



Konferans Bildirisi

Lazer Teknolojisi Kullanılarak Susuz Desenlendirilmiş Yenilikçi Yün Kumaş Tasarımları Geliştirilmesi

Rıza ATAV^{1*}, Durul Büşra DİLDEN²

¹ Tekirdağ Namık Kemal University, Çorlu Engineering Faculty, 59860, Çorlu/Tekirdağ, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-4542>, e-mail: ratav@nku.edu.tr

² Beymen Perakende ve Tekstil Yatırımları A.Ş., İstanbul, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-4636-7698>, e-mail: durul.dilden@beymen.com

* Correspondence: ratav@nku.edu.tr

Received 07 October 2024

Received in revised form 15 November 2024

In final form 22 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: Atav, R., & Dilden, D. B. (2024). Lazer teknolojisi kullanılarak susuz desenlendirilmiş yenilikçi yün kumaş tasarımları geliştirilmesi. *Orclever Proceedings of Research and Development*, 5(1), 45-54.

Özet

Bu çalışmanın ana hedefi kumaş desenlendirmede daha çevreci ve sürdürülebilir bir yaklaşım ortaya koyulması ve böylece günümüzde önemli olan yeşil mutabakat için doğal kaynakların korunmasını sağlamak ve çevreye verdiğimiz zararları minimize etmektir. Literatür incelendiğinde susuz desenlendirme imkânı sunan lazer teknolojisinin tekstil alanında uygulamalarına ilişkin özellikle 2000'li yıllardan sonra çalışmaların yoğunlaştığı, ancak yine de sayıca halen az çalışma olduğu görülmektedir. Laboratuvar ölçekli küçük çalışmalar olmasına karşın bu sonuçların üretim koşullarına adaptasyonu üzerinde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmanın literatüre sağlayacağı katkının önemli olduğu ve özgün olduğu söylenebilir. Bu çalışmada öncelikle lazer işleminin yün kumaşların boya alım kabiliyeti ve haslık değerlerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kumaşlara boyama öncesi farklı çözünürlüklerde (17 ve 20 dpi) ve piksel sürelerinde (60 ve 70 µs) lazer işlemleri uygulanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise bölgesel olarak farklı dozlarda lazer işlemine tabi tutulan kumaşlarda lazer ile susuz desenlendirme imkânları araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda yün kumaşlarda su ve kimyasal



*kullanılmadan desen eldesi için baskı proseslerine alternatif bir yöntem geliştirilmesi sağlanmıştır.
Böylece kumaş desenlendirmede daha çevreci ve sürdürülebilir bir yaklaşım ortaya koyulmuştur.*

Anahtar: Lazer, yün, boya, sürdürülebilir, yeşil mutabakat, susuz desenlendirme



Development Of Innovative Waterless Patterned Wool Fabric Designs Obtained Via Laser Technology

Abstract

The main goal of this study is to present a more environmentally friendly and sustainable approach in fabric patterning and thus to ensure the protection of natural resources for the green consensus that is important today and to minimize the damage we give to the environment. When the literature is examined, it is seen that studies on the applications of laser technology, which offers the opportunity of waterless patterning, have intensified especially after the 2000s in the textile field, but there are still few studies. Although there are small laboratory-scale studies, no study has been found on the adaptation of these results to production conditions. Therefore, it can be said that the contribution of the study to the literature is important and original. In this study, first of all, the effect of laser treatment on the dye uptake ability and fastness values of wool fabrics was investigated. For this purpose, laser treatments were applied to the fabrics at different resolutions (17 and 20 dpi) and pixel times (60 and 70 μ s) before dyeing. In the second part of the study, the possibilities of waterless laser patterning were investigated on fabrics subjected to laser treatment at different doses regionally. As a result of the studies, an alternative method to printing processes was developed for obtaining patterns on wool fabrics without using water and chemicals. Thus, a more environmentally friendly and sustainable approach was presented in fabric patterning.

Keywords: Laser, wool, dye, sustainable, green consensus, waterless patterning



1. Giriş

Lazer, uyarılmış foton emisyonuna dayalı bir optik amplifikasyon işlemi yoluyla ışık (elektromanyetik radyasyon) yayan bir cihazdır. “Lazer” terimi, “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”ın kısaltması olarak ortaya çıkmıştır [1]. Lazer teknolojisi, polimerlerin yüzey modifikasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Literatür incelendiğinde yün de dahil olmak üzere birçok elyafın renklendirilmesinde lazer teknolojisinin kullanımının araştırıldığı görülmektedir. Ancak yünün lazerle işlenmesi ile ilgili çalışmaların oldukça sınırlı olduğu söylenebilir. Yünle ilgili çalışmaların özeti aşağıda kronolojik sırayla sunulmaktadır.

Nourbakhsh ve ark. (2011) yün keçeleşme çekmesi kontrolü amacıyla lazer işleminin kullanımını araştırmış ve işlemin etkinliğini geleneksel klorlama yöntemiyle karşılaştırmıştır. Yün kumaş, iki farklı güç seviyesinde ve iki tarama hızında endüstriyel bir lazere maruz bırakılmıştır. Lazer teknolojisinin, geleneksel klorlama yönteminin yerine alternatif bir yün işleme yöntemi sunduğu belirtilmiştir [3].

Morgan ve ark. (2014) %100 yün kumaşın reaktif boyayla boyanmasında ön işlem olarak CO₂ lazer ışınlamanın etkisini ve bunun tekstil tasarımı için yaratıcı bir araç olma potansiyelini incelemişlerdir. Araştırmalar, CO₂ lazer ışınlamanın boya alımını artırmak için kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Boyamadan sonra lazerle işlem gören alanlar daha koyu görünmüştür [4].

Morgan ve ark. (2015) yünlü tekstiller için yakın zamanda geliştirilen bir dijital lazer boyama tekniğini açıklamışlardır. Araştırma, %100 yünü reaktif boya ile boyamak için bir ön işlem olarak kızılötesi lazer ışınlamasının etkisini incelemiştir. Yün liflerinin dışındaki pul tabakasının lazer ile modifikasyonunu sonucu uzaklaştırıldığı ve hidrofobik yüzeyin parçalandığı saptanmıştır. Bu nedenle lazer işleminden sonra boya difüzyon hızının artmasının beklenebileceği belirtilmiştir [5].

Morgan (2016) tezinde sürdürülebilir tasarım ve üretimin sağlanabilmesi için lazer boyama ve lazer desenlendirme üzerine çalışmıştır. Kuru proses ve hedeflenen boya alımının gerçekleşmesi sayesinde, su, enerji ve boya sarfiyatının azaltıldığı bildirilmiştir [6].

Daha önceki çalışmalarımızda poliakrilonitril [7], pamuk [8] ve poliester [9] liflerinin boyanabilirliği üzerine lazer işleminin etkisi sunulmuştu. Bu çalışmada, yün kumaşlar için 1:2 metal kompleks boyalarla boyama öncesi uygulanacak optimum lazer işlem koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yün kumaşlara boyama öncesi farklı çözünürlüklerde (17 ve 20 dpi) ve piksel sürelerinde (60 ve 70 μ s) lazer işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra kumaşların renk ve haslık özellikleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Literatür incelendiğinde yün kumaşların lazer teknolojisi ile 1:2 metal kompleks boyalarla boyanabilirliği ve desenlendirilmesi üzerine herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmektedir. Bugün endüstriyel ölçekli üretimde yün boyamada en önemli paya 1:2 metal kompleks boyaların sahip olduğu düşünüldüğünde bu çalışmanın özgün olduğu ve literatüre katkı sağlayacağı söylenebilir.

2. Materyal ve Yöntem

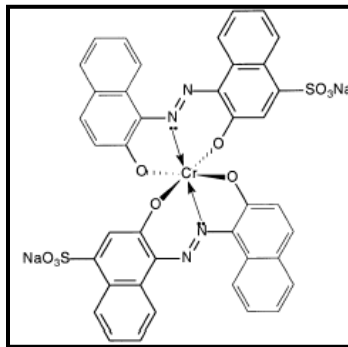
Denemelerde %100 yün dokuma kumaşlar kullanılmıştır.

-Lazer ışınlaması

Öncelikle kumaşların ön yüzleri, atmosferik koşullar altında ticari bir darbeli CO₂ lazer makinesi kullanılarak farklı çözünürlüklerde ve piksel sürelerinde lazer işlemlerine tabi tutulmuştur. Kumaşlar doğrudan lazer ışını ile ışınlanmıştır.

- 1:2 metal kompleks boyalarla boyama

Çeşitli koşullarda lazerle işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaş örnekleri, Dystar'dan temin edilen 1:2 metal kompleks boya (Isolan Dark Blue 2S-GL (C.I. Acid Blue 193)) ile %3 koyulukta boyamaya tabi tutulmuştur. Boyama işlemleri flotte oranı tüm deneylerde 1:10 idi. Denemelerde kullanılan boyanın molekül formülü Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1: Isolan Dark Blue 2S-GL boyarmaddesinin molekül formülü [10]



Boyama sonrası boyanan kumaşların rengi Minitab 19 programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Haslık testleri de yapılmıştır.

Numunelere Uygulanan Test ve Analizler

- Renk ölçümü

Numunelerin reflektans (%R) ve CIE L*a*b* değerleri Datacolor Spectro 1000 spektrofotometre (D 65/10°) kullanılarak ölçülmüştür.

L*: Açıklık-koyuluk değeri (0: ideal siyah, 100: ideal beyaz)

a*: Kırmızılık-yeşillik değeri (+ daha fazla kırmızı, - daha fazla yeşil)

b*: Sarılık-mavilik değeri (+ daha fazla sarı, - daha fazla mavi)

C: Kroma (rengin doygunluğu)

h: rengin cinsi (hue)

-Renk haslığı

Boyalı numunelerin su, sürtme (kuru ve yaş) ve ter (asit ve alkali) haslığı değerleri sırasıyla ISO 105 E01 [11], ISO 105-X12 [12] ve ISO 105-E04 [13] standartlarına göre test edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Kumaş numunelerine öncelikle lazer ile işlem koşullarının optimizasyonu yapılmıştır. Lazer işleminin 20 dpi'nin üzerine çıkması durumunda kumaşın aşırı zarar gördüğü saptanmıştır. Bunun üzerine lazer işlemi sırasında çözünürlük değerinin 17 ve 20 dpi olmasına karar verilmiştir. Piksel süresi ise 60 ve 70 µs olarak belirlenmiştir. Bundan sonraki aşamada kumaş üzerinde renk efektlerinin görülebilmesi ve haslık testlerinin yapılabilmesi için geniş yüzeyli desenler seçilmiştir. Bu amaçla kare, daire gibi geometrik şekiller kumaşların üzerine lazer ile basılmış ve ardından kumaş numuneleri 1:2 metal kompleks boyası ile boyanmıştır. Bunun sonucunda Şekil 2'de gösterilen görsel efektler elde edilmiştir.



Şekil 2: Lazer ile susuz desenlendirilmiş %100 yün kumaş örnekleri

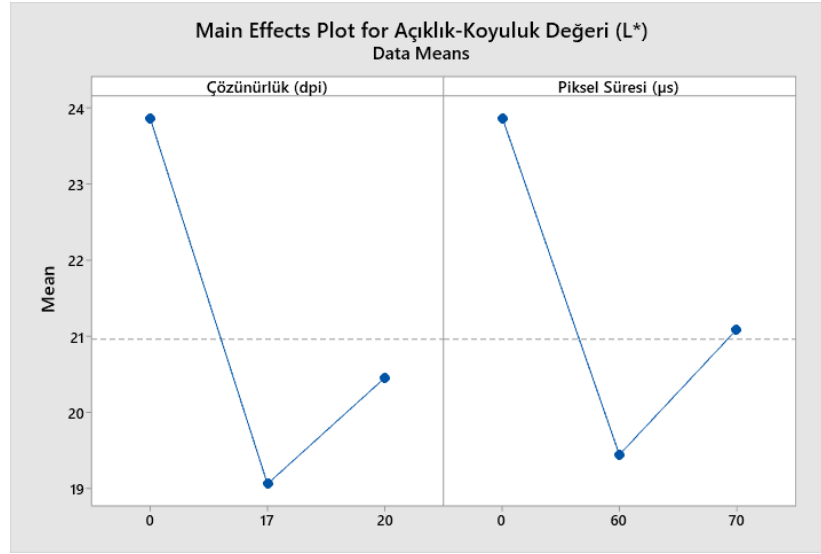
Şekil 2 incelendiğinde boyama öncesi kumaş numunelerine farklı çözünürlük ve piksel sürelerinde lazer işlemi yapıldığında boyama sonrası kumaşın her bölgesinin farklı koyulukta boyandığı ve böylece sulu bir işleme gerek olmadan desenlendirme yapılabileceği anlaşılmaktadır. Kumaş numunelerine ait renk ölçüm sonuçları Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: Kumaş numunelerine ait renk ölçüm sonuçları

Kumaş No	Desen Bölgesi	Çözünürlük (dpi)	Piksel Süresi (µs)	L*	a*	b*	C	h
1	Boş alan	0	0	24,27	0,03	-12,47	12,47	269,85
	Yarım daire	20	70	21,02	0,32	11,23	11,24	271,65
	Artı	20	60	20,60	0,41	-10,59	10,60	272,23
	Kalp	17	60	19,82	0,42	-9,79	9,80	272,46
2	Boş alan	0	0	23,22	0,22	-12,28	12,29	271,04
	Altıgen	20	70	21,26	0,40	-11,33	11,33	272,03
	Ay	20	60	18,88	0,65	-9,35	9,38	273,97
	Yıldız	17	60	18,56	0,65	-8,76	8,79	274,26
3	Boş alan	0	0	24,12	0,16	-12,33	12,33	270,75
	Çiçek	20	70	20,98	0,42	-10,64	10,65	272,24
	İçi boş daire	20	60	20,00	0,60	10,33	10,34	273,31
	Ok	17	60	18,80	0,61	-9,37	9,39	273,74

Tablo 1 incelendiğinde lazer işlemi uygulanmamış bölgenin açıklık-koyuluk değerinin en yüksek olduğu, yani kumaşın bu bölgesinin en açık renge boyandığı, lazer işlemi sırasında çözünürlük ve piksel süresi arttıkça elde edilen rengin koyulaştığı görülmektedir. Ancak numunelerin h değerleri birbirine oldukça yakın olup bu durum rengin cinsinin değişmediğini, yani hepsinin aynı rengin farklı tonları olduğunu ortaya

koymaktadır. Bütün bu sonuçlar Şekil 3'te verilen "Açıklık-Koyuluk Değerleri için Ana Etkiler Grafiği"nden açıkça görülebilmektedir.



Şekil 3: Açıklık-koyuluk değerleri için ana etkiler grafiği

Şekil 3 incelendiğinde lazer işleminde çözünürlük ve piksel süresi arttıkça L* değeri azalmakta, yani boyamada elde edilen rengin koyuluğu artmaktadır. Lazer işlemi sonrası boyanmış numunelerin su, sürtme (kuru ve yaş) ve ter (asidik ve alkali) haslık değerleri test edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Lazer işlemi sonrası boyanmış kumaş numunelerinin su ve sürtme haslığı değerleri

Su Haslığı						Sürtme Haslığı	
WO	PAC	PES	PA	CO	CA	Kuru	Yaş
3/4	4/5	4	3/4	3	3/4	4	3

Tablo 3: Lazer işlemi sonrası boyanmış kumaş numunelerinin asidik ve alkali ter haslığı değerleri

Asidik Ter Haslığı						Alkali Ter Haslığı					
WO	PAC	PES	PA	CO	CA	WO	PAC	PES	PA	CO	CA
3/4	4	4	3/4	3	3/4	4/5	4/5	4	4/5	4	3/4

Tablo 2 ve 3 incelendiğinde kumaş numunelerin su, sürtme ve ter haslıklarının oldukça iyi seviyelerde olduğu anlaşılmaktadır.



4. Sonuç

Bu çalışmada, yün liflerinin anyonik boya alımında lazer işleminin önemli bir etkiye sahip olduğu ve lazerle işlem durumunda kumaşların daha koyu tonlarda boyandığı görülmüştür. Genel olarak çözünürlüğün (dpi) veya piksel süresinin artmasıyla rengin koyulaşmasının arttığı söylenebilir. Ancak çözünürlüğün 20 dpi'ın üzerine çıkması kumaşlarda kabul edilemez mukavemet kayıplarına yol açtığından bu hususa dikkat edilmesi gerekmektedir. Aynı kumaşta desenlendirme amacıyla aynı rengin farklı tonları istendiğinde aynı kumaşın farklı bölgelerine 17 dpi 60 µs, 20 dpi 60 µs ve 20 dpi 70 µs uygulanabilir. Böylece aynı rengin farklı tonlarını içeren desenlerin susuz olarak elde edilebileceği söylenebilir. Öte yandan lazer ile işlem sonrası boyanmış kumaşların genel olarak haslık değerleri iyidir.

5. Teşekkür

Bu çalışmada lazer işlemlerini gerçekleştirmemizi sağlayan Erak Giyim firmasına şükranlarımızı sunarız.

Referanslar

- [1] Atav, R. (2013). The use of new technologies in dyeing of proteinous fibers, In: Eco-Friendly textile dyeing and finishing (Ed Günay, M.), 103-147, INTECH Publishing, Croatia.
- [2] Montazer, M., Taheri, S.J., Harifi, T. (2012). Effect of laser CO2 irradiation on various properties of polyester fabric: Focus on dyeing, Journal of Applied Polymer Science, 124(1), 342-348.
- [3] Nourbakhsh, S., Ebrahimi, I., Valipour, P. (2011). Laser treatment of the wool fabric for felting shrinkage control, Fibers and Polymers, 12(4), 521-527.
- [4] Morgan L., Tyrer, J. R., Kane, F. (19-23 October 2014). The effect of CO2 laser irradiation on surface and dyeing properties of wool for textile design, 33rd International Congress on Laser Materials Processing, Laser Microprocessing and Nanomanufacturing
- [5] Morgan L., Tyrer, J. R., Kane, F. Shen, J. (2015, June 10-12). Laser-Dyeing for Sustainable Textile Design. Paper presented at the 13th International Wool Research Conference (IWRC-13) and AATCC Sustainability Symposium, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, China.
- [6] Morgan, L. (2016). Laser textile design: the development of laser dyeing and laser moulding processes to support sustainable design and manufacture (PhD Thesis), The University of Loughborough, Leicestershire, UK.
- [7] Atav, R., Köksal Daban, S., Çetin, E., (2022) Investigation of the effect of laser technology on the colouring and patterning possibilities in polyacrylonitrile socks, *Coloration Technology*, 138(4), 368-377.



- [8] Atav, R., Köksal Daban, S., & Çetin, E. (2023) Investigation of the clean patterning possibilities on cotton socks through laser technology. *Coloration Technology*, 139(5), 578-595
- [9] Atav, R., Çolakoğlu, Ö. (2024). Investigation of the effect of laser technology on the color of polyester fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 36(3), 417-433
- [10] Blackburn, R.S., Burkinshaw, S.M. (2002). A greener approach to cotton dyeings. Part 2: application of 1:2 metal complex acid dyes, *Green Chemistry*, 4(3), 261-265.
- [11] ISO 105-X12 standard, "Textiles tests for color fastness. Part X12: Color fastness to rubbing", 1993.
- [12] ISO 105-E01 standard, "Textiles-Tests for color fastness, Part E01: Color fastness to water", 2013.
- [13] ISO 105-E04 standard, "Textiles-Tests for color fastness, Part E04: Color fastness to perspiration", 1994.