

3B BASKI TEKNOLOJİSİ İLE FARKLI TEKSTİL YÜZEYLERİ ÜZERİNDE DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE UYGULAMA ÖNERİLERİ*

HALE AVCI YILMAZ, KEZBAN SÖNMEZ

ÖZ

Günümüzde tekstil tasarımı, 21. yüzyılın teknolojik gelişmeleri ile boyut değiştirmiş, sanatsal ve deneysel çalışmalar çoğalarak geniş bir alana yayılmıştır. İçinde bulunduğumuz bu yüzyılda devrim niteliği taşıyan bir gelişme ise 3 boyutlu baskı teknolojileridir. 3 boyutlu yazıcıların çıktısı olarak moda ve tekstil tasarımı alanlarında yapılmış heykelsi giysi formları, ayakkabı, çanta vb. ürünlerin örnekleri fazlaca görülmektedir. Ancak giyimde kullanılabilen filamentler açısından gerilme mukavemetinin az olması, yakın zamanda aşılmış bir özelliktir.

Bu araştırma, 3B baskının tekstil yüzeyleri ve baskıları ile ilişkisini ele alarak yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarını irdelemektedir. Yapılan çalışmalarla tekstil alanında birbirinin alternatif olabilecek yöntemler ve bu tekniklerin senteziyle oluşabilecek yeni yüzey tasarımlarının ortaya konması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. FDM teknolojisi ile baskı alan Ultimaker2+ 3B yazıcısında 2.8 mm PLA filament kullanılarak, tekstil ve moda üretiminde sıkça yer alan farklı yüzeylere ya da elyaf içeriklerine sahip tekstiller üzerine baskılar alınmıştır. PLA filamentin yüzeyler üzerine yapışma gücünü deneyimlemek için gözlemler gerçekleştirilmiştir. Buna göre; Doğal elyafla üretilmiş tekstillerin içerisinde, dokusuz yüzey olan %100 yün keçe üzerinde, karışım elyaf içerikli tekstiller başlığında, %60 pamuk %40 polyester havlu üzerinde, sentetik elyafla üretilmiş kumaşlar içerisinde ise havlı yapıdaki kadife ve pelüş kumaş üzerinde en güçlü tutunma gerçekleştiği gözlenmiştir.

Moda ve giyim endüstrisinde olduğu gibi birçok sektörde yer edinen 3B baskı teknolojisi, tasarımın yenilikçi olması beklendiğinden, özellikle tasarımcıların tanınması ve üzerinde çalışmalar yapması gereken bir alan oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışmanın 3B baskı uygulanarak sanatsal, endüstriyel tekstil baskı ve aksesuarlarına alternatif olabilecek yöntemlerin geliştirilmesinde aydınlatıcı olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Moda, Tasarım, Tekstil, Teknoloji, 3B.

* Bu çalışma 12.07.2021 tarihinde Akdeniz Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü tarafından kabul edilen "Tekstil Yüzeylerinin 3B Yazıcı Teknolojileri ile Birleşimi ve Yeni Uygulama Önerileri" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

** Araştırmacılar çalışmaya eşit oranda katkıda bulunmuşlardır. Çalışmada herhangi bir destek ve teşekkür beyanı veya çatışma beyanı yoktur.

EXPERIMENTAL STUDIES ON DIFFERENT TEXTILE SURFACES WITH 3D PRINTING TECHNOLOGY AND APPLICATION OFFERS*

HALE AVCI YILMAZ, KEZBAN SÖNMEZ

ABSTRACT

Textile design has changed dimension with the technological developments of the 21st century, artistic and experimental studies multiplied and spread over a wide area. A revolutionary development in the current century is 3D printing (3D printing) technologies. Examples of sculptural clothing forms, shoes, bags, etc., made in the field of fashion and textile design as the output of 3D printers are widely seen. However, in terms of filaments that can be used in clothing, the low tensile strength is a feature that has recently been overcome.

This research goes about the results of that made experimental studies by scrutinizing the relationship of 3D printing with textile surfaces and textile prints. It's aimed to reveal the methods that can be alternative to each other in the field of textile and new surface designs that can be formed by the synthesis of these techniques with this study.

This study was carried out with the quantitative research method. 2.8 mm PLA filament was used in the Ultimaker2+ 3D printer, which prints with FDM technology. Thus prints were made on textiles with different surfaces or fiber contents, which are frequently used in textile and fashion production. Observations were made in order to test the adhesion strength of PLA filament on surfaces and to reveal its suitability for textile production. According to this; Among the textiles produced with natural fibers it was observed that the strongest adhesion was achieved on 100% wool felt which is a non-woven surface, on the textiles with mixed fiber content on 60% cotton 40% polyester towels. Also among the fabrics produced with synthetic fibers the strongest adhesion was observed on velvet and plush fabric with pile structure.

3D technology which has a place in many sectors such as the fashion and clothing industry creates a new area that designers should know and work since the design is expected to be innovative. It is expected that this study will be illuminating in the development of methods that can be an alternative to artistic and industrial textile printing and also accessories by applying 3D printing.

Keywords: Fashion, Design, Textile, Technology, 3B.

* This work was accepted by Akdeniz University Fine Arts Institute on 12.07.2021. It was produced from the master thesis named "Combination of Textile Surface with 3D Printing Technologies and New Application Examples".

1. GİRİŞ

Tekstil, giyim ve moda endüstrisi ilk dokuma makinesinin keşfinden; lazer kesim, 3 boyutlu yazıcı gibi en ileri teknolojilerin bu alanlarda kullanımına kadar erişen uzun bir süreçten geçmiştir. Teknoloji ve sanayii alanındaki gelişmeler sanatçıyı, tasarımcıyı, sanatsal ve endüstriyel tüm tasarım süreçlerini etkileyen güçlü faktörlerdir. Bu devinim içerisinde 3B prototip çıktılarının sınırlılıklarını aşacak, tekstil, moda ve sanatsal çerçevelerde kullanım alanını arttıracak ve yeni öneriler ortaya koyabilecek araştırmaların önemi göz ardı edilemez. Bu nedenle çalışmanın amacı günümüzdeki gelişmelerin bir parçası olan 3B baskı teknolojisinin tekstil yüzey tasarımı üzerindeki etkilerini, tekstil yüzeylerinde 3B yazıcı çıktılarını ve tekstil baskılarını kullanarak gerçekleştirilebilecek alternatif yöntemleri ve bu tekniklerin senteziyle oluşabilecek yeni yüzey tasarımlarını ortaya koymaktır.

Araştırma sırasında öncelikle çalışma alanı ile ilgili literatür taraması yapılmış ve kavramsal çerçeve oluşturulmuştur. Sonraki aşamada ham madde, ısı, yüzey ve baskı tekniği değişkenleri gözlenerek deneysel çalışmalar yapılmış, bu çalışmalarda nicel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bununla birlikte; kumaş, deri, keçe vb. üzerinde 3B baskı ve tekstil baskılarının beraber kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu çalışmada cevaplanması beklenen bazı sorular aşağıdaki gibidir:

3B baskı ile tekstil üretim sürecini etkileyecek yeni baskı yöntemleri geliştirilebilir mi?

Tekstil baskı teknikleri hızlı prototipleme çıktılarının üzerine uygulanabilir mi?

3B baskının tekstil yüzeyi üzerine tutunmasında tekstil baskı yöntemlerinin etkisi nedir?

3B baskı teknolojileri tekstil baskısı, tekstil sanatçısı ve baskı tasarımcısını nasıl etkiler?

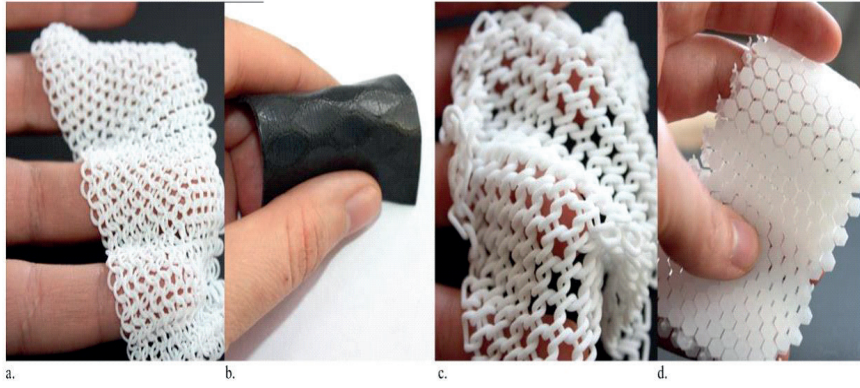
Araştırma sonucunda elde edilen verilerin, izlenen yöntem ile hızlı prototiplemenin ergonomi problemine alternatif çözümler önerilip önerilemeyeceğini ortaya koyduğu, 3B baskının tekstil baskı üretim sürecini, tekstil sanatçısı ve baskı tasarımcısını etkileyebileceği durumlar konusunda aydınlatıcı nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Oluşturulan çerçeve ve elde edilen bilgiler ışığında 3B baskı teknolojisinin tekstil ve giyim tasarım alanındaki güçlü ve zayıf yönleri değerlendirilmiş, 3B baskı teknolojisi kullanılarak yapılmış tekstil yüzeylerine yönelik çalışmalara yer verilmiştir.

2. TEKSTİL YÜZEYLERİNİN 3B BASKISI

Tekstil tabanlı yapıların prototip baskısını gerçekleştirmiş çalışmaların genel olarak amacı tekstilde kullanılan dokuma, örme ya da dokusuz yüzeylerin yerine alternatif olabilecek tekstil yüzeylerini araştırmaktır.

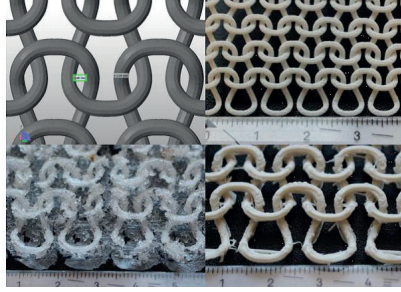
2014 yılında Kirsten Lussenburg vd. 3B baskılı tekstil yüzeyleri kullanarak giyilebilir giysi tasarımları gerçekleştirmiş ve araştırmanın sonucunda 3B baskıda kullanılan filamentin yırtılma direncinin, bunun yanında yumuşaklığının iyileştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Lussenburg, Velden , Doubrovski , Geraedts, Karana 2014).



Şekil 1: 3B baskı ile elde edilen tekstil örnekleri.

Kaynak: Lussenburg vd. (2014). Designing with 3D Printed Textiles, International Conference on Additive Technologies.

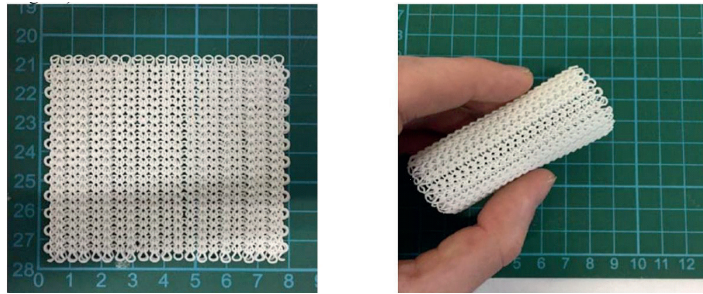
R. Melnikova vd. (2014) tek yüzlü atkı örmesinin SLS ve FDM teknolojileri ile prototip baskısını alarak, FDM baskılarında iki farklı polimer materyal ile yapılan deneysel çalışmaları karşılaştırmışlardır.



Şekil 2: Sol üst modelleme örneği, sağ üst SLS baskı, sol alt Bendlay ile FDM baskı, sağ alt PLA ile FDM baskı.

Kaynak: Melnikova vd. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer material. IOP Conf. Series

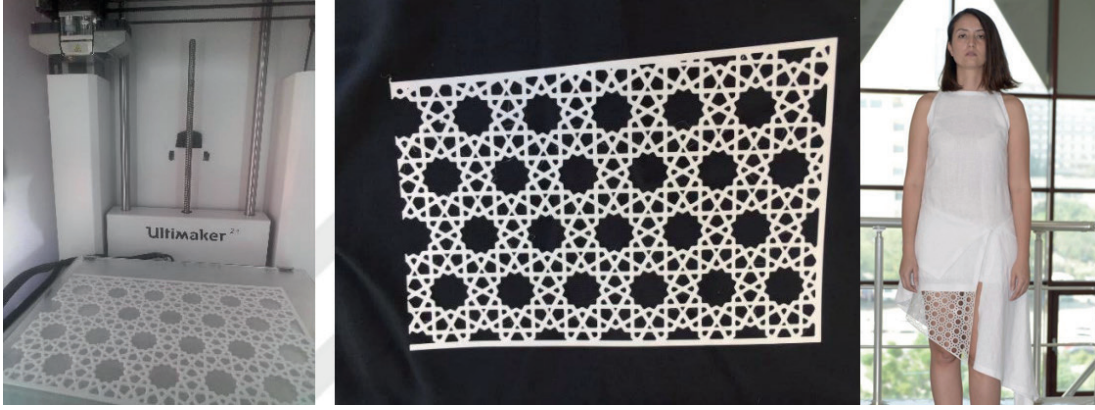
Beecroft (2016), esnek yapıya sahip tekstil formunun 3B yazıcılar ile elde edilebilirliğini görmek istemiş ve atkı örmesi ile oluşturulan tekstil yapısını SLS teknolojisini kullanarak prototiplemiştir. Aynı atkı örme yüzeyini farklı kalınlıklarda deneyerek, esneklik ve mukavemetlerini karşılaştırmış ve elde edilen yüzeylerin teknik tekstil uygulamalarında kullanılabileceğini ancak yumuşaklığı arttırmak için farklı ham maddeler ile yapılacak araştırmaların gerektiğini belirtmiştir.



Şekil 3: 0,4 mm başlık ile interlok örme 3B baskısı ve esneklik kabiliyeti.

Kaynak: Beecroft, M. (2016). 3D Printing of Weft Knitted Textile Based Structures by Selective Laser Sintering of Nylon Powder. IOP Conference Series

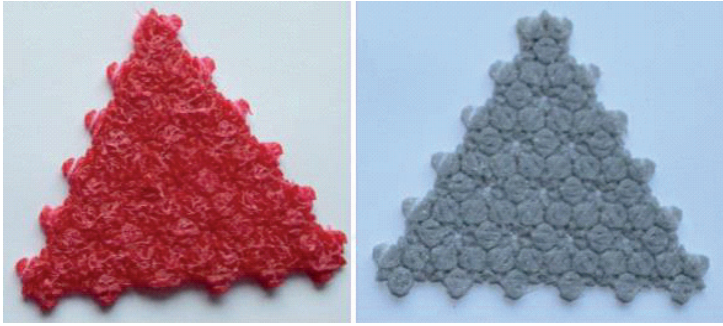
Yıldıran (2017), *Üç Boyutlu Yazıcılar ile Moda Ürünlerine Yönelik Yüzey Tasarımları* isimli tez çalışmasında Selçuklu Dönemi mimari motiflerini tek seferde baskı aldığı, parçalar halinde basılarak sonradan birleştirdiği ve tekstiller üzerine baskı aldığı yüzey tasarımlarına çevirerek kapsül bir koleksiyon içerisinde giyim tasarımları gerçekleştirmiş, çalışma sürecinde gözlenen avantajlar ve dezavantajlara yer vermiştir.



Şekil 4: Desenin yazıcı tablasında ve çıkarıldıktan sonraki görünümü, giysi tasarımında uygulaması.

Kaynak: Yıldıran (2017) *Üç Boyutlu Yazıcılar ile Moda Ürünlerine Yönelik Yüzey Tasarımları*.

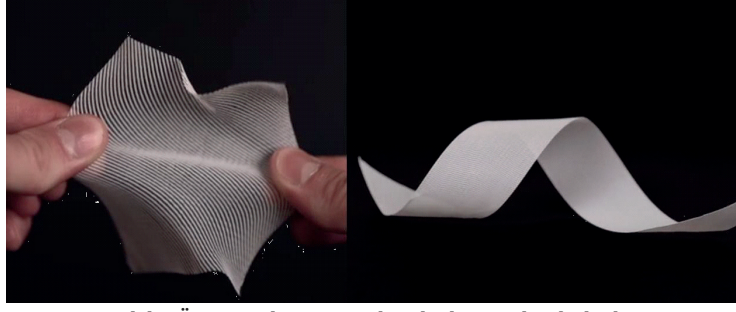
Lehmann vd. (2017), esnek tekstil yüzeylerini 3B yazıcılar ile elde etmek istemişler ve bunu yaparken farklı markalardan temin edilen aynı yapıdaki hammaddeleri kullanarak sonuçları esneklik ve dayanıklılık açısından karşılaştırmışlardır.



Şekil 5: NinjaFlex ve FlaFles filamentler ile baskısı alınmış 3B model.

Kaynak: Lehmann vd. (2017). Optimization of 3D Printing with Flexible Materials. International Textile Conference

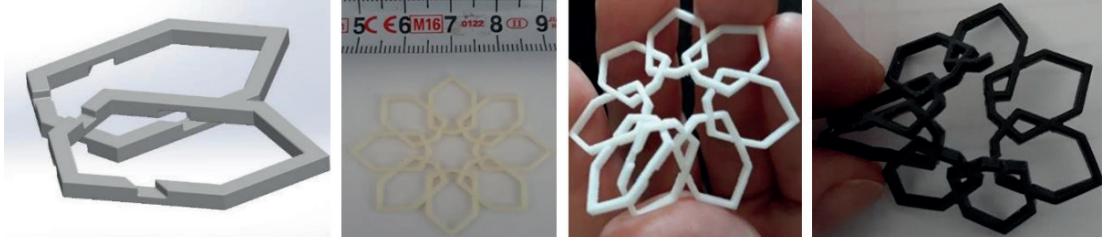
Massachusetts Teknoloji Üniversitesi'nden Jack Forman aslında bir 3B yazdırma kusuru olarak görülen fazla ve az ekstrüde etme durumunu kontrollü bir şekilde tekrar etme yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem ile "yarı tekstil" diye adlandırarak örgü jarse kumaşa benzettikleri, esnek ve yumuşak olabilen, tül benzeri ince bir yüzey baskısı elde etmiştir. Forman kendi tekniği ile uzun bir bandaj, karışık desenli dantel ve esnek ve iletken formda abajur uygulamaları yapmıştır. Özel bir yazılım ya da pahalı cihazlar gerekmeden uygulanabilecek bu yöntemin yaygın kullanım ve ulaşılabilirlik açısından önemli olduğunu belirtmiştir (Ham, 2020).



Şekil 6: Örgü jarse benzeri esnek 3B baskı ve 3B bandaj baskı.

Kaynak: Ham, B., 2020, Massachusetts Institute of Technology, www.news.mit.edu, Erişim tarihi: 13.06.2021

Bulat ve Başaran (2018) Anadolu Selçuklu motiflerinden esinlenerek oluşturdukları iç içe geçen birimlerden meydana gelen çok parçalı geometrik motifi FDM, SLS ve SLA yöntemleri ile baskı almışlardır.



Şekil 7: Soldan sağa; motifi oluşturan parçaların yakın görünümü, FDM, SLS ve SLA yöntemleri ile alınan baskı örnekleri

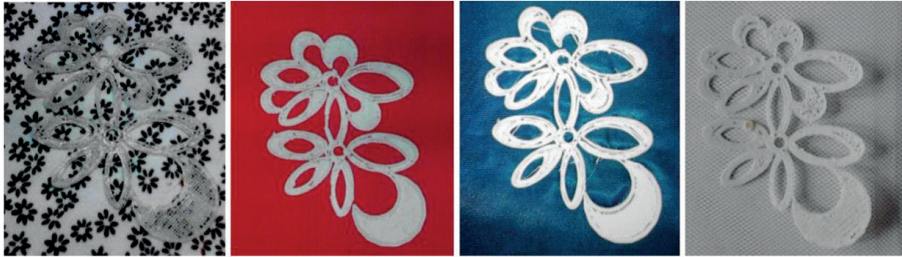
Kaynak: Kesit Akademi Dergisi, Haziran 2018, s. 257-273.

Elde ettikleri sonuca göre yöntemlerin avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırarak, tasarlanan parçanın bir giysiyi oluşturabileceği gibi aksesuar olarak da kullanılabilceğini, elektronik akşamlarla desteklenmesi ile ise akıllı tekstile dönüşebileceğini bildirmişlerdir (Bulat ve Başaran, 2018).

3. TEKSTİL YÜZEYLERİ ÜZERİNE 3B BASKI

Hızlı prototipleme sistemleri ile yapılan araştırmalara göre; tekstil tabanlı yapıların prototip baskısı sağlanmış ve 3 boyutlu baskı formları bazı tekstil yüzeyleri ile birleştirilmiştir. Bu konuda son yapılan araştırmadan başlayarak kronolojik bir sıralama ile bu araştırmaları inceleyecek olursak;

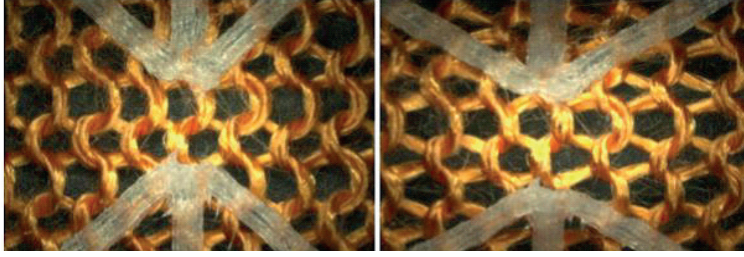
Sabantina vd. (2015), saf 3B baskılı ürünlerin mekanik görünümleri ve özellikle düşük gerilme mukavemeti nedeniyle, 3B formların tekstil yüzeylerine birleştirilmesi üzerinde durmuşlar ve polyes-ter kumaşlara tutunmanın başarılı olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 8: Pamuk, yün, viskoz ve polyester kumaş üzerine 3B baskı.

Kaynak: Sabantina vd. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures - mechanical and geometrical properties of multi-material systems. Global Conference on Polymer and Composite Materials

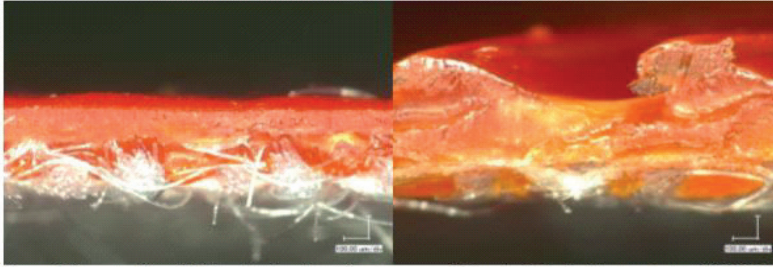
Grimmelsmann vd. (2016), 3B baskıyı geleneksel örme kumaş üzerine uygulamış ve örme yapısında yer alan gözeneklerin izotropik olarak genişleyip genişlemeyeceğini test etmişlerdir. Yardımcı 3B baskı formlarının uygulanması sonucunda örme kumaşın en boy oranında yüksek miktarda değişim gözlenmediği ve gözeneklerin yapısının önemli ölçüde değişmediğini bildirmişlerdir.



Şekil 9: Örme kumaş rahat ve gergin haldeyken üzerine alınmış 3B baskı.

Kaynak: Grimmelsmann vd (2016). 3D printed auxetic forms on knitted fabrics for adjustable permeability and mechanical properties. Global Conference on Polymer and Composite Materials

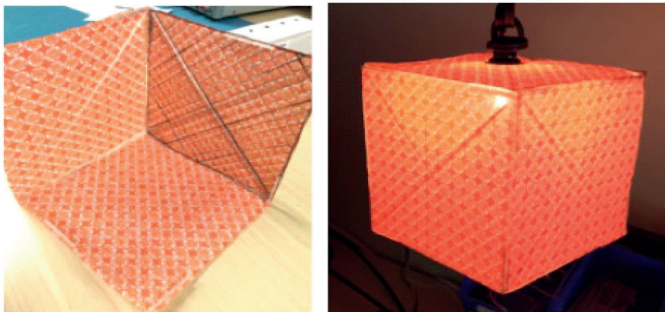
Spahiu vd. (2017), polyester dokuma kumaşlar üzerinde 3B yazıcıda baskı yatağındaki sıcaklık farklarının tutunma üzerindeki etkisini gözlemlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar üzerinden yüksek sıcaklık ile tutunma oranının arttığını vurgulamışlardır.



Şekil 10: Baskı tablası 20 °C ve 100 °C ayarlanarak polyetser kumaş üzerine PLA filament ile alınmış 3B baskı

Kaynak: Spahiu vd. (2017). Effect of 3D printing on textile fabric. International Conference "Engineering and Entrepreneurship"

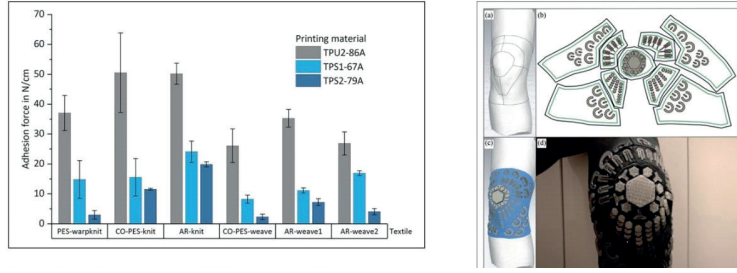
Rivera vd. (2017) hızlı prototiplemede kullanılan çıktı maddelerinin (ABS ve PLA) yapışma kuvvetlerini, elyaf karışımlarından oluşan aynı tekstil yüzeyleri üzerinde ölçmüş ve bu verileri kullanarak tekstil yüzeyleri ve 3B baskıyı birleştirecek teknik ve struktur önerileri yapmışlardır.



Şekil 11: Kumaş üzerine basılmış altı adet 3B panel ve bunların birleştirilmesi ile oluşturulan abajur.

Kaynak: Rivera vd. (2017). Stretching the Bounds of 3D Printing. Conference on Human Factors in Computing Systems

Korger vd. (2020), spor giyim ve iş elbiselerinde sıklıkla kullanılan dokuma ve örme tekstiller üzerine TPU (thermoplastic polyurethane) ve TPS filamentleri ile baskılar alarak yapışma kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçların içerisinde uygulamaya en uygun parametre ile tasarladıkları sırt ve diz koruyucu gibi önerilerin baskısını gerçekleştirmişlerdir.



Şekil 12: Solda spor ve iş giyiminde kullanılan farklı dokuma ve örme tekstiller üzerine alınan 3B baskının yapışma kuvvetleri karşılaştırılmaktadır. Sağda kumaş üzerine 3B baskı ile elde edilen diz koruyucu yapım aşamaları yer almaktadır.
Kaynak: Korger, vd. (2020). Testing thermoplastic elastomers selected as flexible three-dimensional printing materials for functional garment and technical textile applications.

İtalya merkezli 3B yazıcı üreticisi olan Wasp firması Co-de-It ve digifabTURING iş birliği ile Grashopper yazılımı kullanarak yeni teknikler keşfetmek için bir atölye çalışması gerçekleştirmiştir. Workshopta, tabakaya gerilmiş esnek tekstillerden faydalanarak üzerine uyguladıkları 3B baskı ile oluşturdukları yeni formlar elde etmişlerdir (Lazzari, 2021).



Şekil 13: Gergin kumaş üzerine alınan 3B baskı ve kumaşın tabladan söküldükten sonra aldığı form.
Kaynak: Lazzari (2021, May 26). WASP.

4. 3B BASKI TEKNOLOJİSİ İLE TEKSTİL YÜZEYLERİ ÜZERİNE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

FDM (ekstrüzyonla yığma tekniği) sistemlerinin altında yer alan Ultimaker2+ 3B yazıcısı ile 2.85 mm çapında yerli üretim Porima Beyaz PLA filament kullanılarak denemeler yapılmıştır. Çalışma yürütülürken doğal, sentetik, selülozik ve karışım elyaf içeren, giyim üretiminde sıkça kullanılan tekstil yüzeylerine yer verilmiştir. Farklı elyaf içeren yüzeylerin yanı sıra özdeş elyaf ile üretilmiş ancak doku ve üretim tekniği açısından ayırım gösteren tekstiller karşılaştırılmıştır. Filamentin hangi şartlarda tekstillere tutunduğu, elyaf içeriklerine ve yüzey farklılıklarına göre sonuçların değişip değişmediği gözlemlenmiştir. Baskılar gerçekleştirilirken tabla ve nozzle sıcaklığı gibi değişkenler sonuçların netliği açısından sabit tutulmuştur. Sıcaklık sabitini belirlemek için gerçekleştirilen bir-

kaç ön çalışmaya aşağıda yer verilmiştir.

Araştırmacılar PLA filamentin sentetik elyafa tutunma sağladığını belirtmiştir. Bu nedenle %100 polyester saten dokuma kumaşa ilk olarak yazıcının standart ayarları ile baskı alınmıştır. Bu ayarlar;

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 210 °C

Baskı Tabakası: 60 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

şeklindedir. Birinci denemede tabla ayarı nozzle başlığın kumaşa hafif temas etmesi sağlanacak şekilde yapılmıştır. Baskı sonucunda filamentin kumaştan kolayca ayrıldığı gözlemlenmiştir. İkinci denemede nozzle başlığı ve tabla arasında kumaşın kuvvetlice şıkışması sağlanmış ve tabla üzerinde yeteri kadar gerilmeyen kumaşın başlık temas ettikçe hareket ederek filament akışına ve baskının düzgün ilerlemesine engel olduğu görülmüştür. Üçüncü uygulamada kumaşın tabla üzerinde mümkün olan maksimum gerginliği sağlanmış, ardından ikinci uygulamadaki gibi nozzle başlığı ile kuvvetli sıkışma sağlayacak tabla ayarı yapılmıştır. Yazdırma sorunsuz ilerlemiş ve çıktı düzgün bir şekilde elde edilmiştir ancak ilk uygulamadaki gibi çıktı kumaş yüzeyinden kolayca ayrılmıştır. Dördüncü denemede tabla sıcaklığı 90 °C ye yükseltilerek üçüncü aşama ile aynı şartlar sağlanmış ve daha iyi bir tutunma ile karşılaşılmıştır. Isı ile tutunma arasında doğru orantı gözlemlendiğinden hem nozzle başlığı hem de tabla ısı yükseltilerek son denemeye geçilmiştir. Bu aşamada tabla sıcaklığı 110 °C nozzle başlığı 250 °C ye ayarlanmıştır. Diğer ön çalışmalardan farklı olarak tablanın belirtilen sıcaklığa ulaşması için gereken süre boyunca tekstil yüzeyi tabla üzerinde tutulmuş ve ısının tekstile aktarılması sağlanmıştır. Baskı sonunda düzgün bir form ile alınan çıktı %100 polyester saten dokuma kumaş üzerine güçlü bir şekilde tutunmuş el ile kuvvet uygulandığında ise yüzeyden ayrılmamıştır. Bu sonuca göre daha sonra tekstil yüzeyleri üzerinde yapılacak tüm denemelerin yazıcı değerleri;

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 250 °C

Baskı Tabakası: 110 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

şeklinde sabitlenmiştir. Ayrıca tüm yüzeyler ısınma süresi boyunca tabla üzerinde tutulmuştur. Her bir çıktıya el ile ters yönde kuvvet uygulanarak yüzeyden kolayca ayrılıp ayrılmadığı izlenmiştir. Baskı denemelerinin ardından M.E.B'in belirlemiş olduğu temel haslık testleri içerisinde yer alan yıkama testinin birinci koşuluna göre; 40 °C de 30 dakika süre ile sabun çözeltisi kullanılarak yıkamalar yapılmıştır. Yıkama sırasında tüm baskılı yüzeyler %100 pamuk bir refakat bezi içerisine yerleştirilmiş, her bir döngüden sonra doğal kurumaya bırakılmış ve toplam 15 döngü tamamlan-

mıştır. Döngüler sonunda filamentin kumaşa tutunmasında ya da formunda değişiklik olup olmadığı gözlemlenmiştir. Bu işlemin ardından baskıya yeniden ters yönde kuvvet uygulanmış ancak şiddeti olabildiğince artırılarak tutunmanın gücü anlaşılmaya çalışılmıştır.

4. 1. Doğal Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı

Aşağıdaki değer sabitlerinde gerçekleştirilen tüm denemelerde tekstil yüzeyleri ısınma süresi boyunca baskı tablası üzerinde yer almıştır.

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 250 °C

Baskı Tablası: 110 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

Yüzey-1 %100 Pamuk, müslin, dokuma kumaş: Seyrek dokunan gözenekli yapıdaki kumaşa PLA filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının temel formu rahatça oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Baskının yüzeye zarar vererek, güç de olsa kumaştan ayrıldığı görülmüştür.



Şekil 14: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-2 %100 Pamuk, havlu, dokuma kumaş: Sık dokunan havlu yapıdaki kumaşa PLA filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu, havlara temas eden akışkan filamentin yön değiştirmesinden dolayı istenen düzgünlükte olmamış ancak baskı devam ettikçe form iyileşmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı havlar sebebi ile zaman zaman engellenmiş yarı süreklilik göstermiştir. Bazı havlarda renk değişimi ve yanma oluşmuştur. Başlığın kumaş ile teması bittikten sonra filament akışkanlığı sürekliliğini korumuştur. Baskı el ile ters yönde kuvvet uygulandığından yüzeyden ayrılmamıştır. 15 döngülük yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Çıktı oldukça güç şekilde ve havları beraberinde sökerek yüzeyden ayrılmıştır.



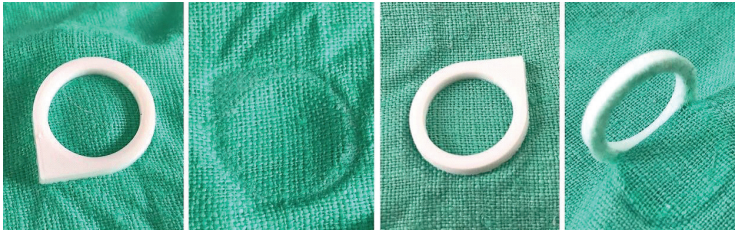
Şekil 15: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-3 %100 Pamuk, gabardin, dokuma kumaş: Sık dokunan düz yapıdaki kumaşa PLA filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kumaşın yetersiz gerginliğinden dolayı istenen düzgünlükte olmamış ancak yazdırma ilerleyince form düzelmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Yazdırma sonunda baskıya el ile ters yönde kuvvet uyguladığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. İlk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Çıktı güçlükle, zemine zarar vererek yüzeyden ayrılmıştır.



Şekil 16: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-4 %100 Keten, dokuma kumaş: Orta sıklıkta bez ayağı dokunmuş düz yüzeyli kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin yer yer gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda baskının kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Akabinde yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, güç de olsa filament kumaşa zarar vererek yüzeyden ayrılmıştır.



Şekil 17: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-5 %100 Jüt, dokuma kumaş: Sert elyaf ile seyrek dokunan gözenekli yapıdaki kumaşa PLA orta güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın jüt ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı ancak kuvveti artınca jüt yüzeyindeki tüylü yapıyı sökerek ayrıldığı

görülmüştür. Yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Baskının jüt liflerini kopararak orta güçlükte kumaştan ayrıldığı görülmüştür.



Şekil 18: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-6 %100 ipek, dokuma kumaş: Seyrek dokunan gözenekli yapıdaki Ödemiş ipeğine filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin yer yer gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, orta güçlükte filament kumaşa yıpratılarak yüzeyden ayrılmıştır.



Şekil 19: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, ters yönde kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-7 %100 Yün, tepme keçe kumaş: Dokusuz tekstiller altında yer alan yumuşak, tüylü ve pürüzlü yapıdaki kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu, yumuşak yüzeye temas eden başlığın kumaşın içine göçmesi, pürüzlü ve tüylü yapı sebebi ile istenen düzgünlükte olmamış, filament akışkanlığı pürüzlü yapı sebebi ile zaman zaman engellenerek yarı süreklilik göstermiştir. Ancak baskı devam ettikçe form iyileşmiştir. Baskı sonrasında çıktıya el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı gözlemlenmiştir. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış fakat yüzeyden ayrılmamıştır.



Şekil 20: Soldan sağa; tepme keçe üzerine baskı ve yıkama sonrası.

Yüzey-7b: %100 Yün, iğneli keçe kumaş: 3B baskı uygularken tepme keçe ve iğneli keçe arasında tutunma, dayanıklılık vb. farkların olup olmadığını test etmek amacı ile uygulanmıştır. İğneli keçe tepme keçe kadar grift yapıda olmadığından kumaş gergin olsa da başlığın ilk temas ettiği yüzeyler hareket etmiştir. Bu nedenle tepme keçeden farklı olarak nozzle başlığın yüzeye teması sırasında filament akışkanlığı görece daha az süreklilik göstermiş ve çıktının taban formu daha dağınık oluşmuştur. Baskı sonrası tutunma tepme keçe kadar güçlüdür ve çıktıya ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış fakat yüzeyden ayrılmamıştır.



Şekil 21: Soldan sağa; iğneli keçe baskı sonrası ve yıkama sonrası.

Yüzey-8 Dana derisi: Dokusuz yüzeyler altında yer alan gerçek deriye PLA tutunma sağlamamıştır. Nozzle başlığın yüzeye teması sırasında güçlü bir yanık kokusu oluşmuş ve zemin deforme olmuştur. Filament akışkanlığı süreklilik göstermiş ve baskı istenen düzgünlükte tamamlanmıştır. El ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskı yüzeyden kolayca ayrılmıştır. Baskı süreci ve tutunmaya etkisini görmek için deriye varak baskı losyonu sürülmüş, aynı şartlar ile üzerine yeniden 3B baskı denenmiştir. Varak losyonu filamentin deriye temasında ittirici bir etki yaratmış ve düzensiz birikmelere sebep olmuştur. Baskının taban formu oluşmadığı ve filament akışkanlığı yer yer durduğundan çıktı tamamlanamamıştır. Deri üzerine losyon sürülüp varak uygulama yapıldıktan sonra da gerçekleştirilen denemede sonuç değişmemiştir. Isı dolayısıyla nozzle varacağı eriterek alttaki losyona ulaşmış ve PLA dağıldığından baskıya sağlıklı şekilde devam edilememiştir.



Şekil 22: Soldan sağa; dana derisi üzerine varak losyonu uyguladıktan sonra ve varak baskı uyguladıktan sonra 3B baskı denemeleri.

4. 2. Karışım Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı

Yüzey-9 %60 Pamuk %40 polyester, penye kumaş: Esnek yapıdaki ince düz örgü kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu oluşurken kumaş esnekliğinden dolayı hafif bozulmalar oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında PLA akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin yer yer gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda baskının tutunmasında ve formunda değişiklik görülmemiştir. Akabinde yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, kuvvet mümkün olduğunca artırılrsa da filament yüzeyden ayrılmamıştır.



Şekil -23: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ön yüz.

Yüzey-10 %98 Pamuk %2 elastan, denim kumaş: Esnek yapıdaki kalın dokuma kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu istenen düzgünlükte oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında el ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskının yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama ve doğal kuruma sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmış, filament güç de olsa kumaşa zarar vererek yüzeyden ayrılmıştır.



Şekil 24: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-11 %60 Pamuk %40 polyester, havlu kumaş: Çift tarafı havlı yapıdaki örme kumaşın polyester ve pamuk ağırlıklı olan her iki yüzüne de PLA filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu, havlara temas eden akışkan filamentin yön değiştirmesinden dolayı

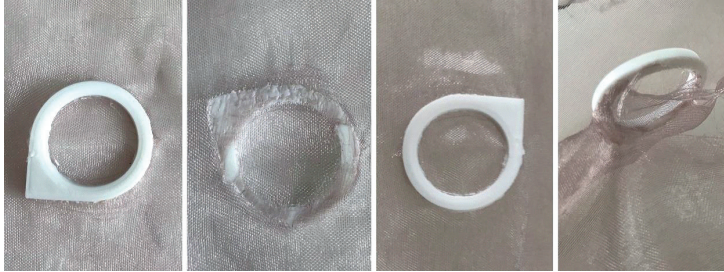
istenen düzgünlükte olmamış ancak baskı devam ettikçe form iyileşmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı havlar sebebi ile zaman zaman engellenmiş yarı süreklilik göstermiştir. Kumaşın polyester yüzünde daha belirgin olmakla birlikte her iki yüzde de havların bir kısmında renk değişimi oluşmuştur. Başlığın kumaş ile teması bittikten sonra filament akışkanlığı sürekliliğini korumuştur. Yıkama testi sonunda her iki yüzde de filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Yıkama sonrasında ilk aşamada uygulandığı gibi ancak mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış fakat yüzeyden ayıramamıştır.



Şekil 25: Soldan sağa; baskı sonrası ve yıkama sonrası polyester yüz, baskı sonrası ve yıkama sonrası pamuk yüz.

4. 3. Suni Elyaf Tekstilleri Üzerine 3B Baskı

Yüzey-12 %100 poliamid, organze kumaş: Oldukça ince dokunmuş düz ve parlak yapıdaki kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu oluşurken kumaş inceliğinden ve ısıdan dolayı zemin yer yer deforme olmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında PLA akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı sonrasında filamentin gözenekli yapıdan geçerek tekstilin arka yüzüne ulaştığı ve bazı bölgelerde yırtılma olduğu görülmüştür. El ile ters yönde kuvvet uygulandığında baskı yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama ve doğal kuruma sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Ardından mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve kumaşın yırtıldığı görülmüştür.



Şekil 26: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası, kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-13 %80 poliamid, %20 elastan örme kumaş: Spor giyim ve plaj giyiminde sıkça kullanılan esnek ve pürüzsüz yapıdaki kumaşa PLA güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu rahatça olmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Baskı istenen formada tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Poliamid içerikli dokuma organze kumaşa göre tutunmanın daha etkili olduğu gözlenmiştir. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında değişiklik görülmemiştir. Akabinde mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Kumaş filamentle yapışık kalmış ancak çıktı formunun çevresinden, yırtılarak ayrılmıştır.



Şekil 27: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-14 %100 Polyester, şifon kumaş: İnce iplik ile sık dokunmuş düz kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında değişiklik görülmemiştir. Akabinde yeniden el ile ters yöne kuvvet uygulanmış, orta güçlkle filament kumaştan ayrılmıştır.



Şekil 28: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-15 %100 Polyester, saten kumaş: İnce iplik ile sık dokunmuş düz kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında değişiklik olmamıştır. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve filament güçlükle yüzeyden ayrılmış ve kumaşa zarar vermiştir.



Şekil 29: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-16 %100 Polyester, süet görünümlü dokuma kumaş: Hafif tüylendirilmiş sık dokunma kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Baskı aynı içerikli polyester saten kumaşa oranla yüzeye daha etkili tutunmuştur. Yıkama sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Ardından

mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve güçlkle yüzeyden ayrılmıştır.



Şekil 30: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-17 %100 Polyester, keçe kumaş: Dokusuz tekstiller altında yer alan suni keçe kumaşa filament güçlü tutunmuş ve diğer %100 polyester içerikli havsız kumaşlara göre daha etkili olmuştur. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Çıktı alınan form doğal keçe kumaşlara oranla oldukça düzgün oluşmuştur. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik görülmemiştir. Ardından mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve filament grift haldeki keçe liflerini birbirinden sökerek güçlkle yüzeyden ayrılmıştır.



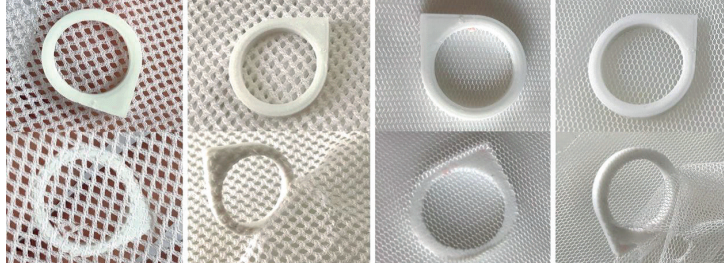
Şekil 31: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası, kuvvet uyguladıktan sonra.

Yüzey-18 %90 Polyester, %10 likra kadife örme kumaş: Havlı yapıdaki esnek suni kadife kumaşa PLA oldukça güçlü tutunmuş ve polyester içerikli tekstillerin içerisinde en etkili tutunmayı sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu esnek yüzeyden dolayı istenen düzgünlükte oluşmamış ancak sorunsuz ilerlemiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmadığı görülmüştür. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet mümkün olduğunda artırılarak uygulanmış ve filament yüzeyden ayrılmamıştır.



Şekil 32: Soldan sağa; baskı sonrası, yıkama sonrası.

Yüzey-19 %95 Polyester, %5 likra tül ve file kumaş: Elyaf içerikleri aynı benzer yapıdaki iki kumaşa gözenekli ve ince yapının sonucu nasıl etkilediğini test etmek için baskı yapılmıştır. İki yüzeye de filament güçlü tutunmuş, çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Her iki tekstilde nozzle başlığın yüzey ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Yıkama testi sonunda filamentin file ve tül kumaşa tutunmasında değişiklik olmamıştır. Baskılara yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulandığında filament file kumaşa oranla tül kumaştan daha kolay ve zemini yırtarak ayrılmıştır.



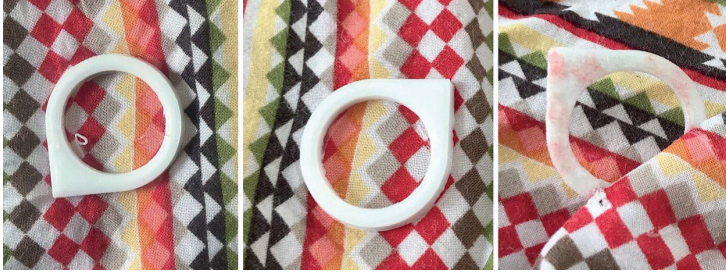
Şekil 33: Soldan sağa; file kumaş baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra. Tül kumaş yıkama sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-20 %65 Polyester, %35 viskon dokuma kumaş: Sık bez ayağı dokunmuş pürüzsüz yüzeyli kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış ve filament gözeneklerden geçerek kumaşın arka yüzüne çok seyrek halde ulaşmıştır. El ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamış ve yıkama testi sonunda baskının tutunmasında değişiklik olmamıştır. Akabinde mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmıştır. Çıktı kumaştan orta güçlülükte ayrılmıştır.



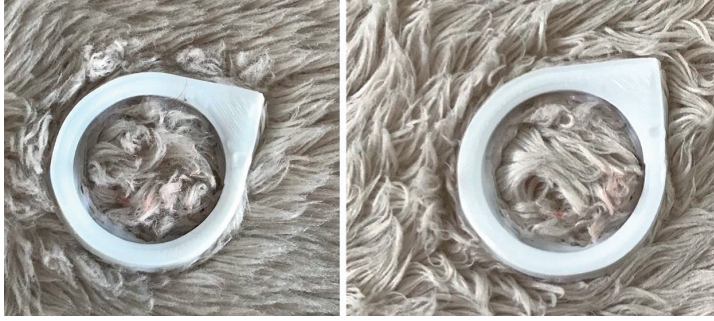
Şekil 34: Soldan sağa; baskı sonrası ön ve arka yüz, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-21 %100 Viskon bez ayağı dokuma kumaş: Sık dokunmuş ince kumaşa PLA filament güçlü tutunmuştur. Yazdırma başında çıktının taban formu kolayca oluşmuş, nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonrasında baskının yüzeye tutunmasında değişiklik gözlenmemiştir. Ardından mümkün olduğunca şiddeti artırılarak baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet uygulanmış ve zemine zarar vererek güçlülükte yüzeyden ayrılmıştır.



Şekil 35: Soldan sağa baskı sonrası, yıkama sonrası ve kuvvet uygulandıktan sonra.

Yüzey-22 %100 Akriklik fantezi iplik ile örgü pelüş kumaş: Esnek yapıdaki ince ve uzun havlı kumaşa filament güçlü tutunma sağlamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu havlar sebebi ile istenen düzgünlükte olmamış ancak baskı ilerledikçe formu düzelmiştir. Nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı yarı süreklilik göstermiştir ileriki aşamalarda sürekliliğini korumuştur. Deneme sonrasında çıktı beklenen düzgünlükte tamamlanmış, el ile ters yönde kuvvet uygulandığında yüzeyden ayrılmamıştır. Yıkama testi sonunda filamentin kumaşa tutunmasında bir değişiklik oluşmamıştır. Baskıya yeniden el ile ters yönde kuvvet mümkün olduğunda arttırılarak uygulanmış ve filament yüzeyden ayrılmamıştır.



Şekil 36: Soldan sağa; baskı sonrası ve yıkama sonrası.

Yüzey-23 %100 polivinil klorür suni deri kumaş: Dokusuz yüzeyler altında yer alan suni deri kumaşa PLA tutunma sağlamamıştır. Yazdırma başında çıktının taban formu istenen düzgünlükte olmuş ve nozzle başlığın kumaş ile temasında filament akışkanlığı süreklilik göstermiştir. Sorunsuz şekilde tamamlanan baskıya el ile ters yönde kuvvet uygulandığında filament yüzeyden kolayca ayrılmıştır. Baskı süreci ve tutunmaya etkisini görmek için deriye varak baskı losyonu sürülmüş, aynı şartlar ile üzerine yeniden 3B baskı denenmiştir. Varak losyonu filamentin deriye temasında ittirici bir etki yaratmış ve düzensiz birikmelere sebep olmuştur.



Şekil 37: Suni deri üzerine baskı sonrası.

Bu çalışmada yapılan deneysel uğraşlar kumaş içeriği, türü, yıkama haslığı, kuvvet direnci birlikte listelenmek istendiğinde aşağıdaki tablo ortaya çıkmıştır. Kuvvet direnci 15 döngülük yıkama testine tabi olan yüzeylere sonrasında uygulanan ters yönde kuvvet göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Buna göre filamentin yüzeyden ayrılma hali kolay, zor, çok zor ve ayrılmadı olarak belirtilmiştir. Yıkama haslığı ise her yıkama sonunda filamentin yüzeye tutunmayı bırakıp bırakmadığına göre ölçümlenmiş, 15 döngü sonunda tutunmada herhangi bir değişiklik yoksa en fazla 10 puan olarak derecelendirilmiştir (Filamentin yapışma sağlamadığı yüzeyler yıkama testine girmemiş ve tabloda değer girilmemiştir).

Kumaş Türü	Kumaş İçeriği	Yıkama Haslığı	Kolay Ayrıldı	Zor Ayrıldı	Çok Zor Ayrıldı	Ayrılmadı
Müslin Dokuma (Yüzey-1)	%100 Pamuk	10			✓	
Çift Taraflı Havlu Dokuma (Yüzey-2)	%100 Pamuk	10			✓	
Gabardin Dokuma (Yüzey-3)	%100 Pamuk	10		✓		
İtalyan Keten, Dokuma (Yüzey-4)	%100 Keten	10			✓	
Bez Ayağı Dokuma, Jüt Bezi (Yüzey-5)	%100 Jüt	10		✓		
Dokuma, Ödemiş İpeği (Yüzey-6)	%100 İpek	10		✓		
İğneli & Tepme Keçe Yüzey (Yüzey-7)	%100 Yün	10				✓
Dana deri (Yüzey-8)	Gerçek Deri	-				
Düz Örmeye Penye (Yüzey-9)	%60 Pamuk %40 Polyester	10				✓
Denim Dokuma (Yüzey-10)	%98 Pamuk %2 Elastan	10		✓		
Çift Taraflı Havlu, Örmeye (Yüzey-11)	%60 Pamuk %40 Polyester	10				✓
Organze, Bez Ayağı Dokuma, (Yüzey-12)	%100 Poliamid	10			✓	
İnterlok Örmeye (Yüzey-13)	%80 Poliamid %20 Elastan	10			✓	
Şifon, Dokuma (Yüzey-14)	%100 Polyester	10	✓			
Saten Dokuma (Yüzey-15)	%100 Polyester	10		✓		
Süet Görünümlü Bez Ayağı Dokuma (Yüzey-16)	%100 Polyester	10		✓		
Keçe (Yüzey-17)	%100 Polyester	10			✓	
Kadife Örmeye (Yüzey-18)	%90 Polyester %10 Likra	10				✓
Tül & File (Yüzey-19)	%95 Polyester %5 Likra	10	✓			
Bez Ayağı Dokuma (Yüzey-20)	%65 Polyester %35 Viskon	10		✓		
Bez Ayağı Dokuma (Yüzey-21)	%100 Viskon	10	✓			
Pelüş, Örmeye (Yüzey-22)	%100 Akrilik	10				✓
Suni Deri (Yüzey-23)	%100 Polivinil Klorür	-	✓			

4. 4. Giysi ve Giysi Aksesuarları Üzerine 3B Baskı Denemeleri

Gerçekleştirilen gözlemlerden yola çıkılarak hazır ürünler üzerine uygulanabilecek birkaç 3B baskı uygulamasına aşağıda yer verilmiştir. Uygulamalar tişörtün üzerine basılmış bir amblemi, pamuk gabardinden dikilmiş bir çantanın üzerine yazı baskısını ve bir şapkanın koruyucu kenarına basılmış sembolü içermektedir. Günlük hayatımızda ve satın alınan ürünlerde sıklıkla karşımıza çıkan tekstil uygulamaları özellikle seçilip 3B ile kişiselleştirilebilir alternatifleri gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 38: Pamuk penye tişört üzerine PLA filament ile 3B Batman logo baskı.



Şekil 39: Pamuk gabardin çanta üzerine PLA filament ile 3 boyutlu yazı uygulaması.



Şekil 40: Süet görünümlü şapka koruyucu kenarına PLA filament ile sekiz kollu yıldız baskısı.

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

FDM teknolojisi ile baskı alan Ultimaker2+ 3B yazıcısında 2.8 mm PLA filament kullanılarak;

Nozzle kalınlığı: 0.4 mm

Nozzle sıcaklığı: 250 °C

Baskı Tabakası: 110 °C

Baskı Hızı: %100

Materyal Akışı: %100

Fan Hızı: %100

sabitlerinde tekstil ve moda üretiminde sıkça yer alan farklı yüzeylere ya da elyaf içeriklerine sahip tekstiller üzerine baskılar alınmıştır. PLA filamentin bu yüzeyler üzerine yapışma gücünü deneyimlemek ve tekstil üretimine uygunluğunu ortaya koymak için yıkama testi yapılmış ve ters yönde kuvvet uygulanarak gözlemler gerçekleştirilmiştir. Bunlara göre;

Doğal elyaf ile üretilmiş tekstillerin içerisinde en güçlü tutunma dokusuz yüzey olan %100 yün keçe üzerinde gerçekleşmiştir. Jüt, keten, pamuk, ipek elyaf ile dokunmuş benzer yapıdaki kumaşlardan pamuklu yüzeye filamentin daha iyi tutunduğu gözlenmiştir. Bununla beraber baskı %100 pamuk içerikli havlu kumaşa, bez ayağı dokunmuş %100 pamuk kumaşa göre çok daha etkili tutunma sağlamıştır. Yüksek ısıdaki nozzle başlığından çıkan akışkan PLA filament gözenekli yapı ile temas ettiğinde yer yer gözeneklerden geçerek arka yüze ulaşmış ve tekrar kendi ile birleşerek tutunmayı sağlamlaştırmıştır. Çıktıya ters yönde kuvvet uygulandığında bu tür kumaşlardan ayırmak için daha çok güç sarf etmek gerekmiştir. Dolayısıyla pamuk müslin beze alınan baskının, pamuk gabardin kumaştan daha iyi sonuç verdiğini söylemek yerinde olacaktır. 15 döngülük yıkama ve kuruma testinin sonunda doğal elyaf ile üretilmiş tekstillerde sonuç değişmemiş baskılar yüzeye tutunmaya devam etmiştir.

Karışım elyaf içerikli tekstiller başlığında yer alan %60 pamuk %40 polyester havluya %100 pamuk havlu kumaşa oranla filament çok daha iyi yapışmıştır. Ters yönde kuvvet uygulandığında polyester içeren havludan baskı ayrılamazken pamuk içerikli olandan güç de olsa ayrılması mümkün olmuştur.

Sentetik elyaf ile üretilmiş kumaşlar içerisinde en güçlü tutunma havlı yapıdaki kadife ve pelüş kumaş üzerinde gerçekleşmiştir. Ardından sırasıyla polyester keçe, poliamid ağırlıklı örme kumaş ve organze kumaş gelmektedir. Tüm yüzeyler ele alındığında hem doğal hem de suni elyaf içerikli tekstiller içerisinde en kuvvetli tutunma havlı dokuya sahip tekstiller ve keçe yüzeyler üzerinde olmuştur. Bu da elyaf içeriğinden bağımsız olarak yüksek sıcaklıktaki PLA filamentin girift, çok düz olmayan yüzeylere daha güçlü tutunduğunu göstermektedir. Aynı bağlamda denemeler sonucunda dokuma kumaşlara oranla örme kumaşlar üzerinde filament yapışma kuvvetinin daha güçlü olduğu görülmüştür. Örneğin %60 pamuk %40 polyester karışımı penye kumaşın kuvvet direnci %100 polyester saten ya da şifon kumaştan oldukça yüksektir. Suni ya da doğal yün keçe üzerine ise filament yine dokuma kumaşlara oranla daha güçlü tutunmuştur.

3B yazıcılar ile basılan tekstil tabanlı prototipler, dokuma, örme veya dokusuz tekstiller için iş gücü gerektirmeyen alternatifler sunmaktadır. Ancak elde edilen yüzeyler kullanılan filament

malzemenin yapısına göre farklı sonuçlar vermekte, yumuşaklık tuşesi, esneklik ve yırtılma mukavemetinin azlığı gibi olumsuz nitelikler sergileyebilmektedir. Gerilme mukavemeti güçlendirilmiş filamentler ile giyilebilir, esnek ve ergonomik tasarımlar yapılabilir. Bu da bize 3B baskı teknolojisinin yaygın biçimde endüstri adaptasyonunun sağlanması durumunda üretim ve tasarım sürecinde meydana gelebilecek radikal değişimleri işaret etmektedir. Fakat giyim endüstrisinde esneklik, dayanıklılık, ergonomi, giyilebilirlik gibi özelliklerin dışında kullanılan materyalin ısı ve nem absorbesinin, hava geçirgenliğinin olup olmadığı da akla ilk gelen sorulardandır. Bu durumda doğal ya da karışım tekstil elyafın 3B baskısının sağlanıp sağlanamayacağı ayrı bir merak konusudur. Konu üzerinde yapılacak araştırmalar olumlu ya da olumsuz sonuç verebilir ancak bugün nem absorbesi, hava geçirgenliği gibi problemlere 3B baskı ve tekstil yüzeylerinin birlikteliği cevap verebilmektedir. Bu noktadan hareketle çalışmada 3B çıktılar tekstillere yardımcı eleman olarak değerlendirilmektedir.

Önceki çalışmalarda PLA filamentin suni içerikli yüzeylere daha iyi tutunma sağladığı belirtilmiş olsa da (Sabantina, vd. 2015) bu çalışmada filamentin doğal elyaf ile üretilmiş havlı ve girift yapıdaki tekstillere, düz yüzeye sahip suni içerikli tekstillerden daha iyi tutunduğu görülmektedir. Bu noktada üzerinde çalışılacak tekstil seçilirken içeriğinin yanında yüzey özelliğinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yıkama testlerinin neticesinde, tutunması süreklilik gösteren yüzeyler üzerine 3B baskı uygulanarak tekstil baskısı ve aksesuarlarına alternatif oluşturulabileceği düşünülmektedir. Örneğin giyim üretiminde enjeksiyon, kauçuk ya da yüksek baskı olarak bilinen, spor giyim ürünlerinde ve aksesuarlarda sıkça kullanılan baskı çeşidi, kalıp ve hammadde açısından diğer tekstil baskılarından maliyetlidir. Tekstil yüzeylerine alınan 3B baskının enjeksiyon baskı yerine geçebileceği, böylece seri üretim gerektirmeden daha az iş gücü ve maliyet ile özellikle orta ve küçük ölçekli firmalarda üretim sürecini etkileyebileceği öngörülmektedir. Öte yandan kadın giyiminde ve aksesuarlarında sıkça kullanılan boncuk, yıldız, piramit gibi aksesuarların formlarını şimdiye kadar tekstil baskıları ile elde etmenin mümkün olmadığı, ancak bu tür aksesuarların dikimi yerine ürün ya da kumaş üzerine direk 3B baskı alınabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda bu çalışmaların üretim sürecinde tasarımın kişiselleştirilebilmesine olanak sağlayacağı, teknolojinin yaygınlaşması, bireylerin kendi baskı tasarımlarını uygulaması gibi fırsatları da beraberinde getireceği beklenmektedir.

Moda ve giyim endüstrisinde olduğu gibi birçok ana sektörde yer edinen 3B baskı teknolojisi, tasarımın “yenilikçi” olması beklendiğinden dolayı özellikle tasarımcıların tanınması ve üzerinde çalışmalar yapması gereken bir alan oluşturmaktadır. Örneğin Chanel’ in kuruluşundaki başarılı yükselişi, Iris Van Herpen’ in günümüzde adından sıkça söz ettirmesi toplumsal ve evrensel dinamikler karşısında tasarımlarına başarılı bir şekilde “yenilikçi” yaklaşımlar yükleyebilmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu örnekleri endüstriyel, bireysel, sanatsal alanlarda fazlaca çoğaltmak mümkündür. Dolayısıyla prototip baskının sınırlarını aşacak ve kullanım alanını genişletecek çalışmalar literatüre katkı sağlamakla kalmayıp sanatçı, tasarımcı ve endüstriye yön gösterici nitelikte olacaktır. Yapılan çalışmanın 3B baskı uygulanarak sanatsal, endüstriyel tekstil baskı ve aksesuarlarına yardımcı ya da alternatif olabilecek yöntemlerin geliştirilmesinde aydınlatıcı olması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Beecroft, M. (2016). 3D Printing of Weft Knitted Textile Based Structures by Selective Laser Sintering of Nylon Powder, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 137, s. 1-7. Hangzhou: IOP. doi:10.1088/1757-899X/137/1/012017

Bulat, F. ve Başaran, F. N., (Haziran 2018). Tekstil Tasarımında Yenilikçi Yaklaşımlar: 3B Yazıcılarla Deneysel Çalışmalar, *Kesit Akademi Dergisi*, Yıl: 4, Sayı: 15, s. 257-273, ISSN: 2149 - 9225, Erişim Adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1519530>

Grimmelsmann, N., Meissner, H. ve Ehrmann A. (2016). 3D printed auxetic forms on knitted fabrics for adjustable permeability and mechanical properties, *Global Conference on Polymer and Composite Materials*, 137, s. 1-8. Hangzhou: IOP. doi: 10.1088/1757-899X/137/1/012011

Ham, B. (2020, Ekim 26). Massachusetts Institute of Technology. news.mit.edu: Erişim adresi: <https://news.mit.edu/2020/defextiles-leveraging-3d-printer-defect-to-create-quasi-textiles-1020>

Korger, M., Glogowsky, A., Sanduloff, S., Steinem, C., Huysman, S., Horn, B., Ernst, M. ve 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. doi: 10.1177/1558925020924599

Lazzari, G. (2021, May 26). WASP. Haziran 13, 2021 tarihinde Erişim adresi: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printing-on-textile/>

Lehmann, A., Ehrmann, A., Finsterbusch, K. (2017). Optimization of 3D Printing with Flexible Materials, *International Textile Conference*, Stuttgart, Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/321443224>

Lussenburg, K., Velden, N., Doubrovski, Z., Geraedts, J. ve Karana, E. (2014). Designing with 3D Printed Textiles, A case study of Material Driven Design, *International Conference on Additive Technologies*, Vienn, Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/267639072>

Melnikova, R., Ehrmann, A. ve Finsterbusch, K. (2014). 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer material, *IOP Conf. Series: Global Conference on Polymer and Composite Materials* (s. 1-6), IOP Publishing, doi: 10.1088/1757-899X/62/1/012018

Rivera, M., Moukperian, M., Ashbrook, D., Mankoff, J. ve Hudson, S. E. (2017). Stretching the Bounds of 3D Printing. *Conference on Human Factors in Computing Systems* (s. 497-508), Colorado: The ACM Digital Library, Association for Computing Machinery, Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/316653527>

Sabantina, L., Kinzel, F., Ehrmann, A. ve Finsterbusch, K. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures - mechanical and geometrical properties of multi-material systems. *Global Conference on Polymer and Composite Materials* (s. 1-5), Mönchengladbach: IOP Publishing, doi: 10.1088/1757-899X/87/1/012005

Spahiu, T., Grimmelsmann, N., Ehrmann, A., Piperi, E. ve Shehi, E. (2017). Effect of 3D printing on textile fabric, *International Conference "Engineering and Entrepreneurship" ICEE*, I. Tiran, Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/321228371>

Yıldıran, M. (2017). Üç Boyutlu Yazıcılar ile Moda Ürünlerine Yönelik Yüzey Tasarımları, Akdeniz Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü (Yüksek lisans tezi), Erişim adresi: <https://acikbilim.yok.gov.tr>