl içinde, Melinda Looi ve Samuel Canning, LSİ yazıcı ve PA malzemeyi kullanarak "Dive into Me" adında bir elbise tasarlamışlardır. Bu elbise, tek parça halinde basılmış 3B baskılı kumaşa kalıplanmış 5.000'den fazla kristalden oluşan, yere kadar uzanan bir tasarımdır (Şekil 2b.) (Delaney, 2013). 2014 yılında, başka bir çalışmada, Iris van Herpen, Julia Koerner ve Materialize tarafından

tasarlanan, serbestçe hareket edebilen, parlak bir elbise bulunmaktadır. Bu tasarım, LSI yazıcıda Termoplastik Poli Üretan (TPÜ) 92A-1 kullanılarak basılmış ve “Biopiracy Collection” içinde yer almıştır (Şekil 2c.) (Koerner, 2014). Neri Oxman ve ekibi tarafından tasarlanan 'Wanderers Collection' adlı çalışma, VeroCyan, VeroClara ve VeroMagenta malzemeleri kullanılarak PolyJet 3B yazıcı ile üretilmiştir. 3B baskılı giyilebilir kılcal damarlar üzerine inşa edilen bu tasarım, sentetik olarak tasarlanmış mikroorganizmalar içermektedir. Bu yenilikçi tasarım, belirli bir ortamla etkileşime girerek atmosferdeki elementlerden yaşamın sürdürülmesi için gerekli biyokütle, su, hava ve ışık üretimini sağlamaktadır (Şekil 2d.) (Madhuri, 2014).



Şekil 2. (a) “Smoke Dress” (Casas, 2013), (b) “Dive into Me” elbisesi (Delaney, 2013), (c) “Biopiracy Collection” (Koerner, 2014), (d) “Wanderers collection”dan bir elbise (Madhuri, 2014).

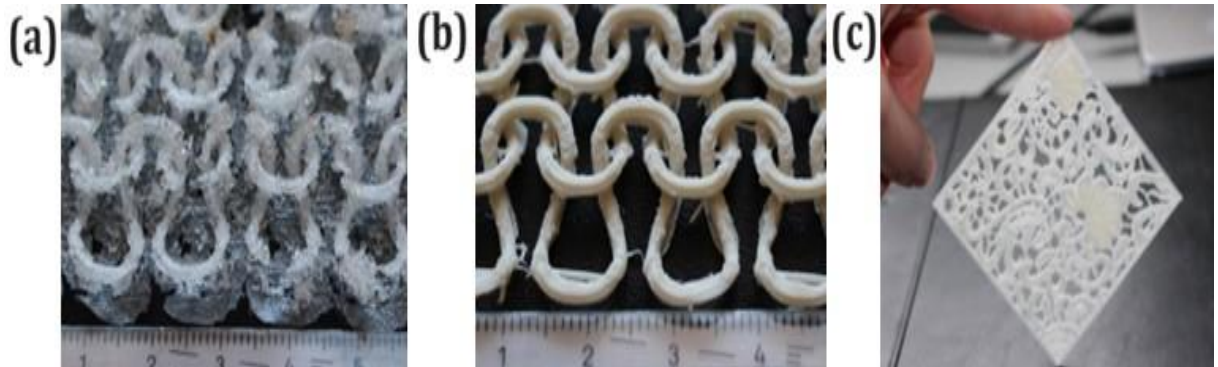
Figure 2. (a) “Smoke Dress” (Casas, 2013), (b) “Dive into Me” dress (Delaney, 2013), (c) “Biopiracy Collection” (Koerner, 2014), (d) a dress from “Wanderers collection” (Madhuri, 2014).

Anouk Wipprecht ve Niccolo Casas'ın Materialize ve Intel işbirliğiyle geliştirdiği 'Synapse Dress' adlı tasarım, LSI yazıcıda TPÜ 92A-1 malzemesi kullanılarak üretilmiştir. Esnek ve konforlu bir giysi olan bu tasarım, diğer insanların vücut sinyallerini ve yakınlığını sezgisel bir şekilde algılayıp yanıt verme yeteneğine sahiptir (Şekil 3a.) (Adlughmin, 2014). Francis Bitoni tarafından tasarlanan “Bristle Dress”, Erimiş Biriktirme Modelleme (EBM) yöntemiyle MakerBot 3B yazıcı kullanılarak üretilmiştir. Bu tasarımda, esnek ve doğal bir malzeme olan Polilaktik Asit (PLA) filamenti tercih edilmiştir. Elbisenin üst kısmı, büyük hacimli, bulut benzeri yarı saydam bir yapıdan oluşurken, etek kısmı dantel benzeri origami formlarını andırmaktadır (Şekil 3b.) (Williamson, 2014). Jiri Evenhuis ve Janne Kyttanen tarafından tasarlanan “Black Drape Dress”, Poliamid (PA) malzemesi kullanılarak Lazer Sinterleme İşlemi (LSİ) ile üretilmiştir. Bu tasarım, tamamen işlevsel, esnek ve nefes alabilen bir yapıya sahiptir (Şekil 3c.) (Taylor ve Unver, 2014). Anouk Wipprecht ve Philip H. Wilck, Lazer Sinterleme İşlemi (LSİ) kullanan bir 3B yazıcı ve Nylon 12 tozu ile 'Spider Dress 2.0' adlı bir elbise tasarlayıp üretmişlerdir. Bu elbise, kullanıcının kişisel alanını korumak amacıyla biyosinyalleri algılayan bir Intel Edison çipiyle donatılmıştır (Şekil 3d.) (Simon, 2014).



Şekil 3. (a) “Synapse Dress” (Adlughmin, 2014), (b) "Bristle Dress" elbisesi (Williamson, 2014), (c) “Black Drape Dress” (Taylor ve Unver, 2014) (Taylor ve Unver, 2014), (d) “Spider Dress 2.0” (Simon, 2014)
Figure 3. (a) “Synapse Dress” (Adlughmin, 2014), (b) "Bristle Dress" dress (Williamson, 2014), (c) “Black Drape Dress” (Taylor ve Unver, 2014), (d) "Spider Dress 2.0" (Simon, 2014)

2014 yılında Melnikova ve arkadaşları, 3B baskı teknolojisi ile geleneksel tekstil üretim yöntemlerini birleştirerek, düz örme kumaşlarla mümkün olmayan şekil değiştirme ve biyometrik izleme gibi fonksiyonel özelliklerin elde edilebileceğini göstermiştir. Çalışmada, polilaktik asit (PLA), BendLay ve yumuşak PLA gibi polimerler kullanılarak üretilen yapılar, farklı mekanik özellikler sergilemiş, özellikle yumuşak PLA'nın esnekliği, dinamik veya şekil değiştiren tekstiller için uygun olduğunu ortaya koymuştur. Katmanlı tasarımlar ve çok malzemeli entegrasyon, belirli koşullarda kontrollü deformasyon sağlayarak adaptif tekstil yapılarının geliştirilmesine olanak tanımıştır (Şekil 4.). Biyometrik izleme konusunda, esnek ve sert malzemelerin aynı yapıda birleştirilmesi, sensörlerin tekstil yüzeylerine entegre edilmesini mümkün kılmıştır. Bu sayede, giyilebilir tekstiller, kullanıcı hareketi, vücut sıcaklığı veya biyometrik verilerin gerçek zamanlı takibi için uygun hale gelmiştir. Çalışma, 3B baskının tasarım esnekliği ve hassas malzeme kontrolü sayesinde hem estetik hem de işlevsel açıdan yenilikçi tekstil yapılarının geliştirilmesi için güçlü bir temel oluşturmuştur. Bu sonuçlar, akıllı tekstil uygulamaları, giyilebilir cihazlar ve medikal tekstiller gibi alanlarda önemli bir potansiyel sunmaktadır (Melnikova, vd., 2014).



Şekil 4. (a) BendLay ve destek yapıları ile EBM, (b) destek yapıları olmayan yumuşak PLA ile EBM ve (c) Lay Tekkks'ten oluşturulan Dantel desen (Melnikova, vd., 2014).

Figure 4. Lace pattern created from (a) FDM with BendLay and support structures, (b) FDM with soft PLA without support structures, and (c) Lay Tekkks (Melnikova, et al., 2014).

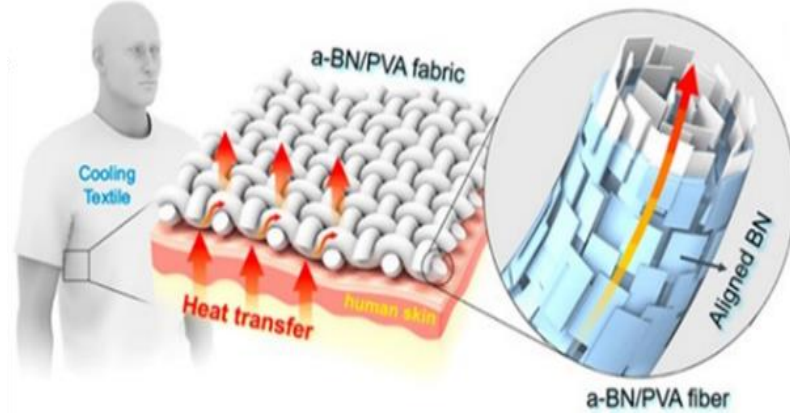
Julia Koerner ve Marina Hoermanseder, sıvı reçine ve SLA 3B yazıcı kullanarak 'Smock Corset' tasarımını geliştirmiştir. Bu tasarım, 21. yüzyılın çarpıcı estetiğini yansıtan tarihi bir korseyi modern bir şekilde yeniden yorumlamaktadır (Şekil 5a.) (Dhuru, 2015). Duyusal tekstil tasarımına bir örnek ise, İranlı moda tasarımcısı Behnaz Farahi'nin tasarladığı 'Caress of the Gaze' adlı elbisedir. Yazıcı malzemesi olarak Shore 60 Siyah ve Vero Beyaz PolyJet kullanılmıştır. Bu elbise, üzerine yöneltlen bakışlara duyarlı bir şekilde tepki vererek bakılan alanlarını hareket ettiren esnek bir yapıya sahiptir (Şekil 5b.) (Farahi, 2016). Hareketli tasarımlara bir diğer örnek ise, Danit Peleg'in 2016 yılında 'The Birth of Venus Collection' kapsamında tasarladığı "Paralympics Dress"tir. Bu elbise, EBM yazıcı ve Recreus'un FilaFlex malzemesi kullanılarak üretilmiş, serbestçe hareket edebilen esnek ve rahat bir ceket formundadır (Şekil 5c.) (Peleg, 2016). Danmei Sun ve Agita Valtas (2016), araştırmalarında TPE bazlı poliüretan ve bazı katkı maddeleri kullanarak, MakerBot Replicator 2X EBM 3B yazıcıyla bir elbisenin üst kısmını üretmişlerdir. 3B baskılı bu parça, yaka ve kol oyukları etrafında şekillenerek giysinin alt kısmını destekleyen bir panel işlevi görmektedir. Tasarım, giysinin alt kısmının uzunluğunu taşıyabilecek kadar dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 5d.).



Şekil 5. (a) Julia Koerner tarafından tasarlanan "Smock Corset" (Dhuru, 2015), (b) "Caress of the Gaze" Behnaz Farahi'nin tasarladığı elbise (Farahi, 2016), (c) "Paralympics Dress"i "The Birth of Venus Collection"dan (Peleg, 2016), (d) Üst kısmı 3B baskıyla yapılan giysinin tamamı (Sun & Valtas, 2016).

Figure 5. (a) "Smock Corset" designed by Julia Koerner (Dhuru, 2015), (b) "Caress of the Gaze" dress designed by Behnaz Farahi (Farahi, 2016), (c) "Paralympics Dress" from "The Birth of Venus Collection" (Peleg, 2016), (d) The entire garment whose upper part was 3D printed (Sun & Valtas, 2016).

3B yazıcılarla yapılan özel tasarımların yanı sıra, akıllı giyim alanında da araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Tingting Gao ve meslektaşları tarafından yürütülen önemli bir çalışma, kişiselleştirilmiş termal düzenleme tekstillerinin geliştirilmesine odaklanmıştır (Gao, et al., 2017). Araştırmada, kişisel soğutma uygulamalarını desteklemek amacıyla Bor Nitrür (BN) ve Poli Vinil Alkol (PVA) içeren, termal olarak iletken ve yüksek düzeyde hizalanmış elyaflar geliştirilmiştir. BN/PVA çözeltisi, programlanabilir bir 3B baskı sistemiyle, metalik bir iğne aracılığıyla soğutulmuş bir metanol çözeltisine kolayca ekstrüde edilebilecek viskoziteye sahiptir. Elde edilen BN/PVA kompozit elyaflar, farklı yapıda kumaşlara dahil edilebilme potansiyeli taşıyarak, soğutma tekstillerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Şekil 6.).

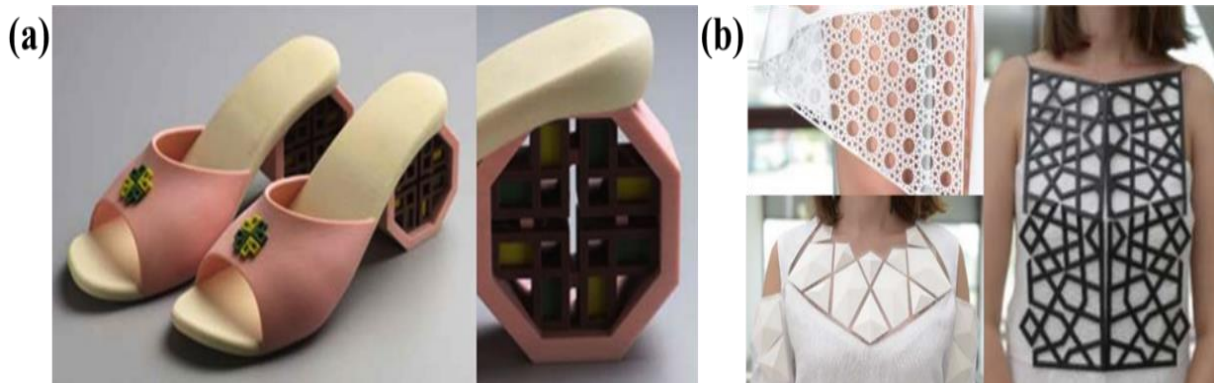


Şekil 6. Termal düzenleme tekstilinin şematik gösterimi (Gao, vd., 2017).

Figure 6. Schematic representation of thermal regulation textile (Gao, vd., 2017).

Moda dünyasında 3B baskının kullanıldığı tek alan kıyafet ve kumaşlar değil, çanta, ayakkabı gibi aksesuarlar da bu alanda yapılan kapsamlı araştırmalar arasında yer almaktadır. Örneğin, Ho Sun Lim, VisiJet PXL tozunu kullanarak yüksek topuklu bir ayakkabı üretmek amacıyla ProJet 660 Pro 3B yazıcısını kullanmıştır (Lim, 2017). Bu çalışma, modern Kore ürün estetiğini yansıtarak ve 3B baskılı ayakkabılar için geleneksel desenleri yeniden tasarlayarak önemli bir adım atmıştır (Şekil 7a.). Ayrıca, tüketicilerin kişiselleştirme taleplerini karşılamak amacıyla özelleştirilmiş ayakkabı topuk tasarımlarını da önermektedir.

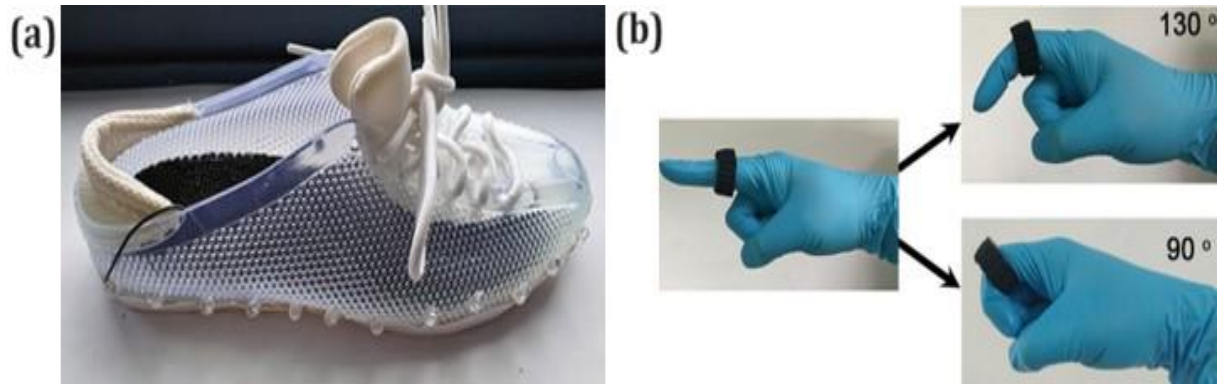
Zaimoğlu ve Yıldiran tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada (2017), 3B yazıcıların moda tasarımında yenilikçi uygulamaları incelenmiş ve farklı tasarım süreci uygulanmıştır. Selçuklu mimarisinin geometrik motiflerinden ilham alınarak, TPU kullanımıyla esnek yüzeyler, tül kumaş üzerine baskılar, PLA malzemesiyle rijit yüzeyler ve bağımsız parçaların birleştirilmesiyle hacimli giysi bölümleri oluşturulmuştur. Tasarımlar, Rhino ve Cura yazılımları kullanılarak dijital ortamda geliştirilmiş ve Ultimaker 2+ yazıcıyla üretilmiştir (Şekil 7b.).



Şekil 7. (a) Geleneksel muntin desenleri kullanılarak yapılmış 3B baskılı ayakkabılar (Lim, 2017), (b) Zaimoğlu'nun Selçuklu mimarisinden yaptığı tasarımlardan bir kısmı (Zaimoğlu & Yıldiran, 2017).

Figure 7. (a) 3D printed shoes made using traditional muntin patterns (Lim, 2017), (b) Some of Zaimoğlu's designs from Seljuk architecture (Zaimoğlu & Yıldiran, 2017).

Shuo Chen ve ekibi, giyilebilir elektroniklerin üretiminde basınç kontrollü doğrudan mürekkep püskürtmeli 3B baskı sistemi (HTS-300, Fochif Tech.) kullanmıştır (Chen vd., 2018). Bu çalışmada, triboelektrik nano jeneratörlerin (TENJ) baskı malzemesi olarak poligliserol sebakat ve karbon nanotüpler tercih edilmiştir. Amaç, etkili biyomekanik enerji toplama ve kendi kendine çalışan fizyolojik izleme için uyarlanabilir, gelişmiş 3B mimariye sahip elastik ve sürdürülebilir TENJ'ler üretmek için basit ve çok yönlü bir strateji geliştirmektir. Bu yaklaşım, giyilebilir cihazlar, akıllı robotlar ve hassas tıbbi uygulamalar gibi geniş bir kullanım yelpazesi için gelişmiş elektroniklerin üretimine yönelik yeni bir yöntem sunmaktadır (Şekil 8a. ve 8b.).

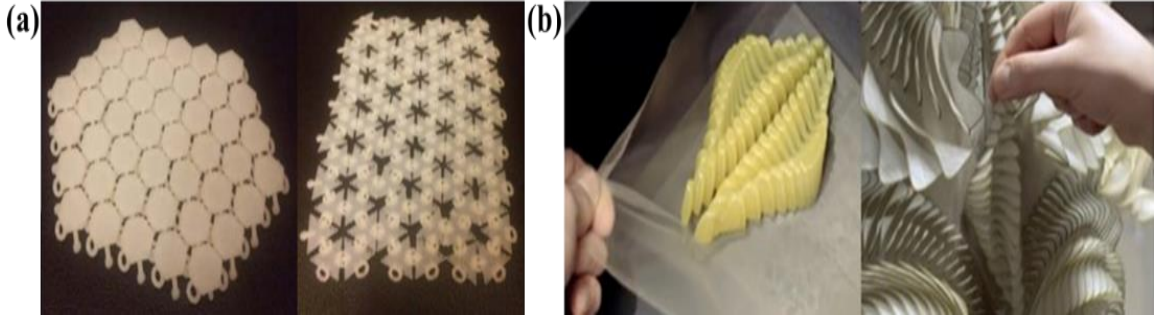


Şekil 8. (a) içinde 3B-TENGJ iç taban bulunan, kendi kendine çalışan aydınlatma ayakkabı fotoğrafı, (b) parmak hareketlerinin halka şeklindeki bir 3B-TENJ (Chen, vd., 2018).
Figure 8. (a) Photo of a self-powered lighting shoe with a 3B-TENGJ insole inside, (b) a ring-shaped 3B-TENJ of finger movements (Chen, et al., 2018).

Giyilebilir ürünlerin hızlı prototip üretim tekniklerinin geliştirilmesi, koruma, hareket kısıtlamaları, aşırı ısınma, yüksek maliyet, boyut sınırlamaları ve kullanım ile montaj zorlukları gibi çeşitli engeller nedeniyle önemini koruyan bir çalışma alanıdır. Ancak Gürcüm ve ekibinin çalışmasında, kompozit malzemelerin ve tekstil benzeri özellikler sergileyen malzemelerin stratejik kullanımıyla bu zorlukların etkin bir şekilde aşılabileceği gösterilmiştir (Gürcüm, vd., 2018).

Bu araştırmada, işlenmemiş Poliamid (PA)2200 ve Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) plus (fildişi) malzemeleri kullanılarak, EBM ve Lazer Sinterleme İşlemi (LSİ) gibi ileri 3B baskı teknolojileriyle altıgen ve dörtgen tasarımlı çeşitli örme kumaşlar başarıyla üretilmiştir. Bu yenilik, giyilebilir ürünlerin prototip üretiminde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelinmesine yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir (Şekil 9a.).

Zjenja Doubrovski ve arkadaşları, 2018 yılında tül kumaş üzerine katmanlı baskı tekniği kullanarak haute couture bir elbise tasarlamışlardır. Bu proje, hesaplamalı tasarım ve özelleştirilmiş Eİ sistemlerinin moda tasarım süreciyle bütünleşmesini içermektedir. Tasarım sürecinde, kumaş parçalarının geometrisini ve malzeme dağılımını tanımlayan bir komut dosyasıyla dijital olarak oluşturulan bir elbise üretilmiştir. Nihai tasarım, 2018 Paris Moda Haftası'nda sergilenmiştir (Şekil 9b.) (Doubrovski, et al., 2018).

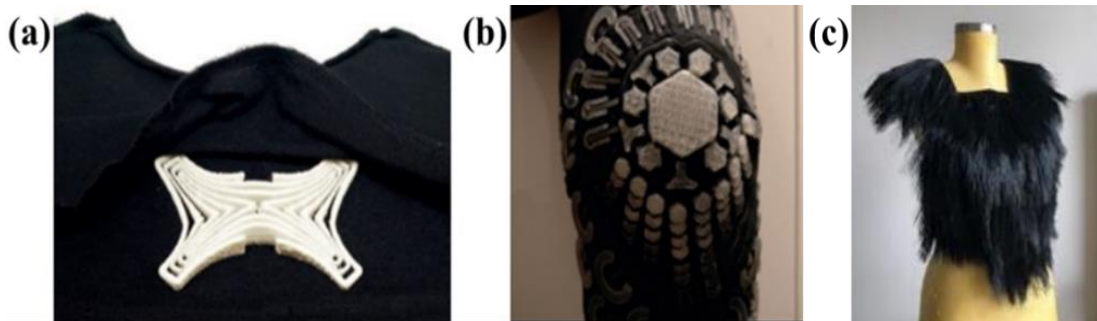


Şekil 9. (a) Menteşe bağlantılarından ilham alan 3B baskılı altıgen ve üçgen örnek döndürülmüş açılar (Gürcüm, vd., 2018), (b) “yaprak” baskılı tül ve örtüleme işlemi sırasında manuel olarak takılan yama (Doubrovski, et al., 2018).

Figure 9. (a) 3D printed hexagonal and triangular sample rotated angles inspired by hinge connections (Gürcüm, vd., 2018), (b) “leaf” printed tulle and patch manually applied during the draping process (Doubrovski, et al., 2018).

Kişiyeye özel giyim alanındaki bir diğer örnek, Michael Korger ve arkadaşlarının 2020 yılında gerçekleştirdiği çalışmadır. Bu çalışmada, ekstrüzyon tabanlı Erimiş Biriktirme Modelleme (EBM) yazıcısı kullanılarak Termoplastik Poliüretan (TPÜ) ve Termoplastik Stiren (TPS) malzemelerinden özel sırt ve diz koruyucuları üretilmiştir. Esnek TPÜ ve TPS elemanlarının, iç mekân tekstilleri üzerine uygulanan 3B baskılı yapılarla görsel efektleri ve fonksiyonel performansı iyileştirme potansiyeline sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 10a. ve 10b.) (Korger, vd., 2020). 2024 yılında gerçekleştirilen başka bir çalışmada, Demir ve Ayrancı tarafından 3B yazıcı teknolojisi kullanılarak tüylü bir yüzeye sahip üst giyim ürünü tasarlanmış ve üretilmiştir (Demir, & Ayrancı, 2024).

Moda tasarımı ile 3B baskının bir araya getirildiği bu projede, farklı malzemeler (sıvı reçine, TPU ve PLA filamentleri) test edilmiş, maliyet, esneklik ve detay kabiliyeti açısından en uygun çözümün PLA filament olduğu belirlenmiştir. Tasarım süreci, 10x10 cm boyutunda plakaların üretilmesi, bu plakaların manken üzerinde oluşturulan kumaş bazlı bir kalıba yapıştırılarak birleştirilmesi ve son aşamada ısı yardımıyla şekillendirilmesi adımlarıyla tamamlanmıştır. Bu yenilikçi yaklaşım, 3B yazıcıların estetik ve fonksiyonel giyim ürünleri tasarlama potansiyelini ortaya koyarken, esneklik, konfor ve giyilebilirlik gibi önemli pratik unsurların da ön planda tutulduğunu göstermiştir (Şekil 10c.).



Şekil 10. (a) Entegre sırt koruyuculu astarlı bitmiş gömlek, (b) Diz koruyucusu (Korger, et al., 2020), (c) Tüylü yüzeye sahip bir üst giyim (Demir & Ayrancı, 2024).

Figure 10. (a) Lined finished shirt with integrated back protector, (b) Knee protector (Korger, et al., 2020), (c) An upper garment with a hairy surface (Demir & Ayrancı, 2024).

Yukarıdaki tasarım ve çalışma örneklerinden görüldüğü gibi genel olarak tekstil ve moda tasarımında 3B yazıcılar, giysinin bütünsel üretimi ve yüzey detaylarının oluşturulması olmak üzere iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Her iki yaklaşım da moda endüstrisindeki 3B baskı teknolojisine çok yönlülüğünü sergilemekte ve tasarımcılara geleneksel giysi üretiminin sınırlarını zorlayacak yenilikçi araçlar sunmaktadır. Hem giysinin tamamının üretiminde hem de yüzey detaylarının geliştirilmesinde kullanıldığında 3B baskı; tekstil ve moda tasarımında daha özelleştirilebilir, sürdürülebilir ve teknolojik açıdan gelişmiş bir ortamın oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Tablo 1.'de, her iki yaklaşımın süreç farklılıkları ve avantajları açıklanmaktadır.

Tablo 1. Üretim süreci farklılıkları ve avantajları

Table 1. Production process differences and advantages

	Süreç	Avantajları
Giysinin bütün olarak üretimi	Yazıcı tüm giysiyi katman katman oluşturur.	Kişiselleştirme: Karmaşık ve özelleştirilebilir tasarımlara olanak tanıyarak tasarımcıların bireysel tercihlere veya belirli vücut ölçülerine göre uyarlanmış benzersiz şekillere, desenlere ve yapılaraya sahip giysiler oluşturmaktadır.
		Karmaşık geometriler: Teknoloji, geleneksel giysi üretim yöntemleriyle elde edilmesi zor olan karmaşık geometrilerin üretilmesini sağlamaktadır.
		Atıkların azaltılması: Baskı işlemi eklemeli olduğundan, yani malzeme katman katman eklendiğinden, çıkarmalı üretim yöntemlerine kıyasla israfı önemli ölçüde azaltabilir.
Yüzeyin üretimi	3B baskı, önceden var olan bir giysiye karmaşık ayrıntılar veya yüzey dokuları eklemek için kullanılır. 3B yazıcı, görünüm veya işlevselliğini geliştirmek için kullanılır.	Dokusal çeşitlilik: Tasarımcılar, giysinin yüzeyinde derinlik ve görsel ilgi katan çok çeşitli doku ve desenleri deneyebilir.
		Nakış ve süslemeler: 3B baskı, 3B süslemelerin ve karmaşık detayların oluşturulmasına olanak tanıyarak geleneksel nakış veya süsleme tekniklerine bir alternatif sunar.
		Prototipleme ve yinleme: Tasarımcılar, yüzey öğelerinin hızlı bir şekilde prototipini oluşturmak için 3B baskıyı kullanabilir, bu da daha yinlemeli ve deneysel bir tasarım sürecini kolaylaştırmaktadır.

1.2. 3B Baskı ve Sürdürülebilirlik

3B baskı, geleneksel üretim süreçlerine kıyasla daha sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Bu son teknoloji, çevre dostu uygulamalara ve sürdürülebilirliğe giderek artan bir önem vererek tasarım prosedürünü, üretimi ve tüketim modasını dönüştürme potansiyeline sahiptir. Atık azaltımı, 3B baskının moda endüstrisi için temel faydalarından biridir. Geleneksel üretim tekniklerinin aksine, üretim sırasında genellikle fazla malzeme üreten 3B baskı, malzemelerin hassas bir şekilde katmanlanması esasına dayanır. Bu, israfı büyük ölçüde azaltır ve sadece gerekli miktarda malzemenin kullanılmasıyla çevresel sorumluluğu teşvik eder (Pasricha, & Greeninger, 2018). Ayrıca, 3B baskı ile biyolojik olarak parçalanabilen ve sürdürülebilir malzemeler kullanılabilir. Tasarımcılar, organik bileşikler ve geri dönüştürülmüş plastikler gibi çevre dostu çözümler arasından seçim yaparak moda üretiminin çevresel etkisini önemli ölçüde

azaltabilirler. Moda endüstrisi, bu tür malzemeleri benimseyerek daha sürdürülebilir ve döngüsel bir ekonomiye doğru ilerlemektedir (Sharma, & Jha, 2023).

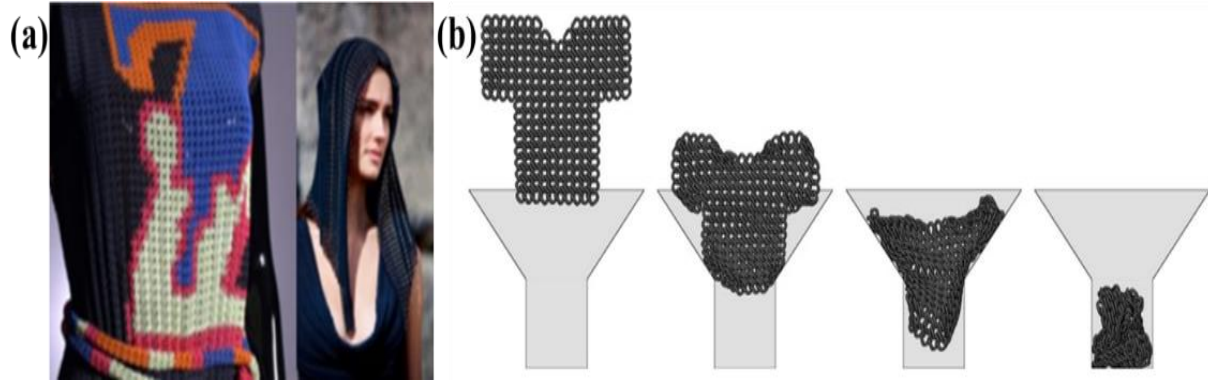
3B baskının öne çıktığı bir diğer önemli sürdürülebilirlik alanı ise kişiselleştirmedir. Geleneksel seri üretim genellikle aşırı stok ve stok fazlasına yol açar, bu da çevresel etkiyi olumsuz yönde etkiler. 3B baskı, her ürünü müşterinin benzersiz gereksinimlerine ve ölçülerine göre özelleştirerek, satılmayan ürünler için fazla depolama ihtiyacını azaltır (Jin, et al., 2021). Ayrıca, teknoloji isteğe bağlı ve yerel üretimi mümkün kılar. Uzun mesafeli mal taşımacılığının çevresel etkisi, sanayiye merkezden uzaklaştıran ve üretimin tüketim noktasına daha yakın olmasını sağlayan 3B baskı ile azaltılır. Sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu olan ve yerel ekonomilerin desteklenmesine yardımcı olan yerel üretim daha yaygın hale gelmektedir (Khajavi, 2021).

Lekeckas ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, dairesel tasarım çerçevesinde giysi uygulamaları için 3B baskı teknolojisinin tekstil kumaşlarına uygulanması incelenmiştir (Lekeckas, et al., 2023). Bu çalışma, malzeme uyumluluğu, yapısal bütünlük ve sürdürülebilirlik gibi faktörleri göz önünde bulundurarak, 3B baskı tekniklerinin tekstillere entegrasyonunun fizibilitesini ve etkinliğini araştırmaktadır. Hibrit yaklaşımın giysi üretim süreçlerinde devrim yaratma, tasarım esnekliğini artırma ve atık oluşumunu en aza indirme potansiyelini değerlendirmek için bir dizi deneysel test ve değerlendirme kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, karmaşık tasarımların, özelleştirilebilir dokuların ve gelişmiş giysi performansının elde edilmesi açısından umut verici olduğunu göstermektedir. Ayrıca; makale, sürdürülebilir moda uygulamalarına ilişkin çıkarımları tartışmakta ve 3B baskının tekstil ve hazır giyim endüstrisinde döngüsellik ileri letmedeki rolünü vurgulamaktadır.

1.3. Atık veya Hatalı 3B Malzemeler

3B baskının sağladığı faydaların yanı sıra, bazı önemli zorluklar da mevcuttur. Atık veya hatalı 3B baskı malzemeleri, Eİ süreçlerinde ciddi engeller oluşturmakta ve bu da verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından sorunlara yol açmaktadır. Bu atıklar, kusurlu baskılardan, fazla malzemeden veya başarısız prototiplerden kaynaklanabilir. Bu tür atıkların varlığı yalnızca üretim maliyetlerini artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel sorunlara da katkıda bulunur. Bu zorlukların aşılması, 3B baskı teknolojilerinde malzeme optimizasyonu, geri dönüşüm ve kalite kontrolüne yönelik yenilikçi stratejilerin benimsenmesini gerektirmektedir. 2018 yılında Bloomfield ve ekibi, Modeclix adlı araştırma projesinde, geleneksel inşaat yöntemleri ile en son üretim teknolojilerini bir araya getirerek bu sorunlara çözüm önerileri sunmaktadır (Bloomfield, & Borstrock, 2018). Proje, döngüsel ekonomi ilkelerini bir ürünün yaşam döngüsüne entegre ederek giysilerin ileri dönüştürülmesine olanak tanır. Sistemin yeni bileşenlerle geliştirilme potansiyeli, tekstilin adaptasyon yeteneğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda döngüsel ekonomi faktörlerini de ürün yaşam döngüsüne dahil eder. Örneğin; giysiler, müşterinin tam boyutu ve şekline göre uyarlanabilen, tamamen modaya uygun ve kişiselleştirilmiş

ürünlere dönüştürülebilir, bu da artan talebi karşılamaya yardımcı olur. Ayrıca, giysiler, yeni oyuncaklar, aksesuarlar, kıyafetler veya başka amaçlar için yeniden kullanılabilir; bu amaçla plastik Lazer Sinterleme İşlemi (LSİ) ile beyaz Poliamid (PA)12 tozu (Naylon) kullanılmıştır (Şekil 11a.). Gelecekte sisteme eklenebilecek yeni bileşenler, tekstilin çok yönlülüğünü artırabilir ve kullanım alanlarını genişletebilir. Ayrıca, yeni eklemeli imalat bileşenleri, tekstilin ömrünü iyileştirebilir ve uygulama alanlarını daha da genişletebilir (Şekil 11b.).



Şekil 11. (a) Modeclix tasarım sistemi aracılığıyla üretilen aksesuarlar (Bloomfield & Borstrock, 2018), (b) Modeclix'in yeniden üretme fikri (grafiksel özet) (Bloomfield & Borstrock, 2018).

Figure 11. (a) Accessories produced through the Modeclix design system (Bloomfield & Borstrock, 2018), (b) Modeclix's reproduction idea (graphical abstract) (Bloomfield & Borstrock, 2018).

Li tarafından gerçekleştirilen bir diğer araştırma, Polilaktik Asit (PLA)'nın sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını incelemektedir (Li, & Lee, 2022). Bu çalışma, 3B baskının katmanlı yapısı sayesinde malzeme israfının önemli ölçüde azaldığını vurgulamaktadır ve PLA ile yumuşak PLA'nın biyolojik olarak parçalanabilir ve sürdürülebilir özelliklerini ortaya koymaktadır. Ayrıca, atıkları en aza indirirken dayanıklılık ve esneklik gibi mekanik ve yapısal özelliklerin de geliştirildiği araştırmalar yapılmaktadır.

3B yazıcılardan üretilen atıklar ve hatalı malzemelerin yönetimi, inovasyon ve sürdürülebilirlik için önemli bir fırsat sunmaktadır. Geri dönüşüm programları, 3B baskı malzemeleri için atık filament ve başarısız baskıları yeni kullanılabilir malzemelere dönüştürerek çevresel etkiyi azaltabilir. Atık malzemelerin çeşitli projeler için yeniden kullanılması, örneğin yeni formlara dönüştürülmesi veya karma teknik sanat eserlerine dahil edilmesi, bu malzemelerin ömrünü uzatır ve onlara değer katar.

Yapılan bu araştırma projesinde, 3B baskıdan kaynaklanan atık malzemelerin yeniden değerlendirilmesi ve bu ilkelerin uygulanması amaçlanmaktadır. Haliç Üniversitesi'ndeki 3B yazıcılardan toplanan atık malzemeler, 2024 yılında dekoratif örneklere dönüştürülmüştür. Sürdürülebilir moda uygulamalarını benimseyerek ve atılan kaynakları yeniden değerlendirerek, atık malzemeler yaratıcılığın ve çevre yönetiminin görsel olarak büyüleyici bir ifadesine dönüştürülmektedir.

1.4. İran Edebiyatında Simurg, Anka ve Literatuarda Kavramları

3B baskı teknolojisiyle üretilen tekstil ürünlerinde yeni tasarım olanakları araştırılırken, estetik unsurların ve kültürel ilham kaynaklarının moda tasarımına katkısı da büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Simurg kuşu gibi efsanevi ve sembolik figürler, tasarım sürecine derinlik kazandırarak sanatsal ifadeyi güçlendirmektedir. Simurg'un dönüşüm ve yenilenmeyi temsil eden anlamı, sürdürülebilir tasarım anlayışıyla birleşerek çalışmanın temel konseptini oluşturmuştur. Bu nedenle, bir sonraki bölümde İran edebiyatında Simurg ve benzeri figürlerin kültürel ve edebi bağlamı ele alınarak, tasarımın tematik altyapısı açıklanacaktır.

Simurg (Şekil 12.), İran kültüründe ve Fars edebiyatında önemli bir yer tutan efsanevi kuşdur. Bu kuşun İran mitolojisindeki rolü ve diğer ülkelerin mitolojilerindeki benzer kuşlarla ilişkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Hindistan'ın Garuda'sı, Avesta'nın Amru ve Kamroi'si, Pehlevi edebiyatındaki Çamroş ve Kamak, Arap edebiyatındaki Angai, Fars edebiyatındaki Homa, Yunan edebiyatındaki Anka ve halk edebiyatındaki Syring gibi karakterlerle benzerlikler bulunmaktadır. Simurg'un hikayesi, Fars edebiyatında sıklıkla bilgelik, rehberlik ve kişisel keşif yolculuğu gibi çeşitli temaları simgeleyen bir alegori olarak kullanılmıştır. Simurg, bilge bir varlık olarak tasvir edilir ve gizli sırların bilgisine sahiptir. Bu kuş kendini gerçekleştirmenin ve kişisel gelişimin sembolü olarak tanımlanmıştır (Ghahremani, 1984) (Wikipedia contributors, n.d.).



Şekil 12. Washington, D.C., Freer Sanat Galerisi, Arthur M. Sackler Galerisi, Tahmasp Shahnamah, İran, Tebriz, "Simurgh Cıvıvlerini Beslerken Zal Bir Karavan Tarafından Görülüyor" (Manuscriptevidence, 2020)

Figure 12. (a) Washington, D.C., Freer Gallery of Art, Arthur M. Sackler Gallery, Tahmasp Shahnamah, İran, Tabriz, "Simurgh and Zaal from a persian Shahnameh" (Manuscriptevidence, 2020)

Geleneksel anlatılara göre, simurg kuşu bin yıl boyunca yalnız yaşar ve ömrünün sona erdiği zaman bir odun yığını üzerinde uçarak şarkı söyler. Bu sırada, kendiliğinden başlayan bir ateşle yanarak küllerinden yeniden doğan bir kuş oluşturur (Ghahremani, 1984; Wikipedia contributors, n.d.). Simurg'un hikayelerinden ilham alanlar için bu efsanevi yaratık ayırt edici özellikleri, sanatçılara zengin bir ifade paleti sunar. Tavus kuşunu andıran çarpıcı tüyler, canlı renkler ve karmaşık desenler, sanatçılar için ilham kaynağı olabilir. Sanatçılar, Simurgun sembolik anlamlarını kullanarak bilgelik, dönüşüm

ve yaşamın döngüsü gibi temaları aktarmayı hedefleyebilirler (Sheikh, 2017; Fisher, 2018). Fars kültüründe, simurg, önemli sembolizm taşıyıcı ve renkleri, Pers mitolojisi ve geleneğine dayanan çeşitli anlamlar içerir. Beyaz renk, saflığı, masumiyeti ve maneviyatı simgeler; ilahi alemle olan bağlantıyı ve aydınlanma ile aşkınlığı işaret eder. Kırmızı; tutkuyu, canlılığı ve cesareti sembolize eder, kuşun ateşli doğasını ve zorluklarla mücadele etme gücünü yansıtır. Sarı veya altın rengi; bilgeliği, aydınlanmayı ve refahı sembolize eder, rehberlik rolünü ve ruhsal bollukla olan ilişkisini vurgular. Bu yorumlar mitoloji, şiir ve kültürel geleneklerden beslenerek Pers kültüründe kökleşmiş ve bu kuş ve renkleri sembolik önemini zenginleştirmiştir (Namiri, 2017; Arjmandi et al., 2011).

Bu çalışma, akıllı tekstiller, giyilebilir teknolojiler, 3B baskı ve sürdürülebilirlik alanlarındaki mevcut literatürü inceleyerek, bu teknolojilerin moda tasarımındaki potansiyel uygulamalarını araştırmaktadır. Literatür taraması, 3B baskı teknolojisinin moda endüstrisinde hem yenilikçi tasarımları hem de sürdürülebilir üretim süreçlerini destekleyen olanaklar sunduğunu ortaya koyarken, atık 3B yazıcı malzemelerinin yeniden kullanımının sürdürülebilir moda yaklaşımını güçlendiren önemli bir strateji olduğunu göstermiştir. DeneySEL olarak, Simurg kuşundan esinlenerek tasarlanan elbiseler, geleneksel dikiş teknikleri ile 3B baskı teknolojisinin bir araya getirilmesiyle üretilmiştir. Bu tasarımlarda, atık 3B yazıcı malzemeleri kullanılarak oluşturulan dekoratif unsurlar, estetik açıdan zarif ve çevre dostu çözümler sunmuş, ayrıca sürdürülebilir moda tasarımına önemli bir katkı sağlamıştır. Sonuç olarak, bu çalışma, 3B baskı teknolojisi ile geleneksel tasarım yaklaşımları arasındaki etkileşimin yaratıcı potansiyelini vurgulamış ve moda tasarımı sürdürülebilirliğe katkı sağlayan yenilikçi yaklaşımları öne çıkarmıştır.

2. Materyal

2.1. Kullanılan Malzeme

Bu çalışmada, 3B baskı atık malzemelerinin moda tasarımı için yeniden kullanımı araştırılmıştır. Çalışma için, Haliç Üniversitesi'nde bulunan Zaxe Z3S 3B yazıcısından elde edilen atık filament malzemeleri toplanmıştır. Zaxe Z3S, Erimiş Biriktirme Modelleme (EBM) teknolojisi kullanan bir 3B yazıcı olup, baskı sürecinde Polilaktik Asit (PLA) veya başka termoplastik filamentleri katman katman biriktirerek 3B nesneler üretmektedir. PLA filament, geliştirilmiş akış özelliklerine, mükemmel katman yapışmasına, baskı kolaylığına ve yüksek mekanik mukavemete sahiptir, bu da en zor detaylarda bile yüksek baskı kalitesi sağlamaktadır (Polygenis, 2024). 3B baskı sırasında, üretim aşamasında oluşan fazla malzemeler, hatalı baskılar veya kullanılmayan filament parçaları genellikle atık olarak ayrılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, atık olarak kabul edilen ve çöpe atılacak olan bu malzemeler toplanmış, değerlendirilmiş ve tasarım sürecinde dekoratif amaçlı yeniden kullanılmıştır. Özellikle, geri dönüştürülebilir özellikte olan PLA bazlı filamentler tercih edilmiştir. Toplanan malzemeler, Simurg kuşundan ilham alan elbise

tasarımında estetik ve sürdürülebilir bir yaklaşım benimsenerek uygulanmıştır (Şekil 13a.). Elbise tasarımına boyut ve hareket kazandırmak için atık 3B materyaller kullanılarak 3B elemanlar tasarlanmış ve bu tasarımlar için Robitshop markasına ait bir 3B kalem kullanılmıştır. Bu 3B kalem, özellikle sade tasarımlar için uygun bir seçenek sunmaktadır (Şekil 13b.).



Şekil 13. a. Mikrozey PLA premium beyaz filament. 3B baskıdan geri kalan atık malzeme, b. Robitshop markası 3B kalem
Figure 13. a. Mikrozey PLA premium white filament. Leftover (waste) material from 3D printing, b. Robitshop brand 3D pen

3. YÖNTEM

3.1. Hikâye Panosu Hazırlanması

Araştırmanın deney kısmının ilk aşamasında, önceki bölümde detaylı olarak incelenen simurg ile ilgili efsanevi hikayeler temel alınarak, sürdürülebilirlik kavramının önemi üzerine odaklanılarak, Şekil 14.'te gösterilen moodboard tasarlanmıştır. Moodboard'un merkezinde bir Simurgh figürü bulunmakta olup, bu figürün altında Simurgh'un küllerinden yeniden doğuşunu temsil eden bir ateş simgesi yer almaktadır. Ayrıca, bu kuşun hikayelerini içeren Şehname'den alınan birkaç şiir de moodboard'un ortasında yer almaktadır. Bununla birlikte, bu kuşun renklerine göre seçilen bir renk paleti de solda sunulmuştur.



Şekil 14. Simurg hikayesinden esinlenerek tasarlanmış moodboard (Photoshop (Ps 2020) ile yapılmıştır)
Figure 14. Moodboard inspired by the Simurg stories (were made in Photoshop (Ps 2020) program)

3.2. Model Çizimi ve Model Seçimi

Bir sonraki aşamada simurg kuşu sembolizminden ilham alan 5 elbiseden oluşan bir kapsül koleksiyonu, geleneksel ve çağdaş moda unsurlarını birleştiren bir yaklaşımla tasarlanmıştır (model çizimi ve dördüncü elbisenin artistik çizimi Şekil 15’de gösterilmektedir). Bu koleksiyonun kavramsallaştırılması ve geliştirilmesi için, elle çizim teknikleri ve Photoshop (Ps 2020) uygulamasıyla dijital kombinasyonlar kullanılmıştır. Tasarım süreci, bu efsanevi yaratığın özünü yakalamak için formların, renklerin ve desenlerin detaylı bir şekilde araştırılmasını içermiştir. Yinelenen tasarım öğeleri sayesinde geleneksel el işçiliğinin modern dijital tekniklerle birleşimini sergileyen uyumlu bir koleksiyon oluşturulmuştur. Tasarım koleksiyondan dördüncü elbise dikmek için seçilmiştir. Dördüncü elbisenin kumaşı için koyu kırmızı renk paleti tercih edilmiştir, çünkü bu renkler Simurg kuşu sembolizmiyle ilişkilendirilen ateş ve tüylerini anımsatmaktadır. Ayrıca elbisenin alt kısmındaki detaylar da kuş tüylerini çağrıştırmaktadır.



Şekil 15. Simurg’dan ilham alan 5 elbiseden oluşan koleksiyon ve dördüncü elbisenin artistik çizimi (tasarımlar photoshop (Ps 2020) programında yapılmıştır).

Figure 15. Collection of 5 dresses inspired by Simurgh and artistic drawing of the fourth dress (designs were made in Photoshop (Ps 2020) program).

3.3. Kalıp Hazırlama, Kumaşların Kesimi ve Elbisenin Dikimi

Deneyisel bölümün son kısmında seçilen elbisenin dikimi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak koyu kırmızı kadife kumaş tercih edilmiştir. Kadife kumaşın seçimi, efsanevi kuşu anımsatan özgünlüğü ve estetiği simgeliyordu. Elbisenin kalıbı, 40 beden için manuel olarak hazırlanmıştır (Şekil 16.). Kumaş kesildikten sonra Haliç Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Moda ve Tasarım Bölümü dikiş atölyesinde Brother MO-6700 serisi dikiş makinesi kullanılarak dikim işlemi gerçekleştirilmiştir (dikiş süreci Şekil 17.’de gösterilmektedir).



Şekil 16. Dördüncü elbisenin kalıp hazırlama ve kumaş kesimi.
Figure 16. Pattern preparation and fabric cutting of the fourth dress.



Şekil 17. Tasarlanan elbisenin dikim ve süsleme süreci.
Figure 17. Sewing and decorating process of the designed dress.

3.4. Atık 3B malzemelerle 3B nesne yapımı ve giysi uygulaması

Atık Polilaktik Asit (PLA) filament (Microzey PLA premium beyaz filament), Haliç Üniversitesi'nden temin edilmiş ve ana malzeme altlık olarak kullanılmıştır. Deneysel metodoloji; bu malzemeleri, Simurgun çevreleyen mitolojinin doğasında olan yeniden doğuş ve dönüşüm temalarını simgeleyen, ateşi ve tüyleri anımsatan dekoratif unsurlara dönüştürmeyi amaçlayan bir dizi sistemli adımı kapsıyordu. Deney süreci, önceden belirlenmiş estetik ve tematik unsurları ifade etmek için tasarımın kavramsallaştırılmasıyla başladı (tasarım, ateş ve tüylerin birleşimidir). Daha sonra atık filament, kontrollü bir ısıtma ve şekillendirme prosedürüne tabi tutularak istenen formlara kalıplanması sağlandı. Isıtılmış filamentin manipülasyonu ve montajı, amaçlanan tasarım konseptini gerçekleştirmek için hassas bir şekilde gerçekleştirildi ve son dekoratif unsurun tutarlılığı sağlandı. Üretim sürecinin fotoğraflar aracılığıyla görsel olarak belgelenmesi, atık filamentten moda aksesuarına kadar olan dönüşüm sürecini doğrulayan ampirik kanıtlar sunarak, malzemelerin sürdürülebilir amaçlara yönelik olarak yeniden kullanılmasında deneysel yaklaşımın etkinliğini doğruladı. En sonunda, oluşturulan dekoratif unsurlar titizlikle elbiseye uygulanmıştır. Final haline getirilen elbise, Şekil 18.'de gösterilmiştir.



Şekil 18. Atık 3B baskı malzemeleriyle dekorasyon oluşturma süreci ve elbisenin üzerine uygulaması
Figure 18. Process of creating decorations with waste 3D printing materials

4. Araştırma Bulguları

Yapılan araştırma, moda endüstrisindeki giyilebilir 3B baskı uygulamalarının önemini vurgulamakta ve bu alandaki potansiyeli ortaya koymaktadır. Literatür taraması yapılarak 3B baskı uygulamaları incelenmiş ve giysi tasarımında kullanımı araştırılmıştır. Bu çalışma, atık 3B malzemeleri ile yapılan 3B nesnelerin giysi tasarımında kullanımı ile benzersiz bir görsel cazibe oluşturmakta ve teknoloji, sürdürülebilirlik ile modayı güçlü bir sentez haline getirmektedir. Sürdürülebilirlik ve 3B baskı, moda endüstrisinde giderek daha fazla bir araya gelmekte ve atıkların ile çevresel etkinin azaltılmasına yönelik yenilikçi çözümler sunmaktadır. 3B baskının moda tasarımına entegrasyonu, sürdürülebilirliği teşvik etme ve sektördeki temel zorlukların üstesinden gelme konusunda önemli bir umut vaat etmektedir (Pasricha, & Greeninger, 2018). Atık 3B malzemelerden tasarlanan giysilerin kullanıcıların ilgisini çekerek moda dünyasına yenilikçi bir perspektif kazandırma potansiyelini ortaya koymaktır. Bu bağlamda, tasarımların estetik ve teknolojiyi uyumlu bir şekilde harmanlayarak son kullanıcıya benzersiz bir görünüm sunacağı düşünülmektedir.

4.1. Tasarım Süreci

Bu araştırmada, giysi tasarımı hazırlık süreci başlangıcında öncelikle bir kavram haritası oluşturulmuş ve konuya uygun temayı belirlemek için adım atılmıştır. Daha sonra, koleksiyon teması belirlenerek, ilgili ilham kaynaklarından görseller ve renkler seçilerek bir hikaye panosu oluşturulmuştur. Ardından, konuyla ilgili eskizler yapılmış ve farklı modeller geliştirilmiştir. Bu modeller, elle ve Photoshop (Ps 2020) programı kullanılarak çizilmiştir. Seçilen tasarım için kalıplar hazırlanmış ve daha sonra kesim işlemine geçilmiştir, ayrıca farklı dikiş teknikleri (düz dikiş, overlok dikişi) uygulanmıştır. Bununla birlikte, el dikişi tekniği kullanılarak üretilen 3B esnek giysi, seçilen modelle birleştirilmiştir.

4.2. Tasarlanan Elbise Modelinin Değerlendirilmesi

Atık Polilaktik Asit (PLA) filamenti, hafif ve esnek olduğundan, kullanıcıya herhangi bir kısıtlama veya rahatsızlık vermeden hareket etme imkanı sunar. Tasarım, giysi üzerindeki 3B esnek parçaların kullanımını daha pratik ve kullanıcı dostu hale getirirken, aynı zamanda giysinin işlevselliğini ve estetiğini artırır. Kullanılan PLA filamentler, tasarımına uygun olarak kontrollü bir ısıtma ve şekillendirme prosedüründen geçirilerek istenen formlara kalıplanması sağlanmıştır. Üretilen 3B nesne, elbisenin üzerine dikkatlice yerleştirilir ve elle monte edilmiştir (Bu tasarımla 4 metreden fazla filamentin israf edilmesinin önüne geçilmiştir).

5. Tartışma ve Sonuç

3B baskı teknolojisi, moda tasarımına dahil edilmesi sayesinde maliyetleri düşürme, zaman tasarrufu sağlama ve doğruluğu artırma gibi birçok avantaj sunmaktadır. Ancak, 3B baskı atıkları veya artıklarının bu süreçte bazı sorunlara yol açabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu artıklar, çevre için büyük bir tehdit oluşturabilir ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı zorlaştırabilir. 3B baskı teknolojisinin çevresel etkilerini azaltmak için bu atıkların yeniden kullanılabilirliği ve doğru bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

3B yazıcıların atık malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi, sürdürülebilir üretim için yenilikçi bir perspektif sunmaktadır. Araştırmalar, 3B baskı süreçlerinde ortaya çıkan plastik atıkların ve başarısız baskıların eritilip yeniden işlenebileceğini ve böylece yeniden kullanılabilir bir kaynak haline getirilebileceğini göstermektedir (Mikula, et al., 2020; Madhu, et al., 2022; Sonjaya, et al., 2022). Bu durum, tasarım süreçlerinde hem çevresel hem de yaratıcı çözümleri desteklemektedir. Genellikle hurda olarak atılan bu malzemeler, karmaşık desenler, dokular ve dekoratif unsurlar oluşturularak tasarımlara estetik bir katkı sağlayabilir.

Bu çalışmada, Simurg kuşundan ilham alınarak 3B baskı süreçlerinde ortaya çıkan atık malzemelerin moda tasarımında yeniden değerlendirilmesi incelenmiştir. Çalışma, sürdürülebilirlik ilkelerini mitolojik motiflerle birleştirerek moda endüstrisindeki çevresel sorunlara yaratıcı ve yenilikçi bir çözüm sunmayı hedeflemektedir. Atık malzemelerle yapılan deneyler, bu malzemelerin giysi tasarımındaki çok yönlü kullanım olanaklarını ortaya koymuştur. Atık 3B yazıcı malzemeleri ısıtılarak birleştirilmiş ve çeşitli şekillerde tasarımlara dâhil edilmiştir; bu malzemelerin giysilere estetik ve fonksiyonel olarak iyi bir şekilde bağlanabildiği gözlemlenmiştir. Giyside 3B tasarım kullanımı, temizlik açısından bazı zorluklar yaratabilir. Elbise yıkanabilir, ancak dikkatli bir şekilde muhafaza edilmelidir. Doğrudan güneş ışığından zarar görebileceği için, güneş ışığından korunması önemlidir. Modelin ağırlığı değerlendirildiğinde, 3B tasarımın giysilere ek bir ağırlık kattığı gözlemlenmemiştir. Elbisenin toplam ağırlığı 915 gram (0.915 kg) olup, ağırlıkla ilgili herhangi bir şikayet bulunmamaktadır. Ancak, 3B elemanların düşük esneklik ve

kırılganlık özellikleri nedeniyle giyerken ve taşırken dikkatli olunması gerektiği vurgulanmıştır.

Mevcut literatür incelendiğinde, 3B baskı teknolojisi ile mitoloji veya kültürel motiflerin moda tasarımına dâhil edilmesi üzerine çalışmalar bulunmakla birlikte (örneğin Foraeva'nın Romanya motiflerini temel alan koleksiyonu (Khan, 2024) veya Iris van Herpen'in mitoloji temalı koleksiyonları (Design & Art Magazine, 2022), bu çalışmaların sürdürülebilirlik boyutuna yeterince odaklanmadığı görülmektedir. Bu çalışmanın özgün katkısı, hem mitolojik unsurlar hem de sürdürülebilirlik kavramlarını bir araya getirerek moda tasarımında çevresel sorunlara yenilikçi bir çözüm sunmasıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma, moda tasarımında 3B baskı teknolojisinin çevresel ve estetik faydalarını bir araya getiren bir yaklaşıma odaklanmaktadır. Bunun yanı sıra, moda endüstrisinde çevre dostu malzeme seçiminin optimize edilmesi, döngüsel ekonomi modellerinin geliştirilmesi, atık yönetimi stratejilerinin iyileştirilmesi ve ileri geri dönüşüm tekniklerinin keşfi gibi sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda çeşitli önerilerde bulunmaktadır. Ayrıca, tasarım araçlarının daha da geliştirilmesi için yazılım geliştiricilerle iş birliği yapılması, 3B baskı teknolojisinin inovatif potansiyelini artırabilir. Bu çalışma, moda tasarımında sürdürülebilirlik ve estetik değerlerin bir arada ele alınarak, sektöre yeni bir bakış açısı kazandırmayı amaçlamaktadır.

Kaynakça

- Adlughmin. (2014). *The "Synapse Dress": Intuitive 3D printed wearable body response dress by Anouk Wipprecht*. 3Dprint.com The Voice of 3D printing. (2014, September 11). <https://3dprint.com/14852/synapse-dress-anouk-wipprecht/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Arjmandi, H., Tahir, M., Shabankareh, H., Shabani, M. & Mazaheri, F. (2011). Psychological and spiritual effects of light and color from Iranian traditional houses on dwellers. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(2), 288-301.
- Bingham, G., Hague, R., Tuck, C., Long, A., Crookstan, J. & Sherburn, M. (2007). Rapid Manufactured Textiles. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 96-105.
- Bloomfield, M., Borstrock, S. (2018). Modeclix. The additively manufactured adaptable textile. *Materials Today Communications*, Vol. 16, 212-216. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2018.04.002>
- Casas, N. (2013). *Smoke Dress*. 2013 September. <https://www.niccolocasas.com/:https://www.niccolocasas.com/SMOKE-DRESS> adresinden alındı
- Chen, S., Huang, T., Qian, S., Guo, Y., Sun, L., Lei, D., ... You, Z. (2018). A single integrated 3D-printing process customizes elastic and sustainable triboelectric nanogenerators for wearable electronics. *Advanced Functional Materials*, 1805108-1805116.
- Delaney, A. (2013). *3D-Printed Fashion Collection: Melinda Looi And Samuel Canning Make Waves*. i.materialise, 3D printing blog <https://i.materialise.com/blog/en/melinda-looi-makes-waves-with-new-3d-printed-fashion-collection/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)

- Demir, E., Ayranpınar, S. K. (2024). “3B Yazıcıların Tekstil ve Moda Sektöründe Kullanımına. *Turkish Journal of Fashion Design and Management (TJFDM)*, 6(1), 23-44.
- Derringer, J. (2011). *Cutting-Edge Fashion by Daniel Widrig and Iris van Herpen*. Design-milk. 2011, March 08. <https://design-milk.com/cutting-edge-fashion-by-daniel-widrig-and-iris-van-herpen/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Design & Art Magazine. (2022). *Iris van Herpen: Mythology and the Metaverse*. Design & Art Magazine. (2022, July 26) https://www.designartmagazine.com/2022/07/iris-van-herpen-autumn-winter-22-23.html?utm_source=chatgpt.com adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Dhuru, R. (2015). *3D-Printed Fashion: 10 Amazing 3D-Printed Dresses*. <https://i.materialise.com:https://i.materialise.com/blog/en/3d-printed-fashion-dresses/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Doubrovski, Z., Stokhuijzen, D., Aberle, N., Herpen, I., Schuddeboom, P., & Verlinden, J. (2018). Fabricating the foliage dress: computational design in couture. *Proceedings of SCF*, 1-2.
- Düzgün, D. E. ve Çetinkaya, K. (2019). Moda alanında 3 boyutlu baskı teknolojileri. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 19-31.
- Erener, Ş., & Boz, S. (2021). Modern üretim tekniklerinde eklemeli imalat sistemlerinin yeri ve kullanım alanları. *Turkish Journal of Fashion Design and Management*, 47-56.
- Etherington, R. (2010, August 11). *Crystallization by Iris van Herpen, Daniel Widrig and .MGX by Materialise*. dezeen: <https://www.dezeen.com/2010/08/11/crystallization-by-iris-van-herpen-daniel-wright-and-mgx-by-materialise/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Farahi, B. (2016). Caress of the gaze: A gaze actuated 3D printed body architecture. *36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture* (s. 27-29). Ann Arbor, MI, USA: 36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture.
- Farahi, B. (n.d.). *Behnaz Farahi Architecture, Fashion & Interactive Design*. <https://behnazfarahi.com/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Fisher, M. (2018, May 11). *Simurgh, the Mysterious Giant Healing Bird in Iranian Mythology*. Ancient Origins: <https://www.ancient-origins.net/history/simurgh-mysterious-giant-healing-bird-iranian-mythology-0010030> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Fitch, T. (2016). *Harmonograph Dress*. 3dprintedart.stratasys.com. <https://3dprintedart.stratasys.com/fashion/harmonograph-dress> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Gao, T., yang, Z., Chen, C., Li, Y., Fu, K., Dai, J., . . . Hu, L. (2017). Three-Dimensional Printed Thermal Regulation Textiles. *ACS nano*, 11513-11520.
- Ghahremani, H. A. (1984, June/July). *Simorgh -- An Old Persian Fairy Tale*. <https://www.theosophy-nw.org/theosnw/world/mideast/mi-homa.htm> adresinden alındı
- Gürcüm, B., Börklü, H., Sezer, H., & Eren, O. (2018). Implementing 3D printed structures as the newest textile form. *Journal of Fashion Technology Textile Engineering*.
- Herpen van I. (n.d.). Iris van Herpen. <https://www.irisvanherpen.com/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Jin, Y., Campbell, R., Tang, J., Ji, H., Song, D., ve Liu, X. (2021). Designing and simulating a “mass selective customization-centralized manufacturing” business model for clothing enterprises using 3D printing. *Rapid Prototyping Journal*, 1664-1680.

- Kabukcu, E. (2018). Tüketici Odaklı Akıllı Giysi Tasarımı için Yeni bir Bütünleşik Model Önerisi. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 143–147.
- Khajavi, S. H. (2021). Additive manufacturing in the clothing industry: Towards sustainable new business models. *Applied sciences*, 8994.
- Khan R. (2024). *foraeva's 3D printed textiles reimagine traditional romanian motifs through code*. Designboom. 2024, February 8. https://www.designboom.com/technology/foraeva-3d-printed-textiles-ancient-romanian-motifs-code-heritage-recoded-02-08-2024/?utm_source=chatgpt.com adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Koerner, J. (2014). *Biopiracy dress*. juliakoerner.com. <https://www.juliakoerner.com/biopiracy> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Koerner, J. (n.d.). *Julia Koerner Vienna Los Angeles*. <https://www.juliakoerner.com/about-biography> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Koerner, J. (n.d.). *Julia Koerner*. <https://www.juliakoerner.com/> adresinden alındı
- Korger, M., Glogowsky, A., Sandul, S., Steinem, C., Huysman, S., Horn, B., . . . 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*, 1-10.
- Lekeckas, K., Stirbe, J., Ancutiene, K., ve Valusyte, R. (2023). Testing of 3D printing on textile fabrics for garments application within circular design. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 627-647.
- Li, Y., Lee, Y.-A. (2022). The Potential Use of PLA and Soft PLA in 3D Printing for Sustainable Wearables. *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*. Iowa State University Digital Press.
- Lim, H. (2017). Development of 3D printed shoe designs using traditional muntin patterns. *Fashion & Textile Research Journal*, 134-139.
- Madhu, N., Erfani, H., Jadoun, S., Amir, M., Thiagarajan, Y., ve Chauhan, N. (2022). Fused deposition modelling approach using 3d printing and recycled industrial materials for a sustainable environment: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2125-2138.
- Madhuri, M. (2014). *Wanderers by Neri Oxman: 3D printed Wearables*. <https://www.re-thinkingthefuture.com/>: <https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a3678-wanderers-by-neri-oxman-3d-printed-wearables/> adresinden alındı
- Manuscriptevidence. (2020). *Simurgh and Zaal from a persian Shahnameh*. Research group on manuscript evidence: (2020, May 7). <https://manuscriptevidence.org/wpme/simurgh-and-zal-from-a-Simurghpersian-shahnameh/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Melnikova, R., Ehrmann, A., ve Finsterbusch, K. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials. *IOP conference series: materials science and engineering*, 012018.
- Mikula, K., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Warcho, J., Moustakas, K., Chojnacka, K., ve Witek-Krowaik, A. (2020). 3D printing filament as a second life of waste plastics—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 12321-12333.
- Namiri, M. E. (2017). Symbolic Meaning of Colors in Traditional Mosques. (*Master's thesis, Eastern Mediterranean University EMU-Doğu Akdeniz Üniversitesi (DAÜ)*).

- Pasricha, A., Greeninger, R. (2018). Exploration of 3D printing to create zero-waste sustainable fashion notions and jewelry. *Fashion and Textiles*, 5(30), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40691-018-0152-2>
- Peleg, D. (2016). *Paralympics dress*. danitpeleg.com <https://danitpeleg.com/paralympics-dress/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Polygenis, T. (2024). *PLA vs ABS vs PETG: A Comparison of 3D printing filaments*. wevolver. (2024, August 30). https://www.wevolver.com/article/comparison-of-pla-abs-and-petg-filaments-for-3d-printing?utm_source=chatgpt.com adresinden alındı (Erişim tarihi: 30 Aralık 2024)
- Sharma, A., ve Jha, A. (2023). Application of biopolymers in clothing and fashion. *International Journal of Pharma Professional's Research (IJPPR)*, 1-21.
- Sharma, R. (2013, December 6). *Lady Gaga goes Gaga over 3D printing*. <https://www.forbes.com/https://www.forbes.com/sites/rakeshsharma/2013/12/06/lady-gaga-goes-gaga-over-3d-printing/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Sheikh, S. Z. (2017). persian allegory of chinoiserie motifs-dragon and phoneix or simurgh. *international journal of multidisciplinary and current research*, 939-949.
- Simon. (2014). *This 3D printed robotic spider dress is perfect for somebody who needs 'space'*. www.3ders.org. (2014, December 23). <https://www.3ders.org/articles/20141223-this-3d-printed-robotic-spider-dress-is-perfect-for-somebody-who-needs-space.html> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Soliwal, T. (2024). *Fashion Tech: How Technology is Shaping the Future of Apparel*. FF Fibre2Fashion. (2024, January). <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/9886/fashion-tech-how-technology-is-shaping-the-future-of-apparel> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Sonjaya, M., Mutmainnah, M., ve Hidayat, M. (2022). Construction of plastic waste extruding machine to produce filaments of 3D printing machine. *International Journal of Mechanics*, Vol. 16, 82-90. <https://doi.org/10.46300/9104.2022.16.10>
- Sun, D., Valtas, A. (2016). 3D printing for garments production: An exploratory study. *Journal of Fashion Technology and Textile Engineering*, 1000139.
- Taylor, A., Unver, E. (2014). 3D Printing-Media Hype or Manufacturing Reality: Textiles Surface Fashion Product Architecture. In *Textiles Society Lecture; Textile Centre of Excellence*. huddersfield, UK.
- Wikipedia Contributors. (n.d.). *Phoenix (mythology)*. Wikipedia içinde. [https://en.wikipedia.org/wiki/Phoenix_\(mythology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Phoenix_(mythology)) adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Williamson, C. (2014). *Francis Bitonti's 3D printed dress you can print at home*. <https://design-milk.com/https://design-milk.com/francis-bitontis-3d-printed-dress-can-print-home/> adresinden alındı (Erişim tarihi: 15 Nisan 2024)
- Zaimoğlu, Ö., Yıldırım, M. (2017). Moda Tasarımında İnovatif Bir Yöntem: Üç Boyutlu Yazıcılar ile Giysi Tasarımı Uygulamaları. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 2949-2976

