

BASKI TASARIMI VE NAKIŞ UYGULAMASINDA FOSFORLU İPLİK KULLANIMI**PHOSPHORESCENT YARN USAGE IN THE PRINTING DESIGN AND EMBROIDERY APPLICATION****Mehmet Zahit Bilir*****Öz**

Günümüz rekabet koşullarında yenilikçi ürünlerin üretilmesi, ülkelerin ticaret güçlerinin artırılması açısından giderek artan bir öneme sahiptir. Tekstil sektöründe kullanılan yenilikçi ürünlerden birisi de fosforlu ipliklerdir. Fosforlu iplikler, güneşten veya başka bir ışık kaynağından gelen ışık enerjisini absorbe edebilen, bu enerjiyi yapısında tutabilen ve daha sonra yapısındaki ışık enerjisini karanlık ortamda tekrar yayabilen iplik çeşitlerindedir. Tekstilde fosforlu malzemeler ile direkt baskı, dokuma, nakış işleme işleri vb. yapılarak çeşitli tekstil ürünleri oluşturulabilmektedir. Bu çalışmada ise fosforlu iplikler dokuma yüzeye özel olarak işlenmekte ve nakışla işlenen yüzey üzerinde yapılacak tasarım alanı dışında kalan fosforlu alanlar ise ışık almayacak şekilde baskı işlemi ile kapatılmaktadır. Bu yönü ile yapılan uygulamanın diğer tasarım yöntemlerine göre farklılığı da gösterilmektedir. Çalışma sonucunda, fosforlu ipliklerin tekstil sektöründe kullanımına yönelik farkındalığın artırılması ve fosforlu iplik işlemesi ile tekstil baskı işleminin beraber kullanılmasıyla, farklı ve ilgi çeken tasarımların yapılabileceği gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fosforlu İplik, Işıldayan Tekstil, Akıllı Tekstil, Baskı Tasarımı.

Abstract

Production of innovative products in competitive market conditions has played an increasing role in reinforcement of trading power of the countries. Phosphorescent yarns are innovative products used in textile industry. Phosphorescent threads can absorb the light energy coming from the sun or another light source, keep this energy in its texture and then emit the light energy in dark environments. In textile industry, direct printing, weaving, embroidery work etc. are performed with phosphorescent materials to create various textile products. In this study, phosphorescent threads are specially processed on the woven surface and the phosphorescent areas outside the design area on the embroidered surface are covered with the printing process in a way that does not receive light. In this sense, present applications are different from the other applications. With this study, it is shown that different and interesting designs could be made by raising awareness about the use of phosphorescent threads in textile industry and using phosphorescent thread processing and textile printing processes together.

Keywords: Phosphorescent Yarn, Luminous Textile, Smart Textile, Printing Design.

Araştırma Makalesi // Başvuru tarihi: 06.06.2022- Kabul tarihi: 24.04.2023.

* Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, mbilir@ksu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7194-9211>.

1. Giriş

Geçmişten yakın zamana kadar olan süreçte, tekstil alanında ki ürün ve tasarımlar genellikle doğal materyaller ve konvansiyonel üretim yöntemleri kullanılarak yapılmakta iken, son yıllarda yapılan tekstil tasarımlarında, teknoloji ve kimya tabanlı içerik ve etkilerin kendisini daha çok ön plana çıkardığı gözlenmektedir. Tekstil tasarımlarındaki bu değişimlerin, başta gelen çeşitlerinden birisi de akıllı tekstillerdir. Akıllı tekstiller, çevresel uyarınları algılayıp cevap verebilen tekstiller olarak tanımlanmaktadır (Cherenack ve Pieteron, 2012). Akıllı tekstiller, giyinme, örtünme ve dekorasyon gibi kullanım özelliklerinden daha fazlasını sağlayabilen materyallerdir (Oliveira vd., 2022:1). Özellikle bilgisayar ve kimya alanlarında son yıllarda meydana gelen hızlı ilerlemeler ile beraber, akıllı tekstillerin kullanımı da giderek artmaktadır. Dünya genelinde 2020 yılında, akıllı tekstillerin 3,6 milyar dolarlık bir pazara sahip olduğu ve bu değer 2027 yılında 11,4 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Research and Markets, 2022). Akıllı tekstiller genel olarak 3'e ayrılmaktadır (Stoppa ve Chiolerio, 2014).

1- Pasif akıllı tekstiller: Sensör tabanlı çalışan ve sadece dış uyarıcıları algılayabilen tekstillerdir. Sensör içeriklere sahiplerdir. UV koruyucu kıyafetler, su geçirmez kumaşlar vb. ürünler bu grup içerisinde değerlendirilir

2- Aktif akıllı tekstiller: Çevrede meydana gelen değişimleri algılayıp, bu değişimlere karşı tepki verebilme yeteneği olan tekstillerdir. Şekil hafızalı iplikler, kromik kumaşlar vb. ürünler bu grup içerisinde değerlendirilir

3- Çok akıllı tekstiller: Çevrede meydana gelen değişimleri algılayıp, bu değişimlere karşı tepki verebilme yeteneği olan ve kendini meydana gelen bu değişimlere adapte edebilme yeteneğine sahip olan tekstillerdir. Müzikli ceketler, giyilebilir elektronik tekstiller vb. ürünler bu grup içerisinde değerlendirilir.

Akıllı tekstiller yapısında giyilebilir elektronikler, şekil hafızalı tekstiller, faz değiştirebilen tekstiller, kromik tekstiller vb. gibi birçok ürün çeşidini bulundurmaktadır. Kromik tekstillerde son yıllarda akıllı tekstiller içerisinde kullanımı giderek artan bir ürün grubu olarak yer almaktadır. Kromizm, bir maddenin tersine çevrilebilir renk değişimi olgusudur (Sasmal ve Pal, 2021). Kromik tekstiller, kromizm olgusuna sahip malzemeler kullanılarak yapılan ürün ve

tasarımlarını içermektedir. Kromik tekstiller, dış çevre koşullarına göre tersinir olarak renk değiştirebilen materyallerdir (Khurana, 2017:85) . Bu renk değiştirebilme özelliği, maddenin elektron yoğunluğundaki veya madde supramoleküler yapı dizilişindeki değişimden kaynaklı meydana gelmektedir (Van Langenhove, 2007, akt. Ramlow vd., 2020:152). Kromik tekstillerdeki renk değişimleri ısı, elektrik, ışık vb. dış uyarıcılar vasıtasıyla olmaktadır. Dış uyarıcılara göre oluşturulan kromizm sınıflandırması Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Kromizm sınıflandırması (Christie, 2015:304, akt. Bilir, 2018:1732)

Kromizm Tipi	Dış Uyarıcı
İyonokromizm	İyonlar
Termokromizm	Isı
Fotokromizm	Işık
Elektrokromizm	Elektrik
Solventkromizm	Solvent
Hidrookromizm	Su, nem
Mekanokromizm	Deformasyon
Kronokromizm	Zaman
Radyokromizm	Radyasyon
Manyetikokromizm	Manyetik alan
Biyokromizm	Biyolojik kaynaklar

Kromik tekstiller içerisinde en çok kullanılan kromik özelliğe sahip ürünlerden biriside fotokromik tekstillerdir.

Fotokromik tekstiller, elektromanyetik radyasyon (Güneş ışığı vb.) dış uyarını ile tersinir renk değişimi yapabilen ürünlerdir. Fotokromik tekstillerin hazırlanmasında konvansiyonel boyama teknikleriyle fotokromik moleküllerin elyaf içerisine katılması veya fotokromik boyar maddeleri içeren mikrokapsüllerin tekstil yüzeyine uygulanması metotları kullanılır (Cheng vd., 2008, akt. Ramlow vd., 2020:153).

Görsel 1.'de gün ışığı etkisiyle renk değişimi özelliği gösteren fotokromik tekstil ürün örneği verilmiştir.



Görsel 1. Renk Değiştiren Kıyafet Uygulaması (Colourchange Company, 2022).

Günümüz araştırmacıları, fotokromizm tekniğini kullanan akıllı tekstiller üzerine odaklanmaktadır ve fotokromizm tekniği, floresan, fosforlu ve ışıldayan tekstilleri de içermektedir (Ramlow vd., 2020:153). Mevcutta fosforlu özelliğe sahip tekstil ürünlerinin oluşturulmasında, fosforlu baskı patı kullanımı, fosforlu iplikle nakış işleme metodu veya fosforlu dokuma/örme metotları kullanılabilir. Bu çalışmada ise fosforlu tekstil ürünlerinin elde edilmesinde çoğunlukla tek başlarına kullanılan bu üretim metotları dışında, fosforlu iplikler yarım çarpı işi ile istenen boyutta kumaşın üzerine işlenmiş, daha sonra siyah renkli baskı patı ile düz film baskı tekniği kullanılarak fosforlu görünmesinin istenmediği alanların üzeri kapatılmıştır. Yapılan araştırmalarda, çalışmada uygulanan üretim tekniğine benzer bir uygulama yöntemine rastlanılmamıştır. Çalışma, üretim tekniği açısından diğer fosforlu tekstil üretim metotlarından ayrılmaktadır. Çalışma sonucunda, fosforlu ipliklerin tekstil sektöründe kullanımına yönelik farkındalığın artırılması amaçlanmakta ve fosforlu iplik nakış işlemesi ile tekstil baskı uygulamasının beraber kullanılmasıyla yeni ürün tasarımlarının elde edilebileceği gösterilmektedir.

2. Işıldayan Materyaller

Işıldayan materyaller, içerisinde absorbe ettiği enerjiyi, parlaklığını geçirmeksizin görülebilir ışığa çevirebilen materyallerdir (Sing vd., 2017:317). Işıldayan materyallerde, yayılan fosforlu renkler, yapıdaki parçacık boyutundaki varyasyona göre değişmektedir (Sing vd., 2017: 317). Işıldayan materyaller bir enerji formunu başka bir enerji formuna dönüştürülen ışık emisyonundan dolayı, basitçe bir dönüştürücü olarak çalışmaktadır (Sing vd., 2017: 318). Işıldayan materyaller yapılarında foto-ışıldayan pigmentleri (iyon) bulundurur. Foto-ışıldayan pigmentler, karanlıkta parlaklık veren özel pigmentler kategorisinde değerlendirilmektedir (Sharma ve Bairagi, 2018:164). Ticari olarak foto-ışıldayan materyal çeşitleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Işıldama ve uygulama tipleri (Sharma ve Bairagi, 2018: 164)

Işıldama	Enerji Kaynağı	Tipik Kullanımları
Katot ışıldama	Yüksek enerji elektronları	Katot ışın tüpleri
Foto ışıldama	Yüksek enerji	UV floresan aydınlatma, plazma görüntü panelleri
Fosforesans	Fotonlar (UV veya gözle görünür)	Pigmentler, güvenlik işaretleri, düşük enerji aydınlatması,

		analizler
Floresan fotonları	UV, gözle görünür veya yakın kızılötesi	Pigmentler, mürekkepler, optik aydınlatmalar, güvenlik işaretleri ve giyim, analizler, biyoloji, moleküler elektronikler
Kimyasal ışıldama	Kimyasal reaksiyonlar	Analizler, sensörler
Biyolojik ışıldama	Çeşitli parlak organizmalar	Analizler, teşhisler, sensörler
Elektro ışıldama	Elektrik alanları	LED'ler, arka aydınlatma, opto-elektronikler
Tribo ışıldama	Mekanik sallama, sürtünme veya ezilme	Kompozit materyallerde çatlak tespiti

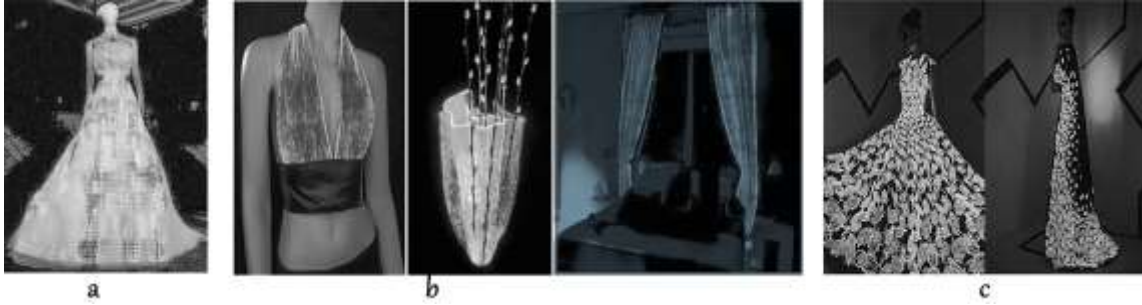
İşıldayan materyallerde, ışıldama etkisi sırasıyla, uyarılma, yayma, radyasyonsuz kayıp ve enerji transferi şeklinde gerçekleşmektedir (Sing vd., 2017:323) .

Foto-ışıldayan pigmentler, tekstil pigmentlerinin alt tipi olup, tekstiller üzerinde karanlıkta ışıldayan, çok yönlü ve yüksek çözünürlüklü ürün yapımında kullanılabilir (Kooroshnia, 2014, akt. Gorgieva vd., 2019:1). Foto-ışıldayan pigmentler toz formunda olup, pigmentlerin hedeflenen yüzeye yerleşmesini sağlayıcı doğru bağlayıcı ile karışım yapılarak kullanılmaktadırlar (Kooroshnia, 2014). Bu pigmentler, UV veya başka bir ışık kaynağına maruz kalarak tamamen şarj olduklarında, karanlıkta ışıldama efekti gerçekleşmektedir ve bu efekt ışıldama performansında azalma olmadan tekrar tekrar yeniden gerçekleştirilebilir (Kooroshnia, 2014). Foto-ışıldayan materyaller, çok yönlülükleri ve baskı kolaylıkları nedeniyle %80'den daha fazla oranda, tekstil yüzeylerinde pigment baskılı olarak kullanılmaktadırlar (Khatab vd., 2018, akt. Gorgieva vd., 2019:1). Işıldayan materyaller, foto-ışıldayan pigmentler, fiber optikler ve elektro-ışıldayan tel formlarında tekstillere uygulanabilir (Kooroshnia, 2014). "Foto-ışıldayan pigmentlerin özellik avantajları yalnızca tekstilin estetik görüntüsünü geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda tekstilin fonksiyonellik özelliğini de arttırmaktadır" (Sharma ve Bairagi, 2018: 164). Işıldayan kumaşlar trafik polislerinin kıyafetlerinde uyarıcı olarak, spor kıyafetlerinde, itfaiyeci kıyafetlerinde ve yüksek görünürlük gerektiren özel işlerdeki tekstillerde şerit olarak (brandalar, ağlar vb.) günümüzde sıkça kullanılmaktadırlar (Khurana, 2017:85-86) .

Tekstil ve moda alanında da ışıldayan materyaller kullanılarak yapılan birçok tasarım mevcuttur (Nazarov ve Popova, 2019:33-36). Francesca Rosella ve Ryan Genz tarafından 2004 yılında yapılan tasarımda, 24000 adet LED lambalarını çözgü iplikleri üzerine elle dikerek Galaksi Elbisesi isimli özel bir ürün yapmışlardır (Görsel 2a).

Fransız LumiGram şirketi tarafından parlayan (floresan) kumaş teknolojisi kullanılarak kıyafetler, ev tekstilleri ve dekoratif amaçlı tekstil tasarım ürünleri yapılmıştır. Bu ürünler normal gün ışığında standart bir tekstil ürünü gibi görünmekte iken ortamdaki ışık azaldıkça floresan etkisi açığa çıkmaktadır. Bu tür bir floresan özelliğini sağlayabilmek için firma standart ipliklerin yanı sıra optik lifler kullanılarak sağlanmaktadır. Işık etkileri çeşitli çipler ve küçük parçalarıyla yönetilen LED'lerle sağlanmaktadır (Görsel 2b).

Rami Kadi tarafından 2015-2016 sonbahar/kış sezonu koleksiyonu için fosforlu katmanlar kullanarak yaptığı, karanlıkta ultraviyole lambaları etkisi altında parıldayan özelliğe sahip kıyafet tasarımıyla dikkatleri çekmiştir (Nazarov ve Popova, 2019:35-36) (Görsel 2c).



Görsel 2. a: Francesca Rosella ve Ryan Genz, Galaksi Elbisesi, Giysi Tasarımı, b: LumiGram Şirketi Tarafından Yapılan Fosforlu Tekstil Tasarımları, c: Rami Kadi, Giysi Tasarımı (Nazarov ve Popova, 2019: 33-36).

3. Fosforlu Işıldama (Fosforesans)

Foto-ışıldayan materyaller, radyasyonu (genellikle UV) absorbe ederek farklı dalga boylarında ışık yayarlar ve bu materyaller, fosforlu ya da floresan özellikte olabilmektedirler (Oliveira vd., 2022: 4). Foto-ışıldayan materyaller yapılarında ışıldayan pigmentleri (foto-ışıldayan pigment) bulundururlar.

Karanlıkta ışıldayan pigmentler genellikle hem floresan boyar maddeleri ve hem de fosforlu bileşikleri içermektedir. Fosforlu materyaller ışığı alır ve soluk mavi bir ışık olarak yavaşça yayarlar. Daha sonra, yayılan soluk mavi ışık, floresan boyar madde tarafından absorbe edilir ve kullanılan boyar maddeye bağlı olarak yeşil ve kırmızı ışık olarak yayılmaktadır (Sharma ve Bairagi, 2018:165).

Fosforlu materyaller, floresan materyallere göre daha yavaş şekilde ışıldama prosesini gerçekleştirmektedir (Schwaiger ve Wang, 2010, akt. Sharma ve Bairagi, 2018:165).

Floresan materyaller uyarıcı ışık kaldırıldığı zaman hemen ışıldama etkisini kaybederler. Fosforlu materyaller ise uyarıcı ışık kaldırılrsa bile saatlerde ışıldama etkisini devam ettirebilir.

özelliğine sahiptirler. Fosforlu bileşikler, estetik, moda ve izlenebilirlik amaçlarıyla tekstilde kullanılmaktadırlar (Oliveira vd., 2022:4).

Fosforlu bileşikler genellikle, lantanit katkılu alüminyumdioksit ile oluşturulmakta olup, $SrAl_2O_4:Eu^{2+}$, Dy^{3+} (yeşilimsi ışık), $CaAl_2O_4:Eu^{2+}$, Nd^{3+} (mavimsi ışık) ve $Y_2O_3:Mg^{2+}$, Ti^{4+} (kırmızımsı ışık) fosforlu bileşik yapımında kullanılan pigmentler olarak bilinmektedir (Du vd., 2016; Wako vd., 2014; Liv d., 2010, akt. Hameed vd., 2021:1781-1782). Fosforlu materyaller, ışığı yapılarındaki kristal bileşiklere absorbe ederek çalışmaktadır ve yakalanan bu ışık fotonları daha sonra yapıdan serbest bırakılmaktadır (Al-Quahtani vd., 2022). Sonuç olarak yapıya alınan ışık fotonları karanlık ortamda yapıdan serbest kalmakta ve ışıldama etkisi oluşmaktadır (Al-Quahtani vd., 2022).

Fosforlu materyaller genellikle su analizinde, kimyasal kirlilik analizinde, ilaç sektöründe, plastik oyuncaklarda, saatlerde, enstrümanlarda, geçici zayıf aydınlatmalarda, spor ürünlerinde, güvenlik uygulamalarında, pasaportlarda, kartlarda, kıyafetlerde, şapkalarda, ayakkabılarda vb. bir çok üründe kullanılmaktadır (Sing vd., 2017:328, Sharma ve Bairagi, 2018:165).

4. Fosforlu Tekstiller

Son yıllarda teknoloji ve kimya alanında meydana gelen ilerlemeler, fosforlu materyallerin tekstil alanında daha güvenli ve daha çok çeşitli kullanımına olanak sağlamış olup, günümüzde birçok yerde fosforlu tekstiller kullanılabilir. Fosforlu tekstiller adından da anlaşılacağı üzere karanlıkta çeşitli renklerde fosforlu ışık yayabilme özelliğine sahiptirler. Zaman içerisinde, UV veya başka ışık kaynaklarından aldığı ışık enerjisini, karanlık ortamda belirli bir zaman süresince fosforlu renkte ışıldama ile tekrar yayabilme özelliklerine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı itfaiyecilerde, trafik polislerinin kıyafetlerinde, ayakkabılarda, şapkalarda, spor kıyafetlerinde vb. güvenlik veya estetik ihtiyaçlardan dolayı karanlıkta ışıldama ihtiyacı gerektiren neredeyse tüm tekstillerde kullanılabilir. Fosforlu tekstillerin üretim formları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1-Fosforlu Lif Uygulaması: Eriyikten lif çekiminde, termoplastik polimer ve bir metal alüminyum oksit pigmentinin birlikte belirli oranda bir araya getirilip ısıtılması, karıştırılması ve çekilmesiyle fosforlu özelliğe sahip lif üretimi gerçekleştirilebilmektedir (Sharma ve Bairagi, 2018: 166).

2-Fosforlu Şerit ve İplik Uygulaması: Fosforlu şeritler günümüzde kullandığımız bantlara benzer ürün yapılarında, fosforlu pigmentler kullanılarak, fosforlu ışıltama özelliği olan şeritlerin üretilmesi esasına dayanmaktadır. Daha sonra bu üretilen fosforlu şeritler (bantlar) ihtiyaç duyulan tekstil yüzeylerine yerleştirilerek fosforlu tekstil yüzeyleri elde edilmiş olmaktadır (Görsel 3a).

Fosforlu iplik üretimleri ise farklı şekillerde yapılabilmektedir, bunlar:

- *Termoplastik bir polimere, yumuşak çekim esnasında belirli oranda fosforlu pigment katılmasıyla fosforlu elyaf elde edilebilmektedir ve bu elyaftan da fosforlu iplik üretimi yapılabilmektedir (Swicofil Company, 2012; Marc, 1999, akt. Çukul, 2013:52).*
- *Çift katlı lamine iplik, iki polimer film arasında fosforlu pigment yerleştirilmesiyle üretilebilmektedir (Alagirusamy ve Das, 2010; Katsuhiko ve Kazufumi, 2012, akt. Çukul, 2013:52).*
- *Tekstil boyamalarında, doğal veya suni kesikli liflere fosforlu pigmentlerin ilave edilmesiyle de üretilebilmektedir (Harold, 1957; Marija vd., 2006, akt. Çukul, 2013:52).*
- *İpliğe, uygun aktive edilmiş metal tuz kristallerinin uygulanmasıyla da üretilebilmektedir (Joseph, 1953, akt. Çukul, 2013:52).*

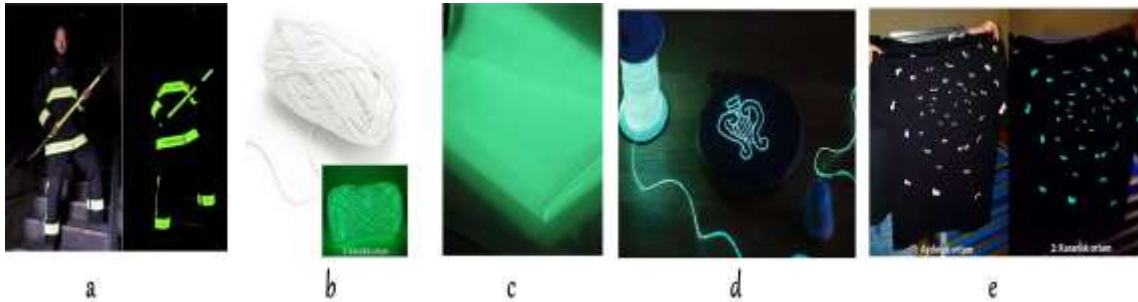
Görsel 3b.'de poliester polimeri ve fosforlu pigment karışımı ile yapılmış olan bir iplik örneği görülmektedir.

3- Fosforlu Dokuma veya Örme Uygulamaları: Fosforlu dokuma veya örme kumaşlar, fosforlu ipliklerin dokuma veya örme işlemlerinde kullanılmasıyla elde edilmektedir. Yapılacak tasarımda istenen özelliklere göre elyaf karışım oranları ve konstrüksiyon özellikleri belirlenir böylece istenilen fosforlu kumaş özellikleri de sağlanmış olmaktadır (Görsel 3c).

4- Fosforlu Kaplama ve Laminasyon Uygulamaları: Fosforlu bileşiklerle karıştırılmış olan sentetik reçinelerin bir kaplama tabakası olarak kullanılmasıyla, fosforlu özelliğe sahip kumaşlar yapılabilmektedir (Sharma ve Bairagi, 2018:166). Benzer şekilde fosforlu özelliklere sahip malzemelerin, çeşitli kumaş parçaları üzerine lamine edilmesiyle de fosforlu kumaş üretimi yapılabilmektedir. Üretilen bu fosforlu tekstil yüzeyleri kullanılarak nihai ürünler elde edilmiş olmaktadır.

5- Fosforlu Nakış Uygulamaları: Fosforlu nakış uygulamaları, kumaş veya nihai tekstil kıyafeti üzerine, belirlenen motif özelliklerine göre fosforlu ipliklerin nakış işlemiyle işlenmesiyle yapılmaktadır (Görsel 3d).

6- Fosforlu Boyama ve Baskı Uygulamaları: Yapısında fosforlu bileşik bulunduran boyar maddeler ve boyalar, karanlıkta ışılda özelliği sunan, düşük maliyetli tekstil ürünlerini yapabile olanağını sunmaktadır (Sharma ve Bairagi, 2018:166). Tekstil yüzeylerinin floresan özellikteki spreyci boyalarla renklendirilmesiyle, ışılda kumaş yüzeyleri elde edilebilmektedir (Sharma ve Bairagi, 2018:166). Yapısına belirli oranda fosforlu pigmentler karıştırılarak hazırlanan baskı patlarının, düz film baskı tekniği kullanılarak istenilen motiflerde baskı yapılmasıyla da fosforlu tekstil tasarımları elde edilebilmektedir. Bu tür ürünler, istenirse kumaş üzerine istenirse de kıyafet üzerine baskı yapılarak üretilmektedir (Görsel 3e).



Görsel 3. a: Fosforlu ve Yansıtıcı Şerit Uygulaması Yapılmış Bir İtfaiyeci Kıyafeti (The Orange Country Register, 2011), b: Aydınlık Ve Karanlık Ortamda Fosforlu İplik Görünümü (Aliexpress Company, 2022), c: Karanlık Ortamda Fosforlu Dokuma Kumaş Görünümü (Mphotoluminescent Company, 2022), d: Fosforlu İpliğin Nakış İle İşlendiği Tekstil Yüzeyinin Karanlık Ortamdaki Görünümü (Pinkoi Company, 2022), e: Düz Film Baskı İşlemi Yapılarak Üretilmiş Fosforlu Baskı Uygulaması (Ambromanufacturing Company, 2022)

5. Fosforlu İplik Baskı Tasarımı ve Nakış Uygulaması

5.1. Materyal

Çalışmada kullanılan makine ve malzemelere ait bilgiler Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Çalışmada Kullanılan Makine ve Malzemeler

Malzeme Adı	Malzeme Özellikleri
Fosfor iplik	1 adet (750 m) , %60 Poliester/%40 Polipropilen (dtex 150 x 2 / den 135 x 2), beyaz-yeşil renk, Madeira Marka, Almanya Üretimi.
Kumaş	1 metre, %100 poliester, panama dokuma örgü, beyaz renk, 240 g/m ² .

Kasnak	1 adet.
Transparan film	1 adet A4 boyutunda transparan film.
Yazıcı	1 adet Epson L1800 model ink-jet yazıcı.
Bilgisayar	1 adet Lenova marka bilgisayar.
Çizim programı	1 adet Adobe Illustrator vektörel çizim programı.
Gaze bezi germe makinesi	1 adet gaze bezi germe makinesi.
Pozlama makinesi	1 adet film pozlama makinesi.
Kurutma makinesi	1 adet Black&Decker marka.
Yıkama Makinesi	1 adet şablon yıkama makinesi.
Baskı Masası	1 adet, vakumlu.
Gaze bezi	1 metre, 77T mesh, bezayağı, %100 poliester.
Emülsiyon	Saati Grafic Pu marka hazır emülsiyon.
Rakle	1 adet 25 cm rakle.
Şablon	1 adet 365 x 480 mm boyutunda alüminyum şablon.
Nakış İğnesi	1 adet.
Hazır baskı patı	150 g pigment siyah boya (%4 oranında pat içerisinde yer almaktadır).

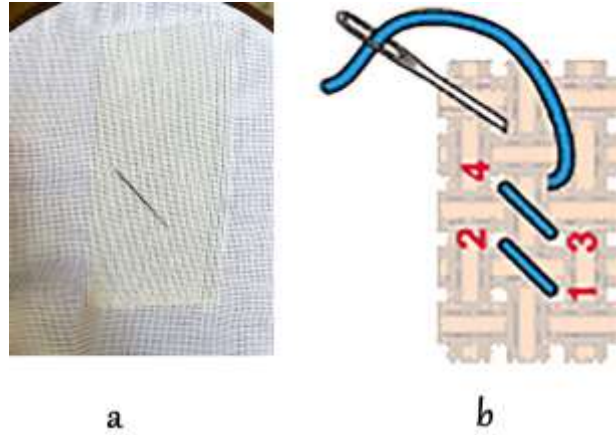
5.2. Yöntem

Betimleyici araştırma modelinin kullanıldığı bu çalışmada, akıllı tekstiller, ışıldayan materyaller, fosforlu ışıldama ve fosforlu tekstiller hakkında literatür taramaları yapılmış, fosforlu tekstillerde kullanılan üretim metotları hakkında detaylı araştırmalar yapılmıştır. Fosforlu tekstiller hakkında bilgi verilmesi ve çalışmada kullanılan üretim yöntemin farklılığının da gösterilmesi için belgesel kaynak taraması yapılmıştır. Çalışmada yapılan tasarım yönteminde, nakış işleme ve düz film baskı tekniklerinden yararlanılmıştır. Çalışmada yapılan tasarıma ait sonuçlar nitel gözlem yoluyla değerlendirilmiştir.

Çalışmada yapılan işlemler aşağıdaki sırasıyla uygulanmaktadır:

- 1- Kumaşın kasnağa gerilmesi: 135 x 140 mm boyutlarında ki tasarıma uygun olan çember ahşap kasnak üzerine gergin bir şekilde kumaş yerleştirilmektedir.
- 2- İşleme iğnesinden, 4 katlı olarak fosforlu ipliğin geçirilmesi ve ipliğin işlemeye hazır hale getirilmesi: Bu işlem yapılırken kullanılan her bir katın uzunluğu yaklaşık olarak 50 cm olarak ayarlanmaktadır. Daha uzun olan katlarda işleme esnasında takılma vb. problemler olabildiğinden iplik kat uzunluğu maksimum 50 cm olacak şekilde

- ayarlanmaktadır. İşleme iğnesinden 4 katlı fosfor iplik olacak şekilde (her bir kat 50 cm uzunluğunda) fosforlu iplikler geçirilerek işleme iğnesi hazır hale getirilmektedir.
- 3- Fosforlu ipliğin, yarım çarpı işi olarak beyaz panama kumaş üzerine, 135 x 140 mm boyutlarında işlenmesi (Görsel 4a, 4b): Başlama noktasında, fosforlu iplik zemine kumaş arka yüzüne düğümlenerek başlanmaktadır. Daha sonra Görsel 4b.'de görülen nakış formunda, üstten 1 adım sol çapraz yaparak ve daha sonra zeminden 1 adım tam sağ yaparak tekrar aynı çözgü hizasından üstten sol çapraz yapacak kısma gelmektedir ve bu adımlar üst desen sınırına kadar aynı şekilde devam etmektedir. Üst desen sınırına geldiği noktada tekrar alttan düğüm yapılarak her bir çözgü hizası ayrı bir fosforlu iplik katıyla işlenmektedir. Bu şekilde yapıldığında desen içerisinde altta istenmeyen düğüm yerleri oluşmamakta ve düzgün bir formda fosfor iplikli zemin işlenmesi yapılabilmektedir (Görsel 4a).



Görsel 4. a: Fosforlu İpliğin Kumaşa İşlenmesi, b: Yarım Çarpı İşi (Goblenci, 2022)

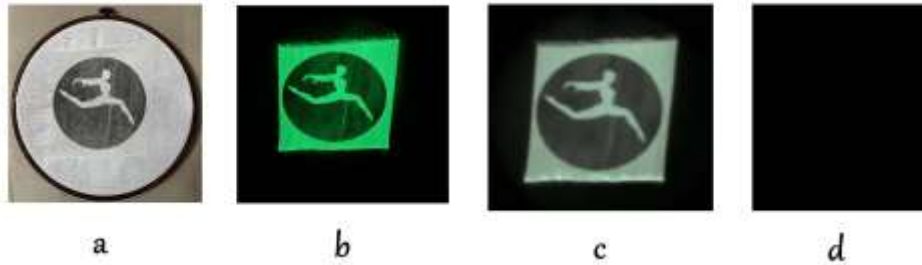
- 4- Fosforlu görünmesini istediğimiz desenin, Adobe Illustrator programı kullanılarak bilgisayarda hazırlanması: Örnek tasarım için Pixabay Company'den Sergeitokmakov'a ait eser fotoğrafından yararlanılmıştır. Bu eser fotoğrafından bir kesit kullanılarak Illustrator programında dans eden kadın figürü vektörel formatta hazırlanmaktadır (Görsel 5a).

- 5- Hazırlanan vektörel çizimin, transparan film üzerine yazıcıdan çıktısının alınması: Vektörel olarak çizimi yapılan dans eden kadın figürünün Epson L1800 yazıcı ile siyah beyaz olarak asetat üzerine çıktısı alınmaktadır.
- 6- Gaze bezinin, gaze bezi germe makinesinde şablona gerilmesi: Gaze bezi germe makinesi üzerine 77 Mesh ipek bezi yaklaşık 30 N/cm gerginlikte gerilmektedir.
- 7- Hazırlanan şablonun temizlenmesi amacıyla yıkama makinesinde yıkanması ve kurutulması: Hazırlanan şablon üzerinde bulunan gaze bezindeki yağ ve benzeri istenmeyen kimyasalların uzaklaştırılması amacıyla deterjanla yıkaması yapılmakta ve 40 °C'de 10 dk süresince kurutulmaktadır.
- 8- Şablona emülsiyon sürülmesi: Şablonun her iki tarafına ışığa duyarlı emülsiyon tek kat olarak sürülmektedir.
- 9- Üzerine çıktı alınan transparan filmin, pozlama makinesine şablon ile beraber yerleştirilmesi ve pozlama işleminin yapılması (23 saniye pozlama, 25 saniye vakumlama): Bu işlemin amacı asetatta siyah görünen alanların pozlamadan etkilenmeyip, siyah olmayan alanların pozlama sonucunda gaze bezi üzerinde sabitlenmesinin sağlanmasıdır. Böylelikle ışık görmeyen alanlar yıkama sonrası açılacak ve bu kısımlar baskı patını kumaş zeminine geçirecektir (Görsel 5b).
- 10- Pozlama sonrası şablonun yıkanması ve baskı alınacak nihai desenin şablon üzerinde oluşturulması: Pozlama sonrası desen içeren alanların üzerindeki emülsiyonun ayrıştırılabilmesi amacıyla basınçlı su yardımıyla yıkama yapılmaktadır (Görsel 5c).
- 11- Yıkanan şablonun 40C°'ye ayarlanmış fırında kurutulması: Yıkama sonrası 10 dk süresince şablona kurutma yapılmaktadır.
- 12- Kasnaktan kumaşın çıkarılması ve düzgün baskı yapılabilmesi amacıyla kumaşın ütülenmesi: Kumaş yüzeyinin düzgün olması baskı kalitesine etki edeceğinden, baskı işlemi öncesinde kumaşa ütülme işlemi yapılmaktadır (Görsel 5d).
- 13- Kumaşın ön yüzünün kullanıcıya bakacak şekilde vakumlu baskı masasına yerleştirilmesi.

- 14- Şablonun emülsiyon dışında kalan kısmının bantlanması: Bantlama işlemi, baskı patınının baskı alanı dışından kumaş yüzeyine sızmasını engellemek amacıyla yapılmaktadır (Görsel 5e).
- 15- Yerleştirilen kumaş üzerine, işlenen kısmı taşmayacak ve ortalayacak şekilde şablonun yerleştirilmesi: Şablon üzerinde kadın figürü bulunan kısmın fosforlu iplikle işlenen alanı ortalayacak şekilde kumaş üzerine yerleştirilmesi işlemidir.
- 16- Yerleştirilen şablona siyah renk baskı patınının dökülmesi ve baskı işleminin yapılması: Baskı işlemi yapılırken rakle yardımıyla siyah renk baskı patınının kumaş üzerine aktarımı yapılmaktadır (Görsel 5f).
- 17- Baskı yapılan kumaşın kurutulması (560°C, 20 saniye): Bu işlemin amacı kumaş üzerine aktarılan baskı boyar maddesinin kumaş üzerine yerleşmesinin sağlanmasıdır. Bu amaçla el tipi kurutma makinesi ile 560 °C, 20 saniye boyunca, kumaşla makine arasında yaklaşık 20 cm mesafe olacak şekilde, yakmadan ve zarar vermeden kumaş üzerinde kurutma işlemi uygulanmaktadır (Görsel 5g).
- 18- Baskısı alınan kumaşın kasnağa gerilmesi ve aydınlık ortamda kumaşın gösterimi (Görsel 5h): Kurutma sonrası baskı yapılan kumaş tekrar kasnak üzerine gergin bir şekilde yerleştirilmiştir.
- 19- Kasnağa gerilen kumaşın, güneş ışığında 5 dk bekleme sonrasında karanlık ortamda gözlenmesi sonucu elde edilen görünümler (Görsel 6), (Tablo 4).
- 20- Kasnağa gerilen kumaşın, güneş ışığında 10 dk bekleme sonrasında karanlık ortamda gözlenmesi sonucu elde edilen görünümler (Görsel 6), (Tablo 4).
- 21- Kasnağa gerilen kumaşın, güneş ışığında 15 dk bekleme sonrasında karanlık ortamda gözlenmesi sonucu elde edilen görünümler (Görsel 6), (Tablo 4).



Görsel 5. a: Fosforlu Görünmesini İstedığımız Desenin, Adobe Illustrator Programı Kullanılarak Bilgisayarda Hazırlanması (Pixabay Company, Sergeitokmakov, 2022), b: Üzerine Çıktı Alınan Transparan Filmin, Pozlama Makinesine Şablon İle Beraber Yerleştirilmesi ve Pozlama İşleminin Yapılması, c: Pozlama Sonrası Şablonun Yıkanması ve Baskı Alınacak Nihai Desenin Şablon Üzerinde Oluşturulması, d: Kasnaktan Kumaşın Çıkarılması ve Düzgün Baskı Yapılabilmesi Amacıyla Kumaşın Ütülenmesi, e: Şablonun Emülsiyon Dışında Kalan Kısımının Bantlanması, f: Yerleştirilen Şablona Siyah Baskı Patının Dökülmesi ve Baskı İşleminin Yapılması, g: Baskı Yapılan Kumaşın Kurutulması, h: Baskısı Alınan Kumaşın Kasnağa Gerilmesi ve Aydınlık Ortamda Kumaşın Gösterimi



Görsel 6. a: Çalışmanın Aydınlik Ortamdaki Görünümü, b: Çalışmanın Güçlü Fosforlu Işık Yayma Görünümü, c: Çalışmanın Giderek Zayıflayan Fosforlu Işık Yayma Görünümü, d: Çalışmanın Fosforlu Işık Yayma Görünümünün Durması Sonucu Karanlık Ortamdaki Görünümü

5.3. Bulgular ve Tartışma

Uygulanan işlem basamakları sırasıyla incelendiğinde, eldeki fosforlu ipliğin kat sayısı, tek başına yarım çarpı işi yapılan bölgelerdeki boşluğu tam olarak kapatamadığından, 4 katlı olarak iğneden geçirilme ihtiyacı duyulmuştur. 4 katlı olarak iğne üzerinde hazırlanan fosforlu iplik, kumaş üzerindeki gözenekleri neredeyse tamamen kapatmayı sağlamaktadır. Fosforlu ipliğin yarım çarpı işi olarak dokuma yüzeyine işlenmesi esnasında, ipliğe uygulanan fazla gerilimin bazı bölgelerde fosforlu ipliğin yüzeyi daha az kapamasına neden olduğu, gevşek durumlarda ise yüzeyde boncuklama etkisi yaptığı gözlenmiştir, her iki durumda da baskı aşamasında hataya neden olabilecek durumlar olabileceğinden, optimum gerginlikte ipliğin

işlenmesine dikkat edilmiştir. İşleme esnasında, özellikle düğüm yerleri işleme alanının bitim yerlerine denk getirilmiş olup, böylelikle kumaş yüzeyinde orta alanda farklı ve istenmeyen görüntülerin olması engellenmektedir. İşleme sonrası yapılan baskı aşamasında, işlenen kumaşın her yerinde aynı kumaş düzgünlüğünün olması, baskı kalitesi açısından son derece önemlidir. Bu nedenle işlenen kumaş, baskı öncesinde ütülenmiş ve yüzey düzgünlüğü sağlanmıştır. Fosforlu iplikle işlenen alana, baskısı alınacak olan desenin ortalı olarak yerleştirilmesi de ayrıca dikkat edilen hususlardan birisidir. Baskı aşamasında vakumlu baskı masası kullanılmıştır, özellikle kumaşın tüm yüzeye düzgün bir şekilde oturması ve baskı esnasında kumaşın hareket etmemesi açısından vakumlu baskı masası kullanımı önemlidir. İstenirse alternatif bir uygulama olarak, kullanılacak olan kumaş türünün de uygun olması halinde, yüzey yapıştırıcıları da kullanılabilir. Böylelikle vakumlu olmayan masalarda da baskı işlemini uygulayabilme imkanı olabilecektir.

Tüm aşamalar bittikten sonra nihai ürünün genel görünümü ve karanlık ortamdaki performansı incelenmiştir. Ürünün gün ışığındaki nihai görünümü temiz ve net olup, karanlık ortamda yeşilimsi renkte ışıdayarak görünen desen, gün ışığında ise ekru (kremsi) renkte net olarak görünmektedir. Yapılan çalışma, güneş ışığı altında 5 dk, 10 dk ve 15 dk süresince ayrı ayrı tutulmuş olup, daha sonra güneş ışığı altından alınan fosforlu kumaş karanlık ortama alınmıştır. Karanlık ortamda, 5 dk güneş ışığı altında bekleyen fosforlu kumaşın ilk 10 dk güçlü ışılda yapdığı, geriye kalan 20 dk'da ise yayılan ışıldamanın yavaş yavaş azalarak sıfırlandığı gözlenmiştir (Tablo 4). Karanlık ortamda, 10 dk güneş ışığı altında bekleyen fosforlu kumaşın ilk 25 dk güçlü ışılda yapdığı, geriye kalan 40 dk'da ise yayılan ışıldamanın yavaş yavaş azalarak sıfırlandığı gözlenmiştir (Tablo 4). Karanlık ortamda, 15 dk güneş ışığı altında bekleyen fosforlu kumaşın ilk 35 dk güçlü ışılda yapdığı, geriye kalan 75 dk'da ise yayılan ışıldamanın yavaş yavaş azalarak sıfırlandığı gözlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Güneş Işığı Altında Kalma Süresine Göre Ürünün Fosforlu Işık Yayma Durumları

Güneş Işığı Altında Kalma Süresi (dk)	Güçlü Fosforlu Işık Yayma Süresi (dk)	Zayıf Fosforlu Işık Yayma Süresi (dk)	Fosforlu Işık Yayma Toplam Süresi (dk)
5	10	20	30
10	25	40	65
15	35	75	110

Tablo 4'dende görüldüğü üzere, fosforlu tekstillerin güneş altındaki bekleme süresini artırdıkça, karanlık ortamdaki ışıldama süresinin de arttığı sonucuna ulaşılmaktadır.

6. Sonuç

Yapılan çalışmada, dokuma yüzey üzerine fosforlu iplikler, yarım çarpı işi metoduyla, belirli bir alanda ve arada hiç boşluk vermeksizin nakışla işlenmiştir. İşlenen bu fosforlu alan üzerine ise fosforlu olarak görünmesi istenilen deseni açıkta bırakacak şekilde düz film baskı işlemi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma, fosforlu tekstil ürünü yapımında tek başına kullanılan dokuma, örme, nakış veya baskı metotlarına göre farklı bir üretim önerisi getirmektedir.

Yapılan bu çalışmada, direkt dokuma imkanı, fosforlu baskı patı olmama durumu veya direkt ayrıntılı nakış yapma imkanı olmayan durumlar için alternatif bir üretim yöntemi gösterilmektedir. Çalışmada, fosforlu ışıldama özelliği kazandırılmak istenen desen başarılı bir şekilde tekstil yüzeyine uygulanmıştır. Bu yöntem, tekstil endüstrisinde direkt giysi üzerinde veya giysi kalıp parçaları üzerinde uygulanabilme potansiyelini taşımaktadır. Bu yöntemin ışığında, fosforlu ipliklerin kullanıldığı düz dokuma kumaşların üzerine yapılacak olan baskı çalışmaları ile metraja yönelik üretim yöntemlerinin de tekstil sektöründe uygulanma olanağının bulunabileceği düşünülmektedir. Çalışma sonucunda, fosforlu ipliklerin tekstil sektöründe kullanımına yönelik farkındalığın artırılması ve alternatif bir yöntem olarak, fosforlu iplik nakış işlemesi ve tekstil baskı işleminin beraber kullanılmasıyla birlikte, farklı ve ilgi çeken tasarımlarının yapılabileceği gösterilmektedir. Bu alanda yapılacak olan katma değeri yüksek tasarımlarla, ülkemiz tekstil ticaretine de katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Alagirusamy, R. ve Das, A., (2010), *Technical Textile Yarns Industrial And Medical Applications*, İngiltere: Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Al-Quahtani, S.D., Alkhamis, K., Alfi, A.A., Alhasani, M., El-Morsy, M.H.E., Sedayo, A.A. ve El-Metwaly N.M. (2022), "Simple Preparation of Multifunctional Luminescent Textile for Smart Packaging", *American Chemical Society*, 7, 19454-19464.

Bilir, M., Z. (2018). "Use Of Chromic Dyes In Textile Design And A Sample Design With Chromic Dyes", *International Journal Of Eurasia Social Sciences*, 9 (33), 1730-1739.

Cheng, T., Lin, T., Brady, R., ve Wang, X. (2008). "Fast Response Photochromic Textiles From Hybrid Silica Surface Coating", *Fibers and Polymers*, 9(3), 301–306.

Cherenack K. ve Pieterston L., (2012), "Smart Textiles: Challenges And Opportunities", *Journal of Applied Physics*, 112, 1–14.

Christie, R. (2015). *Color Chemistry*, İngiltere: Royal Society Of Chemistry.

Çelikel, D.C. (2020). *Smart e-textile materials*, N. Tasaltin (Ed.), Advanced functional materials (1-16), İngiltere: IntechOpen.

Çukul, D. (2013), "Teknik İpliklerde Son Yıllardaki Gelişmelere Örnekler", *Tekstil ve Mühendis*, 20 (91), 50-63.

Du, H., Shan, W., Wang, L., Xu, D., Yin, H., Chen, Y. ve Guo, D. (2016), "Optimization And Complexing Agent-Assisted Synthesis Of Green SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺ Phosphors Through Sol–Gel Process", *Journal Of Luminescence*, 176, 272-277.

Gorgieva, S., Virant, N. ve Ojstršek, A. (2019), "Complementary Assessment of Commercial Photoluminescent Pigments Printed on Cotton Fabric", *Polymers*, 11 (1216), 1-18.

Hameed, A., Aljuhani, E., Bawazeer, T.M., Almeahmadi, S.J., Alfi, A.A., Abumelha, H.M., Mersal, G.A.M. ve El-Metwaly, N. (2021), "Preparation Of Multifunctional Long-Persistent Photoluminescence Cellulose Fibres", *The Journal Of Biological And Chemical Luminescence*, 36, 1781-1792.

Harold, E.W., (1957), *Phosphorescent Yarn*, US Patent No: 2787558.

Joseph G., (1953), *Phosphorescent Yarns*, US Patent No:2635969.

Katsuhiro, P. ve Kazufumi, T., (2012), *Phosphorescent Polyester Laminates And Their Yarns*, Japonya: Patent No: 2008155592.

Khattab, T.A., Rehan, M. ve Hamouda, T. (2018), "Smart Textile Framework: Photochromic And Fluorescent Cellulosic Fabric Printed By Strontium Aluminate Pigment. Carbohydr". *Polym.* 2 (195), 143–152.

Khurana, Y. (2017), "Smart Clothing: Future Of Wearables", *Contemporary Social Sciences*, 26 (4), 81-88.

Kooroshnia, M. (2014), "Designing A Two-Phase Glow-In-The-Dark Pattern On Textiles", *Shapeshifting Conference: Auckland University of Technology*, Yeni Zelanda.

Kooroshnia, M. (2014), "Designing a Two-Phase Glow-in-the-Dark Pattern on Textiles", Textile and Design Lab and Colab at Auckland University of Technology.

Li, W., Liu, Y. ve Ai, P. (2010), "Synthesis And Luminescence Properties Of Red Long-Lasting Phosphor Y2O2S:Eu3+, Mg2+, Ti4+ Nanoparticles", *Materials Chemistry And Physics*,119, 52-56.

Marc S., (1999), *Process For Producing Longer-Lasting, Highly Luminescent, Phosphorescent Textile Fibers*, US Patent No: 5914076.

Marija, G., Mateja, S., Franci, D., Tatjana, R., Matejka, B. ve Sabina, B. (2006), "Smart Textiles For Curtains: Paddyeing Of Polyester Yarn With Phosphorescent Pigments", *Tekstil*, 49, 201-206.

Nazarov J.V. ve Popova V.V., (2019), "Light Design And Textiles", *Light & Engineering*, 27, 33-37.
Oliveira C., R., Júnior, A., H., Immich, A., P., S. ve Fiates, J., (2022), "Use Of Advanced Materials In Smart Textile Manufacturing", *Materials Letters*, 316, 1-5.

Ramlow, H., Andrade, K.L. ve Immich, A.P.S. (2020), "Smart Textiles: An Overview Of Recent Progress On Chromic Textiles", *The Journal of The Textile Institute*, 112 (1), 152-171.

Sasmal, A., K. ve Pal, T. (2021), "Chromism Of Chemical Compounds", *Journal of the Indian Chemical Society*, 98, 1-4.

Schwaiger N., E. ve Wang S, (2010), *Study In The Field Of Product Development About Illuminating Material For Fire-Fighter Garments & Others In The Future*, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, University of Borås.

Sharma, R. ve Bairagi, N. (2018). "The Role Of Photoluminescent Pigments in Textiles", *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology*, 2(2), 164-167.

Sing, H., Tanwar, V., Bhagwan, S. ve Singh, I. (2017), *Recent Advancements In Limunescent Materials And Their Potential Applications*. Tiwari, A., Iyer, P.K., Kumar, V. ve Swart. H. (Ed.), *Advanced Magnetic And Optical Materials* 317-352, US: Scrivener Publishing.

Stoppa, M. ve Chiolerio, A., (2014), "Wearable Electronics And Smart Textiles: A Critical Review", *Sensors*, 14, 11957-11992.

Van Langenhove, L. (2007). *Smart Textiles For Medicine And Healthcare: Materials, Systems And Applications*, İngiltere: Woodhead Publishing Limited.

Wako, A.H., Dejene, B.F. ve Swart, H.C. (2014), "Roles Of Doping Ions In Afterglow Properties Of Blue Caal2o4:Eu2+,Nd3+ Phosphors", *Physica B Condensed Matter*, 439, 153-159.

İnternet Kaynakları

Research and Markets, Global Smart Fabrics Market to Reach \$11.4 Billion by 2027, US, Erişim tarihi: 04.09.2022.

Pixabay Company, Sergeitokmakov, <https://pixabay.com/tr/illustrations/g%C3%BCncel%20siluetler-dans%C3%A7a7%20k%C4%B1z-4810364/>, Erişim tarihi: 05.06.2022.

Swicofil Company, Luminescent Glow Yarn, http://www.swicofil.com/glow_yarn.html, Erişim tarihi: 10.09.2012.

Görsel Kaynaklar

Görsel 1. Colourchange Company, "Photochromic Ink: Applications",<https://www.colourchange.com/photochromic-ink/>, Erişim tarihi: 15.08.2022.

Görsel 2a, 2b, 2c. Nazarov J.V. ve Popova V.V., (2019), "Light Design And Textiles", *Light & Engineering*, 27, 33-37.

Görsel 3a. The Orange Country Register, "Firefighters Test Glow-In-The-Dark Technology". <https://www.oregister.com/2011/11/14/firefighters-test-glow-in-the-dark-technology-2/>, Erişim tarihi: 14.11.2011.

Görsel 3b. Aliexpress Company, "DIY Glow Natural Yarn,Phosphorescent Yarn, Fluorescent DK Yarn", "Halloween Fancy Yarn, Funny Projects Glow in the Dark Yarn", <https://tr.aliexpress.com/item/1005004396385224.html?gatewayAdapt=glo2tur>, Erişim tarihi: 20.08.2022.

Görsel 3c. Mphotoluminescent Company, "Photoluminescent Fabric". <https://www.mphotoluminescent.com/photoluminescent-fabric-day.html>, Erişim tarihi: 27.08.2022.

Görsel 3d. Pinkoi Company, "Constellation Production Kit Made Of Shining Phosphorescent Thread Lyra", <https://en.pinkoi.com/product/m6SYwRUP>, Erişim tarihi: 28.08.2022.

Görsel 3e. Ambromanufacturing Company, "Glow in the Dark Screen Printing". <https://www.ambromanufacturing.com/glow-in-the-dark-screen-printing/>, Erişim tarihi: 28.08.2022.

Görsel 4b. Goblenci, "Goblen Nedir", <https://www.goblenci.com/goblen/goblen-nedir.html>, Erişim tarihi: 25.08.2022.