



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir

UŞAK VE PAIMIO ŞEHİRLERİ ARASINDA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir

UŞAK VE PAIMIO ŞEHİRLERİ ARASINDA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ



RAPORUN KAPSAMI

Bu raporun kapsamı Uşak ve Paimio illerinin tekstil geri dönüşüm tedarik zincirlerini karşılaştırmalı olarak analiz etmek, endüstriyel ve evsel tekstil atıklarının yönetimi konusunda iyileştirme önerileri geliştirmek ve her iki şehrin sürdürülebilir tekstil üretim ve geri dönüşüm kapasitelerini artırmaktır.

HAKLAR BİLDİRGESİ

Bu rapor yalnızca ilgili taraflara genel rehberlik amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler, raporun hazırlandığı tarihte doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynak ve bilgileri kullanarak yatırımcıları yönlendirmek ve bilgilendirmek amacıyla yazılmıştır. Rapordaki bilgileri değerlendirme ve kullanma sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak bu rapora dayanarak yatırım kararları alan veya finansman sağlayan kişi ve kurumlara aittir. Türkiye ve AB Arasında Şehir Kardeşliği - II (Yeşil Bir Gelecek İçin Eşleştirme) Hibe Programı (TTGS-II) Proje ortakları ve iştirakçileri, Türkiye'nin Uşak Belediyesi ve Finlandiya'nın Paimio Belediyesi tarafından yürütülmektedir ve bu rapordaki bilgilere dayanarak bir işlem yapan, işlem yapmayan veya karar alan kişilere karşı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları Türkiye ve AB Arasında Şehir Eşleştirme - II (Yeşil Bir Gelecek İçin Eşleştirme) Hibe Programı (TTGS-II) Proje ortaklarına ve iştirakçilerine aittir. Raporda yer alan görseller ve bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, bu rapor hiçbir koşulda sunulduğu çerçeve dışında kullanılamaz. Bu nedenle; rapor içeriğinin tamamı veya bir kısmı kopyalanamaz veya proje ortaklarının ve iştirakçilerinin yazılı izni olmadan elektronik, mekanik veya benzeri yollarla hiçbir şekilde basılamaz.

İÇERİK

1. GİRİŞ.....	3
2. TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	4
3. TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ	6
3.1. Mekanik Geri Dönüşüm	11
3.2. Termo-mekanik Geri Dönüşüm	15
3.3. Kimyasal Geri Dönüşüm	16
3.4. Biyokimyasal Geri Dönüşüm.....	20
4. FİNLANDİYA'DA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ	21
4.1. Finlandiya'nın Tekstil Geri Dönüşüm Altyapısı	24
4.2. Finlandiya'nın Gelecek Görünümü ve Zorlukları.....	25
5. PAİMİO'DA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ	27
6. TÜRKİYE'DE TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ.....	32
6.1. Türkiye'nin Tekstil Geri Dönüşüm Altyapısı	34
6.2. Türkiye'nin Gelecek Görünümü ve Zorlukları	35
7. UŞAK'TA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ	37
8. PAİMİO VE UŞAK'TA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ	40
9. SONUÇ.....	41

TABLolar

Tablo 1: Finlandiya'da tekstil tüketiminin dağılımı	210
Tablo 2: Finlandiya'daki tekstil atık miktarları	2220
Tablo 3: Atık Planı	29
Tablo 4: Uşak ilindeki işletmelerin kapasite raporlarında en çok kodlanan faaliyet	36
Tablo 5: Uşak ilindeki işletmelerin kapasite raporlarında en çok kodlanan ürünler.....	36
Tablo 6: Paimio ve Uşak'ta tekstil geri dönüşümü	38

ŞEKİLLER

Şekil 1. 2022'de küresel lif üretimi	7
Şekil 2. Küresel lif üretimi ve geri dönüşüm detayları	7
Şekil 3. Kapalı döngü tekstil geri dönüşüm değer zinciri	8
Şekil 4. Tekstil geri dönüşüm tipleri ve etkileri	10
Şekil 5. Ayırıştırma süreci	11
Şekil 6. Kesme makinesi	12
Şekil 7. Bekleme/Karıştırma odaları	13
Şekil 8. Şifanöz makinesi	13
Şekil 9. Garnet makinesi	14
Şekil 10. Örnek termomekanik geri dönüşüm makinesi hattı	15
Şekil 11. Pamuğun kimyasal geri dönüşümü.....	17
Şekil 12. PET geri dönüşümü için teknolojiler	18
Şekil 13. Biyokimyasal geri dönüşüm süreci	19
Şekil 14. Finlandiya'daki tekstil akışları	21
Şekil 15. Televalue BF projesi	24
Şekil 16. Lounais-Suomen Jätehuolto Oy	26
Şekil 17. Finlandiya'nın Tekstil Döngüsellik Planı	27
Şekil 18. Paimio'nun Döngüsel Tekstil Tesisi	27
Şekil 19. Paimio'nun Döngüsel Tekstil Tesisi İş Akış Şeması.....	28
Şekil 20. Türk Tekstil Endüstrisi	31

1. GİRİŞ

Bu rapor, AB Türkiye ve AB Arasında Şehir Eşleştirme - II (Yeşil Bir Gelecek İçin Eşleştirme) Hibe Programı (TTGS-II) kapsamında desteklenen Sürdürülebilir Gelecek İçin İş Birliği: Tekstil Sektörünün Yeşil Dönüşümünün Ortaklıklar Aracılığıyla Hızlandırılması projesinin ana faaliyetlerinden biri olan Uşak ve Paimio kentleri arasındaki karşılaştırmalı tekstil geri dönüşüm tedarik zinciri analizi kapsamında hazırlanmıştır.

Projenin başlığı, projenin temel amacının iş birliği yoluyla sürdürülebilir bir geleceği desteklemek olduğunu göstermektedir. Buna göre, Uşak Belediyesi'nin yanı sıra Paimio Belediyesi, Türkiye Kurumsal Sorumluluk Derneği (CR Türkiye), Ege Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ESİAD), ZAFER Kalkınma Ajansı ve diğer ilgili paydaşların katılımıyla bu hedefe yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Bu raporun amacı, Uşak ve Paimio şehirlerinin tekstil tedarik zincirlerini karşılaştırmalı olarak analiz etmek, endüstriyel ve evsel tekstil atıklarının yönetimi konusunda iyileştirme önerileri geliştirmek ve her iki şehrin sürdürülebilir tekstil üretim ve geri dönüşüm kapasitelerini artırmaktır. Ayrıca, Uşak ve Paimio şehirlerindeki tekstil geri dönüşüm tedarik zincirlerinin mevcut durumunu analiz etmeyi, karşılaştırmalı analizler yapmayı ve iyileştirme stratejileri önermeyi içermektedir.

Bu projenin mantığı hem Türkiye'deki hem de Finlandiya'daki tekstil ekosistemini iletmeye dayanmaktadır. Her iki kümenin de mevcut durumunu keşfetmek ve kavramak için hem Uşak hem de Paimio tekstil sektörlerindeki iyileştirme alanını anlamak hayati önem taşımaktadır. İlk bakışta, her iki şehrin de tekstil kümelerinde avantajları ve eksiklikleri vardır. Uşak şehri, çeşitli küçük ve orta ölçekli işletmelere ve gelişmiş üretim fabrikalarına ev sahipliği yapan endüstriyel tekstil üretimi ve geri dönüşüm şehrinin olağanüstü bir örneği olarak gösterilebilir. Uşak, Türkiye'de geri dönüşüm için merkez bir şehirdir. Çoğunlukla deri ve tekstil sektörüne yoğunlaşmış iki tematik organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Burada bulunan geri dönüşüm tesislerinde, tekstil atıkları ve plastik şişeler geri dönüştürülerek ekonomiye geri kazandırılmaktadır. Yukarıda belirtilen tesislerde, yılda 620.000 ton tekstil atığı ekonomiye kazandırılmakta ve geri dönüşümden elde edilen iplikler sayesinde genel Türk ekonomisine ciddi bir katkı sağlanmaktadır. Bugün, Türkiye'deki mevcut geri dönüşüm tesislerinde üretilen geri dönüştürülmüş liflerin yüzde 80'i Uşak'ta üretilmektedir. Tekstil atıklarının işlenmesi sonucu elde edilen ürünlerle 62 ülkeye yıllık 75 milyon dolarlık ihracat yapılmaktadır. Aynı şekilde tekstil atıklarının yanı sıra Türkiye'deki plastik şişe atıklarının yüzde 35'i de Uşak'ta işlenmektedir. Plastik şişelerde yıllık 187 bin tonluk bir rakamdan bahsetmek mümkündür. Özellikle tekstil sektöründe uluslararası geri dönüşüm merkezi olma yolunda ilerleyen ve çevreye duyarlı faaliyetleriyle hem şehri hem de şehrin doğal yapısını korumak için birçok faaliyet yürüten Uşak Belediyesi, yeni projeler üzerinde çalışmaya başlamıştır.

Öte yandan, Finlandiya sürdürülebilir tekstil üretimi ve geri dönüşümü söz konusu olduğunda birçok iyi uygulama sunmaktadır. Özellikle Paimio şehri, yenilikçi özelliklerle dolu, son teknolojiyle desteklenen Telaketju adlı bir tekstil ağına ev sahipliği yapmaktadır. Bu, tekstil geri dönüşümünü iletken bir işbirliği ağıdır. Amaç, kullanım ömrü dolmuş tekstillerin toplanması, ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi süreçlerini geliştirmektir. Ayrıca, ağ, tartışılan döngüsel ekonomiyle ilgili iş modellerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Telaketju'da, çok disiplinli işbirliğiyle yeni ve güçlü bir endüstrinin yaratılması için bir platform oluşturan ulusal bir bilgi ekosistemi geliştirilmektedir. Fin endüstrisi, uluslararası fırsatlarının sürdürülebilir, yavaş ve etik moda alt segmentlerinde olduğunu kabul etmiştir. Ancak, yerel geri dönüşüm değer zincirlerinde boşluklar bulunmaktadır.

Dolayısıyla, her iki tekstil kümesinin de diğerine sunması gereken bir şey bulunmakta ve bu potansiyel açığa çıkarılmalıdır. Karşılaştırmalı bir tedarik zinciri analizi yaparak Uşak şehri, Paimio'nun tekstil üretimi ve tesislerine yönelik yenilikçi yaklaşımından dersler çıkaracaktır. Ayrıca, bu belge her iki tekstil ekosistemi için daha fazla iyileştirme alanını ortaya koyacak ve bu da sonuç olarak sonraki proje faaliyetleri sırasında üretken saha ziyaretleri ve toplantılar için yol açacaktır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ ANALİZİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Küresel pazarın giderek büyümesi ve ürünlerin sayısının ve karmaşıklığının artması, tedarikçi ile tüketici arasındaki tek bağlantının uzun bir ağa dayalı olmasına neden olmuştur. İşletmeler karlılıklarını ve verimliliklerini artırmak ve yoğun rekabet baskısından kurtulmak için yeni yaklaşımlara ihtiyaç duymuştur. Küreselleşmenin hızlanması ve müşterilerin artan beklentileri nedeniyle ürün geliştirme süresini kısaltmak, kaliteyi artırmak, maliyetleri düşürmek ve süreç verimliliğini iyileştirmek amacıyla tedarik zinciri kavramı sektörde ön plana çıkmıştır.¹ Bu ihtiyaçların bir sonucu olarak ortaya çıkan tedarik zinciri kavramı bugüne kadar birçok şekilde tanımlanmıştır.

Tedarik zinciri, pazara ürün ve hizmet sağlayan şirketlerin işbirlikçi ağıdır.²

Tedarik zinciri, tedarikçilerden kullanıcılara malzeme ve bilgi akışını kontrol etmek ve yönetmek için birlikte çalışan ve işbirliği yapan birbirine bağlı kuruluşların ağıdır.³

Tedarik zinciri, hammaddelerin temin edilip, yarı mamul ürünlere dönüştürüldüğü ve nihai ürünün dağıtım kanalları aracılığıyla müşterilere dağıtıldığı, çok sayıda işletmenin bir araya gelerek oluşturduğu bir ağıdır.⁴

Tedarik zinciri, malzemelerin temini, bu malzemelerin yarı mamul ve mamul ürünlere dönüştürülmesi ve bu ürünlerin müşteriye ulaştırılması süreçlerini gerçekleştiren tesis ve dağıtım seçeneklerinin ağıdır.⁵

Tedarik zinciri, malların bir yerden bir yere fiziksel olarak taşınmasından çok daha fazlasıdır; aynı zamanda bilginin, paranın dolaşımı ve zihinsel sermayenin yaratılması ve geliştirilmesidir.⁶

Tedarik zinciri, kaynaktan tüketime kadar tüm ürünlerin ve ilgili bilgilerin uyumlu yönetimi yoluyla geliştirilmiş müşteri ve ekonomik değerlerin dağıtımı olarak tanımlanabilir.⁷

Birçok farklı tanımdan da görüleceği üzere tedarik zinciri kavramı genel olarak açıklanacak olursa; arz ve talebin yönetimi, hammadde temini, üretim ve montaj, depolama, stok yönetimi, sipariş yönetimi ve ürünlerin müşterilere dağıtımı vb. faaliyetleri kapsamakta olup, ayrıca tüm bu faaliyetlerin sürdürülebilmesi için gerekli olan bilgi sistemlerini de içermektedir.

Bu çalışmada, Uşak ve Paimio illeri için tekstil geri dönüşüm sektörünün hammaddeden son ürüne kadar olan süreçleri tedarik zinciri yaklaşımı kullanılarak ele alınmıştır.

Tedarik zinciri analizi, bir organizasyonun sunduğu hizmet veya ürünler için belirli bir sırayla uyguladığı operasyonları, zincirdeki güçlü ve zayıf yönleriyle birlikte, bu sırayı bir değer zinciri olarak ele alan ve şirketin bu operasyonlara değer zinciri sayesinde anlam kattığını kabul eden

¹Filiz, A. Ç. (2023). Tekstil Sektöründe Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi Kriterlerinin ve Tedarikçi Seçim Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemiyle Analizi. İşletme Araştırmaları Dergisi, 15(1), 640-658.

²Carter, CR ve Ellram, LM (1998). Tersine lojistik: Gelecekteki araştırmaları için literatür ve değerlendirme. İşlojistik Dergisi, 19(1).

³Tan, KC, Kannan, VR, Handfield, RB, & Ghosh, S. (1999). Tedarik zinciri yönetimi: performans üzerindeki etkisinin ampirik bir çalışması. Uluslararası operasyon ve üretim yönetimi Dergisi, 19(10), 1034-1052.

⁴Lee, HL ve Billington, C. (1992). Tedarik zinciri envanterini yönetmek: tuzaklar ve fırsatlar. Sloan yönetim incelemesi, 33(3), 65-73.

⁵Ganeshan, R. ve Harrison, TP Tedarik Zinciri Yönetimine Giriş 24 Mayıs 2007.

⁶Ayers, JB (Ed.). (2001). Tedarik zinciri yönetiminin işe yaraması: Tasarım, uygulama, ortaklıklar, teknoloji ve karlar. CRC Press.

⁷Jayaraman, V. (2006). Ürün geri kazanımı ve yeniden kullanımı olan kapalı devre tedarik zincirleri için üretim planlaması: analitik bir yaklaşım. Uluslararası Üretim Araştırmaları Dergisi, 44(5), 981-998.

bir iş felsefesi çerçevesinde sistematik olarak tespit etmek, tanımlamak ve değerlendirmek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Porter, değer zincirini, bir sektörün entegrasyon sürecinde gerçekleştirdiği tüm operasyonları sistematik olarak incelemek için en temel araç olarak tanımlar ve bunu rekabet avantajı elde etmede anahtar faktör olarak görür.⁸Başka bir deyişle tedarik zinciri analizi, sektördeki operasyonları stratejik öneme sahip operasyonlara ayırma ve bu operasyonların maliyet ve değer üzerindeki etkilerini anlama yöntemidir.⁹Tedarik zinciri analizi esasen rekabet avantajının gelişimini incelemek için sistematik bir yöntemdir. Bu bağlamda, model bir sektördeki temel yeterlilik alanlarını tanımlamak ve rekabet avantajı elde etmede etkili olan operasyonları belirlemek için yararlı bir analiz aracı olarak kullanılır. Rekabet avantajı, bir şirketin gerçekleştirdiği tasarım, üretim, pazarlama, teslimat ve ürün destek hizmetleri gibi birçok farklı operasyondan kaynaklanır. Rekabet avantajı sağlayan operasyonları daha iyi anlamak için, genel kapsamında değer zincirinden başlamak ve ardından o sektöre özgü uygun operasyonları belirlemek gerekir.¹⁰Yöneticiler açısından tedarik zinciri analizi, şirket içinde değer zincirini oluşturan ana operasyonları belirlemek ve şirketin sürdürülebilir rekabet avantajı potansiyeline sahip olmak için kullanılan güçlü bir araç olarak kabul edilir. Bir organizasyonun rekabet avantajı, değer zincirindeki önemli operasyonları rakiplerinden daha iyi gerçekleştirme yeteneğinden kaynaklanır. Birçok sektörde şirketlerin ürün tasarımından yedek parça üretimine, son montajdan son kullanıcıya teslimata kadar tüm operasyonları kendi başlarına gerçekleştirmediği görülmektedir. Organizasyonlar genellikle değer sisteminin veya tedarik zincirinin bir parçası olarak görünürler. Ancak değer zinciri analizi, organizasyonun operasyonlarının yer aldığı tüm değer sistemini de içermelidir. Değer zinciri, şirket birleşmeleriyle sonuçlanmayan ancak uzun vadeli ortaklıklar öngören işbirliklerini de içerebilir. Ancak bu tür koalisyonlar, iş birliği ortakları tarafından değer zincirinin koordinasyonunu veya paylaşılmasını içermelidir.¹¹

Tedarik zinciri çerçevesinin amacı, maliyetleri en aza indirirken değer teslimatını en üst düzeye çıkarmaktır. Tedarik zinciri, bir ürünü veya hizmeti kavramsal tasarımından son tüketiciye teslimatına kadar teslim etmek için gereken tüm işlemleri (üretim, satın alma, dağıtım ve tüketim gibi) tanımlar.¹²Tedarik zinciri, malzemelerin ileri akışı ve bilgilerin geri akışıyla birbirine bağlanan malzeme tedarikçileri, üretim tesisleri, dağıtım hizmetleri ve müşteriler gibi bileşenleri içeren bir sistemdir. Organizasyonlar tedarik zincirlerini yönetme çabalarında, kendi başarıları için en kritik olan, üyesi oldukları tedarik zinciri yapılarına odaklanmalıdır. Bu tedarik zincirleri, organizasyon için rekabet avantajı yaratma ve böylece organizasyonun devam eden başarısına katkıda bulunma konusunda en büyük potansiyele sahiptir. Tedarik zincirlerini incelerken, öncelikle iç ve dış tedarik zincirleri arasında ayırım yapmak gerekir.¹³

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerden son kullanıcıya kadar dağıtım kanalındaki tüm hareketlerin planlanmasını ve kontrol edilmesini sağlayan bütünsel bir yönetim yaklaşımıdır.¹⁴Tedarik Zinciri Yönetimi, bir ürünün üreticiden tüketiciye hammaddeler şeklinde ulaştığı yolu optimize ederek maliyetleri düşürme süreci olarak tanımlanabilir. Bu tanımlı en basit haliyle genişletirsek, Tedarik Zinciri Yönetimi, ürünün en uygun akışını sağlayarak envanter maliyetlerini düşürmeyi, ürün sevkiyatındaki belirsizlikleri azaltarak kritik karar alma süreçlerini en aza indirmeyi ve sipariş sistemini standartlaştırarak planlama giderlerini ve sipariş maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlayan bir dizi faaliyettir. Tedarik zinciri analizi, tedarik zinciri yönetimindeki güçlü ve zayıf yönleri sistematik olarak ortaya çıkarmak, belirlemek ve analiz etmek için kullanılır. Tedarik zinciri analizindeki ana fikir, müşteriye daha fazla değer sağlandıkça daha yüksek rekabet gücü kazanılmasıdır. Bir işletmenin yarattığı değer, değer operasyonlarını gerçekleştirmenin maliyetini aşarsa, bu işletme karlı kabul edilebilir. Sektörde değerler, bir grup

⁸Porter, ME (2008). Rekabetavantajı: Üstün performans yaratma ve sürdürme. Simon ve Schuster.

⁹Stabell, CB ve Fjeldstad, Ø. D. (1998). Rekabetavantajı içinde değeryapılandırma: zincirler, mağazalar ve ağlar üzerinde. Stratejik yönetim dergisi, 19(5), 413-437.

¹⁰Porter, ME ve Advantage, C. (1985). Üstün performans yaratma ve sürdürme. Rekabetavantajı, 167, 167-206.

¹¹Porter, ME (1982). Rekabetçistrategi. RAE-İdari Yönetim İncelemesi, 22(2), 44-46.

¹²Kaplinsky, R. (2004). Küreselleşmede elde edilen kazanımların yayılması: değer zinciri analizinden neler öğrenilebilir? Ekonomik geçiş sorunları, 47(2), 74-115.

¹³Handfield, RB ve Nichols, EL (2002). Tedarik zinciri yeniden tasarımı: Tedarik zincirlerinin entegre değersistemlerine dönüştürmek. Ft Press.

¹⁴Ellram, LM ve Murfield, MLU (2019). Endüstriyel pazarlamada tedarik zinciri yönetimi - İlişkiler önemlidir. Endüstriyel Pazarlama Yönetimi, 79, 36-45.

operasyonu gerçekleştirilerek ortaya çıkar. Şirketlerin değer sağlayan operasyonlarına ek olarak, tedarikçilerini yukarı akışta ve kanal üyelerini aşağı akışta içeren dikey operasyonlardan oluşan bir değer sistemi içinde faaliyetler yürütülür. Tedarik zinciri analizinde ise bu sistemdeki tüm faaliyetler incelenir.

3. TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ

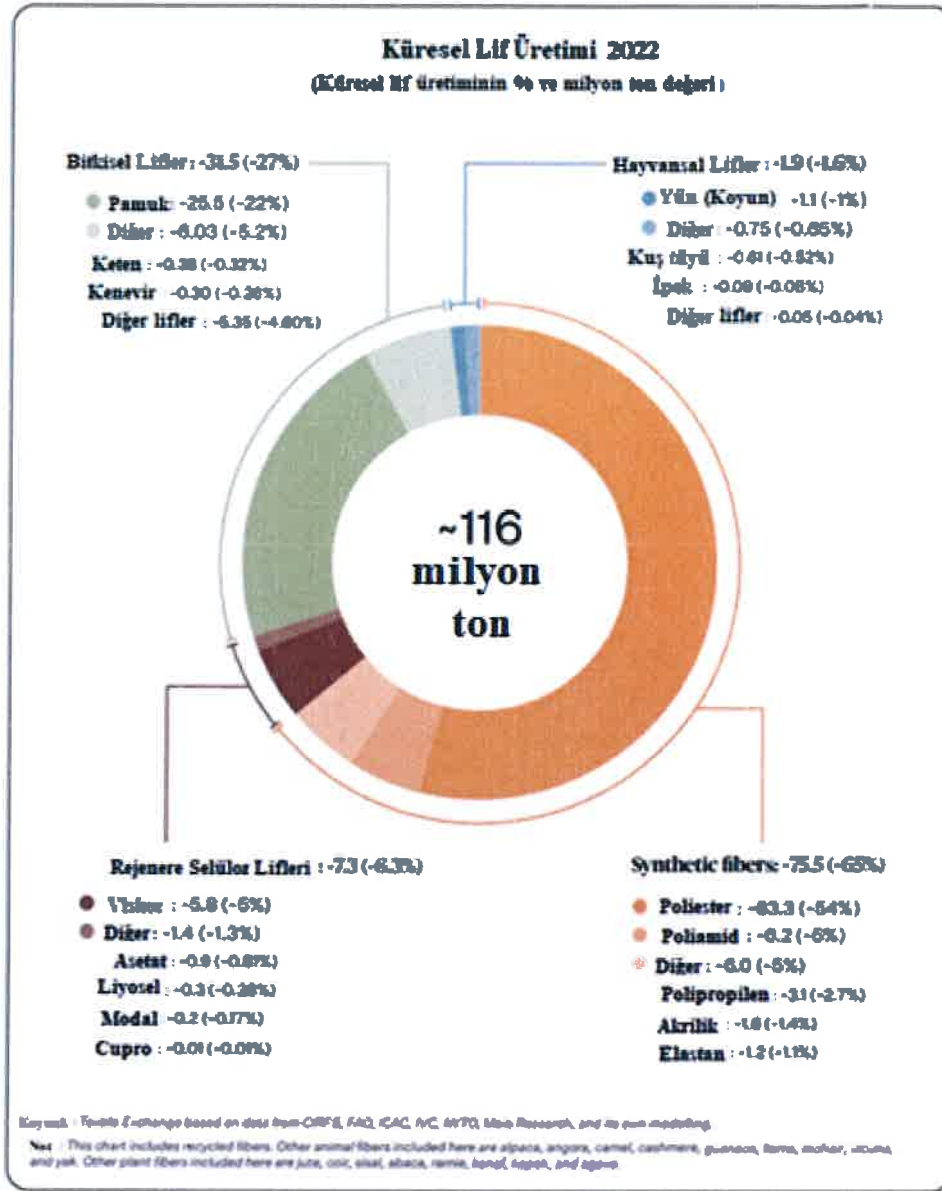
Dünyada tükenbilir kaynakların bilinçsizce kullanımı üretim süreçlerinde atık problemlerini beraberinde getirmiş ve sera gazı oluşumu, ozon tabakasının incelmesi ve iklim değişikliği gibi küresel tehditlere neden olmuştur. Dünya Ekonomik Forumu istatistiklerine göre sanayileşme ve bunun sonucu oluşan iklim değişikliği sonucu gözle görülür ve elle tutulur hale gelen çevre sorunları 2011 yılından itibaren daha da önem kazanmıştır. Son yıllara (2017 ve sonrası) bakıldığında iklim değişikliği ve çevre sorunları en önemli küresel risklerdir.¹⁵

Moda, tekstil ve giyim endüstrilerinin yanı sıra diğer sektörler için malzemeleri kapsayan son rapor, küresel lif üretiminin 2021'de yaklaşık 112 milyon tondan 2022'de rekor seviye olan 116 milyon tona yükseldiğini ortaya koymaktadır. Mevcut eğilimler devam ederse, üretimin 2030 yılına kadar 147 milyon tona ulaşması öngörülmektedir.¹⁶ Küresel lif üretiminin ayrıntıları Şekil 1'de gösterilmektedir.

¹⁵Dünya Ekonomik Forumu, Küresel Riskler Algı Araştırması 2023-2024.

¹⁶Malzeme Pazarı Raporu 2023, Textile Exchange, Aralık 2023.

Şekil 12022'de küresel lif üretimi

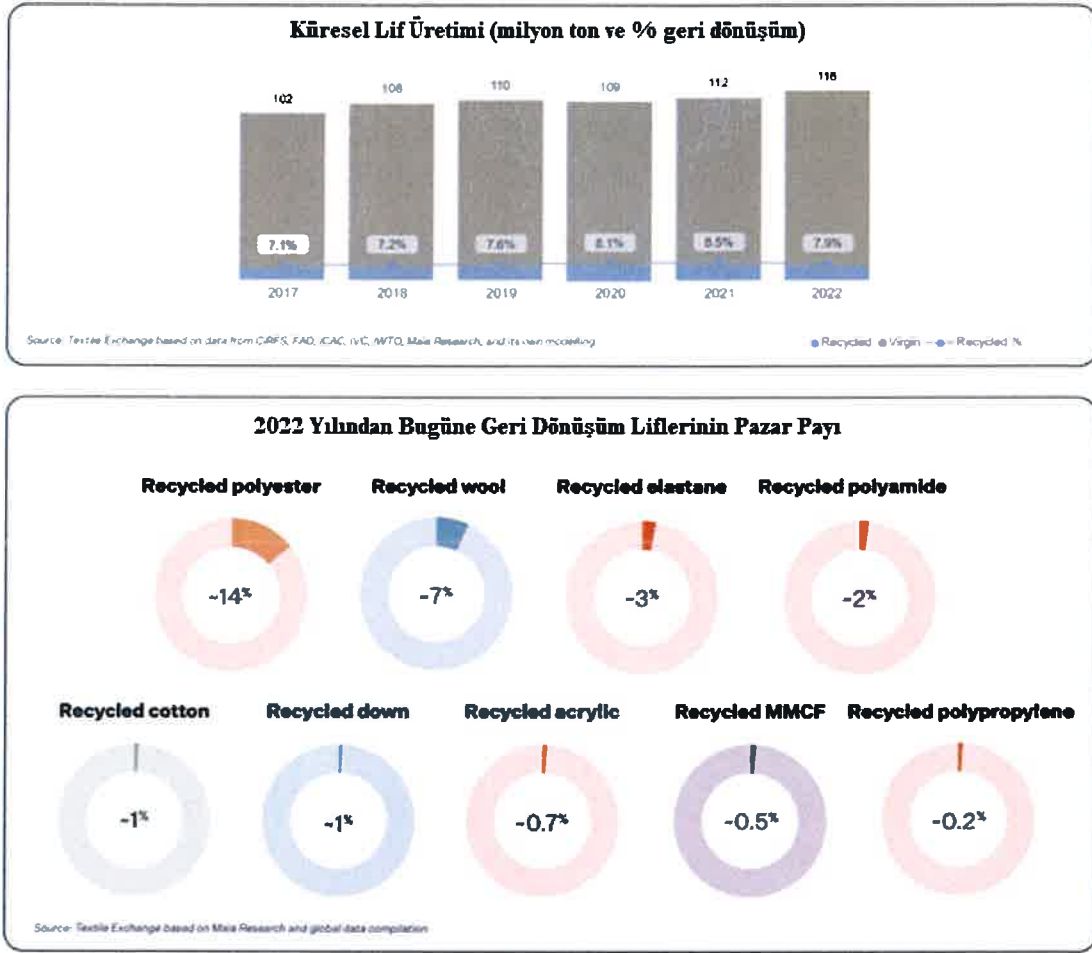


2022'de sürdürülebilirlik programları aracılığıyla üretilen doğal liflerin oranı mütevazı bir artış gördü, pamuk 2021'deki %25'ten %27'ye ve yün %3'ten %4,3'e yükseldi. Ancak, ham fosil bazlı sentetik liflerin üretimi 63 milyon tondan 67 milyon tona çıktı. Poliester, 2022'de üretimin %54'ünü oluşturarak küresel olarak en yaygın üretilen lif olmaya devam etti.

Yıllar süren büyümeye rağmen, geri dönüştürülmüş liflerin genel payı 2021'deki %8,5'ten 2022'de %7,9'a hafifçe düştü. Bu düşüş, esas olarak büyük ölçüde plastik şişelerden elde edilen geri dönüştürülmüş poliesterin pazar payındaki azalmadan kaynaklandı ve 2021'de %15'ten 2022'de %14'e düştü. Bu düşüşe katkıda bulunan faktörler arasında PET şişeler için artan rekabet ve tekstilden tekstile geri dönüşümün ölçeklenmesindeki zorluklar yer almaktadır. 2022'de, küresel lif pazarının %1'den azı tüketici öncesi ve sonrası geri dönüştürülmüş tekstillerden oluşuyordu.¹⁷ Geri dönüşüm miktarları ve geri dönüştürülmüş lif ayrıntıları küresel lif üretimine göre Şekil 2'de verilmiştir.

¹⁷ Malzeme Pazarı Raporu 2023, Textile Exchange, Aralık 2023.

Şekil 2. Küresel lif üretimi ve geri dönüşüm detayları



AB-27 ve İsviçre'de, yılda yaklaşık 7 ila 7,5 milyon ton brüt tekstil atığı ortaya çıkmakta, bu da kişi başına 15 kilogramın biraz üzerinde bir miktara denk gelmektedir. 2030 yılına kadar, bu yıllık toplam 8,5 ila 9 milyon ton arasına veya kişi başına 20 kilogramın üzerine çıkması öngörülmektedir.¹⁸

Bu bulgular, tercih edilen kaynaklardan liflere geçişi hızlandırma, ham fosil bazlı malzemelerin kullanımını azaltma çabalarını yoğunlaştırma ve değer yaratmayı yeni malzemelerin çıkarılmasından ayıran stratejilere yatırım yapma konusunda acil bir ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. İnsanların yaşam döngülerini sorunsuz bir şekilde sürdürebilmeleri için yeni yaklaşımlar yaratılması gerekmiştir. Bu nedenle, geri dönüşüm fikri son yıllarda artan bir istekle benimsenmeye başlanmıştır.

Geri dönüşüm, çeşitli yöntemler kullanılarak, atık malzemelerin hammadde olarak geri dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir.¹⁹ Bu malzemeler tekstil, kağıt, cam, plastik, motor yağı, akü, beton, alüminyum, organik atıklar, elektronik malzemeler ve benzeri atıklardır.²⁰ Tekstil atıkları, tekstil üretim tesislerinin üretim süreçlerinde veya tüketiciler tarafından tüketildikten

¹⁸Hedrich, S., Janmark, J., Langguth, N., Magnus, KH ve Strand, M. (2022). Avrupa'da tekstil geri dönüşümünün ölçeklendirilmesi - atıkların değerlendirilmesi. McKinsey's, 14..

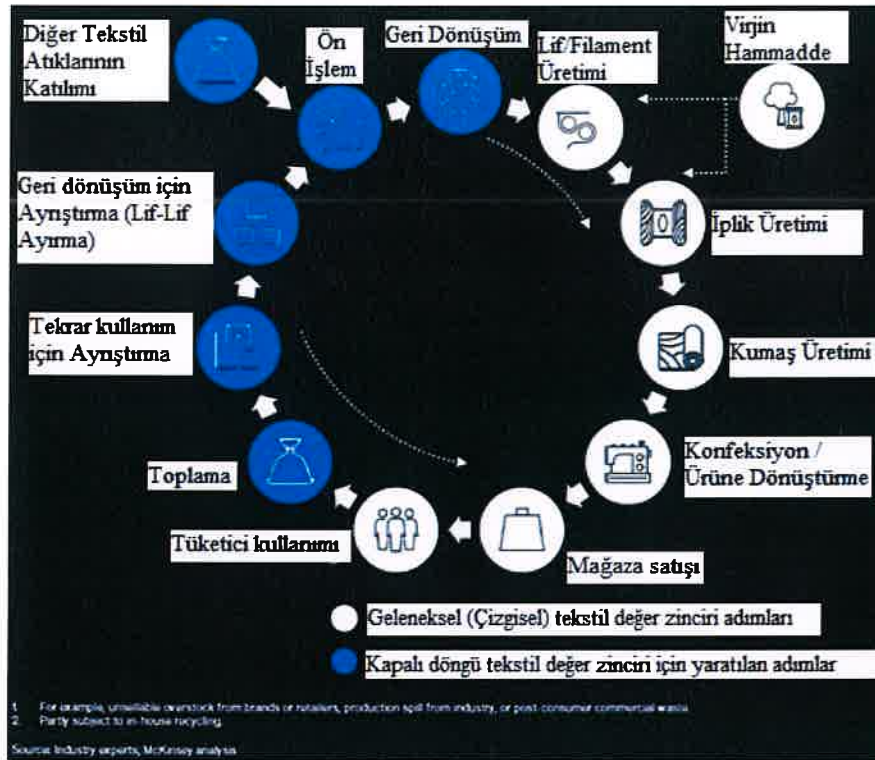
¹⁹Veiga, MM (2013). Geri dönüşüm için atık ters lojistiğinin verimliliğinin analizi. Atık Yönetimi ve Araştırma, 31(10_suppl), 26-34.

²⁰Hedrich, S., Janmark, J., Langguth, N., Magnus, KH ve Strand, M. (2022). Avrupa'da tekstil geri dönüşümünün ölçeklendirilmesi - atıkların değerlendirilmesi. McKinsey's, 14.

sonra oluşan atıklardır. Bu atıklar tüketim öncesi ve tüketim sonrası olarak sınıflandırılabilir. Tüketici öncesi atıklar, giyim, mobilya, otomotiv, ev, inşaat, yatak, kaba iplik, ev eşyaları, kağıt, havacılık ve diğer endüstriler için yeniden üretilen tekstil, lif ve pamuk endüstrisi yan ürün malzemelerinden oluşur. Tüketici sonrası atıklar, tüketicinin kullanması gerekmeyen ve atmaya karar verdiği giyim veya tekstil malzemelerinden yapılmış ev eşyaları olarak tanımlanır.²¹

Tekstil geri dönüşümünün ölçeklendirilmesi, hem ham maddeleri geri dönüştürülmüş olanlarla değiştirerek üretim öncesi aşamaları hem de kullanım ömrü sonu atık sorununu ele alması nedeniyle etkili bir kaldıraç olabilir (Şekil 3). Kapalı döngü tekstil geri dönüşüm değer zinciri, giyim ve tekstil endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir

Şekil 3. Kapalı döngü tekstil geri dönüşüm değer zinciri



Son gelişmeler birçok tekstil geri dönüşüm teknolojisini pilot aşamalardan ticari ölçeklendirmeye hazır hale getirmiştir. Bu teknolojiler gelişmeye devam ettikçe, orijinal liflere maliyet açısından rekabetçi alternatifler sunmaları beklenmektedir. Ancak, asıl zorluk hammaddenin kendisinde yatmaktadır. Tüm tekstil geri dönüşüm teknolojileri, geri dönüşüm için öngörülebilir tekstil atıklarının istikrarlı bir şekilde tedarik edilmesine bağlıdır. Şu anda, hammadde tedariki, tekstil atıklarının toplanması, sınıflandırılması ve ön işleme tabi tutulmasıyla ilgili karmaşıklıklarla sınırlıdır. Giyim ve tekstilde döngüyü kapatma potansiyelini tam olarak gerçekleştirmek için, daha fazla teknolojik yenilik ve sektör paydaşları arasında gelişmiş iş birliği hayati önem taşımaktadır.

Tekstil geri dönüşümü, atık oluşumunu en aza indirme, giysi kullanım ömrünü uzatma ve ikinci el ekonomisini teşvik etme çabalarının yanı sıra tekstil atığı sorununu ele almak için önemli bir çözümdür. Orijinal malzemelere kıyasla belirli lif türleri için karbon ayak izini %90'a kadar azaltma potansiyeli, daha az arazi ve su kullanımı ve daha düşük kimyasal kirlilik ile birleştiğinde, tekstil geri dönüşümünün önemli çevresel faydaları daha da hayati hale gelmektedir.²² Geri dönüşüm teknolojisinin durumunu değerlendirirken, geri dönüşüm teknolojileri genellikle belirli

²¹Domina, T. ve Koch, K. (1997). Tekstil atık yaşam döngüsü. Giyim ve Tekstil Araştırma Dergisi, 15(2), 96-102.

²²Hedrich, S., Janmark, J., Langguth, N., Magnus, KH ve Strand, M. (2022). Avrupa'da tekstil geri dönüşümünün ölçeklendirilmesi - atıkları değerlendirmek. McKinsey's, 14.

liflere veya karışımlara özgü olduğundan, farklı lif türlerini dikkate almak önemlidir. Şu anda, poliester, pamuk, rejenere selüloz lifler (MMCF) ve poliamid, giyim ve ev tekstili sektörlerinde baskın liflerdir ve toplam hacmin yaklaşık %90'ını oluştururlar.²³

Lif karışımları, üretimde kullanılan harman ve seçilen lif türleri oldukça önemlidir. Çünkü birçok geri dönüşüm teknolojisi etkili kapalı devre döngüsel geri dönüşüm için minimum düzeyde lif saflığını gerektirir. Norna'nın lif bileşimi verilerinden elde edilen analiz, poliester veya pamuk liflerinin %50 ila %60'ının %100 saflığa ulaşabileceğini göstermektedir.²⁴ Saf lif atıklarının genellikle kapalı devre teknolojileri kullanılarak geri dönüştürülmesi daha kolaydır. Lif bileşiminin yanı sıra, bir giysinin veya tekstilin geri dönüştürülebilirliğini etkileyen diğer faktörler arasında ürün özellikleri (örneğin, tek katmanlı veya çok katmanlı kumaşlar), sert bileşenler (örneğin, düğmeler ve fermuarlar), yumuşak bileşenler (örneğin, etiketler ve dikiş iplikleri), ağır kaplamalar veya apreler, baskılar, renk (özellikle mekanik geri dönüşüm için), kumaş yapısı (örneğin, örme kumaşlar dokuma kumaşlardan mekanik olarak geri dönüştürülmesi daha kolaydır) ve küf veya yağ lekeleri gibi kirlenmeler bulunur.

Tekstil atıkları geri dönüşümü genellikle aşağıdaki yöntemlerle yapılmaktadır:

A) Mekanik yöntemler

B) Termo-mekanik yöntemler

C) Kimyasal yöntemler

D) Enerji üretimi

E) Diğer yöntemler

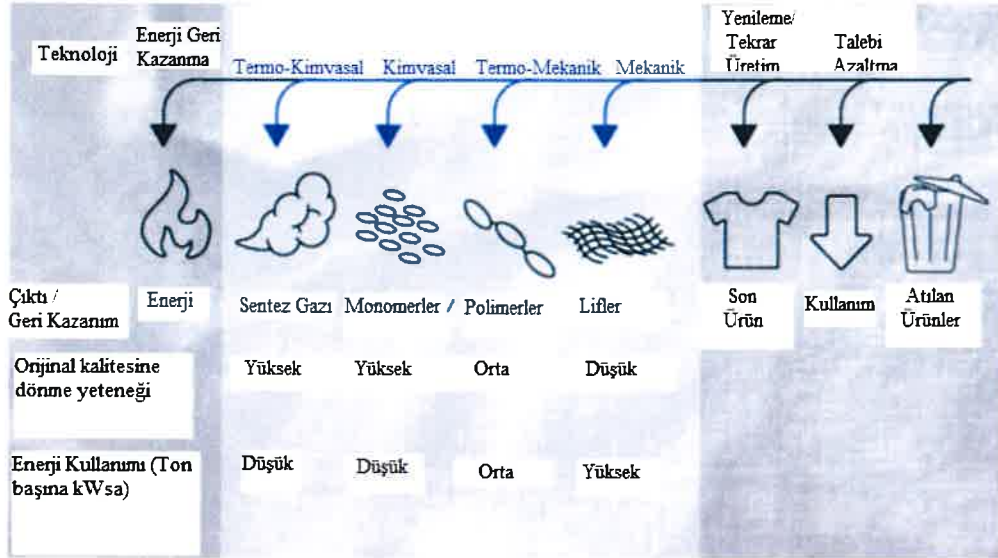
Tekstil atıkları; mekanik yöntemde tekstil (iplik, kumaş ve dokusuz yüzey) üretiminde kullanılabilecek lif formuna getirilirken, termo-mekanik yöntemde tekrar eritilerek granül formuna getirilmekte ve granüller plastik ve lif üretiminde kullanılmaktadır. Kimyasal yöntemde bakıldığında ise özellikle sentetik esaslı atık malzemeler genellikle kimyasal depolimerizasyon yöntemleri kullanılarak hammadde veya ara ürüne geri kazandırılmakta ve buradan elde edilen ürünler tekstil terbiye malzemeleri, lif, doymamış reçineler gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tekstil atıklarının kalorifik değerinin yüksek olması nedeniyle atıkların yakıt olarak kullanılması gündeme gelmiştir ancak petrol rezervlerinin her geçen gün azalması nedeniyle sentetik esaslı malzemelerin yakılması son seçenek olmalıdır. Burada en önemli nokta sentetiklerin petrol esaslı malzemeler olması ve fosil yakıtlardan elde edildikleri için²⁵ atmosfere önemli miktarda CO₂ gazı salarak hava kirliliğine neden olmalarıdır.²⁶ Geri dönüştürülmüş lifler, diğer liflerle karşılaştırıldığında çevreye daha az zarar verir, daha az enerji tüketir, daha az kaynak kullanır ve boyanmayacaksa daha az kimyasalla işlenirler (Şekil 4).

²³Uzmanröportajları; Tercih edilen lif ve malzemeler pazarı raporu 2021, Textile Exchange, 2021.

²⁴Norna, çevrimiçi olarak elde edilen veriler edayarak ürün bilgilerini analiz eden bir yapay zeka şirkettir (McKinsey Analizi, 2023).

²⁵Sandin, G. ve Peters, GM (2018). Tekstilini yeniden kullanımı ve geri dönüşümünün çevresel etkisi - Bir inceleme. Temiz üretim dergisi, 184, 353-365..

²⁶Telli, A., & Babaarslan, O. (2017). Sürdürülebilirlikte teknolojiyi geri dönüştürmüş pamuk ve poliester liflerinin kullanımı. Tekstil ve Giyim, 27(3), 224-233.

Şekil 4. Tekstil geri dönüşüm çeşitleri ve etkileri²⁷

3.1. Mekanik Geri Dönüşüm

Mekanik geri dönüşüm, tekstil atıklarını kullanılabilir liflere dönüştürmek için kesme ve öğütme gibi fiziksel işlemler kullanır. Bu yöntem ticari olarak kanıtlanmış, enerji açısından verimli ve uygun maliyetlidir. "Ne girse o çıkar" ilkesiyle çalışır, yani tekstil atığının lif bileşimi geri dönüştürülmüş liflerde korunur. Mekanik geri dönüşüm hem "açık döngü" (esas olarak geri dönüşüm) hem de "kapalı döngü" sistemlerinde uygulanabilir. Mevcut durumda, geri dönüşüm liflerinden elde edilen iplikler ve dokusuz yüzeyler gibi açık döngü uygulamaları, ev tekstili, otomotiv, mobilya, duvar ve zemin kaplamaları ve giyim gibi endüstrilerde çeşitli son kullanımlarla en gelişmiş pazar segmentlerini temsil etmektedir.

Ancak, pazar analizi bu teknolojinin geri dönüştürülmüş liflerin kalite problemleri nedeniyle bir zorlukla karşı karşıya olduğunu, mekanik işlem sonrası lif uzunluğunda %30 ile %40 oranında bir azalma olduğunu ve bunun da kapalı döngü sistemlerdeki uygulamasını bir nebze sınırladığını göstermektedir. Yine demekanik işlemler lif boyları kısalmış geri dönüşüm lifleri harmanda orijinal liflerle karıştırmak, birçoğu halihazırda piyasada bulunan daha yüksek kaliteli ürünlerle sonuçlanabilmektedir. Tüm bunlara ek olarak, lif uzunluğunu yalnızca %10 ile %15 oranında azaltan "yumuşak" mekanik geri dönüşüm teknolojileri ve yenilikçi mekanik geri dönüşüm süreçleri üzerine araştırmalar ve bu konudaki ilerlemeler ile bu zorluklar aşılmaya çalışılmaktadır.²⁸

Lifdöküntüleri, iplik parçaları ve kumaş artıkları biçimindeki tekstil atıkları, basitliği ve ucuzluğu nedeniyle yaygın olarak mekanik geri dönüşüm yöntemi kullanılarak geri dönüştürülmektedir.²⁹ Mekanik geri dönüşüm sürecinde, tekstil atıkları önce lif bileşimlerine ve renk özelliklerine göre sıralanır. Sıralama, özellikle benzer lif türleri ve renklerinde geri dönüştürülmüş lifler elde etmeye yardımcı olur. Sıralama işleminden sonra, atık malzeme önce küçük parçalara ayrılır ve daha sonra bu parçalar keskin tellerle kaplı bir dizi tarak tipi silindirden geçirilir ve liflere ayrılarak işlem

²⁷Hedrich, S., Janmark, J., Langguth, N., Magnus, KH ve Strand, M. (2022). Avrupa'da tekstil geri dönüşümünün ölçeklendirilmesi - atıkların değerlendirilmesi. McKinsey's, 14.

²⁸Hedrich, S., Janmark, J., Langguth, N., Magnus, KH ve Strand, M. (2022). Avrupa'da tekstil geri dönüşümünün ölçeklendirilmesi - atıkların değerlendirilmesi. McKinsey's, 14.

²⁹Gun, AD ve Oner, E. (2019). Geri dönüştürülmüş kumaş artıkları ve saf polimer lif karışımlarından yapılabilecek küçük çaplı geri dönüştürülmüş ipliklerin kalite özelliklerinin araştırılması. The Journal of The Textile Institute.

devam eder.³⁰ Tekstil atıkları önce sınıflandırılır, sonra küçük parçalara kesilir ve son olarak şifanöz makinesi veya garnet adı verilen açma telleriyle kaplı tarak benzeri açma makinelerinde açılarak lif haline getirilir. Elde edilen lifler ya ipliğe dönüştürülerek dokuma ve örme kumaş üretiminde kullanılır ya da doğrudan lif olarak dokusuz yüzey üretiminde kullanılır.

Tekstil atıkları öncelikle hammadde, renk ve geri dönüştürülebilirliklerine göre iyi bir şekilde sınıflandırılmalıdır. Bu sınıflandırma harmanlama için büyük önem taşır. Bu nedenle öncelikle kumaş artıkları ayıklanır ve ayrılır. Kaba tefrik olarak da adlandırılan ilk ayıklama işleminde artıklar koyu ve açık renkler olarak kabaca ayrılır. Daha sonra artıklar, üretilmesi planlanan son ürüne göre renk kataloğuna göre ayıklanır. Bu ikinci ayıklama işleminde kumaş artıkları tek tek seçilir ve istenilen lif rengine göre dikkatlice ayıklanır.

Sektörde tekstil atıkları genellikle hammaddelerine göre öznel yöntemlerle pamuk, pamuk/poliester ve elastan içerenler (likralı) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. En değerli olanları ise pamuklu tekstil atıklarıdır. Çok sayıda çalışanın hem hammadde türüne hem de renk türüne göre tek tek sınıflandırdığı ayıklama işlemi oldukça zahmetli ve dikkat gerektiren bir işlemdir. Bu işlemin otomasyonunun gelecekte insan gözü yerine elektronik uygulamalar ve robotik süreçlerle daha da ileri seviyeye taşınması beklenmektedir. Bu halde çoğunlukla insan gücüyle balyalar halinde işletmeye gelen tekstil atıkları görsel olarak incelenip renk kataloğuna göre ayrıştırılmakta ve pamuk, pamuk/poliester ve elastan içerikli olarak gruplandırılmaktadır (Şekil 5).

Şekil 5. Ayrıştırma süreci



İkinci adımda kırpıntılar kesme makinesine gelir [88].

Temel olarak üç farklı kesme makinası bulunmaktadır.

- Döner bıçaklı kesme makinesi
- Giyotin kesme makinesi
- Kesme değirmeni

³⁰EI-Nouby, GM ve Kamel, MM (2007). Geri Dönüşüm Atığından Üretilen İplik ile Saf Lifler Arasındaki Mukavemet ve Uzama Karşılaştırması, Uygulamalı Bilim Araştırmaları Dergisi, 3: 977–982.

Genellikle döner bıçaklı kesme makinesi en çok kullanılanıdır. Tekstil atıkları kesme makinesine beslenir ve küçük parçalara (20-260 mm uzunluğunda) kesildikten sonra bir şifanözden (parçalayıcı) ve/veya garnet makinesinden geçirilerek lif formuna getirilir ve işleme dahil edilir.³¹

Daha önce hammaddelerine ve renklerine göre ayrılmış olan kırıntılar, kesme makinelerinde kesilerek daha küçük boyutlara getirilir. Bu makineler 4 bölümden oluşur: 1-Giriş bölümü 2-Metal Dedektörü 3-Giyotin 4-Çıkış bölümü. Kesme makinesi Şekil 6'da gösterilmiştir. Makinenin giriş bölümünde bulunan konveyör bant vasıtasıyla metal dedektörüne getirilen kırıntılar, burada bulunan sensörlerle kontrol edilerek içerisinde metal olup olmadığı belirlenir. Metal varsa makine durur ve metal dedektöründeki demet alınarak atılır. Dedektörden çıkan kırıntılar, bir konveyör bant vasıtasıyla tekrar giyotine getirilir. Giyotin bölümünde yukarı aşağı hareket eden bir bıçak vasıtasıyla kırıntılar kesilerek daha küçük boyutlara getirilir. Giyotin bölümünden vakum sistemiyle emilen kesilmiş kırıntılar, konveyör bant üzerine dökülerek vakum kanalına taşınır. Vakum kanalıyla emilen kesilmiş kumaş parçaları, metal odalarına gönderilir. Genellikle kumaş parçaları pamuk ipliği için kullanılacak açıklıklar için 38 mm eninde ve boyunda kesilir. Kumaş atıkları kesme makinesinin türüne bağlı olarak iki veya üç yönde kesilir.

Şekil 6. Kesme makinesi



Üçüncü adımda kırıntılar bekleme/karıştırma odalarına gelir. Kesme makinesinden çıkan kırıntılar vakum sistemiyle emilerek hasır bantlı karışım odalarına getirilir. Bu odalara sektörde Box Odaları denilmektedir. Bu odanın örnek bir görüntüsü Şekil 7'de verilmiştir. Kırıntılar burada 24 saat bekletilir. Bu bekleme sırasında kırıntılara silikon yumuşatıcı ve antistatik gibi kimyasal maddeler verilir. Bu odalar 10-20 ton malzeme alabilir. Burada dinlenen kırıntılar yumuşak ve hacimli bir yapıya kavuşur ve açılmaya hazır hale getirilir.

³¹Oner, E. ve Kaya, S. (2023). Kenevir liflerinin geri dönüşümüne geçirmede kullanımının araştırılması. Acta Scientiarum-Technology, 45.

Şekil 7. Bekleme/Karıştırma odaları



Dördüncü adımda, küçük parçalara kesilen tekstil atıkları açılır ve lif haline getirilir. Lif açma işleminde, yüksek hızda dönen ve üzerinde teller bulunan şifanöz ve garnet adı verilen mekanik geri dönüşüm makineleri kullanılır.

Şifanöz makinesi, kesilmiş parçaları açmak için keskin metal tellerle kaplı bir dizi silindir ve tamburdan oluşan bir tarama makinesine benzeyen bir lif açma makinesidir. Üzerinde metal teller bulunan silindir yüzeyi tekstil atığıyla temas eder ve bu tekstil atıklarını çekip parçalayarak lif halinde açar. Bu işlem birden altıya kadar birçok safha içerebilir. Balkan firmasına ait çekme makinesi Şekil 8'de gösterilmiştir.

Şekil 8. Şifanöz makinesi

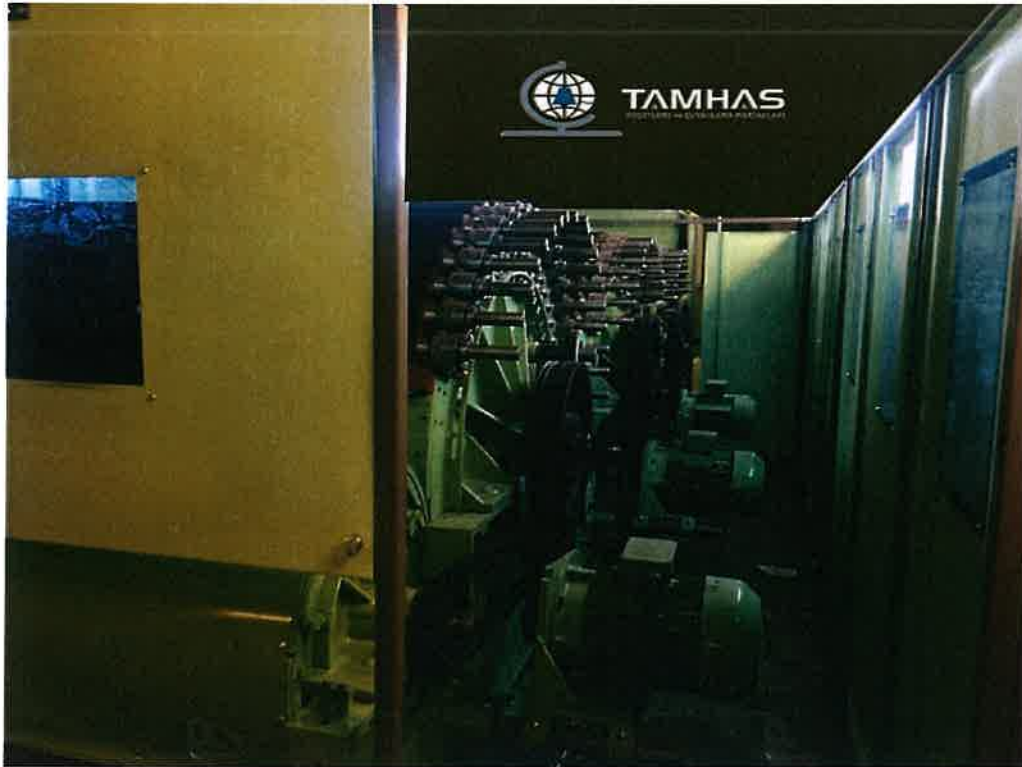


Bu makinada temel kalite parametresi makinaya giren kırpıntıların tamamen parçalanmış ve düğümlememiş olmasıdır. Bu noktada makinada iki önemli ayar vardır. Bunlardan birincisi regülasyon ayarı denilen, besleme silindiri ile çivili mat arasındaki mesafe ayarındır ve bu ayar besleme silindirinin makinaya monte edildiği taraftaki şafta bir kol takılarak ve çevrilerek elle yapılır. İkinci ayar ise çivili silindirin altındaki iki ayırma kepenği ile çivili silindir arasındaki yükseklik ayarındır. Bu ayar elektronik olarak yapılır. Eğer boşluk artırılırsa geri besleme daha yüksek olur, eğer boşluk azaltılırsa kırpıntılar tam olarak life dönüştürülemez, neps oluşur. Bu ayarlar için sayısal bir değer yoktur ve deneme yanılma yöntemi ile uygun değerler bulunarak ayarlamalar yapılır. Makinanın çıkışında bir vakum kanalı vardır. Bu kanal sayesinde açılanlifler emilerek pres makinasına gönderilir, burada preslenerek balya haline getirilir. Bu makina temel olarak 3 kısımdan oluşur; 1- Giriş bölümü 2- Silindirlerin bulunduğu bölüm 3- Çıkış bölümü.

Makinenin girişinde liflerin vakum sistemi ile makineye girdiği bir bölüm bulunur. Makinenin ikinci bölümünde besleme silindirleri ve çivili silindirler bulunur. Açma makinelerinde 6-7 çift (bir besleme silindiri ve bir çivili silindir) olabilir. Besleme silindirleri kauçuktan yapılmıştır ve bu silindirler vasıtasıyla çivili silindirlere gelen küçük parçalar çivili silindirlerde açılmış life dönüştürülür. Makinenin alt kısmında ise tamamen parçalanmamış parçaların dökülerek tekrar makine girişine gönderildiği bir bölüm bulunur. Bu geri besleme işlemi sonsuz bir konveyör bant ile sağlanır. Bu işlemde parçalar santrifüj kuvvetinin etkisiyle konveyöre dökülür. Çivili silindire gelen parçalar silindire çarptığında boyutlarıyla doğru orantılı olarak üzerlerine santrifüj kuvveti oluşur. Bu kuvvetin etkisiyle parça, çivili silindir ile ayırma kepengi arasındaki boşluğa fırlar ve altta bulunan konveyör bant üzerine düşer.

Garnet makinesi, testere dişli metal tellerle kaplı, tambur ve silindirlerle donatılmış, az veya çok bükümlü tekstil atıklarını açmak için kullanılan, tarama makinesine benzer bir lif açma makinesidir. Garnet makineleri, tekstil atıklarını daha ince bir şekilde açar. Tamhas şirketine ait garnet geri dönüşüm ve açma makinesi Şekil 9'da verilmiştir.

Şekil 9. Garnet makinesi



Garnet makinasında daha çok yün, akrilik gibi uzun liflerden elde edilen kumaş kırpıntıları açılırken, şifanöz makinasında pamuk, viskon gibi kısa liflerden elde edilen kumaş kırpıntıları açılır. Bazı uygulamalarda şifanözden çıkan lif parçacıkları bir kez daha garnet makinasından geçirilerek ikinci bir açma işlemine tabi tutulur. Bu makinada tekstil atıkları tek tek lif haline getirilir, yani lif karışımına girebilir. Keskin, kavisli metal iğnelerle kaplı iki silindir, makinenin besleme tablasına yerleştirilen atıkları kapalı bir kafes içerisinde dönen bir tambura iletir. Tambur içerisindeki iğneler kırpıntıları tutar, dolaşık parçaları ayırır ve merkezkaç kuvvetiyle kafesin dışına atar.

Son olarak geri dönüştürülen lifler açma makinelerinde açılıp pres makinelerinde balya haline getirilir.

3.2. Termo-mekanik Geri Dönüşüm

Termo-mekanik geri dönüşüm, poliester ve poliamid gibi sentetik malzemeleri eritmek için ısı ve basınç uygulanmasını içerir ve polimerlerin geri kazanılmasını sağlar. Ancak bu teknoloji doğal

lifler (pamuk veya yün gibi) veya rejenere selüloz lifleri (viskon gibi) için uygun değildir. Enerji açısından verimlidir ve geleneksel mekanik geri dönüşüm yöntemlerine kıyasla kalite bozulmasını en aza indirme potansiyeline sahiptir. Termo-mekanik geri dönüşüm, tekstil dışı atıklar (örneğin PET şişeler) için ticari düzeyde iyi kurulmuş olsa da ve tekstiller için gösterilmiş olsa da, PET ile ilgili viskozite sorunları gibi üstesinden gelinmesi gereken teknik zorluklar hala bulunmaktadır. Ek olarak, %99'dan fazla saf veya uyumlu polimer gerektiren katı hammadde gereksinimleri, tekstil geri dönüşümünde potansiyel uygulanabilirliğini sınırlamaktadır.

Tekstil sektöründe en çok tüketilen polimer olan Polietilen Tereftalat (PET) polimeri, çoğunlukla su, meşrubat, yağ vb. sıvı gıdaların paketlenmesinde kullanılan PET ambalajlarından geri dönüşüm tesislerinde PET pelet (çapak, pul) haline dönüştürülebilmektedir. PET peletler, PET şişe atıklarının diğer atıklardan ayrıştırılmasıyla kırma, yıkama, kurutma vb. bir dizi işlem adımıyla sonra elde edilir. Optimum kalitede PET pelet üretimi için PET atıklarının ayrıştırılması önemli ve kritik bir adımdır. Termomekanik geri dönüşüm, sentetik talaşların eriyik ekstrüzyon yöntemi kullanılarak life dönüştürülmesidir. Mekanik yöntemde sentetik peletlerden doğrudan lif elde edilirken, yarı mekanik yöntemde peletler tekrar ince doğrama işlemine tabi tutularak talaş haline dönüştürülür ve lif çekilir. Mekanik yöntemde %99 (1,01 kg pul - 1 kg lif) malzeme verimi elde edilirken, yarı mekanik yöntemde %94 (1,07 kg pul - 1 kg alçı) verimle çalışmaktadır. Ayrıca, malzeme dönüşümü ile lif üretiminde %60'a varan enerji tasarrufu sağlanmaktadır.³² Malzeme dönüşümüyle geri kazanılan poliesterlif r-PET olarak ifade edilir. Hem enerji maliyetlerindeki hem de hammadde maliyetlerindeki düşüşle geri dönüştürülmüş lif üretimi önemli bir ekonomik avantaja sahip bir üretim yöntemi haline gelmiştir. Ayrıca r-PET lifleri daha az içsel enerjiye ve daha az karbon emisyonuna (karbon ayak izine) sahiptir, dolayısıyla çevreye daha az zarar verir.³³ Örnek termomekanik geri dönüşüm makinesi hattı Şekil 10'da verilmiştir.

Şekil 10. Örnek termomekanik geri dönüşüm makinesi hattı



3.3. Kimyasal Geri Dönüşüm

Kimyasal geri dönüşüm, lifleri polimer veya monomer bileşenlerine ayrıştırmak için kimyasal süreçleri kullanan bir dizi farklı teknolojiyi ifade eder. Lifleri polimer aşamasına geri döndüren teknikler arasında, pamuk ve yapay selülozik lifleri (MMCF) çözünen odun hamuruna (DWP)

³²Shen, L., Worrell, E. ve Patel, MK (2010). Açık döngülü geri dönüşüm: PET şişeden lif geri dönüşümünün bir LCA vaka çalışması. Kaynaklar, koruma ve geri dönüşüm, 55(1), 34-52.

³³Roca, E. ve Herva, DM (2015). Tekstil endüstrisindeki Ekolojik Ayak İzleri. Tekstil ve giyim yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) el kitabında (s. 63-82). Woodhead Yayıncılık.

benzer bir hamura geri dönüştürmek için kullanılan hamurlaştırma yöntemleri yer alır ve bu daha sonra MCMF üretmek için kullanılabilir. Çözücü bazlı veya hidrotermal yöntemler gibi diğer süreçler, poliestere ve polipamuk liflerinin PET eriyiğine ve selülozik malzemelere geri dönüştürülmesine olanak tanır ve daha sonra PET poliestere liflerine yeniden döndürülebilir. Metanoliz, glükoliz, hidroliz ve enzimatik reaksiyonlar gibi süreçler dahil olmak üzere lifleri monomer aşamasına parçalayan teknolojiler, poliestere ve poliamidin geri dönüştürülmesine odaklanır. Bu yöntemler, lifler yeniden üretilmeden önce monomerlerden (mono-etilen glükol [MEG] ve saflaştırılmış tereftalik asit [PTA] gibi) PET gibi polimerlere geri dönüşüm için daha fazla işleme gerektirir. Kimyasal geri dönüşüm genellikle mekanik geri dönüşümden daha fazla enerji tüketse de, birincil avantajı neredeyse saf kaliteye eşdeğer liflerin üretilmesidir. Tekstil ürünlerinin tam ölçekli ticari kimyasal geri dönüşümü henüz yaygın olarak uygulanmasa da, çok sayıda şirket hem selülozik malzemeleri (örneğin, Lenzing, Renewcell, Södra ve Infinited Fiber) hem de sentetik malzemeleri (örneğin, Eastman, Erema, WornAgain, Ambercycle, Gr3n ve Circ) hedefleyen pilot projeler ve ticari tesisler geliştirmektedir.³⁴

Kimyasal geri dönüşüm, polimerlerin parçalandığı (poliesterde olduğu gibi) veya çözüldüğü (pamuk ve viskon gibi) bir işlemdir. Bu yöntem, bakir malzemelerden yapılanların kalitesine uyan lifler üretebilir. Sınıflandırılmış tekstil atıkları, ahşap panel yapıştırıcılarında kullanılan protein bazlı lifler ve biyoetanol üretimi için kullanılabilen selüloz lifleri gibi kaynakları geri kazanmak için kimyasal olarak işlenebilir.³⁵ Tekstil atığının kimyasal geri dönüşümü, mekanik geri dönüşümle ilişkili bazı sınırlamaları ele alan umut verici bir alternatif sunar. Bu işlem, polimerik atığı kimyasal bileşimini değiştirerek dönüştürmeyi ve böylece onu yeni polimerler oluşturmak için hammadde görevi görebilecek monomerlere dönüştürmeyi içerir. Kimyasal geri dönüşüm yoluyla lifler monomerlere veya yapı taşlarına parçalanabilir ve daha sonra eşit veya daha yüksek kalitede olabilen yeni liflere yeniden polimerize edilebilir. Bununla birlikte, boyalardan, yumuşatıcılardan, kırışıklık önleyici maddelerden ve diğer yaygın katkı maddelerinden kaynaklanan tehlikeli maddelerin kimyasal geri dönüşüm süreci sırasında kalıcı olma veya yayılma riski vardır. Tekstil atıklarındaki kimyasalların varlığı geri dönüşüm çabalarını engelleyebiliyor, ancak bunların özel etkileri ve bu süreçleri ne ölçüde etkiledikleri konusundaki anlayışımız sınırlı kalıyor.³⁶

Renk sıyırma, tekstil endüstrisinde boyama veya baskı işlemleri sırasında ortaya çıkan çeşitli ton farklılıklarını düzeltmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve etkili bir renk giderme tekniği olarak hizmet eder. Ancak, bu yöntemler geri dönüşüm amaçları için kapsamlı bir şekilde uygulanmamıştır. Tekstil atıklarından rengi giderme teknolojileri arasında boya imhası ve ekstraksiyonu yer alır.³⁷ Oksidasyon ve fotodegradasyon gibi boya imha teknikleri polimerlere zarar verebilir ve rejenerasyon tekstillerinin boyanabilirliğini etkileyebilir. Buna karşılık, boya çıkarma daha az lif hasarına neden olma eğilimindedir, ancak yüksek boya çözünürlüğüne sahip çözücüler gerektirir ve tipik olarak boyayı tekstillerden yalnızca kısmen giderir. Reaktif boyaların başarılı bir şekilde sıyırılması, 80°C ila 100°C'lik yüksek sıcaklıklarda sodyum hidroksit ve sodyum hidrosülfid kullanılarak kombine bir indirgeyici işlemle %89-94 verimlilikle elde edilmiştir. Määtänen ve ark. Çeşitli kimyasal işlemlerin bir kombinasyonunun kullanılmasıyla, alkali, asidik, hidrojen peroksit, ozon ve ditiyonit yöntemleri dahil olmak üzere, vat, reaktif ve direkt boyaların tekstillerden etkili bir şekilde çıkarılabileceği bildirilmiştir.³⁸ Ancak, bu işlemler kumaşa mukavemet, ağırlık ve boncuklanma direnci derecelerinde azalmalar dahil olmak üzere hasara neden olabilir. Araştırmacılar, boya sıyırma sırasında lif hasarını en aza indirmek için yöntemler araştırmaktadırlar. Örneğin, Mu ve Yang, çözücü kullanımını ve sıcaklığı kontrol ederek, sırasıyla

³⁴Hedrich, S., Janmark, J., Langguth, N., Magnus, KH ve Strand, M. (2022). Avrupa'da tekstil geri dönüşümün ölçeklendirilmesi - atıkları değerlendirmek. McKinsey's, 14.

³⁵Juanga-Labayen, JP, Labayen, IV, & Yuan, Q. (2022). Tekstil geri dönüşüm uygulamaları ve zorlukları üzerine bir inceleme. *Tekstiller*, 2(1), 174-188.

³⁶Baloyi, RB, Gbadeyan, OJ, Sithole, B., & Chunilall, V. (2024). Atık tekstil kumaşları için geri dönüşüm teknolojilerindeki son gelişmeler: Bir inceleme. *Textile Research Journal*, 94(3-4), 508-529.

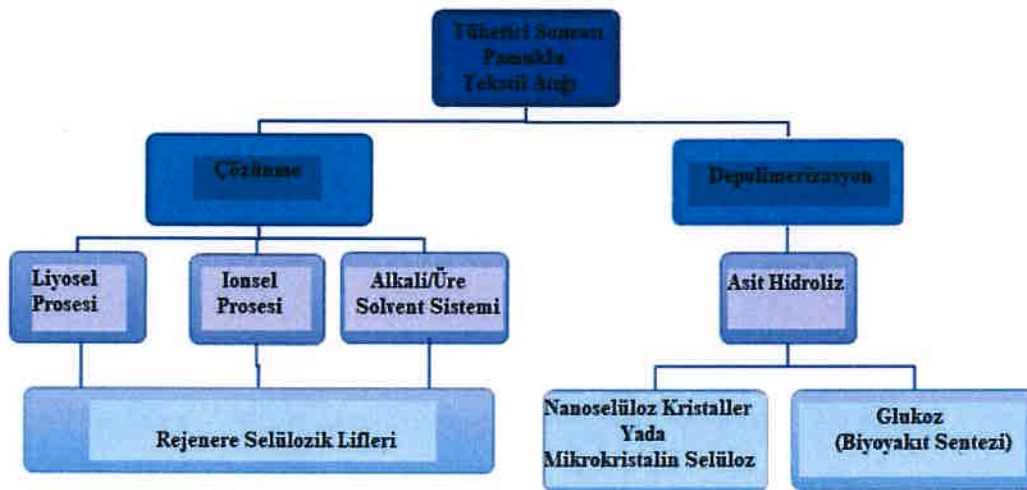
³⁷Tayyaba, N., Younas, T. ve Ali, S. (2021). Reaktif boyalarla boyanmış selüloz kumaşın kimyasal renk soyulması. *Uluslararası Bilim ve Yenilikçi Araştırma Dergisi (IJESIR)*, 2(5), 4-16.

³⁸Määtänen, M., Asikainen, S., Kamppuri, T., Ilen, E., Niinimäki, K., Tanttu, M. ve Harlin, A. (2019). Döngüsel ekonomiye yönelik yönetim: pamuk atıklarının rengini giderilmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Dergisi*, 23(2), 134-152.

PET, poliamid 6,6 ve pamuk liflerinden dispers, asit ve direkt boya ları tamamen ortadan kaldı rabileceklerini göstermiştir.³⁹Boya çıkarma üzerine yapılan son çalışmalar, ozon destekli bir yöntem kullanarak pilot öl çekte tekstil kumaş larının renk giderme iş lemini gerçekleştiren çalışmalarını iç ermektedir. Powar ve ark., asidik bir çözeltide ozon destekli bir yaklaşı mla pigment baskılı selülozik tekstillerin %90'ının üzerinde renk gidermesini baş armıştır.⁴⁰He ve ark. UV/Na₂S₂O₄ fotokatalitik sisteminin sabitlenmiş reaktif boya ları etkili bir şekilde sıyrıp pamuk liflerinde nispeten yüksek çekme mukavemeti sağlayabileceğini bulmuştur.⁴¹Ek olarak, pamuk atıklarından reaktif boya ların ardış ık alkali asit sıyrılmasının ç apraz bağ lı tekstil yüzeylerini etkili bir şekilde sıyrıldığı bildirilmiştir.

Pamuklu kumaş ların rejenerasyon liflerine kimyasal geri dönüşümü umut verici bir yaklaşı m sunmaktadır. Ancak, pamuk liflerinin yaygın çözücülerde çözünmesi, selüloz makromoleküllerinde bulunan güçlü molekül iç i ve molekül ler arası hidrojen bağ ları nedeniyle zordur. Pamuk için kimyasal geri dönüşüm yöntemleri, öncelikle çözücülerde polimer çözünmesi veya glikoz monomerlerinin depolimerizasyonu yoluyla selüloz çözünmesine odaklanır. Çözünme için çözücüler kullanıldığında, iş lem kimyasal olarak modifiye edilmiş veya saf bir selüloz lif ürünü verebilir ve bu daha sonra rejenerasyon veya geri dönüş türülmüş yapay selüloz lifleri üretmek için hammadde olarak kullanılabilir. Bu, Lyocell iş lemi, alkali/üre yöntemi veya iyonik sıvı iş lemi dahil olmak üzere çeş itli sistemlerle gerçekleşt irilebilir. Son zamanlarda, Lyocell iş lemi yaygın viskoz teknolojisine basit bir fiziksel alternatif olarak ortaya çı kmış ve CS₂, H₂S ve ağır metaller gibi tehlikeli yan ürünler üretmeden selüloz liflerinin rejenerasyonuna olanak sağlamıştır. Lyocell ve iyonik sıvı prosesleri, selülozik liflerin kimyasal geri kazanımı için incelenen birincil teknolojiler haline gelmiştir.⁴²Pamuğun kimyasal geri dönüşümüne genel bir bakış Ş ekil 11'de gösterilmiştir.

Ş ekil 11. Pamuğun kimyasal geri dönüşümü⁴³



Ş u anda, yün atıklarının kimyasal geri dönüşümü yaygın olarak uygulanmamaktadır. Bununla birlikte, biyomalzemeler, yapıştırıcılar ve reçinelerdeki uygulamalar için yün keratininin geri kazanımı sınırlı bir öl çekte araştırılmış ve gösterilmiştir. Yün keratinin rejener protein lifleri

³⁹Mu B, Yang Y. Atıktokstillerin maliyet kengeri dönüşümü için polimerik malzemelerden renklendiricilerin tamamen ayrılması. Chem Eng J 2022; 427: 131570.

⁴⁰Powar, A., Perwuelz, A., Behary, N., vinh Hoang, L., Aussenac, T., Loghin, C., ... & Chen, G. (2021). Ozon destekli iş lem kullanılarak pigment baskılı pamuklu kumaş ın renk soyulması üzerine araştırma: Renk giderme ve karakterizasyon üzerine bir çalış ma. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 16, 1558925021992757.

⁴¹He, Z., Li, M., Zuo, D., Xu, J. ve Yi, C. (2019). Renk solması ozonlamasının reaktif boya lı pamuğun renk verimi üzerindeki etkileri. Boyalar ve Pigmentler, 164, 417-427.

⁴²Schuch, AB (2016). Pamuğun kimyasal geri dönüşümü. Revista Produção e Desenvolvimento, 2(2), 64-76.

⁴³Le, K. (2018). Tekstil geri dönüşüm teknolojileri, boyama ve terbiye yöntemleri. Katı Atık Hizmetleri. Vancoover, 23-50.

üretmek için başarılı bir kimyasal geri dönüşümü henüz elde edilmemiş olsa da, yün liflerinden keratin çıkarıldığına dair raporlar olmuştur.

Yün lifi, diğer keratin kaynaklarına kıyasla belirgin şekilde yüksek bir sistein içeriğine (%10-15) sahip olan %82 keratinden oluşur.⁴⁴ Protein zincirlerindeki sistein, güçlü disülfür bağları ile bağlanır ve yün keratini için düşük çözünürlükle sonuçlanan benzersiz, sıkıca paketlenmiş hiyerarşik bir yapı oluşturur. Beta tabakalarına sahip diğer keratin yapılarından farklı olarak, yün keratini ağırlıklı olarak bir alfa heliks konfigürasyonu benimser. Keratin bağlantılarını bozmak için indirgeme, oksidasyon, sülfitoliz (veya oksidatif sülfitoliz), kupramonyum ve iyonik sıvı reaktifleri dahil olmak üzere çeşitli teknikler araştırılmıştır. Bağlantılar koptuktan sonra, keratin diğer malzemelerle harmanlanmak üzere çözeltide tutulabilir ve bu da doğrudan eğirmeye olanak tanır. Islak eğirme, genellikle diğer polimerlerle karıştırılmış keratin liflerini yeniden oluşturmak için kullanılırken, elektroegirme, dokunmamış tekstiller için uygun ultra ince lifler üretmek için kullanılmıştır.⁴⁵

Poliesterin depolimerizasyon yoluyla kimyasal geri dönüşümü, özellikle PET şişelerden üretilen önemli miktardaki atık nedeniyle kapsamlı araştırmaların odak noktası olmuştur.⁴⁶ Bu kimyasal geri dönüşüm teknikleri, PET'in kalitesinden ödün vermeden depolimerizasyon yoluyla monomerlere geri dönüştürülmesini sağlar. PET'i parçalamak için üç temel yöntem hidroliz, alkoliz ve glikolizdir. Ancak, yalnızca hidroliz PET monomerlerini, tereftalik asidi (TPA) ve etilen glikolü (EG) etkili bir şekilde parçalayabilir. Atık kumaşlardan elde edilen PET'in kimyasal geri dönüşümü yaygın olarak uygulanmasa da, bazı araştırmacılar bu teknolojiyi araştırmıştır. Örneğin, Li ve arkadaşları renkli PET kumaşlarını yüksek saflıkta TPA'ya dönüştürmek için hidroliz, reaktif işleme ve renk gidermeyi birleştiren başarılı bir yaklaşım geliştirdiler.⁴⁷

PET için kimyasal geri dönüşümün önemli bir dezavantajı, bu yöntemlerin depolimerizasyon işlemi için toksik parçalayıcı maddelerin kullanımıyla birlikte yüksek basınç ve yüksek sıcaklık koşullarını gerektirmesidir. Ek olarak, bu yöntemler genellikle ürün geri kazanımı için saflaştırma ve ayırma adımları gerektirir ve bu da potansiyel çevresel tehlikelere yol açar. Buna karşılık, mekanik geri dönüşüm daha az enerji yoğun olup kimyasal geri dönüşümden daha az kaynak gerektirir ve bu da daha düşük genel maliyetlerle sonuçlanır. Mekanik geri dönüşüm için teknik altyapı gereksinimleri de asgari düzeydedir, çünkü bu süreç ortaya çıkan, teknik olarak zorlu ve ekonomik olarak uygulanamaz kimyasal yöntemlere kıyasla iyi yerleşmiştir. Mekanik geri dönüşüm, çözünme için asitler ve çözücüler gibi toksik kimyasallar kullanılmadan plastik atıkları parçalar. Bu nedenle, mekanik geri dönüşüm genellikle PET'i işlemek için tercih edilen yöntemdir. PET geri dönüşümüyle ilgili geri dönüşüm teknolojileri Şekil 12'de gösterilmiştir.

Şekil 12. PET geri dönüşümüne yönelik teknolojiler .⁴⁸

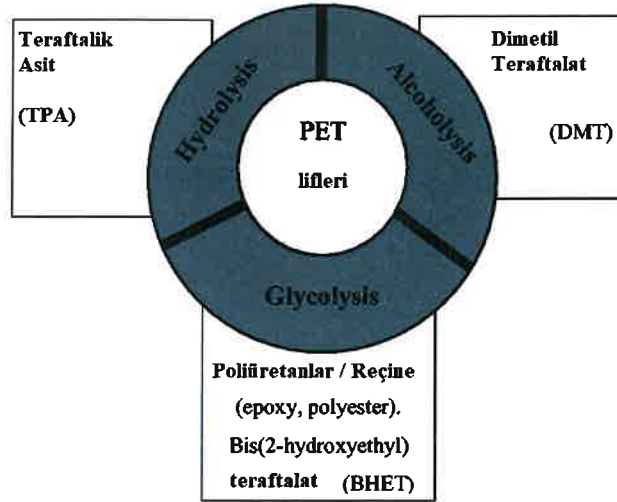
⁴⁴Wang, Q., Zhang, L., Wang, Q., Liu, Y., & Zhu, P. (2020). Sodyumsülfürsistemiileatık yünün çözünmesi ve geri kazanılması üzerine çalışma. *Ferroelektrikler*, 562(1), 114-124.

⁴⁵Goyal S, vd. Yünden keratin ekstraksiyonu ve film oluşumundavekompozit malzeme işleme için elektrospinningtebiyopolimer olarak kullanımı.

⁴⁶Geyer, B., Lorenz, G., & Kandelbauer, A. (2016). Poli (etilen tereftalatın) geri dönüşümü – Kimyasal yöntemlere odaklanan bir inceleme. *Express Polymer Letters*, 10(7), 559-586.

⁴⁷Li, Y., Yi, H., Li, M., Ge, M., & Yao, D. (2022). Yüksek saflıkta tereftalik asit sentezi için renkli poli (etilen tereftalat) kumaşlarının eş zamanlı bozunum verimliliğini. *Temiz Üretim Dergisi*, 366, 132985.

⁴⁸Baloyi, RB, Gbadeyan, OJ, Sithole, B., & Chuniwall, V. (2024). Atık tekstil kumaşları için geri dönüşüm teknolojilerindeki son gelişmeler: Bir inceleme. *Textile Research Journal*, 94(3-4), 508-529.



Polimerleri eritip yeni tekstil liflerine dönüştürerek geri dönüştürmek, kontaminasyon nedeniyle genellikle zordur ve bu da monomer geri dönüşümünü karışık tekstiller için tek uygulanabilir seçenek haline getirir. Karışık kumaşlar genellikle pamuk ve yün gibi doğal liflerin yanı sıra poliakrilikler, poliesterler ve poliamidler gibi hidrolize edilebilir sentetik liflerden oluşur. Atık tekstil kumaşları için kimyasal geri dönüşümün ticari gelişimi, malzemenin bileşenlerinin karmaşıklığı nedeniyle sınırlıdır ve doğal liflerden sentetik polimerleri çıkarmak için pahalı ayırma işlemleri gerektirir. Ek olarak, kumaş atıklarından kimyasalları ve kirleticileri ortadan kaldırmak için çeşitli ön işleme adımları gerekir ve bu da maliyetleri daha da artırır. Sonuç olarak, sıvı yakıt üretmek için piroliz, büyük ölçüde doğal liflerin biyokütlesinde bulunan yüksek oksijen içeriğinden dolayı tercih edilen bir yöntem değildir.

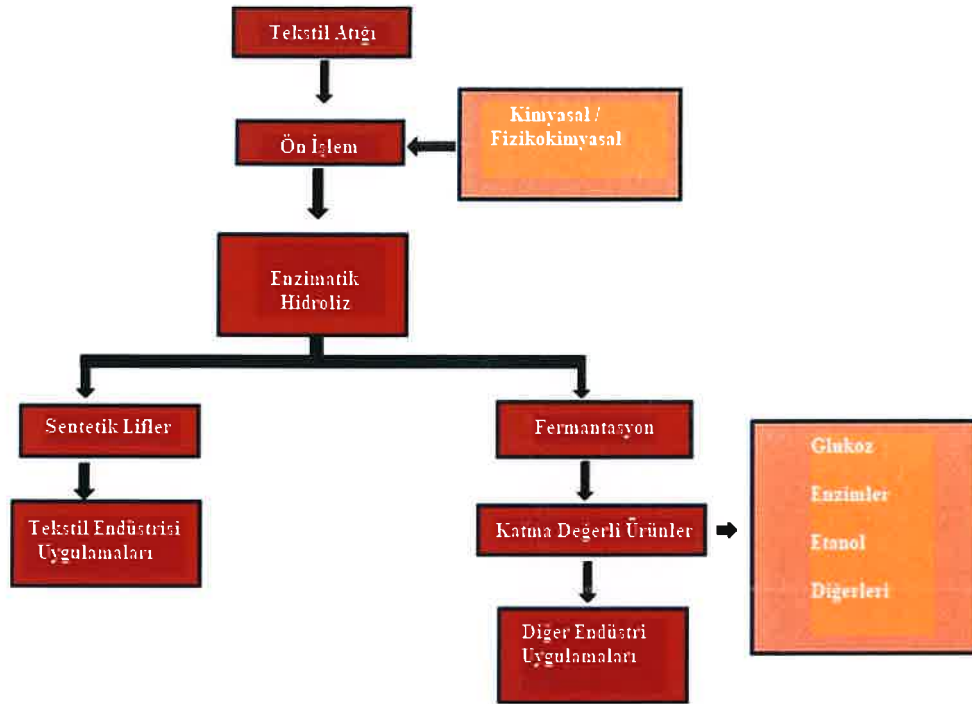
3.4. Biyokimyasal Geri Dönüşüm

Enzimler, ömrünü tamamlamış tekstilleri monomerik yapı taşlarına dönüştürmek için depolimerize edilebilir ve bu da daha sonra glikoz ve biyoetanol gibi katma değerli ürünlerin yaratılmasında kullanılabilir. Biyolojik süreçlerin temel avantajlarından biri, genellikle düşük enerji gereksinimleri, zararsız çözücülere ve kimyasallara bağımlılık ve fosil yakıtlar yerine yenilenebilir kaynakların kullanılmasıdır. Ek olarak, bu yöntem oldukça seçicidir ve bu da onu karışık tekstil atıklarını ayırmak için etkili bir seçenek haline getirir. Ancak, bu teknoloji doğal polimerlerle sınırlıdır, pahalı olma eğilimindedir ve kimyasal geri dönüşüme kıyasla daha yavaş reaksiyon sürelerine sahiptir.⁴⁹ Selüloz bazlı tekstil malzemelerini şekerlere hidrolize edebilen selüloz enzimleri, katı hal fermantasyonu yoluyla geliştirilmiştir. Şekil 13, biyokimyasal geri dönüşüm yoluyla selülozik atıktan üretilebilen çeşitli katma değerli ürünleri göstermektedir.

Şekil 13. Biyokimyasal geri dönüşüm süreci.⁵⁰

⁴⁹Harmen, P., Slottje, C., Baggerman, M. ve Sillekens, E. (2021). Tekstillerin biyolojik bozulması: vetekstil geri dönüşümüyle ilgili (No. 2220). Wageningen Gıda ve Biyobazlı Araştırma.

⁵⁰Baloyi, RB, Gbadeyan, OJ, Sithole, B., & Chunilall, V. (2024). Atık tekstil kumaşları için geri dönüşüm teknolojilerindeki son gelişmeler: Bir inceleme. Textile Research Journal, 94(3-4), 508-529.



Teoride, biyokimyasal geri dönüşüm tekstilleri doğal olarak çevreden yok etme potansiyeline sahiptir. Ancak, mevcut lif karışımı çoğunlukla sentetik malzemelerden oluşur ve daha az oranda doğal polimerler bulunur ve bunlar biyolojik bozunmaya daha uygundur. Sonuç olarak, bu teknolojinin pratik uygulaması hala sınırlıdır. Şu anda, tekstil kumaşlarının biyokimyasal geri dönüşümü için ticari bir operasyon yoktur.

4. FİNLANDİYA'DA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Tekstil atık yönetimi, ülkenin sürdürülebilirlik hedefleri ve Avrupa Birliği düzenlemeleri doğrultusunda Finlandiya için giderek artan bir önceliktir. Tekstil endüstrisi, yüksek kaynak tüketimi, kirlilik ve atık üretimi ile çevresel bozulmaya önemli bir katkıda bulunmaktadır. Bu sorunları hafifletmek için Finlandiya, geri dönüşümü, yeniden kullanımı ve sürdürülebilir üretimi önceliklendiren dögüsel bir ekonomi çerçevesi oluşturmak için proaktif önlemler almıştır. Hükümet girişimleri, kurumsal sorumluluk programları ve tüketici farkındalık kampanyalarının tümü, tekstil geri dönüşüm uygulamalarını iyileştirmede hayati rol oynamaktadır. Finlandiya'da daha sürdürülebilir bir tekstil sektörüne geçiş, hükümet kurumları, özel şirketler, sivil toplum kuruluşları (STK'lar) ve tüketiciler dahil olmak üzere çok sayıda paydaşı içermektedir.

Finlandiya'daki tekstil tüketimi, Finlandiya Çevre Enstitüsü'ne göre son yıllarda nispeten istikrarlı kalmış ve kişi başına düşen yıllık tüketim yaklaşık 11,3 kg olmuştur.⁵¹ Bu ihtiyaçların bir sonucu olarak ortaya çıkan tedarik zinciri kavramı buraya kadar birçok şekilde tanımlanmıştır. Finlandiya'daki tekstil tüketiminin kategoriye göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Finlandiya'da tekstil tüketiminin dağılımı⁵¹

Tekstil Türü	Kişi Başına Tüketim (kg)
Giyim	7,2
Ev Tekstili	4,1
Endüstriyel Tekstiller	2,5

⁵¹FinlandiyaÇevreEnstitüsü (SYKE). (2022). TekstilTüketimiveAtıkYönetimiRaporu. <https://www.syke.fi> adresinden alındı.

Tabloda görüldüğü gibi, tekstil tüketiminin kategoriye göre dağılımı, giyim ürünlerinin en büyük payı oluşturduğunu, bunu ev tekstili ve endüstriyel tekstillerin izlediğini vurgulamaktadır. Tekstil tüketimi, mevsimsel değişiklikler, moda trendleri ve sürdürülebilirlik konusunda artan tüketici farkındalığı gibi birden fazla faktörden etkilenmektedir. Finlandiya'da ikinci el giyim satın alımlarında artış ve aşırı tekstil üretimi ve tüketimini azaltmayı amaçlayan yavaş modanın benimsenmesi görülmüştür. Tüketici davranışı çalışmaları, ikinci el pazarlarına, kiralama hizmetlerine ve giyim onarım girişimlerine olan ilginin artmasıyla birlikte sürdürülebilir moda olan talebin arttığını göstermektedir. Finlandiya hükümeti ayrıca sürdürülebilir markalara teşvikler ve hızlı modanın çevresel etkisi hakkında artan farkındalık yoluyla etik satın almayı teşvik etmiştir. Ek olarak, büyük ölçekli moda perakendecileri tüketicilerin eski tekstil ürünlerini geri dönüşüm için iade etmelerine olanak tanıyan geri alma programları başlatmıştır.⁵¹

2019 yılında Finlandiya'nın toplam tekstil tüketimi yaklaşık 130 milyon kilogramdı ve haneler bunun %53'ünü, endüstriler ise %47'sini oluşturuyordu. Ortalama olarak, her Fin yılda 11,3 kilogram yeni giyim ve ev tekstili tüketiyordu. Aynı yıl 85.770 ton kullanım ömrü dolmuş tekstil ürünü görüldü ve bunların %82'si yeniden kullanım veya geri kazanım için Finlandiya'da kalırken kalan %18'i ihraç edildi. Özellikle, bu kullanım ömrü dolmuş tekstil ürünlerinin yaklaşık %60'ı karışık atıklarla birlikte yakıldı ve bu da geri dönüşüm önlemlerinin iyileştirilmesi gerektiğinin altını çizdi.⁵² Finlandiya'daki tekstil atığı rakamları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Finlandiya'da tekstil atık miktarları⁵¹

Atık Kategorisi	Miktar (ton)	Yüzde (%)
Tekrar Kullanılabilir Tekstiller	18,870	%22
Yakılan Tekstiller	51,462	%60
Geri dönüştürülmüş tekstiller	10,292	%12
Çöp sahasına atılan tekstiller	5,146	%6

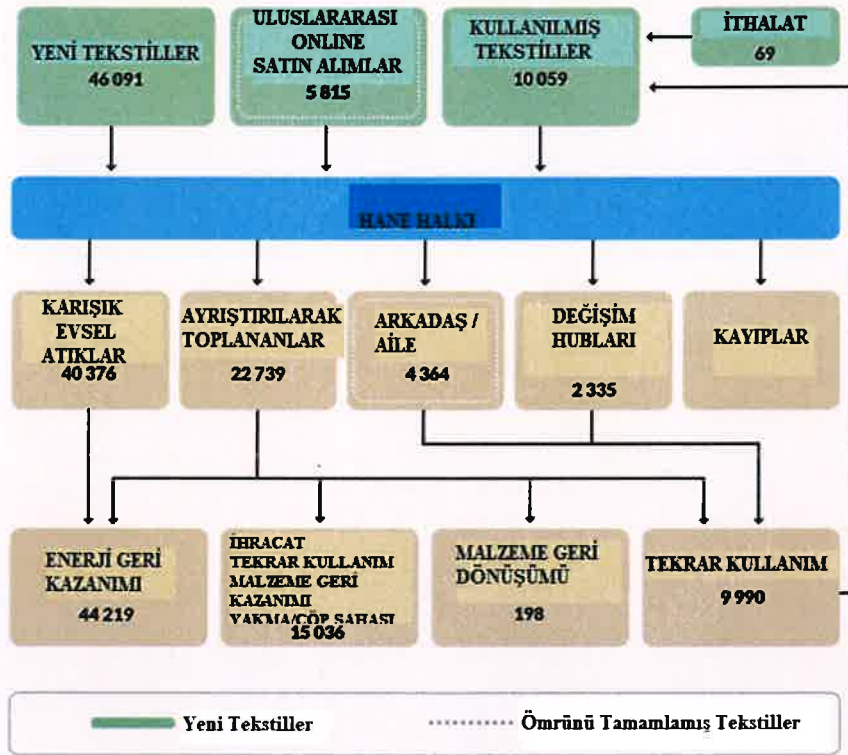
Tabloda verildiği gibi, bu atık yeniden kullanım, yakma, geri dönüşüm ve çöplük gibi çeşitli yöntemlerle yönetilmektedir. Yakma, tekstil atıklarının bertarafı için baskın yöntem olmaya devam etmekte olup, özellikle karbon emisyonları olmak üzere çevresel etkisi konusunda endişelere yol açmaktadır. Ancak Finlandiya, geri dönüşüm altyapısını iyileştirmek ve mekanik ve kimyasal geri dönüşüm tekniklerinin kullanımını artırmak gibi alternatif atık yönetimi çözümlerini teşvik etmek için aktif olarak çalışmaktadır. Finlandiya'daki tekstil döngüsü Şekil 14'te verilmiştir.

Şekil 14. Finlandiya'daki tekstil akışları.⁵³

⁵²Dahlbo, H., Rautiainen, A., Savolainen, H., Oksanen, P., Nurmi, P., Virta, M. ve Pokela, O. (2021). Finlandiya'da tekstil akışı 2019.

⁵³Helena Dahlbo, Aija Rautiainen, Hannu Savolainen ym (2021): Finlandiya'da tekstil akışları 2019. Turku Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nden raporlar 276, 2021.

2019 Yılında Finlandiya'da Tekstil Akışı



Finlandiya'da tekstil atığı oluşumuna katkıda bulunan başlıca faktörler şunlardır:

- **Hızlı moda ve seri üretim:** Hızla değişen trendler, giysilerin daha fazla elden çıkarılmasına yol açıyor.
- **Sınırlı tüketici bilinci:** Birçok tüketici, yeniden kullanma veya geri dönüştürmeyi tercih etmek yerine hâlâ tekstil ürünlerini atıyor.
- **Uygun geri dönüşüm altyapısının eksikliği:** Tekstil geri dönüşüm merkezleri mevcut olsa da kırsal alanlarda erişilebilirlik zor olabilir.
- **Ürün dayanıklılığı ve bileşimi:** Geri dönüştürülemeyen karışık lifli tekstiller, çöp sahalarına daha fazla katkı sağlar.⁵⁴

Finlandiya, politika reformları, altyapı iyileştirmeleri ve tüketici katılım stratejileri aracılığıyla sürdürülebilir atık yönetimine odaklanmasını istikrarlı bir şekilde artırmaktadır. Birkaç önemli eğilim aşağıda belirtilmiştir.

- **Ayrı tekstil atığı toplamada büyüme:** Özel toplama noktalarının uygulanması, ayırma verimliliğini artırdı ve çöp sahalarına gitmekten kurtarılan tekstil atıklarının hacmini artırdı.
- **Tekstil ürünlerinin yeniden kullanımında ve satışında artış:** İkinci el kıyafet satışları, kiralık mankenler ve tekstil onarım hizmetleri için platformlar popülerlik kazanmış ve bu durum yeni tekstil üretimine olan talebi azaltmıştır.
- **Tekstilden tekstile geri dönüşüme yatırım:** Lif geri dönüşüm teknolojisindeki gelişmeler, kullanılmış tekstillerin yeni ürünler için hammaddeye dönüştürülmesini sağlayarak, bakir kaynaklara olan bağımlılığı azaltmıştır.⁵³

⁵⁴FinlandiyaÇevreBakanlığı. (2023). Ulusal Sürdürülebilirlik veDöngüsel Ekonomi Stratejisi. Helsinki: ÇevreBakanlığı.

4.1. Finlandiya'nın Tekstil Geri Dönüşüm Altyapısı

AB mevzuatına göre, üye devletlerin Ocak 2025'e kadar ayrı bir tekstil toplama sistemi kurmaları gerekiyor. Ancak Finlandiya, 2021'de belediyelerin Ocak 2023 gibi erken bir tarihte ayrı tekstil toplamaya başlamasını zorunlu kılan bir yasa çıkararak proaktif bir yaklaşım benimsedi. Eysel tekstil atıklarını yönetme sorumluluğu belediye atık yönetim yetkililerine aittir. Finlandiya'daki bazı belediyeler, zorunlu programdan önce ayrı tekstil toplama sistemlerini pilot olarak uyguladı ve uygulamaya koydu.⁵⁵

Helsinki Bölge Çevre Hizmetleri (HSY), çeşitli tekstil atığı toplama stratejilerini değerlendirmek ve geliştirmek için 2019'da toplama pilot programları başlattı. O zamandan beri HSY, verimlilik ve erişilebilirliği sağlamak için farklı yöntemleri test ederek toplama ağını geliştirmeye ve genişletmeye devam etti. 2025'e kadar ayrı tekstil atığı toplama konusundaki AB direktifine uymak için Finlandiya, 2023'te organize bir tekstil toplama ve ayırma sistemi başlattı.⁵⁶ Bu sistemin temel bileşenleri şunlardır:

- Büyük şehirlerde ve kırsal alanlarda belediye tekstil atığı toplama merkezlerinin kurulması (Finlandiya Çevre Bakanlığı, 2023).
- Tüketicileri indirim veya mağaza kredisi karşılığında eski kıyafetlerini iade etmeye teşvik eden perakendeci liderliğindeki toplama programları (SYKE, 2022).
- Hayır kurumları, kâr amacı gütmeyen kuruluşlar ve sosyal girişimler aracılığıyla bağış tabanlı tekstil yeniden kullanım girişimlerinin genişletilmesi (NordicCouncil, 2021).
- Tekstil atıklarının kategorilendirilmesi ve geri dönüşümünde verimliliğin artırılması amacıyla yapay zeka destekli ayıklama tesislerinin geliştirilmesi.

Finlandiya'da kullanım ömrü dolmuş tekstil ürünlerinin toplanması öncelikle UFF, Kurtuluş Ordusu, Finlandiya Kızıl Haçı ve Fida gibi yardım kuruluşları tarafından yönetilmektedir. Bu kuruluşlar ülke genelinde genellikle RinkiEcoTake-Back noktalarının yakınında veya süpermarketler gibi kentsel alanlarda bulunan toplama noktaları kurmuştur. 2019'da, evsel kullanım ömrü dolmuş tekstil ürünlerinin yaklaşık %44'ü ayrı olarak toplanmış olsa da önemli bir kısmı hala yakma tesislerinde son bulmuştur.⁵⁷

Sıralama verimliliğini artırmak için Helsinki Bölge Çevre Hizmetleri (HSY), kuru, kullanılamaz giysileri ve ev tekstillerini toplar ve bunlar daha sonra ön sıralama için atık hizmet merkezlerine taşınır. Daha sonra bu tekstiller, daha fazla işlenmek üzere Turku'daki Lounais-SuomenJätehuolto Oy (LSJH) gibi tesislere gönderilir. LSJH, Telaketju projesinin bir parçası olarak, kullanım ömrü dolmuş tekstilleri mekanik olarak geri dönüştürülmüş lifa dönüştürmeyi amaçlayan bir pilot faz işleme tesisi başlattı.⁵⁸

Yardım kuruluşları tekstil ürünlerinin yeniden kullanımında önemli bir rol oynar. Örneğin, 2020'de UFF, tekstil bağışlarının %95,5'inin yeniden kullanıldığını veya malzeme olarak yeniden kullanıldığını bildirdi. Bu tekstil ürünlerinin yaklaşık %80'i, daha fazla işlenmek veya satılmak üzere Finlandiya, Baltık ülkeleri, Rusya ve Asya'daki toptancılara dağıtıldı. Malzeme geri kazanımı açısından, belediye atık yönetim şirketleri 2019'da kullanım ömrü dolan tekstil ürünlerini ayrı ayrı toplamaya başladı ve o yıl 213 ton, 2020'de ise 416 ton topladı. Ayrıca, öncelikli olarak tekstil kiralama hizmetlerinden yararlanan otel, restoran ve hastane gibi endüstriler 2019'da yaklaşık 1.330 ton tekstil ürünü attı. Bunların %67'si yakıldı, %32'si geri dönüştürüldü ve %1'i yeniden kullanıldı.⁵⁹

⁵⁵Dang, TTT (2023). Finlandiya'da Giyimve Ev Tekstillerinde Döngüsel Ekonomi Uygulaması: LIFE IP CIRCWASTE FinlandiyaProjesininBelirliAmaçlarınıKarşılamaKlinYenidenKullanımUygulamalarınınPlanlanması.

⁵⁶Avrupa Komisyonu. (2022). AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı: AtıkYönetimiKonusundaAvrupaBirliğiPolitikası. AvrupaBirliğiYayın Ofisi.

⁵⁷Heikkilä, P., Heikkilä, J., Kamppuri, T., Kesisaari, A., Määtänen, M., Saarimäki, E. ve Harlin, A. (2024). SürdürülebilirTekstil Geri DönüşümüTeknolojileriveModeli.

Finlandiya'nın Paimio kentinde bulunan İskandinavya bölgesinin en büyük tekstil geri dönüşüm tesisi, tekstil atık yönetiminde merkezi bir rol oynuyor. Rester Oy ve Lounais-SuomenJätehuolto (LSJH) tarafından işletilen bu tesis, yılda 12 milyon kg'a kadar tekstili işleme kapasitesine sahip.⁵⁸ Paimio tesisi, mekanik ve kimyasal tekstil geri dönüşüm yöntemlerine odaklanıyor. Mekanik işlem, tekstilleri yalıtım, otomotiv ürünleri ve endüstriyel tekstillerde yeniden kullanılmak üzere lif malzemeye parçalamayı içeriyor. Bu arada, kimyasal geri dönüşüm, tekstilleri yeni kumaş üretmek için hammaddelere ayırarak saf liflere olan ihtiyacı önemli ölçüde azaltıyor.

4.2. Finlandiya'nın Gelecek Görünümü ve Zorlukları

Mevcut projeksiyonlar, Finlandiya'nın tekstil geri dönüşüm oranının 2030 yılına kadar politika teşvikleri, altyapı yatırımları ve kamuoyu katılım kampanyaları ile %12'den %40'a çıkacağını gösteriyor.⁵⁹ Tekstilde döngüsel ekonomiye ulaşmak için ulusal bir strateji şunları içerir:

- Sorumlu tekstil atığı bertarafı ve sürdürülebilir alışveriş konusunda **tüketici eğitiminin artırılması**.
- Artan atık toplama kapasitesine uyum sağlamak için **tekstil ayırma ve geri dönüşüm tesislerinin ölçeğini büyütmek**.
- Enzimatik ve liftanlıfa geri dönüşüm gibi **tekstil geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi**.
- Kapalı devre tekstil tedarik zinciri oluşturmak için **sektörler ve politika yapıcılar arasındaki iş birliklerini güçlendirmek**.

Finlandiya tekstil geri dönüşümünü desteklemek için çeşitli girişimler başlatıldı:

- **Telaketju Projesi:** Çeşitli paydaşların dahil olduğu bir iş birliği çabası olan Telaketju projesi, tekstil geri dönüşümü için kapsamlı bir ekosistem geliştirmeye odaklanmaktadır. İş modelleri, tüketici davranışı, sürdürülebilir malzemeler, ürün tasarımı ve geri dönüşüm teknolojileri gibi yönleri kapsamaktadır.⁶⁰
- **Paimio Pilot Tesisi:** Şubat 2021'de, İskandinavya'daki ilk büyük ölçekli tekstil atığı işleme tesisi Finlandiya'nın Paimio kentinde faaliyete geçti. Özel bir şirket ile belediye atık yönetimi organizasyonunun ortak girişimi olan tesis, yılda 12.000 ton tekstil atığını işlemeyi hedefliyor ve bu da Finlandiya'nın tekstil atığının yaklaşık %10'unu temsil ediyor.⁶¹
- **Lahti Teşvik Planı:** Lahti şehri, sakinlerine tekstil ürünlerini geri dönüştürmeleri karşılığında yerel hizmetler için kuponlar sunan bir pilot teşvik planı uyguladı. Bu girişim, tekstil geri dönüşüm oranlarında %500'lük kayda değer bir artışa yol açarak teşvik tabanlı yaklaşımların etkinliğini gösterdi.⁶²
- **Telavalue BF projesinin vizyonu,** mevcut tekstil sistemindeki sürdürülebilirlik ve atık sorunlarını döngüsel ekonomi yoluyla çözmektir.⁶³

Telavalue, kamu araştırma projesi ve altı şirket projesinden oluşan Business Finland Ortak İnovasyon projesiydi (Şekil 15). Kamu araştırma projesinin temel hedefleri şunlardır:

- Sürdürülebilir tekstil üretimi, kullanımı ve döngüleri için değer zincirlerini desteklemek ve oluşturmak

⁵⁸Rester Oy ve Lounais-SuomenJätehuolto (LSJH). (2023). Tekstil Geri Dönüşüm Tesisi Raporları. <https://www.rester.fi/adresindenalindi>.

⁵⁹Chioatto, E. ve Sospiro, P. (2023). Atık yönetiminden döngüsel ekonomiye geçiş: Avrupa Birliği yol haritası. Çevre, Kalkınma ve Sürdürülebilirlik, 25(1), 249-276.

⁶⁰<https://telaketju.turkuamk.fi/en/about-telaketju/>.

⁶¹<https://www.hanken.fi/en/news/new-research-explores-third-methods-recycling-unusable-clothing>.

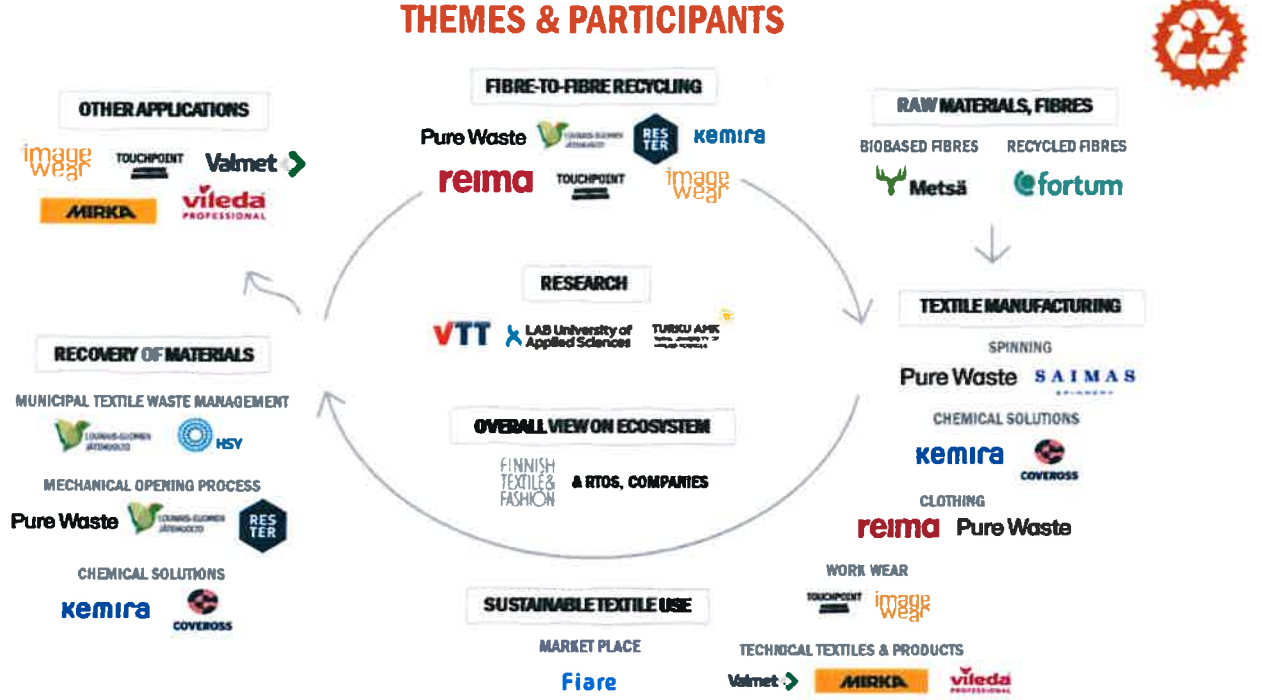
⁶²<https://www.lahti.fi/en/news/swap-in-your-old-towels-for-pool-passes-recycling-rate-goes-up-500-as-lahti-pilots-an-incentive-system-for-used-textiles/>.

⁶³Heikkilä, P., Arvez, E., Hannula, S., Heikinheimo, L., Heinonen, E., Hokkanen, M., & Kamppuri, T. (2024). Telavalue ile Sürdürülebilir Tekstil Sistemine Doğru.

SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEK İÇİN İŞBİRLİĞİ: ORTAKLIKLAR ARACILIĞIYLA TEKSTİL SEKTÖRÜNÜN YEŞİL DÖNÜŞÜMÜNÜ HIZLANDIRMAK

- sürdürülebilir Fin tekstil üretiminin temeli olarak geri dönüştürülmüş ve yeni biyo-bazlı lifleri birleştirin
- döngüsel tasarım ve yeni iş modelleri aracılığıyla verimli ürün kullanımını sağlayın
- Evlerden ve şirketlerden kaynaklanan çeşitli atık tekstil ürünlerinin yanı sıra teknik tekstillerin de geri dönüştürülmesi yoluyla verimli tekstil malzemesi dolaşımının sağlanması.

Şekil 15. Televalue BF projesi⁶³



Finlandiya'nın tekstil geri dönüşümünde kaydettiği ilerlemeye rağmen, hala bazı zorluklar bulunmaktadır⁶⁴:

- **Kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve katılımı** : Geri dönüşüm uygulamalarının yaygın olarak benimsenmesini teşvik etmek devam eden bir çabadır.
- **Sınırlı işleme kapasitesi** : Mevcut tesislerin, artan tekstil atığı hacmini işleyebilmek için genişletilmesi gerekiyor.
- **Geri dönüşüm teknolojisindeki gelişmeler** :Lif geri kazanım oranlarını ve malzeme kalitesini iyileştirmek için yeniliklere ihtiyaç duyulmaktadır.
- **Geri dönüştürülmüş liflerin endüstriyel olarak benimsenmesi** : Daha fazla şirketi geri dönüştürülmüş malzemeleri tedarik zincirlerine entegre etmeye teşvik etmek sürdürülebilirlik açısından hayati önem taşımaktadır (NordicCouncil, 2021).
- **Yüksek üretim maliyetleri** : Tekstil ürünlerinin geri dönüşümünün maliyeti, yeni tekstil ürünleri üretmekten daha yüksek olmaya devam ediyor ve bu durum sektörde yaygın olarak benimsenmesini engelliyor.

Finlandiya, yapılandırılmış politikalar, iyileştirilmiş altyapı ve teknolojik ilerlemeler yoluyla tekstil geri dönüşümünde önemli ilerlemeler kaydetti. Ancak, tamamen döngüsel bir tekstil ekonomisine ulaşmak, paydaşlar arasında sürekli yatırımlar, inovasyon ve iş birliği gerektirir. Sürdürülebilir

⁶⁴Munkholm, L., Lindberg Laursen, B., Christensen, AC, Trab Munk Christensen, A., Slater Christensen, B., Dam Larsen, J. ve Tønder, RA (2023). Kuzey Ülkelerinde Sürdürülebilir Tekstil Girişimlerinin Haritalandırılması. İskandinavBakanlarKonseyi.

çözümleri entegre ederek, geri dönüşüm tesislerini genişleterek ve tüketici katılımını teşvik ederek Finlandiya, tekstil atık yönetiminde diğer uluslara örnek teşkil ediyor. Finlandiya'da tekstil geri dönüşümünün geleceği, sürdürülebilirliğe doğru artan bir kayma, yasal destek ve atık azaltma konusunda endüstri taahhüdü ile umut verici görünüyor.

5. PAIMIO'DA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Paimio, yaklaşık 11.100 nüfusa sahip, Finlandiya'nın güneybatısındaki bir kasabadır ve Turku ile Helsinki arasındaki E18 otoyolu üzerinde yer almaktadır. 240.02 km²'lik bir alana sahip olan Paimio, 1 Ocak 1997'den beri bir kasabadır. Paimio'daki manzara verimlidir ve deniz tabanından çok daha fazladır. Düzlüğü, açık kayalık ormanlık alanlarla - hatta Finlandiya'nın temel manzarasıyla - kırılmıştır. Paimio ayrıca, ulusal kültürel manzara olarak adlandırılan nehir vadisiyle de gurur duymaktadır. Paimio, hizmet seviyesini zamanın gereksinimlerine göre iyi bir şekilde geliştirebilen canlı bir kırsal kasabadır. Aynı zamanda, güvenli ve teşvik edici bir ev bölgesi olarak sakinlerinin refahına da iyi bakmıştır.⁶⁵

Tekstil atıkları dünya çapında kritik bir sorun haline geldi ve her yıl milyonlarca ton atık çöp sahalarına gidiyor. Sürdürülebilir atık yönetiminde lider olan Finlandiya, bu sorunu hafifletmek için önemli adımlar attı. Paimio kasabası, İskandinav bölgesinin ilk endüstriyel ölçekli tekstil rafineri tesisine ev sahipliği yaparak tekstil geri dönüşümünde önemli bir oyuncu olarak ortaya çıktı. Paimio'da büyük ölçekli bir tekstil rafineri tesisinin kurulması, sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarında önemli bir ilerlemeyi temsil ediyor.⁶⁶

2021'de kurulan Paimio tekstil rafine tesisi, Finlandiya'nın sürdürülebilirlik çabalarında önemli bir adım ileriye temsil ediyor.⁶⁷ Rester Oy tarafından Lounais-SuomenJätehuolto Oy (LSJH) ile iş birliği içinde işletilen tesis, yılda 12.000 tona kadar kullanım ömrü dolmuş tekstili işleyecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 16). Bu kapasite, Finlandiya'nın toplam tekstil atığının %10'undan fazlasını oluşturmaktadır.⁶⁸

Şekil 16. Lounais-SuomenJätehuolto Oy⁶⁷



Tesis, hem evlerden hem de işletmelerden gelen tekstil ürünlerinin geri dönüştürülmesinde uzmanlaşmıştır. Evsel atıklar LSJH tarafından yönetilirken, Rester Oy endüstriyel ve ticari tekstil atıklarına odaklanmaktadır. Tesis, eski tekstil ürünlerini yeni uygulamalar için ham maddelere dönüştürmek için gelişmiş mekanik geri dönüşüm süreçleri kullanmaktadır.⁶⁸ Bu model,

⁶⁵<https://www.paimio.fi/en/city-and-administration/>.

⁶⁶YleHaberleri. (2021). Nordics'inenbüyüktektstilgeridönüşümmerkezi Finlandiya'da açıldı. <https://yle.fi/a/3-12172022> adresinden alındı.

⁶⁷Lounais-SuomenJätehuolto. (2021). Finlandiya'daki ilk büyükölçeklikullanımmömrüsonutekstilartırmatesisi. <https://www.recycling-magazine.com> adresinden alındı.

⁶⁸Hanken Ekonomi Okulu. (2023). Yeni araştırma, kullanılamazgiysilerigeridönüştürmek için etkilii yöntemleri araştırıyor. <https://www.hanken.fi/en/news> adresinden alındı.

Finlandiya'nın döngüsel ekonomi hedefleriyle uyumludur ve çevresel zararı en aza indirirken bakır kaynaklara olan bağımlılığı azaltır (Şekil 17).

Şekil 17. Finlandiya'nın Tekstil Döngüsellik Planı ⁶⁷



Paimio tesisi yaklaşık 3.000 metrekarelik bir alana yayılıyor ve son teknoloji mekanik geri dönüşüm teknolojilerini kullanıyor (Şekil 18). ⁶⁷ Süreç, malzemelerin lif bileşimine ve potansiyel son kullanıma göre kategorilere ayrıldığı tekstillerin toplanması ve sınıflandırılmasıyla başlıyor.

Şekil 18. Paimio'nun Tekstil Döngüsellik Tesisi ⁶⁷



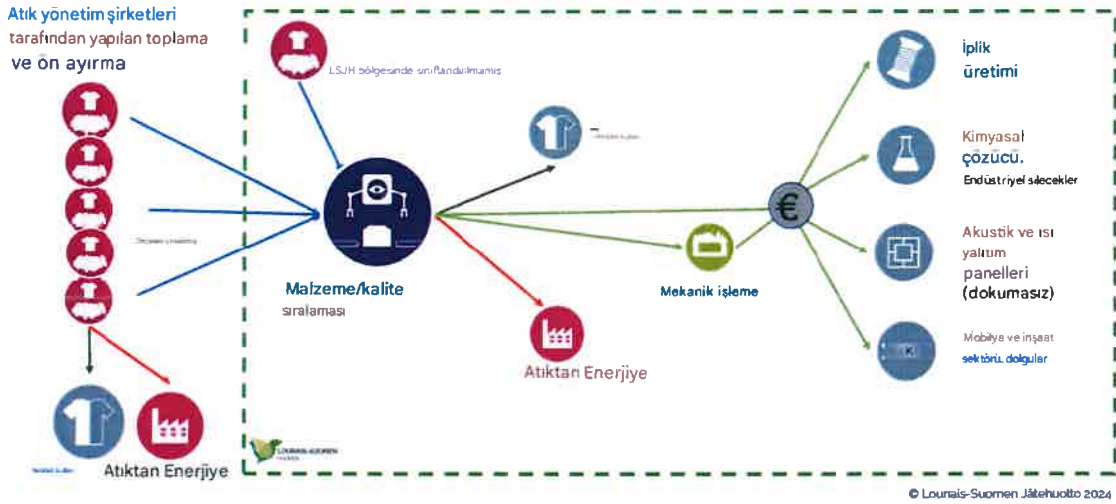
Geri dönüşüm süreci birkaç temel adımdan oluşur:

1. **Toplama ve Sınıflandırma**– Tekstiller belediye programları ve iş ortaklıkları aracılığıyla toplanır. Gelişmiş sıralama teknikleri, kullanılabilir malzemeleri geri dönüştürülemez maddelerden ayırmaya yardımcı olur. ⁶⁶
2. **Parçalama ve Lifleştirme**– Tekstiller, endüstriyel uygulamalara uygun lif haline dönüştürülmeden önce daha küçük parçalara parçalanır. ⁶⁸
3. **Malzemenin Yeniden Kullanımı** – İşlenmiş lifler, yalıtım malzemeleri, dokusuz kumaşlar, kompozitler ve hatta yeni tekstiller üretmek için kullanılır. ⁶⁷
4. **Kalite Kontrol ve Dağıtım** – Son ürünler çeşitli endüstrilere tedarik edilmeden önce sıkı bir kalite kontrolünden geçer. ⁶⁶

Bu süreç, sürdürülebilir ham maddelere ihtiyaç duyan endüstrileri desteklerken tekstil atıklarını önemli ölçüde azaltır. Bu geri dönüşüm süreçleri Şekil 19'da gösterilmiştir.

Şekil 19. Paimio'nun Tekstil Döngüsellik Tesisi Akış Şeması⁶⁹

Belediye atık yönetimi, kullanım ömrü dolmuş tekstil ürünlerinin evlerden toplanması için bir çözüm sunuyor



Paimio tekstil geri dönüşüm girişiminin başlıca faydalarından biri de çevre üzerindeki olumlu etkisidir. Tekstilleri çöplüklerden ve yakma işlemlerinden uzaklaştırarak tesis, karbon emisyonlarının azaltılmasına ve kaynak tüketiminin düşürülmesine katkıda bulunmaktadır.⁷⁰

Paimio'da tekstil geri dönüşümünün çevresel faydalarının karşılaştırmalı analizi şunları göstermektedir:

- **Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması – Geri dönüşüm süreci,** CO₂ emisyonlarına büyük katkıda bulunan tekstil ürünlerinin yakılmasını önler (Lounais-Suomen Jätehuolto, 2021).⁶⁷
- **Su ve Enerji Tasarrufu –** Geri dönüştürülmüş tekstiller, bakir malzemelerin üretimine kıyasla önemli ölçüde daha az su ve enerji gerektirir (Yle News, 2021).⁶⁶
- **Azalan Çöp Sahası Kullanımı –** Tekstil atıklarının çöp sahalarında ayrışması yıllar alır ve geri dönüşüm bu yükün hafifletilmesine yardımcı olur (Hanken Ekonomi Okulu, 2023).⁶⁸

Ayrıca, girişim, 2030 yılına kadar tekstiller için %50 geri dönüşüm oranı hedefleyen Finlandiya'nın ulusal atık yönetim stratejisiyle uyumludur.⁷¹ Belediye atık tesisi kapasite gereksinimi için farklı atık hacmi gelişmeleri için iki senaryo hazırlanmıştır. Bu senaryolar, bu planda (Tablo 3) ortaya konulan 2023 yılına kadar belediye atığı (%55) ve biyolojik atık (%60) için geri dönüşüm hedeflerini hesaba katmaktadır.

Tablo 3 :Atık Planı

2015	Atık miktarı senaryoları 2023	
	2015 Seviyesi	Orta düzeyde

⁶⁹<https://poistotekstiili.lsjh.fi/en/home/>.

⁷⁰Dang, TTT (2023). Finlandiya'da Giyim ve Ev Tekstil Sektöründe Döngüsel Ekonomi Uygulaması: LIFE IP CIRCWASTE Finlandiya Projesinin Belirli Amaçlarını Karşılama İçin Yeniden Kullanım Uygulamalarının Planlanması.

⁷¹Laaksonen, J., Salmenperä, H., Stén, S., Dahlbo, H., Merilehto, K. ve Sahimaa, O. (2018). Geri dönüşüm döngüsel ekonomiye Ulusal Atık Planı 2030.

			büyüme atığı miktar tahmini
Toplam atık miktarı / atık miktarı tahminleri (1000 t)	2738	2738	2947
Geri dönüşüm (biyolojik atıklar dahil)	1095	1506	1621
Biyolojik arıtma	329	510	549
Biyolojik arıtmada ek kapasiteye ihtiyaç var	-	181	220
Diğer geri dönüşümler (biyolojik atıklar hariç)	767	996	1072
Diğer geri dönüşüm tesislerinde ek kapasiteye ihtiyaç var	-	229	305
Enerji geri kazanımı	1314	1095	1179
Çöp sahası	301	137	147

İlk senaryo, atık istatistiklerinde bildirilen 2015'teki atık hacimlerini kullanır. Senaryo, atık üretiminin 2015 seviyelerinde başarıyla durdurulduğunu varsayar. İkinci senaryo, gelecekteki belediye atık hacimlerini modelleyen Atık Hacmi Tahmini'nin 2023'e kadar olan orta atık hacmi büyüme tahminini kullanır.

Geri dönüşüm hedefleri dikkate alındığında, belediye atıklarının biyolojik arıtımı için gereken ek kapasite yaklaşık 180.000 - 220.000 ton olacaktır. Bu, Helsinki Bölgesel Çevre Hizmetleri Otoritesi HSY'nin biyogaz tesisiyle aynı büyüklükte 3-4 yeni tesis inşa etmeye eşdeğerdir. Diğer geri dönüştürülebilir belediye atıkları için 200.000 - 300.000 tonluk ek arıtma kapasitesine ihtiyaç vardır. Özellikle plastiklerin ve bir dereceye kadar lif ambalajların arıtımı ek kapasite gerektirecektir. Genel geri dönüşüm oranını artırmak için tekstil gibi düşük hacimli atıkların geri dönüşümünün artırılması da gerekebilir. Belediye atıkları için enerji geri kazanım kapasitesine duyulan ihtiyaç 1.100.000 - 1.200.000 ton olarak tahmin edilmektedir. Depolama ihtiyacı 140.000 - 150.000 tona düşecektir, bu da üretilen tüm belediye atıklarının %5'inin çöp sahalarına gideceği anlamına gelmektedir.⁷¹

Paimio tekstil geri dönüşüm tesisi başarısına rağmen çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır:

- Operasyonların Genişletilmesi – Tesis yılda 12.000 ton tekstil atığı işlese de bu, Finlandiya'nın toplam tekstil atığının yalnızca küçük bir kısmını temsil ediyor (YLE News, 2021).
- Tüketici Katılımı – Tekstil geri dönüşüm tesislerine ilişkin kamuoyunun farkındalığını ve erişilebilirliğini artırmak hayati öneme sahip olmaya devam etmektedir (Hanken Ekonomi Okulu, 2023).
- Geri Dönüştürülmüş Tekstiller İçin Pazar Geliştirme – Girişimin uzun vadeli sürdürülebilirliği için çeşitli endüstrilerde geri dönüştürülmüş malzemelere yönelik talep yaratmak önemlidir (Lounais-SuomenJätehuolto, 2021).

Paimio'da tekstil geri dönüşümüne yönelik gelecekteki yönelimler arasında toplama ağlarını genişletmek, gelişmiş sıralama teknolojilerine yatırım yapmak ve daha sürdürülebilir bir küresel tekstil tedarik zinciri oluşturmak için uluslararası ortaklarla işbirliklerini teşvik etmek yer alıyor⁷².

Paimio tekstil rafine tesisi, Finlandiya'nın döngüsel ekonomiye doğru yolculuğunda öncü bir girişimdir. Önemli miktarda tekstil atığını işleyerek ve endüstriyel malzemelere dönüştürerek

⁷²Hinkka, V., Aminoff, A., Palmgren, R., Heikkilä, P. ve Harlin, A. (2023). Ömür sonutekstiltedarikzincirineyöneltikertelemevespekülasyonyaklaşımlarınanaraştırılması. Temiz üretimdersisi, 422, 138431..

tesis, yenilikçi atık yönetimi stratejilerinin potansiyeline örnek teşkil etmektedir. Ancak, bu çabaları ölçeklendirmek ve etkilerini en üst düzeye çıkarmak için sürekli yatırım, politika desteği ve kamuoyu katılımı gereklidir.

Finlandiya sürdürülebilirlikte liderliğini sürdürürken, Paimio'nun tekstil geri dönüşüm modeli benzer girişimleri uygulamaya çalışan diğer bölgeler için bir örnek teşkil ediyor. Devam eden ilerlemelerle, kasaba tekstil atık yönetiminin geleceğini şekillendirmede önemli bir rol oynayacak.

Paimio'da tekstil rafineri tesisinin kurulması, aşağıdakileri içeren bir tedarik zincirini öneriyor:

- Gelen Lojistik: Çeşitli kaynaklardan gelen, muhtemelen Paimio'nun ötesinde Finlandiya'nın diğer bölgelerine kadar uzanan kullanım ömrü dolmuş tekstil ürünlerinin toplanması.
- İşleme: Atık tekstil ürünlerinin tekrar kullanılabilir malzemelere dönüştürülmesinde ileri geri dönüşüm teknolojilerinin kullanılması.
- Giden Lojistik: Geri dönüştürülmüş tekstil liflerinin yeni ürün üretimi için endüstrilere dağıtımı.

Bu tedarik zinciri sürdürülebilirliği vurgular ve daha geniş çevresel hedeflerle uyumludur.

Paimio'nun tekstil geri dönüşümündeki rolü, sürdürülebilirliğe odaklanmış yapılandırılmış bir tedarik zincirini göstermektedir. Altyapı ve pazar geliştirmeye sürekli yatırım, bu tedarik zincirini optimize etmek ve uzun vadeli ekonomik ve çevresel faydalar elde etmek için çok önemli olacaktır.

6. TÜRKİYE'DE TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Türkiye'nin tekstil ve hazır giyim sektörleri, imalat sanayinin üretim değerinin %8,8'ini ve katma değerinin %9,9'unu oluşturarak ekonomisi için hayati önem taşımaktadır. Sektör, lif hazırlamadan giyim, ev tekstili ve teknik tekstiller dahil olmak üzere bitmiş tüketim mallarına

kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Türkiye İhracatçılar Meclisi'ne (TİM)⁷³ göre, hem tekstil/hammaddeleri hem de hazır giyim/konfeksiyonları kapsayan Türkiye'nin tekstil endüstrisi, küresel ölçekte nadiren görülen entegre bir üretim sistemine sahiptir. 25.000 tekstil ve hammadde üreticisi ve 52.000 hazır giyim üreticisi ile Türkiye, uluslararası pazarlarda baskın bir oyuncu olmaya devam etmektedir (Şekil 20). Ülke, dünyanın dördüncü büyük tekstil ve hammadde üreticisi ve beşinci büyük hazır giyim ve konfeksiyon ihracatçısı olarak sıralanmakta olup küresel pazarın %3,5'lik bir payına sahiptir. Avrupa Birliği içinde Türkiye, %12'lik bir pazar payına sahip olarak hazır giyim ve konfeksiyon sektörünün üçüncü büyük ihracatçısı konumunu güvence altına alıyor. 2023'teki ekonomik zorluklara rağmen tekstil sektörü, otomotiv ve kimya endüstrilerinden sonra toplam ihracat hacminde üçüncü sırada yer alarak Türkiye'nin ihracatının temel itici gücü olmaya devam etti. Ancak Türkiye'nin hazır giyim ve konfeksiyon ihracatı, 2022'ye kıyasla %9,2 oranında azalarak 19,3 milyar dolara geriledi. Özellikle sektöre özgü ihracatın %59,9'u AB ülkelerine yönelikti ve en çok ihracat yapılan ülkeler Almanya, Hollanda, İspanya, İngiltere ve Fransa oldu. Ayrıca, Türkiye'nin tekstil ve hammadde sektöründen küresel ihracatın 2023'te 10 milyar dolara ulaşması ve birincil ihracat pazarlarının İtalya, Almanya, ABD, İspanya ve İngiltere olması öngörülmüyordu. Türkiye, 2024 yılına yönelik ihracatı destekleyici politikalar, mali disiplin ve stratejik ekonomik tedbirlerle 20 milyar dolarlık ihracat hedefine ulaşarak, özellikle hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe yeni ihracat rekorları kırmayı hedeflemektedir.⁷⁴

Şekil 20. Türk Tekstil Endüstrisi ⁷⁴

Türk tekstil sektörü



Türk tekstil sektöründe; İstanbul, Bursa, Gaziantep, Kahramanmaraş, Uşak, İzmir, Denizli, Adana ve Tekirdağ öne çıkan iller olarak görülüyor; Kahramanmaraş, İstanbul, Gaziantep, Uşak ve Bursa iplik üretimi, Denizli havlu, bornoz, ev tekstili imalatı, Uşak battaniye ve geri dönüşüm, Tekirdağ (Çorlu ve Çerkezköy) terbiye, Adana pamuklu dokuma ve terbiye, Gaziantep

⁷³Sektörel Yol Haritaları: Türkiye'de Tekstil Sektörü. (2021). Suriye Krizine Yanıt Olarak Türkiye Dayanıklılık Projesi (TRP). https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/tr/Sectoral_Roadmaps_Textile_Sector_in_Turkey-re2.pdf adresinden alındı

⁷⁴Türkiye için Özel Rapor. (2024). Premiere Vision SA. <https://www.premierevision.com/en/topic/special-report-turkey/> adresinden alındı

polipropilen, nonwoven yüzey ve makine halısı imalatı, İstanbul hazır giyim ve örme üretiminde yoğunlaşma alanı olarak öne çıkıyor.⁷⁵

2020 TÜİK verilerine göre, Türkiye'de atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde işlenen 127,4 milyon ton atığın 78,3 milyon tonu bertaraf edilirken, 49,1 milyon tonu geri kazanıldı. İşlenen toplam atık miktarı 2018 yılına göre %22 arttı. Düzenli depolama sahalarının toplam kapasitesi 1,2 milyar m3 olarak belirlendi. Toplam 174 adet düzenli depolama sahasında 31,9 milyon tonu tehlikeli atık olmak üzere 77,8 milyon ton atık bertaraf edildi. Atık geri kazanım lisansına sahip ko-insizyon tesislerinde 1,3 milyon ton atığın yakılmasıyla enerji geri kazanımı sağlandı. Kompost ve ko-insizyon tesisleri hariç olmak üzere diğer lisanslı atık geri kazanım tesislerinde toplam 47,6 milyon ton metal, plastik, kâğıt, mineral vb. atık geri kazanıldı. Türkiye'de yılda yaklaşık 1,8 milyon ton tekstil tüketiliyor ve bunun yaklaşık 650 bin tonu atık haline geliyor. Ancak bu atıkların sadece yaklaşık 40.000 tonu toplanıyor ve önemli bir kısmı, yaklaşık 30.000 tonu, çöplüklerde son buluyor. Geri Dönüştürülmüş Pamuk Lifi İhracatında dünyada %18,6'lık bir paya sahip olan Türkiye, aynı zamanda en fazla ihracat yapan ülke konumunda. Geri dönüştürülmüş liflerden elde edilen rejenere iplikler, örme kumaşlar, dokuma kumaşlar, giyim ve çoraplar 62 ülkeye ihraç ediliyor.⁷⁶

Türk hükümeti, 2030 yılına kadar yeni kıyafetlerde en az %30 oranında geri dönüştürülmüş malzeme kullanmayı ve 2035 yılına kadar tekstil sektörünün çevresel ayak izini yarıya indirmeyi amaçlayan programlar başlattı. Bu girişimler, sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi ilkelerini vurgulayan küresel eğilimlerle uyumludur.⁷⁷ Türkiye'deki tekstil geri dönüşüm sektörü, malzeme karmaşıklığı, geri dönüşüm süreçleri sırasında potansiyel kalite kaybı ve ekonomik uygulanabilirlik gibi zorluklarla karşı karşıyadır. Tekstil malzemelerinin çeşitli bileşenleri geri dönüşüm çabalarını zorlaştırır ve mekanik süreçler lif kalitesini düşürebilir. Ayrıca, yüksek maliyetler ve yetersiz altyapı önemli engeller oluşturmaktadır. Daha verimli mekanik ve kimyasal yöntemler de dahil olmak üzere geri dönüşüm teknolojilerindeki gelişmeler, geri kazanılabilen malzemelerin kalitesini ve çeşitliliğini artırmaktadır. Geri dönüşüm altyapısına yapılan yatırımlar artmış, bu da yeni tesislerin kurulmasına ve mevcut tesislerin iyileştirilmesine yol açmıştır.⁷⁸

Türkiye'de tekstil geri dönüşüm faaliyetleri özellikle Uşak ilinde yoğunlaşmıştır. Uşak, Türkiye'de tekstil geri dönüşümünün merkezi olarak kabul edilir ve ülke genelindeki geri dönüşüm faaliyetlerinin büyük bir kısmını üstlenir. Uşak'ta faaliyet gösteren geri dönüşüm tesisleri eski tekstil ürünlerini toplar ve lif ve iplik üretir. Bu ürünler çorap ve ev tekstili gibi alanlarda kullanılır.⁷⁹

6.1. Türkiye'nin Tekstil Geri Dönüşüm Altyapısı

Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm altyapısı, sürdürülebilir atık yönetimini sağlayarak ve kaynak verimliliğini teşvik ederek ülkenin döngüsel ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır. Dünyanın en büyük tekstil üreticilerinden ve ihracatçılarından biri olan Türkiye, sürdürülebilir üretime yönelik artan talebi karşılamak için geri dönüşüm teknolojilerine yatırım yapmaktadır. Türkiye, tekstil atıklarının çevresel etkilerini ele almak için güçlü bir tekstil geri dönüşüm endüstrisi kurmuştur. Ülkenin küresel tekstil üretimindeki güçlü varlığıyla, her yıl önemli miktarda atık üretilmektedir. Bunu önlemek için çeşitli toplama sistemleri ve geri dönüşüm yöntemleri uygulanmaktadır. Tekstil atıkları, belediye toplama noktaları, perakendeci geri alma programları ve endüstriyel tekstil atığı toplama süreçleri aracılığıyla toplanmaktadır. TEMA Vakfı ve Ege

⁷⁵Zafer Kalkınma Ajansı (2019), Uşak İli Tekstil Geri Dönüşüm Sektör Raporu. Kalkınmakutuphanesi'nden alındı: <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/usak-tekstil-geri-donusumraporu-tgdr.PDF>

⁷⁶Uşak Ticaret ve Sanayi Odası, TOBB Veritabanı (2024)

⁷⁷Dışişleri Bakanlığı. (2021). Türkiye'de Tekstil Endüstrisinin Döngüsellüğünün Tanımlanması. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/04/Circulair%20Textiles%20Turkey%202021.pdf> adresinden alındı

⁷⁸Türkiye Tekstil Geri Dönüşüm Pazarına Genel Bakış, 2029 (2024). Bonafide Araştırma ve Pazarlama Küresel Raporu.

⁷⁹ITKIB Hedef (2024). Türk Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Geri Dönüşüm. 368/Temmuz2024

Tekstil Sanayi gibi kuruluşlar, farkındalığı artırarak ve tekstil atıklarını yöneterek bu çabalara katkıda bulunmaktadır.⁷⁷

Sıralama ve sınıflandırma, geri dönüşüm sürecinde önemli adımlardır. Türkiye, tekstilleri malzeme türüne ve kullanılabilirliğe göre ayırmak için hem manuel hem de otomatik sıralama sistemleri kullanmaktadır. Verimliliği ve doğruluğu artırmak için yapay zeka destekli sıralama tesisleri ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm endüstrisi, farklı geri dönüşüm yöntemlerinde uzmanlaşmış birden fazla işleme tesisi tarafından desteklenmektedir. Mekanik geri dönüşüm, kumaşların parçalanıp geri dönüştürülmüş iplik üretmek için yeniden lif haline getirildiği en yaygın tekniklerden biridir. Lifleri çözücüler kullanarak parçalamayı içeren kimyasal geri dönüşüm, karışık kumaşları geri kazanma potansiyeli nedeniyle ilgi görmektedir. Ek olarak, kullanılmış tekstilleri liflerini parçalamadan yeni ürünlere dönüştüren geri dönüşüm ve yeniden kullanma yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Tekstil atığı ayırma ve yeniden dağıtımı için önemli bölgesel dağıtım merkezleri arasında İstanbul, Gaziantep ve Uşak yer almaktadır ve Uşak, Türkiye'nin tekstil atığı geri dönüşüm operasyonlarının yaklaşık %72'sini yönetmektedir. Tekstil geri dönüşümü için merkezi bir merkez olan Uşak, çok sayıda büyük ölçekli geri dönüşüm tesisine ev sahipliği yapmaktadır. Gaziantep'in sanayi bölgesi, sentetik lif geri dönüşümüne odaklanan bir diğer önemli oyuncudur; İstanbul ve Bursa ise yüksek değerli geri dönüştürülmüş tekstil üretiminde uzmanlaşmıştır. Bu tesisler, tekstil atıklarının verimli bir şekilde yeniden kullanılmasını sağlayarak hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak için çalışmaktadır.⁷⁶

Türkiye'de tekstil geri dönüşümünün lojistiği, yerel ulaşım ağları, uluslararası ihracat ve dijital çözümlerin bir kombinasyonuna dayanmaktadır. Belediye ve özel sektör lojistik sistemleri, işleme tabi tutulmadan önce tekstil atıklarını bölgesel ayırma merkezlerine taşımaktadır. Geri dönüştürülmüş malzemelerin önemli bir kısmı, sürdürülebilir tekstil ürünlerine olan talebin yüksek olduğu Avrupa ve Asya'ya ihraç edilmektedir. Dijital platformların ve e-ticaret çözümlerinin entegrasyonu, atık üreticilerini geri dönüştürücülerle birleştirerek lojistiği iyileştirmiş, toplama ve işlemedeki verimsizlikleri azaltmıştır. Bu gelişmelere rağmen, sektör hala lojistikte zorluklarla karşı karşıyadır. Yüksek ulaşım maliyetleri, ayırma ve depolamadaki verimsizlikler ve daha iyi atık izleme sistemlerine duyulan ihtiyaç, çözüm gerektiren sorunlar olmaya devam etmektedir. Daha verimli atık toplama ağları geliştirmek ve izleme teknolojilerine yatırım yapmak, geri dönüşüm oranlarını ve genel verimliliği önemli ölçüde iyileştirebilir.

6.2. Türkiye'nin Gelecek Görünümü ve Zorlukları

Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm altyapısının tam potansiyeline ulaşmasını engelleyen birkaç zorluk bulunmaktadır. Birincil engellerden biri, geri dönüşüm programlarına düşük tüketici katılımıdır. Tekstil atıklarıyla ilgili kamuoyu farkındalığı düşük kalmaya devam etmektedir ve bu da yetersiz toplama oranlarına yol açmaktadır. Ayrıca, belediye atık toplama politikalarındaki tutarsızlıklar, farklı bölgelerde standart geri dönüşüm uygulamalarının oluşturulmasında zorluklar yaratmaktadır. Teknolojik sınırlamalar da, özellikle karışık lifli tekstillerin ayrılmasında bir zorluk oluşturmaktadır. Yapay zeka destekli sıralama sistemleri ve iyileştirilmiş kimyasal geri dönüşüm süreçleri gibi gelişmiş geri dönüşüm teknolojileri hala geliştirilme aşamasındadır ve önemli yatırım gerektirmektedir.

Ek olarak, bazı geri dönüşüm yöntemleri yüksek miktarda enerji tüketir ve bu da onları daha yeni teknolojilere kıyasla daha az sürdürülebilir hale getirir. Ekonomik kısıtlamalar sektörü daha da etkiler. Geri dönüştürülmüş liflerin dalgalanan fiyatları karlılığı belirsiz hale getirirken, ucuz bakır tekstillerle rekabet, üreticileri geri dönüştürülmüş malzemelere yatırım yapmaktan caydırır. Büyük ölçekli tekstil geri dönüşüm operasyonları için yetersiz hükümet teşvikleri de endüstri büyümesini sınırlar. Geri dönüşüm işletmelerine finansal destek ve sübvansiyon sağlayan politikaların uygulanması bu ekonomik engellerin ele alınmasına yardımcı olabilir.

Bu zorluklara rağmen, Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm sektörü büyüme ve iyileştirme için sayısız fırsat sunmaktadır. Yapay zeka destekli tekstil ayırma ve blok zinciri tabanlı izleme sistemleri gibi tekstil geri dönüşüm teknolojilerindeki yeniliklerin geri dönüşüm operasyonlarının verimliliğini

artırması beklenmektedir. Ek olarak, kimyasal geri dönüşümdeki gelişmeler, şu anda işlenmesi zor olan poliester ve karışımli kumaşların geri kazanılmasını sağlayabilir. Döngüsel ekonomi stratejilerinin genişlemesi, Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm sektörünün geleceğinde hayati bir rol oynayacaktır. Kumaşların sürekli olarak yeni tekstillere geri dönüştürüldüğü kapalı devre tekstil sistemlerine yapılan yatırımın artması, ham maddelere olan bağımlılığı azaltacaktır. Moda markaları, STK'lar ve geri dönüşüm firmaları arasındaki iş birlikleri de sürdürülebilir ürün ve süreçlerin geliştirilmesini teşvik edebilir. Dahası, sürdürülebilir üretim için hükümet destekli teşvikler, daha fazla işletmenin tekstil geri dönüşümüne katılmasını teşvik edebilir.

Uluslararası alanda Türkiye, geri dönüştürülmüş tekstil ticaretini güçlendirmek için iyi bir konumdadır. Avrupa ve Kuzey Amerika'da sürdürülebilir moda için artan talep, Türk ihracatçıları için bir fırsat sunmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakat politikalarıyla uyum sağlamak ve geri dönüştürülmüş tekstil ürünleri için yeni pazarlar geliştirmek, Türkiye'nin küresel tekstil geri dönüşümünde kilit bir oyuncu olarak rolünü daha da genişletebilir.⁸⁰

Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm altyapısını iyileştirmek için birkaç stratejik eylem gerçekleştirilmelidir. Geri dönüşüm oranlarını artırmak için tekstil atığı toplama düzenlemelerini güçlendirmek gerekir. Geri dönüştürülmüş malzemeler kullanan şirketlere vergi teşvikleri ve sübvansiyonlar sağlamak, daha fazla işletmeyi sürdürülebilirliğe yatırım yapmaya teşvik edecektir. Kamuoyu farkındalık kampanyalarını genişletmek, tüketicileri tekstil geri dönüşümünün faydaları konusunda eğitebilir ve daha fazla katılımı teşvik edebilir.

Sektör ayrıca verimli sıralama ve geri dönüşüm teknolojilerine yatırım yapmak, özel bölgesel geri dönüşüm merkezleri kurmak ve geri dönüştürülmüş tekstil ürünlerinin güvenilirliğini artırmak için Küresel Geri Dönüşüm Standardı (GRS) gibi sertifikasyonları uygulamak gibi en iyi uygulamaları benimsemeye odaklanmalıdır. İşletmeler geri dönüştürülmüş malzemeleri üretim hatlarına entegre etmeli, üreticiler ise araştırma kurumlarıyla inovasyon ve iş birliği yoluyla geri dönüşüm yeteneklerini geliştirmelidir.

Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm altyapısı, ülkenin sürdürülebilirlik çabalarının temel bir bileşenidir. Toplama, ayırma ve işlemede zorluklar devam ederken, teknolojik ilerlemeler ve pazar genişlemesi için önemli fırsatlar mevcuttur. Geri dönüşüm lojistiğini güçlendirmek, politika desteğini genişletmek ve gelişmiş geri dönüşüm teknolojilerine yatırım yapmak, Türkiye'nin sürdürülebilir tekstil üretiminde lider olmasını sağlayacaktır. Türk tekstil geri dönüşüm sektörü, hükümet girişimleri, teknolojik ilerlemeler ve sürdürülebilir uygulamalara doğru küresel bir değişimle desteklenerek büyümeye hazırdır. Ancak, malzeme karmaşıklığı, kalite tutma ve altyapı geliştirme ile ilgili zorlukların ele alınması, sektörün tam potansiyelini gerçekleştirmek için çok önemli olacaktır.

⁸⁰ Avrupa Yeşil Mutabakat Yönergeleri (2023). https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en adresinden alındı

7. UŞAK'TA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Türkiye'nin batısında bulunan Uşak, özellikle tekstil üretimi ve geri dönüşümünde sağlam endüstriyel alt yapısıyla dikkat çekmektedir. Şehir, tekstil üretiminde zengin bir tarihe sahiptir ve tekstil atıklarının yeniden kullanılabilir malzemelere dönüştürülmesi için önemli bir merkez olarak ortaya çıkmıştır. Tekstil işleme konusunda uzmanlaşmış küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler), Uşak'ın ekonomisini canlandırmakta, yerel istihdama katkıda bulunmakta ve sürdürülebilir endüstri uygulamalarını teşvik etmektedir.

Batı Anadolu'da stratejik bir konuma sahip olan Uşak, Türkiye ve Avrupa'daki büyük pazarlara kolay erişim imkanı sunar. Şehir yaklaşık 5.341 km²'lik bir alanı kaplar ve yaklaşık 370.000 kişilik bir nüfusa sahiptir.⁸¹ Uşak'ın ekonomik yapısı ağırlıklı olarak tekstil endüstrisine dayanır ve gıda işleme, seramik üretimi ve deri endüstrileriyle tamamlanır. Şehrin sanayileşmesi, büyük ölçekli üretim ve ticareti kolaylaştıran organize sanayi bölgeleri (OSB'ler) gibi altyapı projeleriyle desteklenmiştir.

Uşak'ın endüstriyel sektörü, tekstil geri dönüşümünde yüksek derecede uzmanlaşma ile karakterize edilir. Hem geleneksel kumaş üretimine hem de geri dönüşüme odaklanan çok sayıda tekstil fabrikasına ve girişime ev sahipliği yapmaktadır. Uşak'taki endüstriyel bölgeler, sürdürülebilir tekstil üretimi için elverişli bir ortam sağlamada hayati bir rol oynamaktadır. Devlet, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı aracılığıyla, sürdürülebilir üretimde yer alan şirketlere vergi avantajları ve hibeler sunarak tekstil geri dönüşümüne yatırımları teşvik etmektedir.

Uşak ilinde; tekstil, deri, plastik, alüminyum ve kauçuk geri dönüşüme kazandırılmaktadır. Uşak ilinde;

- 740.000 ton kullanılmayan endüstriyel tekstil atığı iplik, kumaş, battaniye, çorap ve keçe olarak dönüştürülmekte;
- 169.000 ton küçükbaş ve büyükbaş hayvan derisi, deri giyim eşyası, aksesuar sanayi, mobilya, kozmetik, gıda sanayi ve yünlü ürünlere dönüştürülmekte;
- 117.000 ton kullanılmış plastik, lif ve plastik hammaddeye dönüştürülmekte;
- 12.000 ton kullanılmış araç lastiği çocuklara yönelik tartan pist ve çelik pist haline getirilmekte;
- 9.000 ton hurda alüminyum, alüminyum tozu ve folyo granüle dönüştürülerek sektörlerin hammadde ihtiyacına katkı sağlanmaktadır.

Bu sayede günlük 2.868 ton, yıllık ise 1.047.000 ton hammadde geri dönüştürülerek, binlerce yıl çevre kirliliği yaratacak sıfır değerdeki atık ve artıklar ekonomiye kazandırılmaktadır.⁸²

Uşak, her yıl önemli miktarda tekstil atığını işleyerek ve bunları yeni liflere, yalıtım malzemelerine ve endüstriyel kumaşa dönüştürerek Türkiye'nin tekstil geri dönüşüm sektöründe öncü olmuştur. Şehir, ikincil hammaddeler üretmek için gelişmiş işleme teknikleri kullanan çok sayıda geri dönüşüm tesisine ev sahipliği yapmasıyla bilinmektedir. Uşak tekstil endüstrisi esas olarak geri dönüşüme dayanmaktadır ve Türkiye'deki tekstil geri dönüşümünün %72'sini

⁸¹Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023). Yıllık Sanayi ve Üretim Verileri.

⁸²Uşak Ticaret ve Sanayi Odası (2024) İstatistik Verileri, Veriler Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Veritabanı ve İl Sanayisinden Filtrelenmiştir.

gerçekleştirmektedir.⁸³ Uşak'ta geri dönüşüm sektöründe faaliyet gösteren şirketler 25.000 kişiyi istihdam etmektedir ve bunların 15.000'i tekstil geri dönüşüm sektöründe çalışmaktadır.⁸²

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) tarafından 25 Ocak 2019 tarihinde yayımlanan 2018 Sanayi Kapasite Raporu İstatistikleri, TOBB kayıtlarına göre işyerlerinin/işletmelerin faaliyet alanı ve ürün kodlarını derleyerek, il ve bölgeler itibarıyla tanımlayıcı istatistiksel bilgiler sunmaktadır. Bilindiği üzere kapasite raporları, sanayi tesislerinin makine parkları, personel yapısı ve kullandıkları üretim teknolojisi ile ne kadar üretim yapabildiklerini gösteren belgelerdir. Sanayi Kapasite Raporu İstatistikleri kapsamında derlenen kapasite raporlarında yer alan bilgiler, ülkenin sanayi üretim kapasitesini belirlemek ve sanayi işletmelerinin ekonomik ve stratejik plan ve programları ile bürokratik işlemlerine ışık tutmak amacıyla kullanılmaktadır. Buna göre sanayi kapasite raporlarında sıklıkla kodlanan faaliyet alanları ve ürünler, ilgili il ve/veya bölgede yoğunlaşan sanayi/ekonomik faaliyetlerin ve rekabet avantajının göstergesi olarak değerlendirilebilir.⁸⁴ Bu verilere göre 2018 yılında Uşak ilinde en sık kaydedilen faaliyet alanları ve ürünler aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 4 :Uşak ilindeki işletmelerin kapasite raporlarında en çok kodlanan faaliyet (TOBB, 2019)

Emir	Kod	Tanım	Kapasite Raporlarının Sayısı
1	13.10	Tekstil liflerinin hazırlanması ve eğrilmesi	115
2	38.32	Sınıflandırılmış malzemelerin geri dönüşümü	82
3	15.11	Tekstil ürünlerinin bitirilmesi	74
4	13.92	Dokuma	68
5	13.20	Derinin tabaklanması ve işlenmesi; kürkün işlenmesi ve boyanması	45

Tablo 5 :Uşak ilindeki işletmelerin kapasite raporlarında en çok kodlanan ürün (TOBB, 2019)

Emir	Kod	Tanım	Kapasite Raporlarının Sayısı
1	13.10.83.40.00	Pamukla karıştırılmış, ağırlıkça %85'ten az sentetik lif içeriğine sahip iplikler (dikiş ipliği hariç), perakende satışa sunulmamış	65
2	38.32.39.00.02	Tekstil atıklarının geri dönüşümü	63
3	15.11.41.30.00	Deri (yünlü koyun veya kuzu derileri), tabaklanmış, ancak daha ileri bir işleminden geçirilmemiş (güderi hariç)	43
4	13.92.11.50.00	Sentetik liften battaniyeler ve seyahat battaniyeleri (elektrikli battaniyeler hariç)	26
5	13.20.32.20.00	Sentetik liften dokunmuş kumaşlar, sadece veya ağırlıklı olarak pamukla karıştırılmış (ağırlıkça lif içeriği < %85) (farklı renklerdeki ipliklerden dokunmuş kumaşlar hariç)	24

Uşak'ta tekstil geri dönüşüm sektörü çeşitli paydaşlardan oluşmaktadır;

- **Belediye Atık Toplama Hizmetleri:** Evlerden ve ticari işletmelerden gelen tekstil atıklarının toplanmasını kolaylaştırmak.
- **Özel Geri Dönüşüm Firmaları:** Tekstil atıklarını ayırma, temizleme ve yeniden işleme konusunda uzmanlaşmış şirketler.
- **Endüstriyel Tekstil Üreticileri:** İplik, kumaş ve yalıtım ürünleri üretmek için geri dönüştürülmüş malzemeler kullanan işletmeler.

⁸³Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) 2024 Veri Tabanı.

⁸⁴Zafer Kalkınma Ajansı (2019). Uşak İli Tekstil Geri Dönüşüm Sektör Raporu.

- **Devlet ve STK'lar:** Politikalar ve farkındalık kampanyaları yoluyla sürdürülebilirliği teşvik eden kuruluşlar.

Uşak tekstil geri dönüşüm tesislerinde mekanik geri dönüşüm tekniği uygulanarak verimlilik artırılırken, ülkenin büyük bölümünde oluşan tekstil atıkları üretime yeniden kazandırılmaktadır.

Uşak'ta evsel atık olarak değerlendirilen tüketici sonrası tekstil atıkları, kentte kurulan tekstil atık kumbaraları tarafından toplanmaktadır. Bu tekstil atık kumbaralarının kurulması, toplanması ve düzenlenmesi için Uşak Belediyesi ihale düzenleyerek işi firmalara vermektedir. Uşak'ta tekstil atık kumbarası sayısı 110 adettir. Uşak'ta 2 tip tekstil atık kutusu bulunmaktadır. Tüm kumbaralar görünüm ve etiket tasarımı açısından aynı olup kapladıkları alan 1 metrekareyi geçmeyecek şekilde planlanmaktadır. Uşak'ta tekstil atık kumbaraları günlük olarak toplama ekipleri tarafından toplanmaktadır. Uşak'ta yılda ortalama 180 ton tüketici sonrası tekstil atığı toplanmaktadır. Uşak'ta toplanan tüketici sonrası tekstil atıkları, ara depolardan günlük sevkiyatlarla Mersin'deki Ayıklama Merkezi'ne taşınmakta ve burada 100'den fazla sınıflamaya tabi tutulmaktadır. Türkiye'de tüketici sonrası atıklar için şu anda geri dönüşüm tesisi bulunmadığından atıkların %95'i ihraç edilmektedir. Geriye kalan %5'lik kısım ise Türkiye'de yün tekstil atıklarını geri dönüştürerek iplik üretimi yapan tesislere gönderilebilmektedir.⁸⁵

Endüstriyel tekstil atıklarının geri dönüşümünde Uşak ili, tüketici öncesi tekstil atıklarının mekanik geri dönüşümünde dünyaya örnek olabilecek bir doğal kümelenmeye sahiptir. Bu tekstil geri dönüşüm kümesinde, konfeksiyon kesimhanelerinden toplanan tüketici öncesi tekstil atıkları (kumaş artıkları-kesimhane fireleri) elle sınıflandırılıp ayrıştırılmakta, şifanöz veya garnet makineleriyle açılarak lif haline getirilmekte ve iplik veya dokusuz yüzey (keçe) ürünlere dönüştürülmektedir. İplik üretiminde geri dönüşüm için en uygun yöntem olan Open-end rotor ve Dreffeğirme yöntemleri kullanılırken, dokusuz yüzey üretiminde iğneleme yöntemi kullanılmaktadır. Uşak'ta mevcut durumda 70 adet garnet, 60 adet şifanöz, 488 adet open-end rotor eğirme makinesi, 18 adet Dreff iplik eğirme makinesi, 175.000 adet rotor (Open-end eğirme makinelerinde), 25 adet iğneleme tekniğiyle çalışannonwoven makinesi bulunmaktadır.

Uşak'ta geri dönüştürülen tekstiller aşağıdaki profile müşteri pazarına ulaşmaktadır:

- Yerli tekstil üreticileri.
- Geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanan küresel moda markaları.
- Yalıtım ve otomotiv uygulamaları için endüstriyel kullanıcılar.
- Çorap, triko, ev tekstili üreticileri.

Türkiye'nin Avrupa ve Asya arasında köprü vazifesi gören stratejik konumu, Uşak'a güçlü ihracat fırsatları sağlamakta ve tekstil geri dönüşüm sektörünün daha da güçlenmesi potansiyelini artırmaktadır.

Uşak tekstil geri dönüşüm sektörü, güçlü yönlerine rağmen çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır:

- **Teknolojik Açıklar:** Verimliliği ve kaliteyi artırmak için ileri geri dönüşüm teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır.
- **Piyasa Dengesizliği:** Hammade fiyatlarındaki dalgalanmaların karlılığı etkilemektedir.
- **Mevzuata Uygunluk:** Uluslararası çevre standartlarına ve sürdürülebilirlik sertifikasyonlarına uyum sağlamak için sektörde hala eksikliği bulunan firmalar yer almaktadır.

Büyüme fırsatları arasında ihracat kapasitelerinin genişletilmesi, yenilikçi geri dönüşüm teknolojilerine yatırım yapılması ve küresel sürdürülebilir tekstil girişimleriyle iş birliklerinin güçlendirilmesi yer almaktadır.

⁸⁵Uşak Belediyesi (2024) AtıkToplamaVerileri.

Uşak, endüstriyel uzmanlığını, devlet desteğini ve uluslararası işbirliklerini kullanarak tekstil geri dönüşümünde lider olarak kendini kanıtlamıştır. Zorluklara rağmen, şehrin tekstil geri dönüşümü tedarik zinciri hem çevresel hem de ekonomik faydalar sunarak sağlam kalmaya devam etmektedir. Geri dönüşüm teknolojisindeki ve sürdürülebilir politikadaki gelecekteki gelişmeler, Uşak'ın küresel döngüsel ekonomideki konumunu daha da güçlendirecektir.

8. PAIMIO VE UŞAK'TA TEKSTİL GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Uşak, özellikle tekstil üretimi ve geri dönüşümünde güçlü endüstriyel altyapısına sahip, Türkiye'nin batısında bulunan bir şehirdir. Şehrin nüfusu yaklaşık 370.000'dir ve Türkiye'de tekstil atığı işleme konusunda önemli bir merkezdir. Uşak, ülkenin tekstil atığının önemli bir bölümünü işleyerek çeşitli endüstriler için yeniden kullanılabilir liflere dönüştürmektedir. Paimio, yaklaşık 10.000 nüfusa sahip, güneybatı Finlandiya'da bulunan küçük bir belediyedir. Büyük bir endüstriyel merkez olan Uşak'ın aksine, Paimio, Finlandiya'nın daha geniş döngüsel ekonomi stratejisinin bir parçası olarak tekstil geri dönüşümü de dahil olmak üzere yüksek teknoloji ve sürdürülebilir atık yönetimi çözümlerine odaklanmaktadır. Tablo 6, Uşak ve Paimio'nun tekstil geri dönüşümü açısından öne çıkan noktalarını göstermektedir.

Tablo 6 :Paimio ve Uşak'ta tekstil geri dönüşümü

Paimio	Uşak
Paimio, otomasyon ve yapay zeka destekli ayrıştırma sistemlerinden yararlanarak Finlandiya'nın en gelişmiş tekstil geri dönüşüm tesislerinden bazılarını barındırıyor.	Türkiye'deki tekstil geri dönüşüm faaliyetlerinin yaklaşık %72'si Uşak'ta gerçekleştiriliyor.
Şehir, tekstil atıklarını inşaat ve otomotiv üretimi gibi endüstriler için yeni hammaddelere dönüştüren Rester Oy tesisi gibi girişimlere ev sahipliği yapıyor.	Kentteki geri dönüşüm tesislerinde her yıl yaklaşık 740 bin ton tekstil atığı işleniyor.
Finlandiya hükümeti, politikalar ve finansman aracılığıyla sürdürülebilir atık yönetimini güçlü bir şekilde destekliyor ve Paimio'nun tekstil geri dönüşümündeki çabalarına yardımcı oluyor.	Sektör, binlerce kişiye istihdam imkânı sağlıyor ve ithal hammaddeye olan bağımlılığı azaltarak Türkiye ekonomisine katkı sağlıyor.
Büyük ölçekli mekanik lif geri dönüşümüne odaklanan Uşak'ın aksine Paimio, yüksek sürdürülebilirlik standartlarına ulaşmak için kimyasal geri dönüşüm ve kapalı döngü sistemlerini entegre ediyor.	Kentin geri dönüşüm sektörü, sürdürülebilirlik ve teknolojik gelişmeleri destekleyen teşviklerden ve özel sektör yatırımlarından yararlanıyor.

Paimio ve Uşak'ın tekstil geri dönüşüm altyapısı ve teknik yaklaşımı, ekonomik durumu açısından şekilde karşılaştırılabilir.

- Uşak'ta tüketici öncesi tekstil atıklarının geri dönüşümüne, Paimio'da ise tüketici sonrası tekstil atıklarının geri dönüşümüne odaklanılıyor.
- Uşak, büyük ölçüde mekanik geri dönüşüm tekniklerine ve manuel ayıklamaya dayanırken, Paimio verimliliği artırmak için yapay zeka ve otomasyon sistemlerini bünyesinde barındırıyor.
- Paimio'nun geri dönüşüm yöntemleri arasında kimyasal işleme yer alıyor ve bu sayede daha kaliteli lif geri kazanımı sağlanıyor. Uşak ise ağırlıklı olarak mekanik parçalama ve lif yeniden eğirme işlemlerine odaklanıyor.

- Türkiye, Uşak'ta tekstil geri dönüşüm sektörüne vergi teşvikleri ve yatırım desteği sağlıyor ancak sürdürülebilirlik standartlarının uygulanması Finlandiya'ya göre nispeten daha zayıf.
- Finlandiya, döngüsel ekonomi çerçevesi aracılığıyla sıkı çevre düzenlemelerini teşvik ederek Paimio'da daha yapılandırılmış ve şeffaf bir tekstil geri dönüşüm sektörünün oluşmasına yol açıyor.
- Uşak'ın tekstil geri dönüşüm sektörü önemli bir istihdam yaratarak, geleneksel lif geri kazanımında büyük bir iş gücüne destek sağlıyor.
- Paimio daha küçük bir şehir olmasına rağmen, otomasyon ve ileri teknoloji süreçlerine daha fazla önem vererek inovasyon odaklı geri dönüşüm yöntemlerine odaklanarak Finlandiya ekonomisine katkıda bulunuyor.
- Uşak'taki geri dönüşüm sektörü tekstil atıklarının azaltılmasına yardımcı olurken, enerji verimliliği ve karbon ayak izinin azaltılması açısından da gelişimini sürdürüyor.
- Paimio, ileri düzeyde sürdürülebilir uygulamalarıyla Uşak'a kıyasla işlenen tekstil atığı tonu başına daha düşük çevresel etkiye sahip.

9. SONUÇ

Tekstil geri dönüşüm endüstrisi, dünya çapında sürdürülebilir atık yönetimi ve döngüsel ekonomi girişimlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu endüstriye pilot ölçekte referans olabilecek ve küçük yerleşimlerine rağmen dünya çapında önemli misyonlar üstlenen Uşak ve Paimio şehirleri bu raporda değerlendirilmiştir. Bu rapor, Türkiye'nin Uşak şehri ile Finlandiya'nın Paimio şehrinin tekstil geri dönüşüm sektörlerini karşılaştırarak altyapılarını, ekonomik etkilerini, çevre politikalarını ve tedarik zinciri verimliliklerini incelemektedir. Uşak ve Paimio'daki tekstil geri dönüşümünün karşılaştırılması, bu şehirlerin sürdürülebilirliğe ulaşmak için benimsedikleri çeşitli yaklaşımları vurgulamaktadır. Uşak, büyük ölçekli tekstil atığı işlemede liderdir ve mekanik geri dönüşüm ve lif geri kazanımı yoluyla Türkiye ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Buna karşılık, daha küçük olmasına rağmen Paimio, kapalı döngü geri dönüşüm sistemleri ve otomasyonu yoluyla teknolojik ilerlemelerde ve çevresel sürdürülebilirlikte öncülük etmektedir.

Uşak kapsamlı endüstriyel altyapısı ve iş gücünden faydalanırken, sürdürülebilirlik uygulamaları ve düzenleyici uyumluluk konusunda zorluklarla karşı karşıyadır. Öte yandan, Finlandiya'nın döngüsel ekonomi politikaları tarafından desteklenen Paimio, daha düşük çevresel etkiye sahip kalite odaklı geri dönüşüme odaklanmaktadır.

Hem Uşak hem de Paimio, farklı yaklaşımlarla da olsa tekstil geri dönüşümünde önemli roller üstlenmektedir. Uşak, güçlü ekonomik katkılarıyla büyük ölçekli tekstil atık işlemede lider konumdayken, Paimio teknolojik ilerlemeleri ve sürdürülebilirlik odaklı politikalarıyla öne çıkmaktadır.

Uşak, lif kalitesini ve sürdürülebilirliğini iyileştirmek için gelişmiş ayrıştırma teknolojilerine ve kimyasal geri dönüşüme yatırım yapmalıdır. Paimio, daha büyük hacimli tekstil atıklarını işlemek için geri dönüşüm kapasitesini genişletmeli ve küresel tedarik zinciri entegrasyonu için Uşak gibi daha büyük sanayi bölgeleriyle ortaklıklar araştırmalıdır.

Her iki şehrin güçlü yanlarından yararlanılarak, küresel tekstil geri dönüşüm sektörü, ekonomik büyümeyi çevresel sorumlulukla dengeleyerek daha verimli ve sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerleyebilir.

Bu raporun gelecekte Uşak ve Paimio kentleri arasında olumlu işbirliklerinin öncüsü olması ve tekstil geri dönüşümü konusunda araştırma yapan akademi ve üretim sektörü için faydalı olması umulmaktadır.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir

**Bu yayın Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir. İçeriği yalnızca Uşak
Belediyesi sorumluluđundadır ve her zaman Avrupa Birliği'nin
görüşlerini yansıtmaz.**

