



Kâğıt Geri Dönüşümünde Temiz Üretim

Clean Production in Paper Recycling

Mesut Yaşar^{1*} , Arif Karademir¹ , Lale Çağlar¹ , Mürşit Tetik¹

¹ Varaka Kâğıt Sanayi AŞ, 10185 Balıkesir, Türkiye

MAKALE BİLGİLERİ

Gönderim Tarihi: 2/10/2024
Kabul Tarihi: 20/11/2024

Atıf:

Yaşar, M., Karademir, A., Çağlar, L., & Tetik, M. (2025). Kâğıt Geri Dönüşümünde Temiz Üretim. *Ağaç ve Orman*. 6(1), 1-15.

*Sorumlu yazar: Mesut Yaşar
E-mail: mesut.yasar@varaka.com

Anahtar Kelimeler / Keywords:

Kâğıt geri dönüşümü / Paper recycling
Yeşil büyüme / Green growth
Sürdürülebilir üretim / Sustainable production
Enerji verimliliği / Energy efficiency
Temiz Üretim / Clean production

© Telif hakkı 2005 Bursa Teknik Üniversitesi'ne aittir. Çevrimiçi olarak ulaşılabilir: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/agacorman>



Ağaç ve Orman'da yayınlanan eserler Creative Commons Atıf - Ticari Olmayan 4.0 Uluslararası Lisansı kapsamında lisanslanmıştır.

ÖZET

Kâğıt fabrikalarında temiz üretim, çevresel etkileri minimize etmek amacıyla üretim süreçlerinde uygulanan bir dizi stratejiyi ifade etmektedir. Bu etkiler arasında su kirliliği, enerji tüketimi ve karbon emisyonları, atık yönetimi, hava kirliliği ve doğal kaynakların tükenmesi yer alır. Temiz üretim, bu olumsuz etkileri azaltmak için su geri kazanımı, enerji verimliliği, atıkların geri dönüşümü ve çevre dostu teknolojilerin kullanılması gibi stratejilerle çevreyi korur ve sürdürülebilir üretim süreçleri oluşturur. Temiz üretim yaklaşımıyla, atıkların ve kirliliğin en aza indirilmesi ile doğal kaynakların verimli kullanılması sağlanır. Temiz üretim uygulamaları, daha verimli üretim yöntemlerinin benimsenmesini ve döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanmasını kapsar. Bu bağlamda, kâğıt üretiminde ham maddelerin etkin bir şekilde kullanımı, atıkların geri dönüştürülmesi ve enerji verimliliğini ön plana çıkarır. Enerji verimliliği, enerji tüketimini azaltarak hem maliyetleri hem de çevresel etkileri düşürür. Atık yönetimi ise, üretim süreçlerinde ortaya çıkan atıkların azaltılması ve geri dönüştürülmesi ile çevresel kirlenmeyi azaltır. Temiz üretim, kâğıt fabrikalarının çevresel izlerini minimize ederken aynı zamanda ekonomik büyümeyi sürdürülebilir hale getirir. Ekonomik büyümenin sürdürülebilir olması, mevcut ekonomik kalkınmanın çevresel ve sosyal sorumluluklarla uyumlu bir şekilde sağlanması anlamına gelir. Çevre dostu teknolojilerin entegrasyonu, bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynar ve kâğıt sektörünün sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunur. Kâğıt üretiminde temiz üretim uygulamalarının benimsenmesi hem çevresel koruma hem de ekonomik verimliliği artırma açısından kritik öneme sahiptir.

ABSTRACT

Clean production in paper mills refers to a set of strategies implemented in production processes to minimize environmental impacts. These impacts include water pollution, energy consumption and carbon emissions, waste management, air pollution and depletion of natural resources. Cleaner production protects the environment and creates sustainable production processes with strategies such as water recovery, energy efficiency, waste recycling and the use of environmentally friendly technologies to reduce these negative impacts. With the cleaner production approach, waste and pollution are minimized and natural resources are used efficiently. Cleaner production practices include the adoption of more efficient production methods and the application of circular economy principles. In this context, paper production emphasizes the efficient use of raw materials, recycling of waste and energy efficiency. Energy efficiency reduces both costs and environmental impacts by reducing energy consumption. Waste management reduces environmental pollution by reducing and recycling waste generated in production processes. Clean production minimizes the environmental footprint of paper mills while at the same time sustaining economic growth. Sustainable economic growth means ensuring that current economic development is compatible with environmental and social responsibilities. The integration of environmentally friendly technologies is important in achieving these goals.

1. Giriş

Sürdürülebilir kalkınma, hali hazırda bulunan ve gelecekteki nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynakları dengeli bir şekilde kullanan ve çevreye olan olumsuz etkileri minimize etmeyi hedefleyen bir kavramdır. Bu kapsamda, uluslararası anlaşmalar, çevre koruma yasaları ve yeşil teknoloji yatırımları gibi çeşitli önlemler alınmaktadır. Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma amaçları, ulusal stratejilerle entegre edilmiş olup, çevresel, ekonomik ve toplumsal hedeflere ulaşmayı amaçlayan bir dizi politika benimsenmiştir. Bu amaçlarla yapılan çalışmalar, yerel kalkınma stratejileri ve uluslararası hedeflerle uyumlu bir şekilde düzenlenmektedir. Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma amaçları bu bağlamda belirli bir yol haritası çizmektedir. Şekil 1’de Türkiye’nin sürdürülebilir kalkınma amaçları görülmektedir.



Şekil 1: Türkiye sürdürülebilir kalkınma amaçları (Birleşmiş Milletler, 2024).

Figure 1: Turkey's sustainable development goals (United Nations, 2024).

On sekizinci yüzyılda başlayan modernleşme süreci, insanların doğa üzerindeki olumsuz etkilerini arttırmış, bu durum zamanla doğal kaynakların sınırlı olduğunu ve çevresel etkilerin ciddi sonuçlar doğurabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel bilinçlilik, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için stratejik öncelik haline gelmiştir (Arslantaş, 2008; Karaca, 2007; Cüce, 2018). Küresel ısınma, iklim değişikliği, deniz seviyesinin yükselmesi ve aşırı hava olaylarındaki değişim gibi küresel çapta ciddi sonuçlar doğurabilecek sorunlar ortaya çıkmıştır. Ozon tabakasındaki incelme, UV ışınlarının zararlı etkilerini artırmış ve insan sağlığı üzerinde olumsuzluklara sebep olmuştur. Kuraklık gibi doğal afetlerin sıklığı ve etkisi artarak su kaynaklarının azalması ve tarımsal faaliyetlerin verimliliğinde düşüş gibi sorunlara neden olmuştur (Karaca, 2007; Cüce, 2018). İklim değişikliği, hem küresel hem de bölgesel ölçekte giderek daha ciddi bir tehdit haline gelirken, bu sorunun çözülmesi için küresel düzeyde alınacak önlemler büyük önem taşımaktadır. Avrupa

Birliği'nin Yeşil Mutabakatı (AYM) ve Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), iklim değişikliğini azaltmaya yönelik küresel çağrılardır ve son yıllarda büyük bir dikkat çekmiştir. AYM, AB'nin 2050 yılına kadar karbon nötr olma hedefiyle yeşil enerji, temiz üretim teknolojileri ve karbon piyasaları gibi stratejiler önerirken, SKA'nın 13. hedefi olan "İklim Eylemi" ise küresel ölçekte iklim değişikliğiyle mücadeleyi amaçlamaktadır. Bu iki inisiyatifin detaylıca incelenmesi, iklim değişikliğine karşı alınacak önlemlerin etkinliğini artırmak ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için önemlidir. Hem çevresel hem de ekonomik açıdan bu politikaların uygulanması, gelecekteki iklim politikalarının şekillenmesinde belirleyici olacaktır (Karakuş vd., 2022). Çevreye olan etkilerin önlenmesine ve azaltılmasına yönelik geliştirilen ilk yaklaşım "boru-sonu" (end of pipe treatment) yaklaşımıdır; bu yaklaşım, kirleticilerin ortaya çıktıktan sonra arıtılarak veya seyreltilerek bertaraf edilmesini ifade eder (Özkan vd., 2018). Boru-sonu yaklaşım çalışmalarından sonra, temiz üretim ve kirlilik önleme gibi hem çevresel hem de ekonomik avantajların yer aldığı yaklaşımlar gündeme gelmiştir (Fronzel vd., 2004). Günümüzde işletmeler, sürdürülebilirlik ve çevresel uyumluluk konularına daha fazla odaklanarak üretim süreçlerini ve işletme yönetimlerini çevre dostu hale getirmeye çalışmaktadırlar (Staniskis & Varžinskas, 2010). Temiz üretim, çevresel yükümlülüklerin yerine getirilmesini hedefler ve atık miktarının azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması ve çevre dostu teknolojilerin benimsenmesi gibi uygulamaları içerir (Adams, 2006). Maddi tasarruf açısından temiz üretim, enerji, su ve ham madde gibi kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar ve üretim maliyetlerini düşürür (Kleiner, 1991). Rekabet gücü açısından temiz üretim uygulamaları, işletmelere rekabet avantajı sağlar çünkü yeşil tüketiciler, çevre dostu ürün ve hizmetlere daha fazla değer vermektedir (Adams, 2006; UNEP, 2011). Çevre dostu yaşam felsefesi, Kızılderili kültüründen örnekler sunarak çevreye duyarlılığı artırmıştır. 1854 yılında Kızılderili Reis Seattle'nın Amerika Başkanı'na yazdığı mektupta yer alan çevreye duyarlılık, çevre bilincinin önemini vurgular (Baird, 1996). Bu anlayış, dünya üzerinde yaşayan herkeste çevreye karşı duyarlılık geliştirmede önemli bir rol oynamıştır (Yalçın, 2010). Türkiye’de de çevre dostu yaşam felsefesi, toplumsal dinamikler, kültür, tarih ve dini altyapı içinde güçlü bir yer tutmaktadır. İslam Peygamberi Hazreti Muhammed (s.a.v)’in hadisleri ve Kur’an-ı Kerim’deki birçok ayette doğanın korunması ve tahrip edilmemesi öğütlenmiştir (Iqbal, 2002; Siddiqi, 2006). Bu bağlamda, temiz üretim

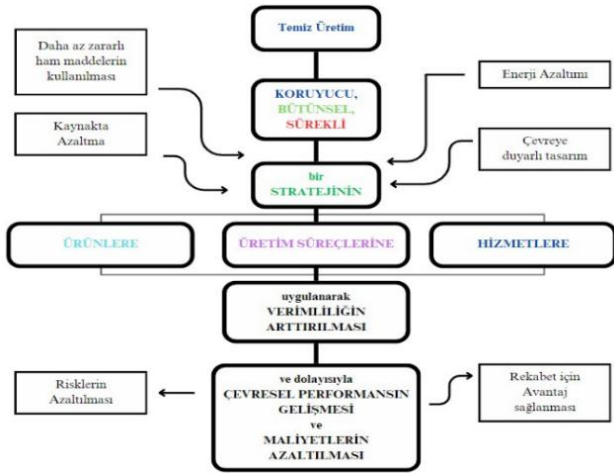
teknolojilerinin benimsenmesi önerilmiştir (Martı, 2021). Çevre dostu teknolojiler, yeşil büyüme, sürdürülebilir üretim ve temiz üretim gibi konular dünya gündeminde önemli bir yer tutmaktadır. “Atık yoktur, kullanılamayan ham madde vardır” anlayışı, verimlilik artırma çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadır (UNEP, 2011). Güncel literatür, temiz üretim uygulamalarının sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik verimlilik ve toplumsal gelişim için önemli fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Temiz üretim, çevresel etkilerin azaltılmasında ve işletmelerin rekabet gücünün artırılmasında etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için temiz üretim yöntemlerinin yaygınlaştırılması büyük bir önem taşımaktadır. Hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağladığı için, temiz üretim yöntemlerinin benimsenmesi, işletmelerin sürdürülebilir büyüme sağlama potansiyelini artırırken, toplum sağlığını da korumaktadır. Kağıt geri dönüşümü, çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların korunması ve enerji verimliliği açısından önemli bir uygulamadır. Bu bağlamda, temiz üretim yaklaşımının kağıt geri dönüşümünde benimsenmesi, çevresel etkilerin azaltılması, ekonomik verimliliğin artırılması ve toplumsal sorumluluğun yerine getirilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Temiz üretim, üretim süreçlerinde atıkların azaltılması, kaynakların daha verimli kullanılması ve çevresel kirleticilerin en aza indirilmesi gibi hedeflerle şekillenen bir üretim yaklaşımıdır. Kağıt geri dönüşüm sürecinde bu yaklaşımın uygulanması, doğal kaynakların korunmasını sağlamak ve atık miktarını azaltarak çevreyi korumak için kritik bir rol oynamaktadır (Frondele vd., 2004; UNEP, 2011). Kağıt üretimi, büyük ölçüde ağaç kesimi ve su gibi sınırlı kaynakların tüketimiyle ilişkilidir. Geleneksel kağıt üretiminde, doğal ormanların yok edilmesi ve büyük miktarda su kullanımı gibi çevresel maliyetler ortaya çıkmaktadır. Temiz üretim yaklaşımı, kağıt geri dönüşümünü teşvik ederek ham madde kullanımını azaltır ve doğal kaynakların tükenmesini engeller (Staniskis & Varžinskas, 2010). Geri dönüşümle, yeni kağıt üretimi için ağaç kesilmesine gerek kalmaz, böylece ormanlar korunur ve biyoçeşitlilik kaybı önlenir. Ayrıca, geri dönüşüm sürecinde kullanılan su miktarı da geleneksel üretim yöntemlerine göre önemli ölçüde azaltılır (Karaca, 2007). Kağıt üretiminde yüksek miktarda enerji kullanımı söz konusudur. Temiz üretim yaklaşımının kağıt geri dönüşümünde uygulanması, enerji verimliliğini artırarak, daha düşük karbon salınımı sağlanmasına yardımcı olur. Kağıdın geri dönüştürülmesi, yeni kağıt üretimine göre çok daha az enerji gerektirir. Bu sayede, karbon salınımı da

azalır ve küresel ısınma ile mücadeleye katkı sağlanır (OECD, 2013). Temiz üretim, geri dönüşüm sürecinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını da teşvik ederek daha sürdürülebilir bir üretim modeli yaratır (Kleiner, 1991). Kağıt geri dönüşümü, atık miktarını ciddi ölçüde azaltır. Temiz üretim yaklaşımı, atıkların minimize edilmesini ve doğru şekilde yönetilmesini hedefler. Geleneksel kağıt üretimi, yüksek miktarda atık üretirken, geri dönüşüm süreci bu atıkları yeniden işleyerek tekrar kullanılabilir hale getirir. Ayrıca, geri dönüşüm sayesinde kağıt üretiminde kullanılan kimyasalların da yeniden işlenmesi sağlanır, bu da çevresel kirliliği azaltır. Geri dönüşüm, doğal kaynaklardan elde edilen ham madde ihtiyacını azaltarak atık depolama alanlarını da küçültür (Adams, 2006). Kağıt geri dönüşümü, işletmelere maddi tasarruf sağlar. Kağıt geri dönüşümünde kullanılan ham madde, yeni kağıt üretimindeki ham maddeye kıyasla daha ucuzdur. Ayrıca, üretim sürecinde kullanılan enerji ve suyun azalması, işletmelerin üretim maliyetlerini düşürür. Temiz üretim anlayışının benimsenmesi, şirketlerin daha rekabetçi hale gelmesine yardımcı olur, çünkü çevre dostu uygulamalar, tüketiciler tarafından giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bu da, markaların çevresel itibarını artırarak uzun vadede daha sağlam bir müşteri tabanı oluşturur (Frondele vd., 2004; UNEP, 2011). Çevre dostu üretim yöntemleri, toplumsal bilinç ve çevreye duyarlı tüketicilerin artan taleplerine de cevap verir. Temiz üretim uygulamalarıyla, işletmeler çevresel itibarlarını artırabilir ve toplumsal sorumluluklarını yerine getirmiş olurlar. Kağıt geri dönüşümü, çevreye duyarlı bir yaklaşım olarak, işletmelere toplumsal kabul ve güven kazandırır. Özellikle yeşil tüketicilerin çevre dostu ürünlere olan ilgisi arttıkça, işletmeler bu uygulamaları benimseyerek rekabet avantajı elde ederler. Bu tür uygulamalar, toplumda çevresel farkındalığın artmasına da katkıda bulunur, çünkü her bireyin geri dönüşüm süreçlerine katılımı çevreye duyarlılığını güçlendirir (Adams, 2006). Kağıt geri dönüşüm süreçleri, yerel düzeyde ekonomik büyüme sağlayabilir ve yeni iş olanakları yaratabilir. Temiz üretim yaklaşımı, geri dönüşüm endüstrisinde yerel istihdamı artırır ve sanayi kümelenmeleri oluşturarak bölgesel kalkınma sağlar. Bu da, geri dönüşüm ve çevre dostu üretim teknolojilerine dayalı bir sanayi ekosisteminin gelişmesini destekler (Yalçın, 2010). Kağıt geri dönüşümünde temiz üretim yaklaşımının uygulanması, çevresel, ekonomik ve toplumsal açılardan büyük faydalar sağlar. Doğal kaynakların korunması, atıkların azaltılması, enerji verimliliği ve karbon ayak izinin düşürülmesi gibi çevresel kazanımlar, aynı zamanda işletmelerin ekonomik açıdan da verimli hale gelmelerine yardımcı olur.

Temiz üretim ve kağıt geri dönüşümünün yaygınlaştırılması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, kağıt geri dönüşümünün çevre dostu üretim yöntemleriyle entegrasyonu, yalnızca çevreyi korumakla kalmaz, aynı zamanda toplumsal bilinç ve ekonomik büyüme için de önemli fırsatlar yaratır (UNEP, 2011; Karakuş vd., 2022).

2. Temiz Üretim Kavramı ve Özellikleri

Temiz üretim, endüstriyel üretim süreçlerinin çevreyi kirleten etkilerini azaltmayı amaçlayan ve çeşitli hedefleri olan bir kavramdır. Geleneksel kirlilik kontrolü yaklaşımları, kirliliği üretim sürecinin kaçınılmaz bir sonucu olarak değerlendirir ve bu kirlilik ortaya çıktıktan sonra kontrol etmeye çalışır. Bu yöntemler, atık arıtma ve bertarafına odaklanarak ek maliyetler yaratır. “Temiz üretim ise, kirliliği ve atıkları; üretim, tasarım ve kaynak kullanım aşamalarındaki verimsizliklerden kaynaklanan bir sorun olarak görür ve bu aşamalarda iyileştirmeler yaparak hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlar” (Yücel & Ekmekçiler, 2008). Temiz üretimin şematik gösterimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: Temiz üretimin şematik gösterimi (Yücel, 2011).
Figure 2: Schematic representation of cleaner production (Yücel, 2011).

2.1. Sürdürülebilirlik ve temiz üretim

Sürdürülebilirlik sözcüğü, “Bir durum veya herhangi bir şeyin devam etmesini sağlamak, onu devamlı kılmaktır” şeklinde tanımlanmıştır (TDK, 2023). Diğer bir ifadeyle sürdürülebilirlik, çevresel, sosyal ve ekonomik faktörleri bir arada gözetten bir kalkınma modeli olarak tanımlanır. Bu kavramın temelinde, kaynakların doğru ve adil bir şekilde kullanılması, çevreye en az zararın verilmesi, tüm insanların insana yakışır yaşam standartlarına erişebilmesi ve yenilikçi ürünlerle ekonomiye katkıda bulunulması yer alır (Haleçeli & Yakın, 2021). Birçok çalışma

sürdürülebilirliği araştırmış, farklı yaklaşımlarla ele almış, detaylı olarak tam karşılığını veren bir tanım oluşturma yolunda ilerlemiş ve sürdürülebilirlik tanımlarının altında ekolojik bir kaygı/yaklaşımın belirtileri olduğunu ortaya çıkarmışlardır (Alma, 2022). Sürdürülebilirlik kavramının kullanımını kabullenen ve onu geniş toplumlardaki farklı kitlelere kazandıran gelişme Brundtland Raporu yani Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun raporu olmuştur. Yaklaşan tehlikelerden firmaların dolayısıyla da ülkenin çıkış yolu olması sebebiyle rapor olumlu karşılanmıştır (Kuhlman ve Farrington, 2010). Genel olarak sürdürülebilirlik, çevre dostu bir yaşam tarzını benimseme ve doğal kaynakları dengeli bir şekilde kullanma amacını taşıyan ve temiz üretimin temelini oluşturan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kavram, kişilerin, işletmelerin ve toplumların mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sorumlu bir şekilde hareket etmelerini hedeflemektedir. Sürdürülebilirlik, özellikle hızlı tüketimin ve kaynakların savurgan kullanımının yaygın olduğu gelişmiş toplumlarda çevresel sorunları azaltmayı, ekolojik bütünlüğü korumayı ve karbon ayak izini minimize etmeyi amaç edinmiştir. Gelişmiş toplumlarda, aşırı tüketim ve savurganlık genellikle sosyal, kültürel ve sistematik dinamiklerle ilişkilidir. Toplumlar genellikle sürekli büyüme ve tüketim üzerine odaklanmış halde olduğundan doğal kaynakların hızla tükenmesine ve çevresel sorunların artmasına neden olmaktadır. Kültürel politikalar, reklamlar, tüketim alışkanlıkları ve ekonomik sistemler gibi faktörler, bireyleri aşırı tüketim ve savurganlık eğilimine itmektedirler. Bu nedenle, sürdürülebilirlik çabaları genellikle bu yapıya odaklanarak, toplumun tüketim alışkanlıklarını değiştirmeye ve çevresel etkileri azaltmaya yönelmiştir. Araştırmalar, sürdürülebilirlik çabalarının başarılı olabilmesi için hem bireylerin hem de kurumların davranışlarında ve politikalarında değişiklik yapmalarının gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu, sadece kişisel düzeyde bilinçlenmeyi değil, aynı zamanda daha geniş ölçekte politika ve iş stratejilerinin gözden geçirilmesini de sağlar. Sürdürülebilirlik, ekonomik kalkınma ile çevre korumasını birleştirerek uzun vadeli refahın sadece bugünkü nesiller için değil, gelecek nesiller için de sürdürülebilir olmasını hedefleri arasına almıştır (Anantharaman, 2018).

3. Temiz Üretimde Çevresel ve Ekonomik Boyutlar

Temiz üretim, yeşil verimlilik ve eko-verimlilik kavramları, çevresel ve ekonomik boyutlarıyla

birlikte ele alınmalıdır. Yeşil verimlilik, çevre dostu üretim süreçlerini ifade ederken, eko-verimlilik ekonomik ve çevresel performansın birlikte optimize edilmesini amaçlar. Çevresel boyut, çevresel risklerin azaltılması ve doğal kaynakların korunması üzerine odaklanırken, ekonomik boyut ise, ekonomik verimliliği artırarak rekabetçiliği desteklemektedir. Bu kavramlar, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği bir arada sağlamayı hedefleri arasına almışlardır. Temiz üretim uygulamaları sayesinde, Avrupa'daki bir kağıt fabrikası 5 yılda enerji maliyetlerinde %30 tasarruf sağlamıştır (Gertsakis & Lewis, 2003). Temiz üretim, yeşil verimlilik ve eko-verimlilik kavramları, endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerini azaltmayı ve ekonomik verimliliği artırmayı amaçlamaktadır. Bu kavramlar, çevresel ve ekonomik boyutlarıyla birlikte ele alındığında, sürdürülebilir kalkınmanın temel unsurlarını oluştururlar. Küresel düzeyde bu yaklaşımların teşvik edilmesi, çevresel ve ekonomik açıdan daha sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Temiz üretim uygulamaları, günümüzde sanayinin rekabet koşullarının giderek zorlaşmasıyla birlikte önemini artıran bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenledir ki temiz üretim, sanayinin sürdürülebilirliği ve rekabet gücü açısından kritik bir rol oynamaktadır (Güngör & Felekoğlu, 2018).

4. Temiz Üretim Uygulamalarının Sağladığı Yararlar

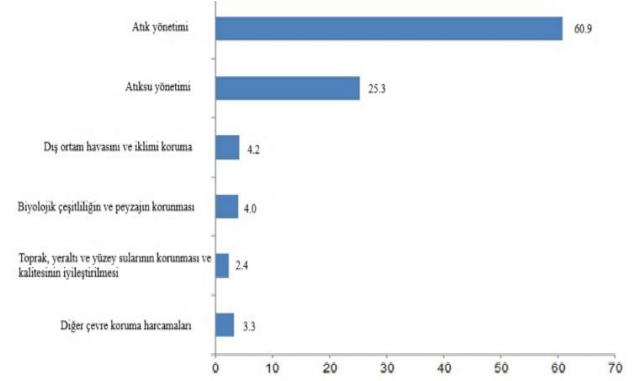
4.1. Kaynak verimliliği

Temiz üretim uygulamaları, ham madde ve enerji kullanımını optimize ederek kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar. Ayrıca, üretim süreçlerinde kaynak tüketimini minimize ederken, maliyetleri azaltır ve işletmelere rekabet avantajı sağlar. Kaynak verimliliğinin artırılması, aynı zamanda üretim süreçlerinde atıkların ve enerji tüketiminin azaltılması gibi çevresel yararları da beraberinde getirir (Kleindorfer vd., 2005).

4.2. Çevresel koruma

Temiz üretim, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik bir yaklaşımı ifade eder ve bu süreçte çeşitli stratejiler kullanılır. Temiz üretim uygulamaları, atık üretimini minimize etmek, su ve enerji tüketimini azaltmak gibi yöntemlerle çevre kirliliğini ve doğal kaynakların tükenmesini önlemeyi amaçlamakta (EPA, 2009) ve çevre koruma harcamalarının (Şekil 3) düşürülmesine katkıda bulunmaktadır. Bu harcamaların büyük bir kısmı atık yönetimine ve enerji verimliliğine yöneliktir, ancak su yönetimi ve hava kirliliği kontrolü gibi alanlara da kaynak ayrılmaktadır. Atık yönetimi açısından temiz üretim, atık miktarını

azaltma, geri dönüşümü teşvik etme ve atıkları yeniden kullanma gibi stratejilerle atık maliyetlerini düşürür (Hervani vd., 2005). Bu uygulamalar, işletmelerin çevresel etkilerini azaltmanın yanı sıra, çevresel performanslarını iyileştirerek itibarlarını artırır (Kleindorfer vd., 2005).



Not: Grafikteki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Şekil 3: 2022 yılı konulara göre çevre koruma harcamaları (%), (TÜİK, 2023).

Figure 3: Environmental protection expenditures by 2022 (%), (TÜİK, 2023).

4.3. Yasal uyumluluk

Temiz üretim uygulamaları, çevre mevzuatı ve düzenlemeleriyle uyum sağlamak için tasarlanmıştır. Bu nedenle, işletmelerin yasal gereksinimlere uygunluklarını artırır ve olası çevresel cezaları önlemelerine yardımcı olur (Kleindorfer vd., 2005; Gertsakis & Lewis, 2003).

4.4. İnovasyon ve rekabet gücü

Temiz üretim uygulamaları, işletmelere sürekli iyileştirme ve yenilik fırsatları sunarak daha verimli ve çevre dostu üretim süreçleri geliştirmelerine olanak tanır. Bu durum, işletmelerin rekabet avantajını artırmalarına katkıda bulunur (Zhu vd., 2005; Porter & Van der Linde, 1995).

4.5. İyi itibar

Temiz üretim uygulamaları, çevreye duyarlı bir imaj oluşturarak işletmelerin toplumda olumlu bir algı yaratmalarını sağlar. Bu durum, müşteri sadakati ve marka değeri açısından önemli bir avantaj sağlar ve özellikle çevre bilincine sahip tüketicilerin dikkatini çeker (Hart, 1995; Delmas & Toffel, 2004).

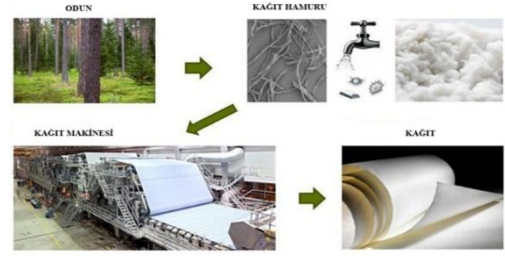
4.6. Malzeme kullanımının optimizasyonu

Temiz üretim uygulamaları, sürdürülebilir üretim süreçlerinin temel unsurlarından biridir ve özellikle malzeme kullanımını optimize etme noktasında önemli faydalar sağlar. Temiz üretim, hammadde kullanımını daha etkin hale getirerek, kaynakların

israfını minimize eder ve üretim süreçlerinde çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olur. Bu bağlamda, 3R ilkesi (geri dönüşüm, yeniden kullanım ve atık azaltma) kapsamında geliştirilen stratejiler, hem çevresel sürdürülebilirliği destekler hem de işletmelerin maliyet yapısını iyileştirir (Yücel, 2011). Bu stratejiler, malzeme israfını önleyerek, üretim süreçlerinin daha verimli hale gelmesini sağlar. Geri dönüşüm, yeniden kullanım ve atık azaltma gibi uygulamalar, yalnızca çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda işletmelerin enerji ve hammadde maliyetlerini de önemli ölçüde düşürür. Sanayileşme ve hızlı teknolojik gelişmelerin etkisiyle ortaya çıkan çevresel ve toplumsal sorunlar ise giderek daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu sorunlar arasında çevresel baskıların artışı, hızlı kentleşme, nüfus artışı ve üretim ile pazarlama faaliyetlerindeki genişleme yer almaktadır. Bu dinamikler, doğal kaynakların tükenmesine ve çevresel bozulmaya yol açmaktadır. Ayrıca, üretim süreçlerinin genişlemesi, çevre ve insan sağlığı açısından ciddi tehditler oluşturmakta, bu da daha sürdürülebilir üretim yöntemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Kaçtıoğlu & Şengül, 2011). Bu bağlamda, temiz üretim uygulamalarının ve çevre dostu teknolojilerin benimsenmesi, bu sorunların çözülmesine yönelik önemli adımlar olarak öne çıkmaktadır.

5. Kâğıt Geri Dönüşümünde Temiz Üretim

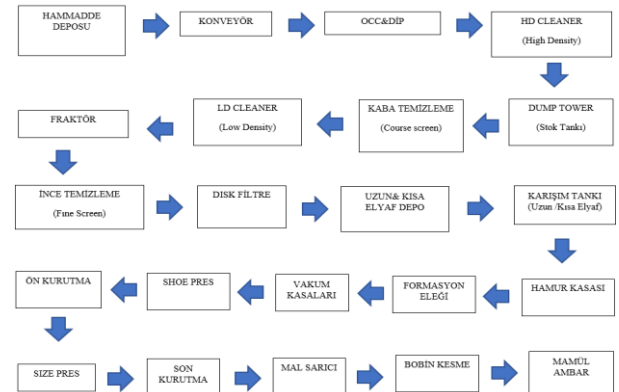
Günümüzde kâğıda benzer ilk malzemenin, M.S. 105 yılında Çin Hanedanlığı döneminde Tsua Lun tarafından böğürtlen ve pirinç saplarından üretildiği belirtilmektedir. Bu erken dönem üretim süreci, kâğıdın kökeninin Çin'e dayandığını ve ilk kâğıt yapımında kullanılan malzemelerin bitkisel liflerden elde edildiğini ortaya koymaktadır. Tsua Lun'un bu yenilikçi yaklaşımı, kâğıt üretiminde kullanılan doğal materyallerin önemini vurgulamakta ve kâğıt yapım teknolojisinin tarihsel gelişiminde önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Böğürtlen ve pirinç saplarının kullanımı, malzeme bilimi ve erken endüstriyel süreçlerin anlaşılmasına katkıda bulunmuş ve kâğıdın tarihindeki bu dönüm noktası, kâğıt üretiminin evrimini anlamak için kritik bir referans sağlamıştır (Karademir, 2022; Smook & Kocurek, 2016). Kâğıt üretiminde günümüzde, selülozun başlıca kaynağı olarak ormanlar öne çıkmaktadır. Şekil 4, kâğıt üretiminde kullanılan orman bazlı kaynaklardan selüloz ve kâğıt elde edilmesinin aşamalarını göstermektedir.



Şekil 4: Orman bazlı kaynaklardan selüloz ve kâğıt eldesi (Homa, 2019).

Figure 4: Forest-based resources to obtain cellulose and paper (Homa, 2019).

Orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla, özel endüstriyel plantasyonlar, genetik ıslah çalışmaları ve silvikültürel teknikler gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Gün & Yalçın, 2021). Bunun yanı sıra, yıllık bitkiler, tarımsal üretim artıkları ve kullanılmış kâğıt/kartonlar da giderek daha fazla kâğıt üretiminde değerlendirilmektedir (Koç, 2019). Ülkeler arasında atıkların ne kadar etkin bir şekilde geri dönüştürüldüğü ve atık kâğıtlardan ne kadar yeniden kâğıt ve karton üretildiği, genellikle ülke gelişmişlik seviyelerinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Öztürk & Çelik, 2020). Geri dönüşüm oranları ve kâğıt üretimindeki bu döngüsel süreçler, çevresel sürdürülebilirliğin yanı sıra ekonomik ve teknolojik gelişmeleri de yansıtır (Yılmaz, 2022). Ancak, kâğıt üretiminde kullanılan yıllık bitkiler ve atık kâğıtların kalitesi, düzenli temini ve fiyat rekabet avantajı, coğrafi bölgeler, ülkeler ve zaman dilimleri arasında önemli farklılıklar göstermektedir (Gün & Yalçın, 2021). Bu değişkenlikler, yerel ekonomik koşullar, tarımsal uygulamalar ve teknolojik altyapı gibi faktörlerden etkilenir, bu da kâğıt üretiminde kullanılan alternatif selüloz kaynaklarının etkinliğini ve maliyetini bölgesel düzeyde etkilemektedir (Koç, 2019). Atık kâğıttan geri dönüştürülmüş kâğıt eldesi için kullanılan tipik bir kâğıt makinesi iş akış şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Tipik bir kâğıt makinesi iş akış şeması.

Figure 5: A typical paper machine workflow diagram.

Dünyada atık kâğıtların değerlendirilmesinin gerekliliğini gösteren birkaç temel neden bulunmaktadır. Orman kaynaklarının ham madde talebini karşılamada yetersiz kalması, kâğıt üretiminin sürdürülebilirliğini tehdit eden bir sorun olarak öne çıkmaktadır (Diesen, 1998). Katı atık yükünün giderek artması çevresel etkilerin azaltılması ihtiyacını doğurmaktadır (Tudor, 2008). Bir yanda azalan kaynaklar diğer yanda ise çoğalan atıklar ve atık kâğıt işleme teknolojilerindeki gelişmeler, geri dönüşüm sürecini daha verimli hale getirmekte ve atık kâğıtların yeniden kullanımı konusundaki kapasiteyi artırmaktadır (Zhu & Pye, 2009). Ayrıca, tüketicilerin çevreye olan duyarlılığının artması ve dönüştürülmüş kâğıt kullanımına yönelik yasal zorunlulukların başlaması, geri dönüşüm projelerinin ekonomik açıdan cazip hale gelmesini sağlamıştır (Beveridge, 2015). Ülkemizde kâğıt sanayisinin mevcut durumu ve orman kaynaklarının korunması gerekliliği göz önüne alındığında, atık kâğıtların etkili bir şekilde toplanması ve modern yöntemlerle çevresel zararlardan kaçınılarak sürdürülebilir bir şekilde geri kazanılması önem arz etmektedir (Karahan & Karademir, 2019). 1 ton atık kâğıdın geri dönüştürülmesi, 177 kg sera gazı emisyonunun önlenmesine, 4100 kWh enerji tasarrufuna, 17 ağacın korunmasına, 2.5 metre küp depolama alanının azalmasına ve 800 kg ham madde tasarrufu sağlamaktadır (Miller, 2006). Bu veriler, geri dönüşüm sürecinin çevresel ve ekonomik faydalarını açıkça ortaya koymaktadır. Kâğıt üretimi, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir konudur çünkü kâğıt üretimi, hem doğrudan doğal kaynakları tüketen hem de geri dönüştürülebilen bir malzemedir. Bu üretim süreci, özellikle kullanılan hammadde türüne bağlı olarak çevresel etkileri önemli ölçüde değiştirebilir. Hem birincil hammadde (yani ham ağaçlardan elde edilen selüloz) hem de ikincil hammadde (yani atık kâğıttan geri dönüştürülen selüloz) kullanılarak yapılan kâğıt üretimi, sürdürülebilirlik hedeflerini destekleyen farklı avantajlar sunmaktadır. Atık kâğıdın geri dönüşümüyle yeniden kullanımı, kâğıt endüstrisinin gelişiminin en aza indirilmesi ve ham madde tüketiminin azaltılması açısından kritik bir rol oynar. Atık kâğıdın geri kazanımı sayesinde enerji tüketimi ve su kullanımı önemli ölçüde düşer, bu da üretim sürecinin daha verimli hale getirilmesini sağlar. Ayrıca geri dönüşüm, kâğıt üretimi kimyasal verimliliği de azaltır, dolayısıyla aktivite artışı ve karbon ayak izini engeller. Bu süreç, kâğıt endüstrisinin sürdürülebilirliğine katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda üretim maliyetlerini de düşürerek ekonomik açıdan fayda sunar. (Karademir,

2022). Şekil 6'da bir kâğıt fabrikasının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6: Bir kâğıt fabrikasının görüntüsü (Karademir, 2022).

Figure 6: View of a paper factory (Karademir, 2022).

Kâğıt üretiminde, başlangıçta elde edilen ürün genellikle pürüzlü bir yüzeye sahiptir. Bu pürüzlülüğü gidermek için kâğıdın yüzeyine kaplama uygulanarak daha düzgün bir yüzey elde edilir. Kaplama işlemi, kâğıdın bir veya her iki yüzeyine su, beyaz boya, bağlayıcı ve diğer kimyasalların uygulanmasıyla yapılır. Bu işlem, kâğıt üretim sürecinin bir parçası olarak veya bağımsız bir adım olarak gerçekleştirilebilir. Kaplamada kullanılan kimyasallar, elde edilmek istenen son ürüne ve kullanım amacına göre değişir. Bir diğer yüzey işleme yöntemi ise boyamadır. Boyama işlemi genellikle beyaz bir kaplama tabakası üzerine organik pigmentlerle renk eklenerek yapılır. Pürüzsüz bir yüzey elde etmek için kalenderleme veya perdahlama yöntemleri de kullanılabilir. Bu yöntemlerde, kâğıt, karşılıklı hareket eden silindirlere arasından geçirilir. Bu işlemler kâğıdın kalınlığını ve mukavemetini etkileyebilmekte dolayısıyla kâğıdın kullanım amacına ve kalite gereksinimlerine göre uygulanabilmektedir (Tetik, 2021).

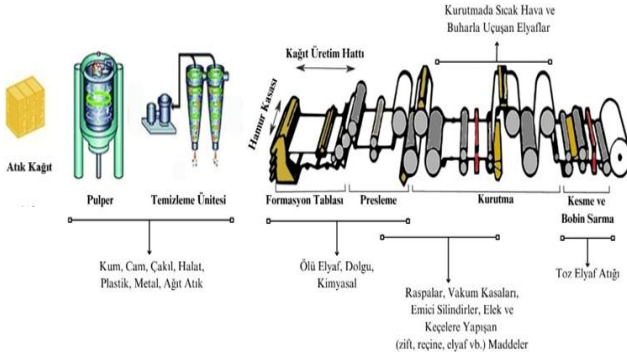
5.1. Kâğıt fabrikası atıkları ve miktarları

Kâğıt fabrikası atıkları, üretim sürecinde ortaya çıkan çeşitli malzeme kalıntıları ve yan ürünlerden oluşur. Bu atıklar, genellikle fabrikaların farklı bölümlerinden (hammadde hazırlığı, üretim, arıtma, paketlenme vb.) kaynaklanır ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir yer tutar. Atıkların yönetimi, üretim süreçlerinin verimliliği, çevresel etkileri ve işletme maliyetleri üzerinde doğrudan etkili olduğu için kâğıt endüstrisinde atık yönetimi büyük önem taşır. Türkiye, dünya genelinde kâğıt üretiminde 16. sırada yer alan önemli bir üretici ülkedir (Tablo 1) (FAO, 2022).

Tablo 1: Dünya Geneline Kâğıt Üretim Sıralaması (FAO, 2022).**Table 1:** Worldwide Cattle Production Ranking (FAO, 2022).

Sıra	Ülke	Yıllık Kâğıt Üretimi (Milyon Ton)
1	Çin	113,3
2	Amerika Birleşik Devletleri	73,8
3	Japonya	27,5
4	Almanya	21,6
5	Kanada	19,2
6	Brezilya	18,5
7	İtalya	10,9
8	Rusya	9,3
9	Kore Cumhuriyeti	8,5
10	Meksika	8,3
11	Hindistan	7,9
12	Endonezya	7,1
13	Şili	6,9
14	Fransa	6,7
15	Polonya	6,4
16	Türkiye	5,8

Kâğıt üretimi, hamur işleme, atık su oluşumu ve diğer yan ürünlerle sonuçlanan karmaşık bir süreçtir. Bu süreç, üretimin farklı aşamalarında çeşitli atık ve kayıplara sebep olmaktadır (Şekil 7).

**Şekil 7:** Kâğıt üretiminin farklı aşamalarında çeşitli atık türleri (Moosavi vd., 2021 revize edilmiştir).**Figure 7:** Different types of paper production various wild species (Moosavi vd., 2021 revised).

Atıkların miktarları, kâğıt fabrikasının büyüklüğüne, üretim yöntemlerine ve kullanılan teknolojilere bağlı olarak değişir. Atık kâğıttan kâğıt üretimi yapan tipik bir firmanın ürettiği kâğıtlar arasında Fluting, Testliner, HP Fluting, HP Testliner, Torba kâğıt, imitasyon kraft vb. kâğıt türleri yer almaktadır. Günlük ortalama 800 ton atık kâğıt işlenerek yaklaşık 720ton/gün üretim yapılabilir. Gelen ham maddenin kalitesi, proses kayıpları ve kesintiler bu miktarları direkt olarak etkilemektedir. Ürün süreç diyagramı Şekil 8'de verilmiştir.

**Şekil 8:** Ürün süreç diyagramı.**Figure 8:** Product process diagram.

Günlük verim ise yaklaşık %90 civarındadır. Üretim aşamaları kısaca açıklanacak olursa, atık kâğıtlar için pulperde hamurlaştırma işlemi yapılır. Pulper içerisinde su molekülleri selüloz ile bağ kurarak bir süspansiyon oluşturmaktadır. Pulper içerisinde kesafet %3-5 civarındadır. Oluşan süspansiyon içerisinde çok fazla kirlilik bulunmakta ve bu kirliliklerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Pulper içerisine atılmış halat, sulu süspansiyon içerisindeki plastik ve naylonsu yapıların kendine tutundurmasını sağlamaktadır. Pulper içerisindeki hamur karışıkça halat üzerine kaba cisimler tutunur ve bu sayede atığın uzaklaştırılması ve bu aşamadan sonra hamur içerisindeki ince ve kaba atıkların da yoğunluk farkı ile ayrıştırılması sağlanır. Temizlenmeye ve lifsel olarak ayrılmaya devam eden hamur, hamur kasasına gelmeden önce kimyasal katkıları, boya vb. malzemeler ile güçlendirilir. Hamur kasasında nozzle ve cetvel ağzı yardımıyla formasyon tablasına gönderilen hamurun form alması sağlanır. Bu işlemden sonra presleme ve kurutma hattı ile işleme devam edilir. Pres, kâğıdın suyunu alır ve kurutma kısmına gönderilmesi için ortam hazırlar. Daha sonra kurutma kısmına gelen kâğıt kurutma silindirlerinden geçerek kâğıdın ilk etapta kurutulması hedeflenmektedir. Belirli miktarda kurutulmuş hamur mukavemetin artırılması ve yüzeyel düzgünlük sağlamak amacıyla uygulanacak olan size pres kısmına gönderilir. Size pres kısmında kâğıt üzerine nişasta sürülmektedir. Bu kısımda kurumuş olan kâğıt yeniden ıslandığı için kurutmanın tekrar yapılması gerekmektedir. Size pres kısmından sonra kâğıt yeniden kurutulmakta ve mal sarıcıya gönderilmektedir. Üretim süreci tamamlanmış kâğıdın boyu 6,55 metre, nemi ise %6-8 civarındadır. Üretilen kâğıt son olarak mal sarıcıya gelmekte ve müşterinin istediği boyutlara göre ölçülendirilmektedir. Üretilen kâğıtların her tamponundan örnekler alınmakta ve mukavemet testleri yapılmaktadır. Bu ürünler aslında ambalaj malzemesi üreten firmalar için ham madde niteliğindedir. Dış ortamlarda ve ambalaj malzemesi olarak kullanılacağı için özellikle patlama mukavemeti ve cobb değerleri önem arz etmektedir. Üretimin yapılması ve geri dönüşümün sağlanması her ne kadar güzel bir işleyiş olsa da bu işleyiş atıkları da beraberinde getirmektedir. Kâğıt üretimi süreci

boyunca başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar atıklar meydana gelmekte ve bu atıkların bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Çıkan atıklar; plastik, halat, kum, çakıl, çamur ve cam gibi çeşitli malzemelerden oluşmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9: Çıkan atıklar; Plastik, halat, kum-çakıl, çamur, cam vb. malzemeler.

Figure 9: The resulting wastes; Plastic, rope, sand-gravel, mud, glass etc. materials.

Bu atıkların bazıları yakılarak enerji üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Bazıları ise çeşitli

projelerde kullanılmak üzere değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Ürünü üretirken geri dönüşüm kısmını da düşünmek gerekir. Yüksek mukavemet özelliğine sahip, boya, kimyasal vb. çok çeşitli içeriklere sahip olan ürünler geri dönüşüm kısmında sorunlara sebep olmaktadır. Kağıt fabrikasında hammadde olarak kullanılan geri dönüştürülmüş kağıdın içeriği, geri kazanılan kağıdın geldiği kaynağa ve pazara bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Bu, kağıdın içinde bulunan istenmeyen maddelerin, özellikle kağıt dışı elyafların ve kirleticilerin miktarını etkileyebilir. Sektörde “fire” olarak ifade edilen bu istenmeyen malzemelerden bazıları kum/çakıl, halat ve ağır atıklar şeklinde tablo 2’de verilmiştir. Bunlara ek olarak fabrikalara gelen atık kağıtlarda ne yazık ki değişen ve genelde yüksek oranlarda rutubet bulunmaktadır.

Tablo 2: Tipik bir kâğıt geri dönüşüm fabrikasının kum/çakıl, halat ve ağır atık miktarları atık miktarları.
Table 2: Amounts of sand/gravel, rope and heavy waste of a typical paper recycling factory waste amounts.

Ay	Kum/Çakıl		Halat		Ağır Atık		Atık Toplamı		Hammadde (kg)	Üretim (kg)	Hammadde Verimi
	Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)	Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)	Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)	Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)			
1	70.200	0,36	380.450	1,94	70.200	0,36	2.023.720	10,34	19.566.626	17.576.270	89.83
2	68.400	0,28	371.700	2,09	72.900	0,41	1.980.350	11,12	17.807.967	16.183.430	90.88
3	81.900	0,39	455.000	2,14	82.800	0,39	2.166.990	10,21	21.220.596	19.186.594	90.41

Tablodan da anlaşılabacağı üzere aylık bazda fabrikaya gelen toplam atık kâğıdın yaklaşık %90’ı nihai ürüne dönüşmekte ve ne yazık ki %10’u bertaraf edilmesi gereken atıklar olarak açığa çıkmaktadır. Karışık

içerikli atıklar (compax), üretim sırasında oluşan çamur ve diğer atık miktarları ise tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Tipik bir kâğıt geri dönüşüm fabrikasının üretiminde ortaya çıkan çamur ve diğer atık miktarları.
Table 3: Amounts of sludge and other waste generated in the production of a typical paper recycling factory.

2024 Aylar	Çamur				Plastik				Compax	
	Ağırlık (kg)	Kuru Madde (%)	Net Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)	Ağırlık (kg)	Kuru Madde (%)	Net Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)	Ağırlık (kg)	Hammaddeye Oranı (%)
Ocak	1.341.300	40	536.520	2,74	2.761.000	35	966.350	4,94	870.000	4,45
Şubat	1.252.500	40	501.000	2,81	2.761.000	35	966.350	5,43	850.000	4,77
Mart	1.013.100	40	405.240	1,91	3.263.000	35	1.142.050	5,38	990.000	4,67

Tablodan da görüldüğü üzere, ortaya çıkan farklı yapıdaki atıklar sebebiyle atık oranlarının azaltılması için geri dönüşüm verimliliğini artıracak teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır.

5.1.1. Geri dönüştürülmüş kâğıt üretiminde kullanılan atık azaltma yöntemleri

Atıkların düzgün ayrıştırılmaması, geri dönüşümde verimliliği düşüren temel sorunlardan biridir. Ayrıca, kirli atık kağıtların işlenmesi sırasında ek maliyetler doğmaktadır. Kütle dengesi açısından en büyük kayıpların yaşandığı yer, ham madde kaynağı ve elek altına kaçan kısa elyaflardır. Geri dönüşüm yöntemi

ile kağıt üretimi yapan fabrikalar karmaşık ve komplike bir üretim sistemine sahip olduğundan kütle kayıplarının en fazla görüldüğü kısımlara yönelmek doğru olacaktır. Kâğıt fabrikası ham madde verimi değişiklik göstermekle birlikte (gelen ham maddenin kalitesine bağlı olarak) %90 civarındadır. Geriye kalan yaklaşık %10'luk kısım ise azalt, tekrar kullan, geri kazandır (3R) ilkeleri kullanılarak en az zayıyla işlemlerin yapılmasına çalışılmaktadır. Atıkların azaltılması, yeniden kullanılması ve geri kazanılmasını temel alan 3R ilkesi çerçevesinde, balya şeklinde temin edilen hammaddelerin nem oranının %10'dan fazla olması ve görsel incelemeler sonucunda içinde karışık malzeme oranının yüksek olduğu tespit edilen ham madde balyalarının ödemeleri sırasında belirli oranlarda fire kesintisi yapılmaktadır. Bu uygulama, kağıt üretimine uygun olmayan hammaddelerin kullanımını sınırlayarak, üretim sürecine katkı sağlamayan materyallerin bertaraf edilmesine ve gereksiz maliyetlerin önlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece, hem üretim verimliliği artırılmakta hem de fazladan ücret ödemelerinin önüne geçilmektedir. Hammadde temini yerli olabildiği gibi yabancı ülkelere de yapılmaktadır. Bu tedarikler sırasında elde edilen ham maddeler içerisindeki atık miktarı ve çeşitliliği gelen şehir ve ülkeye göre de değişmektedir. Bir diğer atık olan ve üretimin çeşitli kısımlarında ortaya çıkan kısa ve ölü elyaflar tekrar üretim hattına beslenebilmektedir. Ancak elek altına geçen ve kâğıt üretimine uygun olmayan boyutlardaki kısa elyaflar, kâğıt mukavemetini azalttığı ve üretim esnasında kopmalara sebep olduğundan belirli miktardan fazla tekrar geri kullanılamamaktadır (Karahana & Karademir, 2020). Şekil 10'da farklı fabrikalara ait elek altına kaçan elyaflar verilmiştir.



Şekil 10: Farklı kâğıt fabrikalarına ait elek altına kaçan elyaflar (Abdullah vd., 2015).

Figure 10: Fibers falling under the sieve of different paper mills (Abdullah et al., 2015).

Kâğıt sektöründe elek altına kaçan elyaflara ek, yoğun olarak, cam, kum, plastik, kompakt gibi karışık yapıdaki birçok atığa rastlanılmakta ve bu atıklar üretimde farklı noktalarda değişik sorunlara sebebiyet vermekle birlikte üretim hacmini

düşürmektedir. İstenmeyen ürünlerin parçalara verdiği zararlardan bazıları Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11: Üretimde istenmeyen ürünlerin parçalara verdiği zararlardan bazıları.

Figure 11: Some of the damages caused by unwanted products in production.

Temiz ham maddelerin üretim sürecine dâhil edilmesi, kağıt üretim tesislerinde kullanılan ana bileşenlerin, örneğin elekler, silindirler ve pompaların, daha uzun süreli verimli çalışmasını sağlamaktadır. Bu durum, ekipmanların aşınma oranını azaltarak, bileşenlerin daha uzun süre boyunca yüksek performansla çalışmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, bu sayede bakım gereksinimlerinin azalması ve bakım süreçlerinin daha seyrek hale gelmesi söz konusu olmaktadır. Temiz ham madde kullanımı, üretim proseslerinin güvenilirliğini artırırken, aynı zamanda ekipmanların ömrünü uzatarak, genel işletme maliyetlerini de düşürmektedir. Öte yandan, atık ayrıştırma ve geri dönüşüm süreçlerinde kullanılan otomatik sistemler, üretim süreçlerinin verimliliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu teknolojiler, ham maddelerin ayrıştırılmasında insan müdahalesini minimize ederek, hem hız hem de doğruluk açısından üstün performans sağlar. Otomatik sistemler, özellikle kağıt geri dönüşümü gibi karmaşık süreçlerde, atıkların etkin bir şekilde ayrıştırılmasını ve yeniden kullanılabilir malzemelerin toplanmasını sağlar. Bunun sonucunda, üretim süreçleri daha düzenli hale gelir, verimlilik artar ve atık yönetimi daha sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilir (Lee, 2021). Bu gelişmeler hem çevresel hem de ekonomik açıdan işletmelere önemli faydalar sağlar. Üretilen kâğıt türüne uygun ham maddelerin kabul edilmesiyle renk ve dolgu için kullanılan kimyasal miktarları düşecek, su arıtma işlemleri için daha az enerji harcanacak ve çıkan arıtma çamurlarını katma değerli ürünlere dönüştürmek daha kolay olacaktır. Sürdürülebilir atık yönetimi kapsamında ilk başta bireysel olarak atıklarımızı ayrıştırmalı, onların birer atık değil farklı sektörler için birer ham madde kaynağı olduğunu ve bir değere dönüşeceği unutmamalıdır. Elek altına kaçan kısa liflerin azaltılmasını sağlamak amacıyla, elek bakımlarının düzenli yapılması ve kaliteli ham madde temini büyük önem taşımaktadır. Gelen ham maddelerin pulpere girmeden önce ayrıştırılarak istenmeyen kâğıt, plastik, cam, kum ve diğer maddelerin uzaklaştırılması sağlanarak daha kaliteli

ürünlerin yanında daha az makine yıpranmaları sağlanmalıdır.

6. Kâğıt Geri Dönüşümünde Atık Yönetimi ve Sorunlar

Yerleşik yaşama geçiş ile birlikte ortaya çıkmaya başlayan atık sorunu, sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve ekonomik gelişmelerle büyüyerek çevre sorunlarına neden olmaktadır (Akdoğan & Güleç, 2017). Kâğıt geri dönüşümündeki önemli sorunlar şunlardır;

- Kâğıt kirlenmesi: Kirli kâğıtların geri dönüşüm sürecine girmesi, genel geri dönüşüm oranlarını düşürmekte, kontaminasyona sebep olabilmekte ve maliyetleri artırmaktadır (Ferguson & Stewart, 2019; Hoffman, 2021).
- Maliyet sorunları: Geri dönüşüm süreci, iyi yönetilmez ise ham kâğıt üretiminden daha maliyetli olabilme potansiyeline sahiptir ve geri dönüşüm tesislerinin ekonomik sürdürülebilirliğini olumsuz etkiler (McKinney, 2018).
- Ayırıştırma zorluğu: Farklı kâğıt türlerinin (örneğin, karton, gazete, ofis kâğıdı) ayrıştırılması karmaşık bir süreçtir (Waste Management Journal, 2019).
- Yetersiz talep: Geri dönüştürülmüş kâğıda olan talep bazen yetersiz kalır, bu da geri dönüşüm süreçlerini etkisiz hale getirebilir (Tschirley & Radhakrishna, 2020).
- Teknoloji yetersizliği: Geri dönüşüm tesislerinde kullanılan teknolojilerin yetersizliği, kâğıt geri dönüşüm verimliliğini olumsuz etkileyebilir (Lee, 2021).

Kâğıt fabrikalarının atık yönetimi zorlu konular arasında yerini almaktadır. Gelen ham maddeye göre atık içeriğinin değişiminin stabil olmaması, atıkların toplama, taşıma ve depolama maliyetleri yüksek olması bu zorluğu göz önüne sermektedir. Ayrıca, çıkan atıkların çevreye olan olumsuz etkileri de ciddi problemler oluşturabilmektedir. Özellikle kimyasal içeriğe sahip atıkların doğaya sızması çevresel kirliliğe yol açtığı gibi su kaynaklarını da tehdit edebilmektedir. Kâğıt üretiminde atık azaltma uygulamaları hem çevresel hem de ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır.

7. Sonuç

Kâğıt fabrikalarında temiz üretim uygulamaları, sadece çevresel sürdürülebilirliği sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik verimlilik ve toplumsal faydalar açısından da önemli bir rol

oynamaktadır. Temiz üretim, üretim süreçlerinin her aşamasında kaynakların daha verimli kullanılması, atıkların minimize edilmesi ve çevreye olan zararın azaltılması hedefini güder. Bu uygulamaların benimsenmesi, kâğıt sektöründeki çevresel etkileri azaltmanın yanı sıra, işletmelerin maliyetlerini düşürmesine ve rekabet gücünü artırmasına da katkı sağlamaktadır. Kâğıt üretimi, büyük miktarda enerji, su ve doğal kaynak tüketen bir sektör olduğundan, bu sektörün sürdürülebilir bir şekilde faaliyet gösterebilmesi için temiz üretim stratejilerinin uygulanması kritik öneme sahiptir. Kâğıt üretiminde temiz üretimin temel ilkelerinden biri, ham madde olarak kullanılan atık kâğıtların geri dönüştürülmesi sürecinde ortaya çıkan atıkların etkili bir şekilde yönetilmesidir. Kâğıt geri dönüşümü, ham ağaçlardan elde edilen selüloza olan bağımlılığı azaltarak, ormanların korunmasına ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak tanır. Ancak, geri dönüşüm sürecinde kullanılan atık kâğıtların kalitesi, üretim verimliliği ve çevresel etkiler açısından belirleyici bir faktördür. Kâğıt geri dönüşümü sırasında, atık kâğıtların içerisine plastik, taş, cam, demir gibi kâğıt üretimine uygun olmayan malzemelerin karışması, üretim süreçlerini olumsuz etkiler. Bu tür yabancı maddelerin varlığı, iş gücü maliyetlerini artırdığı gibi, makine parçalarının aşınmasına da neden olur. Bu da, işletmelerin daha yüksek bakım ve onarım maliyetleriyle karşılaşmasına, dolayısıyla üretim maliyetlerinin artmasına yol açar. Kâğıt geri dönüşümünde ortaya çıkan bu tür uygunsuzluklar, sadece ekonomik maliyetleri artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı zorlaştırır. Temiz üretim, bu tür sorunların önlenmesi ve atıkların uygun şekilde ayrıştırılması için etkin yöntemler geliştirilmesini sağlar. Geri dönüşüm sürecinde, atık kâğıtların doğru bir şekilde sınıflandırılması, karışık malzeme oranlarının düşürülmesi ve geri kazanım oranlarının artırılması, çevresel etkileri azaltırken, aynı zamanda üretim verimliliğini de artırır. Bu da, hem işletme sahiplerinin maliyetlerini düşürmesine hem de çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılmasına katkıda bulunur. Temiz üretim ilkelerinin kâğıt fabrikalarına entegrasyonu, enerji ve su tüketiminin azaltılmasını, emisyonların kontrol altına alınmasını, atıkların minimize edilmesini ve üretim süreçlerinde sürdürülebilir teknolojilerin kullanımını kapsamaktadır. Bu süreçlerde, kullanılan enerji miktarının ve suyun verimli bir şekilde kullanılması, fabrikaların çevresel etkilerini azaltmanın yanı sıra, üretim maliyetlerini de önemli ölçüde düşürür. Özellikle su, kâğıt üretiminde büyük miktarlarda kullanılan bir kaynaktır ve suyun geri kazanımı, atık su arıtma süreçlerinin iyileştirilmesi, temiz üretim

stratejilerinin bir parçasıdır. Su kullanımının azaltılması ve suyun geri kazanılması, hem çevreye olan yükü azaltır hem de işletmenin maliyetlerini önemli ölçüde düşürür. Bunun yanı sıra, temiz üretim uygulamaları, kağıt fabrikalarının sera gazı emisyonlarını azaltmalarına da yardımcı olur. Kağıt üretim süreci, enerji yoğun bir süreç olup, fosil yakıtların kullanımından dolayı yüksek miktarda karbon salınımına neden olabilmektedir. Temiz üretim, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eder ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır. Bu da, fabrika işletmelerinin karbon ayak izlerini küçültmelerine, dolayısıyla küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Kağıt fabrikalarında uygulanan temiz üretim yöntemlerinin bir diğer önemli faydası da atık yönetimidir. Geri dönüşüm sürecinde ortaya çıkan atıklar, çeşitli türlerde olabilir; katı, sıvı, gaz gibi farklı formlarda karşımıza çıkar. Bu atıkların yönetimi, çevre sağlığı ve insan sağlığı açısından büyük önem taşır. Atıkların uygun şekilde toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi, çevre kirliliğini önlemeye yardımcı olur. Özellikle sıvı atıkların arıtılması, kimyasal maddelerin uygun bir şekilde bertaraf edilmesi, hava emisyonlarının kontrol altına alınması, temiz üretim sürecinin önemli bileşenleridir. Bu tür önlemler, sadece çevreye değil, aynı zamanda insan sağlığına da zarar vermemek için kritik bir rol oynar. Kağıt fabrikalarının atıklarını etkili bir şekilde yönetmesi, çevresel sorumluluklarını yerine getirmeleri açısından önemli bir göstergedir. Sürdürülebilir atık yönetimi, kağıt üretiminde yalnızca çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda ekonomik bir strateji olarak da kabul edilmelidir. Temiz üretim uygulamaları, atıkların geri kazanılmasını, israfın önlenmesini ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayarak maliyet tasarrufu sağlar. Atıkların azaltılması, geri dönüşüm oranlarının artırılması ve temiz üretim teknolojilerinin benimsenmesi, kağıt fabrikalarının rekabet gücünü artırırken, daha yeşil ve çevre dostu bir üretim süreci sunar. Ayrıca, çevreye duyarlı üretim yöntemlerinin benimsenmesi, şirketlerin çevresel itibarlarını artırarak, sürdürülebilirlik konusunda toplumsal farkındalığı da artırır. Bu, kağıt üreticilerinin ve diğer sanayi kuruluşlarının, gelecekteki tüketici taleplerine ve çevre düzenlemelerine uyum sağlamalarına olanak tanır. Kağıt fabrikalarında temiz üretim uygulamalarının önemi, çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik verimlilik ve toplumsal sorumluluk gibi çok boyutlu bir etkiler bütünüyle ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, kağıt üreticilerinin sürdürülebilir üretim süreçlerine yatırım yaparak, yalnızca çevresel sorumluluklarını yerine getirmeleri değil, aynı zamanda uzun vadeli ekonomik büyümelerini desteklemeleri mümkün olacaktır. Temiz üretim

uygulamaları, kağıt sektöründe hem çevresel hem de ekonomik faydaların bir arada sağlanmasını mümkün kılar ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir araç olarak öne çıkar. Gelecek çalışmalarda, temiz üretim uygulamalarının kağıt sektöründeki diğer alanlara da entegre edilmesi ve bu uygulamaların çevresel etkilerinin daha uzun vadede izlenmesi önerilmektedir. Sonuç olarak, temiz üretim uygulamaları, kağıt üretiminde çevresel ayak izini küçültürken aynı zamanda işletmelere maliyet avantajları sağlamaktadır. Bu uygulamalar sayesinde, geri dönüşüm süreçlerinin etkinliği artırılmakta ve kaynak kullanımı optimize edilmektedir.

Makale Bilgileri

Finansal Açıklama: Yazar(lar) bu çalışmanın araştırılması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır.

Teşekkür: Makalenin hazırlanmasında katkıları bulunan, Balıkesir Üniversitesi Endüstri Mühendisliğinde görevli Öğretim Görevlisi Emine Uçmuş'a, Mekatronik Mühendisi Ahmet Akif Sağlam'a ve emeği geçene herkese teşekkürlerimi sunarım.

Yazarların Katkıları: Konsept: M.Y., L.Ç., M.T., A.K.; Tasarım: M.Y., L.Ç.; Danışmanlık: A.K.; Kaynaklar: M.Y., L.Ç., M.T., A.K.; Veri toplama: M.Y., L.Ç., M.T., Analiz: A.K.; Literatür taraması: M.Y., L.Ç., M.T., A.K.; Makale yazımı: M.Y., L.Ç., Eleştirel inceleme: A.K.

Çıkar Çatışması/Ortak Çıkar: Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması veya ortak çıkar beyan edilmemiştir.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma etik kurul izni veya herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

Kaynaklar

Abdullah, R., Ishak, C. F., Kadir, W. R., & Bakar, R. A. (2015). Characterization and feasibility assessment of recycled paper mill sludges for land application in relation to the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9314–9329.

Adams W. M. (2006, January 29-31). The future of sustainability: re-thinking environment and development in the twenty-first century [Conference presentation]. IUCN Renowned Thinkers Meeting, Gland, Switzerland.

- Akdoğan, A., & Güleç, S. (2017). Sürdürülebilir katı atık yönetimi ve belediyelerde yöneticilerin katı atık yönetimiyle ilgili tutum ve düşüncelerinin analizine yönelik bir araştırma. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25(1), 39–69.
- Alma Savaş, D. (2022). Sürdürülebilir tüketim ve çevre araştırmalarına yönelik bir analiz. Akademik İzdüşüm Dergisi, 7(2), 81–100.
- Anantharaman, M. (2018). Critical sustainable consumption: a research agenda. Journal of Environmental Studies and Sciences, 8, 553–561.
- Arslantaş, H. A. (2008). Kültür-kişilik ve kimlik. Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 7(1), 105–112.
- Baird, R. (1996). Chief Seattle's letter: an examination of the text. Environmental Ethics, 18(2), 161–174.
- Beveridge, T. (2015). Environmental and economic benefits of paper recycling. Journal of Waste Management, 35(3), 245–258.
- Cüce, H. (2018). Endüstriyel üretimde döngüsel çevre politikaları. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(2), 111–122.
- Delmas, M. A., & Toffel, M. W. (2004). Stakeholders and environmental management practices: an institutional framework. Business Strategy and the Environment, 13(4), 209–222.
- Diesen, K. (1998). Paper recycling and the environment. Journal of Environmental Management, 53(2), 145–156.
- FAO. (2022, May 24). Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Ferguson, C., & Stewart, T. (2019). The impact of contamination on paper recycling: challenges and solutions. Waste Management, 98, 56–65.
- Fronzel, M., Horbach, J., & Rennings, K. (2004). End-of-pipe or cleaner production? an empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. ZEW Discussion Papers, No. 04–82.
- Gertsakis, J., & Lewis, H. (2003). Sustainable development and cleaner production: A practical approach. UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/sustainable-development-and-cleaner-production-practical-approach>
- Gün, S., & Yalçın, H. (2021). Kağıt üretiminde kullanılan selüloz kaynakları ve geri dönüşüm süreçleri. Çevre ve Enerji Dergisi, 19(3), 45–59.
- Güngör F., & Felekoğlu B. (2018). Eko-verimlilik kavramı, gelişimi ve uygulanma süreci. BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, 20(3) Özel Sayı:90–104.
- Halaçeli Metlioğlu, H., & Yakın, V. (2021). Tekstilde sürdürülebilirlik: Hızlı moda markalarının sürdürülebilirlik stratejileri. OPUS International Journal of Society Researches, 18(Yönetim ve Organizasyon Özel Sayısı), 1883–1908.
- Hart, S. L. (1995). A natural-resource-based view of the firm. Academy of Management Review, 20(4), 986–1014.
- Hervani, A. A., Helms, M. M., & Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. Benchmarking: An International Journal, 12(4), 330–353.
- Hoffman, R. 2021. Contamination in recycling: Understanding its causes and effects. Journal of Environmental Management, 275, 111234.
- Homa, M. (2019). Illustration of the paper or boardmaking process based on 1, 2, 3. https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-the-paper-or-boardmaking-process-based-on-1-2-3_fig1_292149713
- Iqbal, M. (2002). Environmental ethics in Islam. Islamic Studies, 41(3), 343–357.
- Kaçtıoğlu, S., & Şengül, Ü. (2011). Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tam sayılı programlama modeli. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24(1), 89–112.
- Karaca, C. (2007). Çevre, insan ve etik çerçevesinde çevre sorunlarına ve çözümlerine yönelik yaklaşımlar. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), 1–19.
- Karademir, A. (2022). Kağıt üretim teknolojisi: Ders notları. Bursa Teknik Üniversitesi. Bursa.
- Karahan, B., & Karademir, A. (2019). Sustainable paper recycling practices and their environmental

impact. Waste Management & Research, 37(4), 345–359.

Karahan, S., & Karademir, A. (2020). Kâğıt fabrikası arıtım suyu çamurunun diğer atık kâğıtlarla birlikte ambalaj kartonu üretiminde değerlendirilmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(1), 140–145.

Karakuş, D. N., An, N., Turp, M. T., & Kurnaz, L. (2022). AB yeşil mutabakatı ve sürdürülebilir kalkınma amaçları kapsamında temel uygulama yaklaşımlarına küresel bakış. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24(1), 47–67.

Kleindorfer, P. R., Singhal, K., & Van Wassenhove, L. N. (2005). Sustainable operations management. Production and Operations Management, 14(4), 482–492.

Kleiner, A. (1991). The role of cleaner production in achieving sustainability. Journal of Cleaner Production, 1(1), 1–8.

Koç, M. (2019). Kağıt geri dönüşümünün çevresel ve ekonomik etkileri. Orman Ürünleri ve Çevre Bilimleri Dergisi, 27(2), 77–91.

Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability?. Sustainability, 2(11), 3436–3448.

Lee, J. (2021). Technological advancements in paper recycling: Current state and future directions. Journal of Cleaner Production, 283, 124–134.

Martı, T. (2021). İslam’da çevre koruma ve sürdürülebilirlik prensipleri. Türkiye Çevre ve Şehircilik Dergisi, 12(2), 15–29.

McKinney, A. (2018). Economic sustainability in recycling facilities. Journal of Waste Management, 38(4), 123–132.

Moosavi, M., Ghorbannezhad, P., Azizi, M., & Hosseinabadi, H. Z. (2021). Evaluation of life cycle assessment in a paper manufacture by analytical hierarchy process. International Journal of Sustainable Engineering, 14(6), 1647–1657.

Miller, R. (2006). The impact of recycling on environmental sustainability. Resources, Conservation and Recycling, 47(3), 304–316.

OECD. (2013). Environmental outlook to 2050: The consequences of inaction. Organisation for Economic Co-operation and Development, 1–353.

Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., & Banar, M. (2018). Sanayide temiz üretim ve döngüsel ekonomiye geçişte endüstriyel simbiyoz yaklaşımı: bir değerlendirme. Anadolu University Journal of Science and Technology B - Theoretical Sciences, 6(1), 84–97.

Öztürk, A., & Çelik, H. (2020). Sürdürülebilir kağıt üretiminde yıllık bitkiler ve tarımsal artıkları kullanma. Tarım ve Orman Dergisi, 32(4), 101–115.

Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Green and competitive: Ending the stalemate. Harvard Business Review, 73(5), 120–134.

Siddiqi, M. N. (2006). Environmental preservation in Islam. Environmental Development, 7(4), 15–23.

Smook, G. A., & Kocurek, M. (2016). Handbook for pulp and paper technologists (4th ed.). TAPPI Press.

Staniskis J., & Varžinskis V. (2010). Life cycle based design and product development: application of ica to Lithuanian industry. Environ Res Eng & Manage; 4(54):43–53.

Tetik, M. (2021). Kağıdın geri dönüşüm prosesleri [Yüksek lisans tezi], Balıkesir Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Balıkesir.

Tschirley, D., & Radhakrishna, K. (2020). Market demand for recycled paper: Trends and challenges. Resources, Conservation and Recycling, 163, 105–113.

Tudor, T. (2008). Advances in recycling and waste management. Environmental Science & Technology, 42(8), 1234–1241.

Türk Dil Kurumu (TDK). (2023, Kasım 10). Sürdürmek, Genel Türkçe Sözlük. <https://sozluk.gov.tr/>

Birleşmiş Milletler. (2024, Eylül 11). Birleşmiş Milletler Türkiye: Sürdürülebilir kalkınma hedefleri. <https://turkiye.un.org/tr/sdgs>

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023, Mayıs 15). Çevre koruma harcama istatistikleri 2022 [Bülten]. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2022-49671>

U.S. Environmental Protection Agency (EPA), (2009). Sustainable management of materials. <https://www.epa.gov/smm>

UNEP. (2011). Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication. United Nations Environment Programme.

Waste Management Journal. (2019). Challenges in paper recycling: Sorting and processing. Waste Management, 87, 25–32.

Yalçın, C. (2010.) Çevre sorunları bağlamında kızılderili çevre anlayışı. Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 34(1), 9–16.

Yılmaz, M. (2022). Kağıt üretiminde kullanılan malzemelerin kalitesi ve maliyet faktörleri. Çevre Teknolojileri Dergisi, 25(1), 22–35.

Yücel, M. (2011). Çeşitli endüstrilerde temiz üretim sistemi uygulamalarının işletme ekonomilerine sağladığı faydalar. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 10(35), 150–166.

Yücel, M., & Ekmekçiler, Ü. S. (2008). Çevre dostu ürün kavramına bütünsel yaklaşım: Temiz üretim sistemi, eko-etiket, yeşil pazarlama. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 7(26), 320–333.

Zhu, Q., Sarkis, J., & Geng, Y. (2005). Green supply chain management in China: Pressures, practices and performance. International Journal of Operations & Production Management, 25(5), 449–468.

Zhu, Y., & Pye, J. (2009). Technological innovations in paper recycling. Journal of Cleaner Production, 17(8), 765–772.