

BİR TEKSTİL ATÖLYESİNİN DİKİM HANE BÖLÜMÜNDE KUMAŞ ATIKLARI VE ENERJİ TÜKETİMİNİN İNCELENMESİ

Aslıhan KATİP* 

Alınma: 07.10.2024; düzeltme: 28.11.2024; kabul: 29.11.2024

Öz: Tüketimin artması, sanayi ve teknolojinin gelişmesi çevre kirliliği sorununu tehlikeli boyutlara çıkarmıştır. Tekstil sektörü üretim ve tüketimin en çok olduğu sektörlerin başında olması sebebiyle büyük çevresel ve ekonomik öneme sahiptir. Bu çalışmada, bir dikim atölyesinde oluşan kumaş atık miktarları ve enerji sarfiyat verileri incelenerek oluşan kumaş atık türleri belirlenmiş ve yapılabilecek uygulamalar ile enerji verimliliği hesaplamaları yapılmıştır. Nisan, Mayıs, Haziran aylarında ölçülen kumaş ağırlıklarına göre, en çok çıkan kumaş türü olan poliesterin 3 aylık ortalama değeri 9 kg/hafta olarak bulunmuştur. En az bulunan viskon kumaş türü ortalama değerinin 1,32 kg/hafta olduğu belirlenmiştir. Toplam değerlere bakıldığında, sentetik kumaş toplamı diğer doğal lifli kumaş toplamının 2,43 katı olduğu görülmüştür. Enerji tasarrufu çalışmalarında, LED aydınlatmanın kullanımı ile yıllık 108,2\$'lık bir kazanımın gerçekleştiği ve amortisman süresinin de 0,95 yıl olduğu hesaplanmıştır. Pencereleerin değişimi sonrasında yapılan ısı yalıtımı hesaplamalarıyla yıllık 9,13\$'lık bir yakıt maliyetinde azalma görülmüştür. Aydınlatma ve ısı yalıtımı çalışmalarının toplam enerji verimliliğine katkısının toplam %62 olduğu ve yapılabilecek basit uygulamaların bile önemli düzeyde enerji tasarrufu sağlayabileceği belirlenmiştir. Tekstil sektöründe, kumaş atıklarının geri dönüştürülmesi ve enerji tasarrufu çalışmalarının sürdürülebilir üretim açısından önemli faydalar sağlayacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, Kumaş atıkları, Sürdürülebilir üretim

Investigation of Fabric Waste and Energy Consumption in the Sewing Section of a Textile Workplace

Abstract: The development of industry and technology and increase in consumption had brought environmental pollution problems to dangerous levels. The textile sector had great environmental and economic importance with the highest manufacture. In this study, types and amounts of fabric waste and energy consumption data generated in a sewing atelier were examined and energy efficiency calculations were made. According to the weight of fabric wastes measured in April, May and June, the 3-month average value of polyester, the most common fabric type, was found to be 9 kg/week. The average value of viscose, the least common fabric type, was determined to be 1.32 kg/week. According to the total fabric waste generated, synthetic fabrics were 2.43 times the fiber fabrics. In energy saving studies, it was calculated that the use of LED lighting provides an annual gain of \$ 108.2 and the amortization period was 0.95 years. Thermal insulation calculations after replacing the windows showed a reduction in fuel costs of \$9.13 per year. It had been determined that the contribution of lighting and heat insulation works to total energy efficiency was 62%. Recycling fabric waste and energy saving efforts would provide significant benefits in terms of sustainable production in textile industry.

Keywords: Energy efficiency, Fabric wastes, Sustainable manufacture

*Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, 16059, Bursa, Türkiye
İletişim Yazarı: Aslıhan KATİP (aballi@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Tekstil sanayii uluslararası ticaretteki önemi ve ülke çapında iş imkanı yaratması nedeni ile diğer sektörler göre ekonomik açıdan çok daha fazla önemlidir. Tekstil endüstrisi yan sanayileri ile birlikte en büyük sermayeye sahip sektörlerdendir. Kimyasal elyaf ve iplik üretimi petrokimya endüstrisi içindedir ve dokuma, örme ve terbiye yapan şirketler sermayesi büyük olan endüstriyel sektörü meydana getirmektedir. Bu sektörde çok fazla ürün çeşitliliği bulunmaktadır. Türkiye'deki tekstil endüstrisi iplik, ev tekstili ve kot kumaşı üretiminde ilk sıradadır. Kot kumaşı ve havlu ihracatında Dünya çapında 3. ve 4. sırada bulunmaktadır. Dünya'da Brode ve gipür üretimi amaçlı en büyük makine parkı Türkiye'de bulunmaktadır. Ayrıca, halı ve yer kaplamaları üretimi ve ihracatında Dünya'da 2. sırada yer almakta olup, halı sektöründe en yeni makine parkuru Türkiye'dedir (Alyanak,1999).

Kumaş atıklarının geri dönüşümü, tekstilde döngüsel ekonomiye geçişte dikkate alınması gereken temel hususlardan biridir. Tekstilde döngüsellğe yönelik güçlü istek ve talebe rağmen kumaş atıklarının geri dönüşümüne yönelik bütünsel bir bakış henüz sunulmamıştır. Kumaş geri dönüşüm uygulamalarındaki yeni trendlerin avantajları ile beraber bazı zorlukları da bulunmaktadır. Özellikle kumaştan kumaşa geri dönüşümde yeterli çabanın olmadığı görülmektedir. Kumaş geri dönüşümünde en çok çalışılmış kumaş türü %50 harmanlanmış pamuk ve pamuk/poliester (%29) karışımıdır. Geri dönüşüm türleri mekanik (%43), kimyasal (%38) ve biyokimyasaldır (%14). Geri dönüşümde açık döngü sistemi vardır ve en çok inşaat sektöründe (%34) atıklar geri dönüştürülmektedir (Dissanayake ve Weerasinghe, 2021). Kumaştan kumaşa geri dönüşüm sürecini geliştirmek, atık azaltmak ve döngüsel ekonomiyi sağlayabilmek için çok önemlidir. Hammadde olarak yeni nesil liflerin, geri dönüştürülmüş ve kullanım ömrü uzun malzemelerin üretilmesi ve dijitalleşme konularında yapılabilecek ar-ge çalışmaları ve üreticiler, geri kazanım firmaları ve araştırma kurumları arasındaki iş birliği döngüsel ekonominin iş modeli olarak kullanılabilirliğini arttıracaktır (Altun, 2022).

Türkiye'de artan enerji talebi ve gelişen ekonomi nedeni ile enerji verimliliği konusunda çalışmaların artırılması dünya ile rekabet açısından son yıllarda çok önem kazanmıştır ve tekstil endüstrisinde büyük bir iyileştirme potansiyeli bulunmaktadır. ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin uygulanması ile ülkemizdeki enerji verimliliği çalışmaları hız kazanmıştır (Anonim, 2011). Tekstil endüstrisinden kaynaklanan atık sıcak sudan enerji geri kazanımı ve üretim sürecine ve verimliliğine olan etkisi son yıllarda çalışılan önemli konulardandır. Tekstil sektöründe büyük enerji tasarrufu sağlanacağı görülmüştür (Yıldız, 2024). Başka bir çalışmada, bir fabrikada enerjin sarfiyatının çok olduğu sistemler üzerinde değişiklikler yapılarak enerji verimliliği sağlanmıştır. Bu çalışmalarda, üretim prosesinde yapılan ufak değişikliklerin ve geri kazanım çalışmalarının amortisman sürelerinin kısa olması nedeni ile kar-zarar analizi yapıldığında yüksek oranda ekonomik kazanç sağlayabileceği görülmüştür (Acar, 2012; Uylukçuoğlu 2009). Farklı enerji türlerinin kullanıldığı tekstil endüstrisinde enerji kullanımının izlenmesi ve verimli kullanılabilmesi amacıyla otomasyon sistemlerinin kurulması yüksek yatırım maliyetine karşın oldukça önemlidir (Çınar, 2008).

Tekstil endüstrisinin üretim ve tüketim aşamalarında oluşan atıkların ve enerji kullanımının azaltılması ve geri dönüşümü çevresel ve ekonomik açıdan oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında, küçük bir tekstil atölyesinde dikimhane bölümünde oluşan kumaş atıkları ve enerji tüketimleri değerlendirilerek maliyet analizi yapılmıştır. Bu konuda yapılmış çalışma tekstil sektöründeki diğer üretim aşamalarına göre daha az olduğu için bilimsel olarak önem taşımaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma için örnek bir kesim-dikim atölyesi incelenmiştir. Atölyede periyodik olarak Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında 1 hafta ara ile ölçümler yapılmıştır. Nisan ve Haziran aylarında 2 hafta, Mayıs ayında 4 haftalık ölçüm yapılmıştır. Bu çalışmada toplanan veriler ilkbahar ve yaz aylarını temsil etmektedir. Farklı mevsimlerdeki üretim ve atık oranları farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle yalnızca bir atölyeden alınan sonuçlar tüm tekstil sektörünü temsil etmeyebilecektir. Ancak, ölçülen aylardaki oluşabilecek atık türlerinin ve haftalık oranlarının belirlenmesi açısından önemli bilgiler sunacaktır.

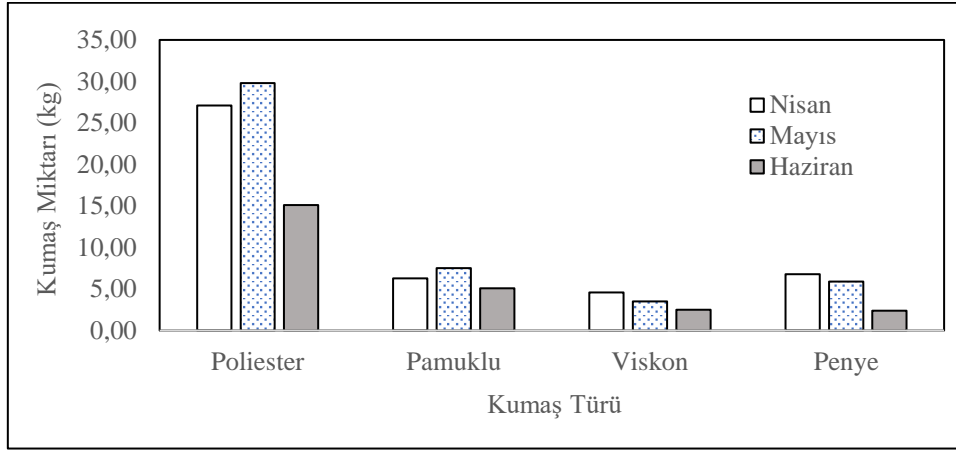
Kumaş türlerine özgü kumaş atık ağırlıkları 'kg' cinsinden kaydedilmiştir. Ölçümlerin istikrarlılığı için her hafta aynı gün ve saatler arasında ölçüm yapılmıştır. Çalışma yapılan kesim-dikim atölyesine yönelik enerji tasarrufu hesaplaması için iki farklı nokta seçilmiştir. Seçilen bir nokta penceredir ve pencere değişimiyle ısı yalıtımı ve enerji geri kazanımı belirlenmiştir. Diğer nokta ise aydınlatmadır ve aydınlatmanın değişimi ile enerji geri kazanım oranı değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Dikim Atölyesindeki Kumaş Türleri

Çalışma kapsamında en çok kullanılan kumaş türlerinin poliester, pamuklu, vizkon ve penye olduğu görülmüştür. Bu nedenle dikim sırasında atık olarak sınıflandırılacak dört kumaş türü seçilmiştir. Bu dört kumaş türüne ait kumaş atıkları ayrı toplanarak toplam ağırlıkları kg cinsinden ölçülmüştür. Çalışma şartlarının değişikliği nedeni ile Nisan ve Haziran Aylarında 2 kez, Mayıs Ayında ise 4 kez ölçüm yapılmıştır.

Tablo 1'de verilen ölçüm sonuçları incelendiğinde, aylık toplam miktarlara göre tüm aylarda poliester kumaşın en yüksek miktarda olduğu görülmüştür. En düşük miktarda olan kumaş türleri Nisan ve Mayıs'ta viskon, Haziran'da ise penye kumaş olarak belirlenmiştir. Haziran'da viskon kumaş penyeye çok yakın miktarda bulunmuştur. Günlük ölçümlere göre, en düşük değer Mayıs'ta penye kumaşta 0,4 kg/hafta, en yüksek Nisan'da poliester kumaşta (18,7 kg/hafta) bulunmuştur. Tüm ayların toplam miktarlarına ve ortalama değerlerine göre göre kumaşların büyüklük sıralaması poliester>pamuklu>penye>viskon şeklinde bulunmuştur. Aylık ortalamalar incelendiğinde en çok kumaş atığının Nisan Ayı'nda çıkmış olduğu, bunun nedeninin de bayram sezonunun bu ay içerisinde olmasının kumaş atığı miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Tekstil endüstrisinde oluşan atık miktarları, farklı hammaddelerin kullanımı, iklimsel koşulların değişimi, ürün miktarlarındaki farklılıklar, yetersiz çalışma programları ve kontroller sonucunda değişebilmektedir (Lü ve diğ. 2007). Nisan ayı ortalamasının tüm ayların ortalamasında yüksek olduğu görülmüştür. Toplam değerler incelendiğinde, 4 kez ölçüm yapıldığı için en yüksek değerler Mayıs ayında bulunmuştur. Kumaş atıklarının aylık değişimleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1:
Kumaş atıklarının toplam aylık değişimleri

Tablo 1. Dikim atölyesinde kumaş türlerine göre çıkan atık miktarları (kg/ hafta)

Ölçüm Tarihi	Poliester	Pamuklu	Viskon	Penye	Toplam
20 Nisan	18,70	3,30	3,10	4,70	29,80
27 Nisan	8,40	3	1,50	2,10	15
Nisan Ayı ort±std	13,55±7,28	3,15±0,21	2,3±1,13	3,4±1,84	22,4±10,46
Nisan Ayı toplam	27,10	6,30	4,60	6,80	44,80
4 Mayıs	7,50	2,80	1,20	0,40	11,90
11 Mayıs	8,30	2,10	0,60	2,40	13,40
18 Mayıs	7,20	1,90	0,50	1,80	11,40
25 Mayıs	6,80	0,70	1,20	1,30	10
Mayıs Ayı ort±std	7,45±0,64	1,875±0,87	0,875±0,38	1,475±0,85	11,675±1,4
Mayıs Ayı toplam	29,80	7,50	3,50	5,90	46,70
8 Haziran	7,40	2,50	1,40	0,90	12,20
15 Haziran	7,70	2,60	1,10	1,50	12,90
Haziran Ayı ort±std	7,55±0,21	2,55±0,07	1,25±0,21	1,2±0,42	12,55±0,49
Haziran Ayı Toplam	15,10	5,10	2,50	2,40	25,10
Tüm Aylar ort±std	9±3,95	2,36±0,81	1,32±0,79	1,88±1,3	14,57±6,32
Tüm Aylar toplam	72	18,90	10,60	15,10	116,60
Tüm Aylar mak	18,70	3,30	3,10	4,70	18,7
Tüm Aylar min	6,80	0,70	0,50	0,40	0,4

Tekstil lifleri bitkisel ve hayvansal doğal lifler, suni lifler (asetat, viskon vb.) ve sentetik lifler (poliamid, polietilen, poliester, poliakrilik vb.) olmak üzere başlıca 3 grupta incelenmektedir. Sentetik elyafların başlıca karışımları poliester/yün, poliester/pamuk, poliester/viskon, poliamid/yün, poliamid/viskon, poliakrilat/yün, poliakrilat/pamuk, poliakrilat/viskon, polietilendir. En fazla kullanılan sentetik kaşımı poliester elyafı ile yapılmaktadır ve kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Kaya, 1991). Bu çalışma kapsamında da en çok çıkan kumaş atığı türünün ağırlıklı olarak poliester kaşımı olduğu görülmüştür. Sentetik kaşım kumaşlar olan poliester ve viskonun tüm aylar toplamı 82,6 kg iken, daha doğal liflerden üretilen pamuklu ve penye kumaş toplamı yaklaşık 34 kg olarak bulunmuştur. Sentetik kumaş toplamı diğer doğal lifli kumaş toplamının 2, 43 katı olarak belirlenmiştir. Poliester kumaşlar diğer kumaşlara göre daha dayanıklıdır ve yıpranma dirençleri yüksektir. Hipoalerjeniktir ve bakteri, küf gibi mikroorganizmalara karşı dirençlidir. Su geçirmez yapısı, leke tutmaması ve giysilerin kırışma oranını düşürmesi sebebiyle giyim, spor malzemeleri ve mobilya döşemelerine kadar çok geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir (Anonim, 2024a). Bu nedenle ölçümlere göre en yüksek kumaş atığının poliester olması beklenen bir durumdur.

Sentetik kumaşlar üretiminden tüketimine ve bertarafına kadar olan süreçte yoğun çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Sentetik liflerin içeriğinde ve üretimleri sırasında kullanılan birçok boya ve kimyasalın kanserojen maddeler bulundurduğu ve ürünlerin yıkaması esnasında büyük miktarda plastik mikrofiberin su kaynaklarına geçtiği belirlenmiştir (Şen ve Gürel, 2021). Ayrıca tekstil atıksularında azot, fosfor, ağır metaller ve çözünmüş organik-inorganik kirlleticiler bulunmaktadır. Pamuk üretimi sırasında kullanılan pestisitlerde su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Tekstil ürünlerinin üretimi ve tedarik zinciri boyunca kullanılan su miktarı açısından da en çok "su ayak izi" olan sektörlerin başında gelmektedir (Pegram ve diğ., 2014; Başkılıç, 2023).

Kumaş atıkları, ürün olarak, kimyasal geri kazanımı ile ve ısıl yöntemler ile geri kazanılabilmektedir (Wulfhorst, 2003). Kumaş atıklarının geri kazanımı ile elde edilen farklı formlardaki malzemeler çevresel ve ekonomik açıdan birçok yarar sağlamaktadırlar. Tekstil lifleri ve cam ürünleri sıva ve beton gibi inşaat malzemelerinde ve betonun kuvvetlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Pamuk üretimi sonucunda oluşan çekirdek atıkları yağ üretiminde, kağıt para yapımında ve hayvan yemi olarak kullanılabilir. Fabrikalardan çıkan pamuk iplik atıkları geri kazanılarak elyaf ve iplik, kumaş atıklarından ise tekrar pamuk üretilmektedir (Yavaşcaoğlu, 2012). En çok atığının çıkmakta olduğu poliester kumaşının içeriğinde bulunan termoplastik lifler eritme ve yumuşatma süreçleri ile plastik kısım ayrılarak ikincil hammadde olarak üretimde kullanılabilir (Aral ve diğ., 2009). Ayrıca, tekstil ürünleri ambalaj sanayiinde torba ve çuval olarak ta tekrar kullanılabilir (Anonim, 2012). Tekstil ürünlerinin geri kazanılması ve tekrar kullanılması sonucunda birçok tehlikeli kimyasal maddenin suları kirletmesi, su tüketiminin (Yavaşcaoğlu, 2012) ve katı atık miktarının büyük oranda azaltılması sağlanmaktadır. Özellikle, poliester kumaşın geri dönüştürülerek tekrar kullanılması sonucunda su ayak izinin büyük oranda azaldığı bilinmektedir (Pegram ve diğ., 2014).

4. DİKİM ATÖLYESİNDE ENERJİ TASARRUFU İÇİN YAPILAN UYGULAMALAR

4.1. Enerji Tüketimleri

İplik-dokuma sanayiinde enerji sarfiyatı genel olarak ısı ve elektrik olarak yarı yarıyadır (Jovanović ve Filipović, 2016). Dikim atölyesinde sadece elektrik enerjisi kullanıldığı için enerji tasarrufu uygulamaları için aydınlatma ve ısı yalıtımı amaçlı olarak pencere seçilmiştir ve hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen dikimhanenin kapasitesinin küçük olması nedeni ile enerji tüketiminin diğer kısımlarını oluşturan unsurlar (makinelere, klima vb.) dikkate alınmamıştır. Klima kullanılmamaktadır. Daha büyük kapasiteli dikimhanelerde, kullanılan makine ve klimaları da içeren farklı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Enerjiyi verimli kullanmak, gerekli olmayan enerji kullanımının engellenmesi değil, üretimi yapabilmek için daha az enerji kullanılmasıdır. Aydınlatılacak ortam için gerekli olan aydınlık seviyesini değiştirmeden kullanılan enerji düzeyinin azaltılması aydınlatmada enerji verimliliğinin tanımıdır. Farklı ışık kaynakları kullanılarak aydınlatma yapılan bir ortamda insan sağlığı için gerekli olan aydınlatma seviyesini değiştirmeden aynı aydınlatma koşullarının oluşturulması enerji tasarrufu olarak tanımlanabilir. Öncelikle ortamın ihtiyaç duyduğu aydınlık seviyesi tespit edilmeli daha sonra bu seviyeye ve lümen/watt oranının yüksek olmasına göre lamba ve armatürler seçilmelidir. Aydınlatmanın, fotoseller ve zamanlayıcılar kullanılarak idare edilmesi gerekmektedir (Perdahçı, 2018). Bu çalışmada enerji verimliliği için dikim atölyesinde kullanılan floresan aydınlatma (Floresan-4X18W) ile dikim atölyesinde daha az elektrik tüketebilecek, tasarruf sağlayabilecek ve çevre dostu olabilecek led aydınlatmalı (LED- 45W LED) armatürler karşılaştırılmıştır. Tablo 2’de Led aydınlatması ve floresan aydınlatma genel özellikleri verilmiştir.

Tablo 2. Led aydınlatması ve Floresan aydınlatma genel özellikler (Esentürk, 2023)

Ürünün Genel Özellikleri	Led Aydınlatma (LED-45 W LED)	Floresan Aydınlatma Floresan-4X18W
Güç Kullanımı	Az	Çok
Renk Isısı	İdeal Renk Isısı	Az
Darbeye Dayanıklılığı	İyi	Kötü
Çevre Kirliliği	Az	Kurşun Kirliliği
Bakım Maliyeti	Az	Çok
Çalışma Süresi	Hızlı (1 Saniye)	Yavaş (> 2 Saniye)
Çalışma Ömrü	Uzun (>20000 saat)	Kısa (<6000 saat)
Optik Verimlilik	Çok (>% 90)	Az (<% 60)
Renk Dizini	İyi Ra>75	Kötü Ra<50
Reflektör Problemi	Reflektörsüz	Işık Kırma ve Kirlenme Problemi
Işık Dağılımı	Homojen	Bölgesel
Temizlik	Kolay (Temizlik Bezi Yardımıyla)	Zor (Kasa Demontesiyle)

Led aydınlatma ve floresan aydınlatmanın enerji tüketimleri karşılaştırılmıştır. 2024 yılına ait dolar ve euro cinsinden maliyetleri hesaplanarak, 2023-2024 yılı karşılaştırılması yapılmıştır. Led aydınlatma ve floresan aydınlatmanın yıllık tasarruf değerlerini kapsamlı inceleyebilmek için 5 yıllık değerler göz önüne alınmıştır. Led-45W 5 yıllık elektrik tüketimine bakılarak floresana oranla yarı yarıya tüketim olduğu gözlemlenmiştir. Aynı durumda 5 yıllık bakım masrafı olmadığından kaynaklı maliyeti düşürmeye katkı sağladığı gibi tasarruf sadece Led-45W’dan sağlanmaktadır. Tablo 3’te led ve floresan aydınlatma enerji tüketimleri ve yıllık tasarruf değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Led ve floresan aydınlatma enerji tüketimleri ve yıllık tasarruf değerleri

Elektrik Kullanımı	LED-45W LED	Floresan-4X18W
Güç Kullanımı (W)	45	72
Kablo Transformator Kaybı (W)	5	8
Toplam Elektrik Kullanımı (W)	50	80
Günlük Ortalama Çalışma (sa)	12	12
Günlük Kullanım (kW)	0,6	0,96
Yıllık Çalışma (gün)	365	365
Yıllık Tüketim (kW)	219	350,4
Birim Elektrik Fiyatı (\$/kW)	0,25\$/0,22 € /4,84₺	0,25\$/0,22 € /4,84₺
Yıllık Elektrik Tüketimi (\$)	54,75\$/49,9 € /1060,5₺	87,6\$/79,8 € /1696,8₺
Yıllık Elektrik Tüketim kazancı (\$)	32,85\$/29,94 € /636,3₺	-
Tasarruf	LED-45W LED	Floresan-4X18W
5 Yıllık Elektrik Kullanımı (\$)	273,75\$/249,5 € /5302,5₺	438\$/399,2 € /8484,06₺
Yıllık Bakım Masrafı (\$)	0	5,2/4,73 € /100,7 ₺
5 Yıllık Bakım Masrafı (\$)		26\$/23,7 € /503,6 ₺
5 Yıllık Toplam Maliyet (\$)	273,75\$/249,5 € /5302,5₺	464\$/422,9 € /8987,6₺
5 Yıllık Tasarruf (\$)	190,25\$ /173,4€ /3685,1₺	0

Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada, firmaların kullandığı floresan ve led aydınlatmanın toplam karbon salınımları sırasıyla 152656 kg CO₂/ yıl ve 28518 kg CO₂/ yıl olarak bulunmuştur. LED aydınlatmanın kullanılması sonucunda karbon salınımının yaklaşık 118.340 kg CO₂/yıl olacağı ve %48'lik bir tasarruf sağlanabileceği hesaplanmıştır (Hasdal ve Sümengen, 2021). Çalışma kapsamında karşılaştırma yaptığımız floresan ışığın (Floresan-4X18W) çevreye yaydığı CO₂ emisyonunu temizlemek için gereken ağaç sayısı led ışığına göre (Led-45W) 2 kat daha fazla olduğu bilinmektedir (Esentürk, 2023). Bursa'da bulunan bir dokuma kumaş fabrikasında yapılan sürdürülebilir üretim çalışmasında toplam enerji tüketimi ve CO₂ emisyonunun sırasıyla %17,1 ve %13,5 oranlarında azaldığı belirlenmiştir (Alkaya ve Demirer, 2014). Bu çalışmada floresan yerine led aydınlatmanın kullanımıyla yıllık 131,467 kW elektrik tasarrufu yapılmıştır. Elektrik enerjisinin birim tüketiminden CO₂ eşdeğeri kabulü yapılarak (1 kWh Elektrik= 0,478 Kg CO₂) (Değirmen, 2023; Anonim, 2018) 62,841 kg/yıl CO₂ emisyonu azaltılmıştır.

Bu çalışmada, dikim atölyesinde mevcut durum yerine önerilen durum uygulanırsa kazanılacak enerji tasarrufu 5, 82 TL/gün (0,3 \$/gün /0,27 €/gün) olduğu, yıllık 2095,2 TL (108,2\$/98,6 €) olarak belirlenmiştir. Yatırımın geri dönüşünün enerji tasarrufu açısından %38 ve amortisman süresinin de 0,95 yıl olduğu hesaplanmıştır. Amortisman hesaplamalarında, birim elektrik fiyatının 0,22 euro, LED ampulün ömrünün de 50000 saat olduğu kabul edilmiştir. Çalışma saatinin 8 saat olduğu düşünülürse ampulün 17 yıllık ömrü olduğu hesaplanmıştır. LED Ampulün ömrünün uzun olması, elektrik tasarrufunun çok yüksek olması ve bakım masrafının da olmaması, amortisman süresinin 1 yıla yakın bir değerde oldukça kısa olmasına neden olmuştur. Hesaplamalar 2 adet ampul üzerinden yapılmıştır. Amortisman süresinin son derece az olduğu ve karlı bir yatırım olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, LED ve Floresan lamba için değerler karşılaştırıldığında, standartlardaki aydınlık seviyeleri korunarak Floresan lambaların yerine LED aydınlatmanın kullanılmasının daha az enerji tüketiminin sağlanmasının yanı sıra verimli ve kaliteli bir aydınlatmanın da olacağı görülmüştür. LED lambalı aydınlatmanın, floresan aydınlatmaya göre

daha ekonomik ve çevreye olan zararının daha az olması nedeniyle dikim atölyesi için LED aydınlatma (LED- 45W LED) tavsiye edilmiştir.

4.2. Isı Yalıtımı (Pencere)

Pencereler, soğuk havanın sıcak ortama girişini sağlayan en önemli ısı köprülerini oluşturmaktadırlar. Bu nedenle yaşam alanlarında ve iş yerlerinde ısı yalıtımı amaçlı üzerinde önemle durulması gereken bölümlerdir. Pencere kenarlarında, camlarda, kasalarda bulunan boşluklar ısı kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle, dış duvarlar ile birlikte pencere de yalıtım amacıyla güçlendirilmelidir. Çalışma yapılan yerin küçük bir işletme olması nedeni ile ısı yalıtımı amaçlı alan olarak pencereler seçilmiştir. Bu çalışmada incelenen dikim atölyesinde kullanılan pencere türü performansı düşük PVC Doğramadır. Dikim atölyesi için ısı yalıtımı yaparak enerji tasarrufu sağlaması için PVC Pencere Sistemi önerilmiştir (Anonim, 2024b). Tablo 4'te dikim atölyesi için mevcut ve önerilen pencere sistemine ait teknik özellikler verilmiştir.

Tablo 4. Dikim atölyesi için mevcut ve önerilen Zendow PVC pencere sistemine ait teknik özellikler (Anonim, 2024b)

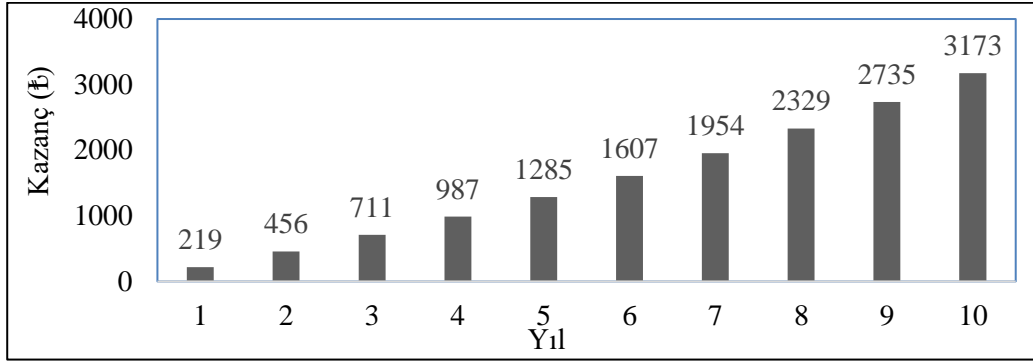
Mevcut Doğrama Tipi	Performansı Düşük PVC Doğrama
Mevcut Cam Tipi	Çift Cam 17 mm (4+9+4)
Önerilen Sistemin Cam Tipi	Çift Cam 24 mm (4+16+4 Hava)
Önerilen Sistemin Profil Genişliği ve Odacık sayısı	70 mm /5 adet
Önerilen Sistemin Conta Özelliği ve Sayısı	TPE Gri-Siyah/ 2 adet Orta Contalı
Önerilen Sistemin Standardı	TS EN 12608-1 B Sınıfı
Önerilen Sistemin Isı İletkenlik Katsayısı	Uf: 1,3 W/m ² K

Mevcut doğramanın, seçilen yeni sistem ile değişimi sonrasında, doğramadan kaynaklı yıllık yakıt ve soğutma maliyetleri (Tablo 5) ve bunlara bağlı olarak yıllara göre kazanç grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Yıllık yakıt ve soğutma maliyetleri, pencere sisteminin teknik özellikleri ve yakıt tipi verilerini kullanan Egepen Deceuninck enerji tasarrufu uygulaması ile hesaplanmıştır (Anonim 2016).

Tablo 5. Mevcut doğrama ve seçilen sistem sonrasında yıllık yakıt ve soğutma maliyetleri

Maliyet	Performansı Düşük PVC Doğrama	Zendow PVC
Yıllık Yakıt Maliyeti	233 ₺/ 12,02 \$ /10,96 €	177₺/ 9,13 \$ /8,32 €
Yıllık Soğutma Maliyeti	628 ₺/ 32,42 \$ /29,55 €	486₺/25,09 \$ /22,87 €

Mevcut pencere tipi kullanımından önerilen pencere kullanımına geçilirse maliyetler düştüğü görülmüştür. Ayrıca, tavsiye edilen ürün kullanılırsa yıllara göre kazanç artmaktadır. Kazanç artışı Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2:
Önerilen yeni sistem sonrası yıllık kazanç grafiği

5. SONUÇ

Bu çalışmada, tüm aylarda poliester kumaş atığı diğer kumaş türlerine göre daha yüksek miktarda bulunmuştur. İncelenen tüm ayların toplam değerlerine bakıldığında, sentetik liflerden yapılmış kumaş kullanımının doğal lifli kumaş kullanımının iki katından fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durum sentetik kumaş türlerinin liflerin içeriğinde ve üretimleri sırasında kullanılan birçok boya ve kimyasalın kanserojen maddeler bulundurduğu ve ürünlerin yıkaması esnasında büyük miktarda plastik mikrofiberin su kaynaklarına geçtiğini göstermektedir. Çalışma kapsamında sadece aydınlatmanın değiştirilerek yapılan enerji tasarrufunun %38 düzeyinde ve 1 yıllık çok kısa bir amortisman süresinin olduğu görülmüştür. Pencerelemlerin değiştirilmesiyle ısıtma için yapılan enerji tasarrufunun %24 düzeyinde olacağı görülmüştür. Aydınlatma ve ısı yalıtımı çalışmalarının toplam enerji verimliliğine katkısının toplam %62 olduğu ve yapılabilecek basit uygulamaların bile önemli düzeyde enerji tasarrufu sağlayabileceği belirlenmiştir.

Türkiye’de tekstil endüstrisinin iplik, ev tekstili ve kumaş üretimi bakımından Avrupa’nın en büyük kapasitesine sahip olması ve Ülkemiz ekonomisindeki katma değerinin ilk sıralarda olması nedeniyle sektörün enerji tüketimi ve atık oluşturma potansiyeli çok yüksektir. Bu nedenle tekstil sektöründe yeşil üretim desteklenerek tüketimin azaltılması, geri dönüşümün ve tekrar kullanımın artırılması büyük oranda katı, sıvı, gaz, tehlikeli atık, enerji sarfiyatı azaltımı ve ekonomik kazanç sağlayacaktır. Atık azaltımı ve enerji verimliliği ürünlerin üretimden, tüketime ve bertarafına kadar olan süreçte bütünsel olarak ele alınmalı ve azaltım stratejileri geliştirilmelidir. Sürdürülebilir üretim benimsenerek uzun vadeli planlar yapılmalı ve enerji verimliliği uygulamaları ile sera gazı emisyonları azaltılarak iklim değişikliğine uyum çalışmalarına destek olunmalıdır. Bu çalışmalar, Ülkemizin Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı kapsamında imzalamış olduğu sınırdaki karbon düzenleme çalışmaları daha verimli hale getirecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki desteklerinden dolayı Ebru Esentürk, Sıla Hindiciler ve İrem Yazar’a teşekkürlerimi sunarım.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Aslıhan Katip: Yazma, İnceleme ve düzenleme, Görselleştirme, İnceleme metodolojisi, Araştırma, Biçimsel analiz, Orijinal taslak, Denetim, Metodoloji, Kavramsallaştırma.

KAYNAKÇA

1. Acar, E. (2012) Enerji yoğunluklu bir fabrikanın enerji verimliliği özelinde incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
2. Alkaya, E. ve Demirer, N. G. (2014). Sustainable Textile Production: A Case Study from a Woven Fabric Manufacturing Mill in Turkey, *Journal of Cleaner Production*, 65, 595-603. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.07.008
3. Altun Kurtoğlu, Ş. (2022) Türk tekstil ve hazır giyim işletmelerinde döngüsel ekonomiye geçiş-kısa bir değerlendirme, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 1107- 1116. doi: 10.21923/jesd.988416
4. Alyanak, İ. (1999) Katı atık sistemleri ve işletme yönetim birlikleri, *Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu*, Adana.
5. Anonim, (2011) Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, 28097 Sayılı Resmî Gazete.
6. Anonim, (2012) Geri Dönüşüm Projeleri, Erişim Adresi : <https://geridonusum.com/> Erişim Tarihi 11/09/2024. Konu: *Geri Dönüşüm Projeleri*
7. Anonim, (2016) Egepen Deceuninck enerji tasarrufu uygulaması.
8. Anonim, (2018) Dokuz Eylül Üniversitesi Tinaztepe Kampüsü, İnşaat-Çevre Mühendisliği Bölümleri - İşletme Fakültesi Binaları Enerji Etüt Raporu, SETAŞ Enerji San. Tic. Ltd. Şti.
9. Anonim, (2024a) <https://www.skechers.com.tr/blog/polyester-kumas-nedir-ozellikleri-nelerdir/> Erişim Tarihi: 29.11.2024, Konu: *Poliester Kumaş özellikleri*.
10. Anonim, (2024b) <https://www.egepen.com.tr/pvc-pencere-sistemleri/zendow/> Erişim Tarihi: 29.11.2024, Konu: *Zendow PVC pencere sistemi teknik özellikler*.
11. Aral, N., Berkalp, Ö., B. Bakkal, M. ve Sandıkoğlu, T. G. (2009) Atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozitlerin darbe ve çekme davranışlarının incelenmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 2, 139-140.
12. Başkılıç, Y. (2023) Sürdürülebilir su yönetimi kapsamında su ayak izi ve tekstil endüstrisinde bir örnek uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
13. Çınar, T. (2008) Tekstil sanayisinde enerji yönetimi ve enerji verimlilik analizi, Datastream, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
14. Değirmen, D. (2023) Bursa'da sektörel enerji verimliliği uygulamalarının ekonomik ve çevresel faydaları, *Yüksek Lisans Tezi*, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
15. Dissanayake, D. G. K. ve Weerasinbe, D. U. (2021) Fabric waste recycling: A systematic review of methods, applications, and challenges, *Materials Circular Economy*, 3(24). doi:10.1007/s42824-021-00042-2k
16. Esentürk, E. (2023) Sanayide sürdürülebilirlik çalışmalarının sektörel olara değerlendirilmesi, *Bitirme Projesi*, Bursa Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.

17. Hasdal, A. ve Sümengen, Ö. (2021) Endüstri yapılarında aydınlatma enerjisinin karbon ayak izine etkisinin hesaplanması: Kayseri Organize Sanayi Bölgesi örneği, *İklim ve Sağlık Dergisi*, 1(3), 111-121.
18. Jovanovic, B. ve Filipovic, J. (2016) ISO 50001 standard-based energy management maturity model e proposal and validation in industry, *Journal of Cleaner Production*, 112, 2744-2755. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.023
19. Kaya, H. (1991) Poliester/viskon karışımı kumaşların boyanması, *Tekstil ve Mühendis*, 5(27), 164-169.
20. Lüy, E., Varınca, K. B. ve Kemirtlek, A. (2007) Katı atık geri kazanım çalışmaları: İstanbul örneği, TÜRKAY 2007 - AB Sürecinde Türkiye'de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 28-31 Mayıs, İstanbul.
21. Pegram, G., Conyngham, S., Aksoy, A., Dıvrak, B. B. ve Öztok, D. (2014) Türkiye'nin su ayak izi raporu: Su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi, WWF Türkiye, Erişim adresi: http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf (2014).
22. Perdahçı, C. (2018) Metal işleme tesis aydınlatmasında led lamba ve floresan lamba karşılaştırılması, *Science and Engineering Journal of Fırat University*, 30(3), 105-113.
23. Şen, K. ve Gürel, R. (2021) Tekstilde sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm esaslı yenilikçi hammaddeler üzerine bir yaklaşım, *The Journal of Research and Development*, 1(1), 4-15.
24. Uylukçuoğlu, Ö. E. (2009) Otomotiv sanayimde enerji verimliliği ve tasarruf verimliliğine etkisi ve bir uygulama, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
25. Wulfhorst, B. (2003) *Tekstil Üretim Yöntemleri*, Tercüme; Demir A, Torun A. R., 295-300. İstanbul.
26. Yavaşçaoğlu, A. (2012) Tekstil katı atıkları, katı atık oluşumu ve azaltılması, *Mesleki Bilimler Dergisi*, 1(2), 137-148.
27. Yıldız, C. (2024) Sanayide enerji verimliliğinde son gelişmeler: Türkiye örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.

