



Geri Kazanılmış Kâğıt Tüketimi Orman Ekolojik Ayak İzi için Öncü Bir Gösterge Olabilir mi? Türkiye Üzerine Bir Araştırma

Pınar KOÇ^{1*} Hüseyin ÖZALP²

¹Amasya Üniversitesi, Merzifon İİBF, İktisat Bölümü, Amasya, Türkiye

²Amasya Üniversitesi, Merzifon İİBF, Havacılık Yönetimi Bölümü, Amasya, Türkiye

Geliş Tarihi: 04.05.2025

Kabul Tarihi: 23.07.2025

Basım Tarihi: 30.09.2025

Atf yapmak için: Koç, P., & Özalp, H. (2025). Geri Kazanılmış Kâğıt Tüketimi Orman Ekolojik Ayak İzi için Öncü Bir Gösterge Olabilir mi? Türkiye Üzerine Bir Araştırma. *Anadolu Çev. Hay. Bil. Derg.*, 10(5), 552-560. <https://doi.org/10.35229/jaes.1691446>

How to cite: Koç, P., & Özalp, H. (2025). Can Recovered Paper Consumption Be a Leading Indicator for Forest Ecological Footprint? A Study on Türkiye. *J. Anatol. Env. Anim. Sci.*, 10(5), 552-560. <https://doi.org/10.35229/jaes.1691446>

*<https://orcid.org/0000-0002-7843-1228>
<https://orcid.org/0000-0003-1215-195X>

***Sorumlu yazar:**

Pınar KOÇ

Amasya Üniversitesi, Merzifon İİBF, İktisat
Bölümü, Amasya, Türkiye

✉: pinar.koc@amasya.edu.tr

Öz: 1990-2022 dönemini kapsayan bu çalışmanın amacı, Türkiye’de geri kazanılmış kâğıt tüketimi (RPC), ulusal gelir (GDP), kentleşme oranı (UR) ve orman ekolojik ayak izi(FEP) arasındaki nedensellik ilişkilerini analiz ederek, geri kazanılmış kâğıt tüketiminin, orman ekolojik ayak izi öngörülerini için kullanılıp kullanılmayacağını analiz etmektir. Çalışmada Toda Yamamoto Nedensellik testi ve Fourier Toda Yamamoto Nedensellik Testleri kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, yapısal kırılmaların değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini etkilediğini göstermektedir. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi sonuçlarına göre, kentleşme oranından, orman ekolojik ayak izine doğru ve geri kazanılmış kâğıt tüketimine doğru tek yönlü nedensellik bulunmaktadır. Fourier Toda Yamamoto Nedensellik Testi sonuçlarına göre, kentleşme oranı ile orman ekolojik ayak izi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi varken, kentleşme oranından geri kazanılmış kâğıt tüketimine ve ulusal gelire doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Geri kazanılmış kâğıt tüketimi ile orman ekolojik ayak izi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Bu bulgu, geçmiş dönem geri kazanılmış kâğıt tüketiminin orman ekolojik ayak izi için öncü gösterge olarak kullanılmayacağını göstermektedir. Ayrıca, geçmiş dönem kentleşme trendleri orman ekolojik ayak izi, ulusal gelir ve geri kazanılmış kâğıt tüketimi tahminleri için öncü gösterge olarak kullanılabilir. Bu bağlamda, plansız kentleşmenin yaşam kalitesinde meydana getirdiği bozulmaları azaltmak ve sürdürülebilir kalkınma sürecinde etkinliği artırmak için sürdürülebilir şehir projelerinin desteklenmesi ve kırsal kesimde ekonomik yapıyı güçlendirecek politikaların benimsenmesi önemlidir.

Anahtar kelimeler: Geri kazanılmış kâğıt tüketimi, kentleşme, orman ekolojik ayak izi, ulusal gelir.

Can Recovered Paper Consumption Be a Leading Indicator for Forest Ecological Footprint? A Study on Türkiye

Abstract: The objective of this study, which spans the period 1990–2022, is to examine the causal linkages among recovered paper consumption (RPC), gross domestic product (GDP), urbanization rate (UR), and forest ecological footprint (FEP) in Turkey, and to assess whether RPC can serve as a forecasting indicator for FEP. To this end, both the Toda–Yamamoto causality test and its Fourier-augmented variant are employed. The findings reveal that structural breaks materially influence the causality patterns among the variables. Specifically, the Toda–Yamamoto test results demonstrate unidirectional causality flowing from UR toward FEP, and from UR toward RPC. According to the Fourier-augmented Toda–Yamamoto causality test results, there is bidirectional causality between the urbanization rate (UR) and the forest ecological footprint (FEP), whereas unidirectional causality runs from UR to recovered paper consumption (RPC) and from UR to gross domestic product (GDP). No causality is detected between RPC and FEP. These findings imply that lagged values of recovered paper consumption cannot be employed as a leading indicator for forecasting the forest ecological footprint. Conversely, historical urbanization trends may serve as a leading indicator for predicting FEP, GDP, and RPC. In this context, supporting sustainable urban development projects and adopting policies that bolster the rural economic structure are essential to mitigate the quality-of-life impairments caused by unplanned urbanization and to enhance the efficacy of the sustainable development process.

Keywords: Forest ecological footprint, national income, recovered paper consumption, urbanization

GİRİŞ

Küresel nüfus artışı ve sanayileşme nedeniyle ekonomik faaliyet hacminde meydana gelen artış, küresel ısınmaya neden olarak çevresel bozulmaları tetiklemekle

kalmamış (Söyler, 2025; Uludüz vd., 2024), aynı zamanda atık üretimini artırarak geleneksel atık yönetim sistemlerinin sürdürülebilirliğini de olumsuz etkilemiştir (Dada, et al., 2024; Izquierdo-Horna et al., 2022). Mevcut istatistiklere

göre, küresel yıllık belediye katı atık üretim miktarı yaklaşık 2.01 milyar tondur. Mevcut büyüme trendleri devam ettiğinde, küresel atık miktarının 2050 yılına kadar yaklaşık 3.8 milyar tona ulaşması beklenmektedir (World Bank, 2018; UNEP, 2024). Bölgelere göre atık üretimi istatistikleri incelendiğinde Doğu Asya ve Pasifik ülkelerinin en fazla yıllık atık üretimine, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin en düşük yıllık atık üretimine sahip olduğu görülmektedir.

Table 1. Total waste generation by regions (Annual) (Million tons).

Tablo 1. Bölgelere göre toplam atık üretimi (Yıllık).

Bölgeler	2016	2030	2050
Orta Doğu ve Kuzey Afrika	129	177	255
Sahra Altı Afrika	174	269	516
Latin Amerika ve Karayipler	231	290	369
Kuzey Amerika	289	342	396
Güney Asya	334	466	661
Orta Avrupa ve Asya	392	440	490
Doğu Asya ve Pasifik	468	602	714

Kaynak: Dünya Bankası

Tablo 2, bölgelere göre kişi başına düşen günlük atık üretim miktarlarını vermektedir. Kuzey Amerika'da kişi başına günlük atık üretimi 2016 yılında ortalama 2,21 kg iken, bu miktarın 2050 yılında yaklaşık %13 artışla 2,50 kg'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Sahra Altı Afrika ve Güney Afrika ülkeleri kişi başına günlük atık üretiminin en düşük olduğu ülkelerdir.

Table 4. Gelir düzeyine göre küresel atık bileşenleri (%).

Tablo 4. Global waste composition by income (%).

Düşük Gelirli Ülkeler							Alt Orta Gelirli Ülkeler						
Atık Türü	Metal	Cam	Plastik	Kâğıt	Organik	Diğer	Atık Türü	Metal	Cam	Plastik	Kâğıt	Organik	Diğer
Pay (%)	2	1	7	7	56	27	Pay (%)	2	3	11	13	53	18
Üst Orta Gelirli Ülkeler							Yüksek Gelirli Ülkeler						
Atık Türü	Metal	Cam	Plastik	Kâğıt	Organik	Diğer	Atık Türü	Metal	Cam	Plastik	Kâğıt	Organik	Diğer
Pay (%)	2	4	11	12	54	17	Pay (%)	6	5	13	25	32	19

Kaynak: Dünya Bankası

Yüksek gelirli ülkelerde atık toplama oranı % 96 iken üst orta gelirli ülkelerde % 82, alt orta gelirli ülkelerde % 51 ve düşük gelirli ülkelerde % 39'dur (World Bank, 2018).

Table 5. Gelir düzeyine göre atık yönetim stratejileri (%).

Tablo 5. Waste management strategies by income (%).

Uygulanan Strateji	Düşük Gelirli Ülkeler	Alt Orta Gelirli Ülkeler	Üst Orta Gelirli Ülkeler	Yüksek Gelirli Ülkeler
Vahşi Depolama	93	66	30	2
Düzenli Depolama	3	18	54	39
Kompostlama	0,3	10	2	6
Geri Dönüşüm	3,7	5,93	4	29
Yakma	0	0,07	10	22
Diğer	0	0	0	12

Tablo 5 gelir düzeyine göre ülkelerde uygulanan atık yönetim stratejilerinin yüzdesel dağılımını vermektedir. Tablo 5'e göre, düşük ve alt orta gelirli ülkelerde vahşi depolama yaygın olarak kullanılmaktadır. Üst orta gelirli ülkelerde düzenli depolama %54 ile en yüksek paya sahiptir. Düzenli depolamayı %30'luk payla vahşi depolama takip etmektedir. Yüksek gelirli ülkelerde düzenli depolama ve geri dönüşüm en sık kullanılan atık yönetim stratejileridir.

Uygulanan atık yönetim stratejisi, döngüsel ekonomi modelinin başarılı olabilmesi için önemlidir

Table 2. Bölgelere göre kişi başına düşen atık üretimi (Günlük) (Kg).

Tablo 2. Waste generation per capita by regions (Daily) (Kg).

Yıllar	Güney Asya	Doğu Asya ve Pasifik	Orta Doğu ve Kuzey Afrika	Latin Amerika ve Karayipler	Orta Avrupa ve Asya	Kuzey Amerika
2016	0.52	0.56	0.81	0.99	1.18	2.21
2030	0.62	0.68	0.9	1.11	1.3	2.37
2050	0.79	0.81	1.06	1.3	1.45	2.5

Kaynak: Dünya Bankası.

Tablo 3 yüzdesel olarak global atık bileşenlerini vermektedir. Organik atıklar % 46 ile en yüksek paya sahiptir. Organik atıkları % 17'lik payla kağıt atıklar, % 5'lik payla cam atıklar ve % 4'lük payla metal atıklar takip etmektedir.

Table 3. Küresel atık bileşenleri (%).

Tablo 3. Global waste composition (%).

	Metal	Cam	Plastik	Kağıt	Organik	Diğer
Pay (%)	4	5	12	17	44	18

Kaynak: Dünya Bankası.

Tablo 4, gelir düzeyine göre ülkelerin atık bileşenlerini vermektedir. Düşük gelirli ülkelerde organik atıkların toplam atıklar içindeki payı %56 iken, yüksek gelirli ülkelerde organik atıkların toplam atıklar içindeki payı %32'dir. Yüksek gelirli ülkelerde kağıt atıkların toplam atıklar içindeki payı diğer ülkelere kıyasla daha fazladır.

(Aming-Hayudini et al., 2022). Atık hiyerarşisinde en alt sırada yer alan vahşi depolama ve düzenli depolama yöntemleri insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Al-Wabel et al., 2022). Vahşi depolama ve düzenli depolama alanlarında biriken atıklardan kaynaklanan sızıntı suları, yer altı su kaynaklarının kirlenmesine neden olurken, atıkların zaman içinde çözünmeye başlaması, azot, metan ve karbondioksit gibi gazların ortaya çıkmasına yol açarak çevresel bozulmayı tetiklemektedir.

Atık oluşumundaki muazzam artış nedeniyle atık yönetiminin zorlaşması ve geleneksel atık yönetim sistemlerinin insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratması, sürdürülebilir kalkınma için atık üretimini azaltmanın gerekli olduğunu kanıtlamıştır (Jagun et al., 2023; Ozbay vd., 2021; Sadati et al., 2024; Zhang et al., 2022). Yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji kazanımı stratejileri kaynak kullanımını ve atık üretimini minimum düzeye indirmeyi amaçlayan stratejilerdir (Zhang et al. 2022).

Geri dönüşüm faaliyetleri çevre ve ekonomi açısından önemli kazanımlara yol açmaktadır. Atıkların değerlendirilmesi ile elde edilen hammaddeler, yerine

kullanıldığı malzeme için tüketilmesi gereken hammaddenin veya doğal kaynağın korunması gibi önemli bir kaynak tasarrufu sağlamaktadır (Lamma, 2021). Bir alüminyum kutunun geri dönüşümünden, hammaddeden ürün elde etmeye oranla %90-95 (Du et al., 2024), kâğıdın geri dönüşümünden, sıfır kâğıt kullanımına oranla %50 enerji tasarrufu sağlanmaktadır (Senarathna, 2023). Geri dönüşüm işlemleri çevre kirliliğinin azaltılması bakımından da önemlidir. Kâğıdın geri dönüşümü ile su kirliliğinde %35, hava kirliliğinde %70 azalma sağlanmaktadır (Misman et al., 2008).

Türkiye’de genel atık yönetimine ilişkin düzenlemeler atık çeşitliliği ve AB mevzuatına uygun olarak hazırlanmıştır. Türkiye’nin atık yönetim stratejisinin en önemli ilkelerinden birisi atık oluşumunun önlenmesi, atığın azaltılması ve geri dönüşüm veya geri kazanımın sağlanarak, bertarafa gönderilecek atık miktarının azaltılmasıdır (Sıfır Atık Yönetmeliği, 2019).

Tablo 6, 2018-2022 yılları itibarıyla Türkiye’de faaliyet gösteren atık bertaraf ve geri kazanım tesisi sayılarını vermektedir. TÜİK verilerine göre, Türkiye’de 2018 yılında faaliyet gösteren atık bertaraf ve geri kazanım tesisi sayısı 2223 iken, 2020 yılında %24 artarak 2752’ye;

2022 yılında ise yaklaşık %14,3 artarak 2936’ya yükselmiştir.

Tablo 6. Atık bertaraf ve geri kazanım tesis göstergeleri.

Table 6. Waste disposal and recover facilities indicators.

	2018	2020	2022
Atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri sayısı	2 223	2 752	3136
Atık bertaraf tesisi sayısı	166	184	200
Düzenli depolama tesisi Sayısı	159	174	191
Yakma Tesisi sayısı	7	10	9
Atık geri kazanım tesisleri	2057	2568	2936
Kompost tesisi	8	9	11
Beraber yakma tesisi	40	50	59
Diğer geri kazanım tesisleri	2009	2509	2866

Kaynak: TÜİK

Tablo 7, 2020 ve 2022 yıllarında sektörler itibarıyla toplanan atık miktarlarını vermektedir. 2022 yılı itibarıyla oluşan toplam atık miktarı 109,2 milyon tondur. Toplam atık miktarının 29,3 milyon tonu tehlikeli atıklardan oluşurken, 79,8 milyon tonu tehlikesiz atıklardan oluşmaktadır.

Tablo 8, 2020 yılı itibarıyla atık tipine göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık miktarlarını vermektedir. Belediyeler tarafından toplanan atık miktarı 4 milyon tonun üzerindedir. Evsel atıklar %40,83’lük payla, birinci sırada yer almaktadır.

Tablo 7. Türkiye’de sektörlere göre toplanan atık miktarları (Ton) (2020, 2022).

Table 7. Total amounts of waste collected by sectors in Turkey (Tonnes) (2020, 2022).

Sektörler	Toplanan Atık		Tehlikeli Atık		Tehlikesiz Atık	
	2020	2022	2020	2022	2020	2022
İmalat sanayi işyerleri	23.867.866	27.969.021	4.597.274	5.439.883	19.270.593	22.529.139
Termik santraller	24.375.356	27.815.548	10.012	10.512	24.365.343	27.805.036
Maden işletmeleri	27.581.875	26.309.170	26.044.730	23.794.881	1.537.144	2.514.289
Organize sanayi bölgeleri	279.067	323.14	116.720	127.268	162.347	195.872
Hanehalkı	28.635.018	26.820.352	1.352	8.354	28.633.665	26.811.998
Toplam	104.739.181	109.237.232	30.770.088	29.380.898	73.969.093	79.856.334

Tablo 8. Atık tipine göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık miktarı, 2020.

Table 8. The amount of municipal waste delivered to recovery facilities by waste type, 2020.

Atık tipi	Belediye sayısı	Atık miktarı (Ton)	%
Karışık metal atıklar	290	126 011	2.96
Cam atıklar	367	259 721	6.09
Kâğıt ve karton atıklar	548	1 004 803	23.56
Ömrünü tamamlamış lastikler	105	7 810	0.18
Plastik atıkları	402	471 351	11.05
Odun atıkları	68	39 114	0.91
Tekstil ve deri atıkları	124	58 382	1.36
Pil ve akü atıkları	253	354	0.008
Gıda hazırlama ve ürünlerinin hayvansal ve karışık atıkları	197	14 118	0.33
Gıda hazırlama ve ürünlerinin bitkisel atıkları ve park ve bahçe atıkları	54	96 498	2.26
Evsel ve benzeri atıklar	70	1 741 300	40.83
Karışık ve ayrıştırılamayan atıklar	95	224 851	5.27
Kül ve cüruf	23	18 085	0.42
İri hacimli atıklar	48	193 721	4.54
Diğer	80	7 613	0.17
Toplam	634	4.263.733	

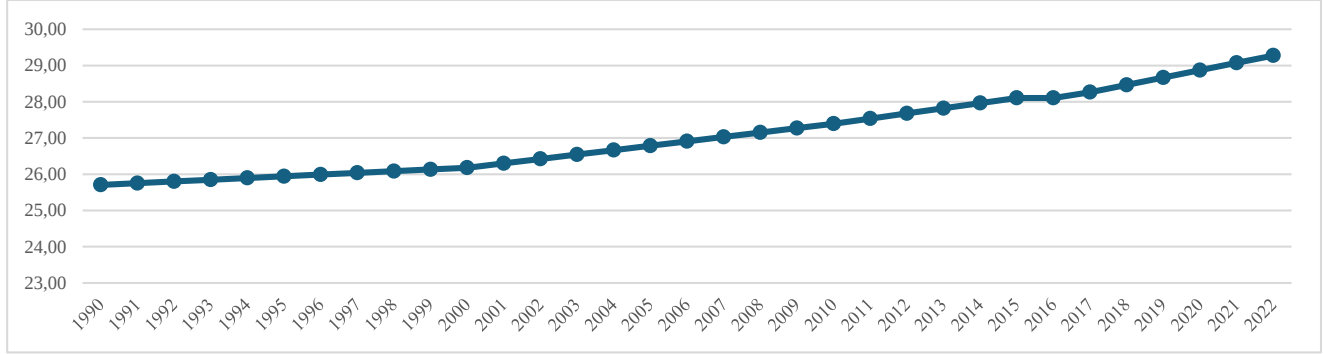
Kaynak: TÜİK

Türkiye’de kâğıt ve karton atıkların toplam atıklar içindeki payı % 23,56’dır. Gelişen teknolojinin kâğıt tüketimini azaltması beklense de üretim, tüketim ve ticaret hacminde meydana gelen artışlar, özellikle ambalaj ihtiyacını artırarak, kâğıt tüketimini de artırmaktadır. Kâğıt tüketiminin artması aynı zamanda ormansızlaşmayı da beraberinde getirmektedir. Ormansızlaşmanın yaklaşık olarak %14’ü kâğıt endüstrisinden kaynaklanmaktadır

(WWF, 2024). Kâğıt üretiminin birincil hammaddesi olan selüloz büyük ölçüde ağaçlardan elde edilmektedir (Kumar, 2017; Tomasik, 2003). Ortalama bir kişi yılda 300 kg kâğıt tüketmekte ve 1 ton kâğıt üretimi için yaklaşık 17 ağacın kesilmesi gerekmektedir. Her yeni kâğıt tüketimi daha fazla ağacın kesilmesine ve dolayısıyla ormanlık alan kaybının artmasına neden olmaktadır (Senarathna, 2023). Ormanlık alan kaybının artması, biyolojik çeşitliliğin

azalmasına neden olarak, orman ekolojik ayak izinin artmasına yol açtığı gibi, karbon emisyonlarının da artmasına ve çevresel bozulmaların hızlanmasına da sebep olmaktadır (Akkemik ve Kavgacı, 2022).

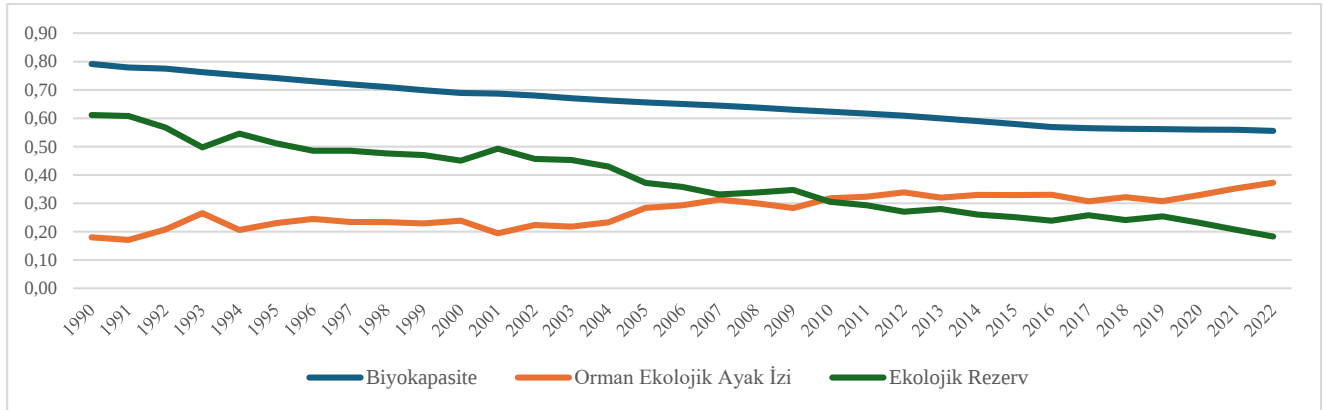
Şekil 1 Türkiye’de ormanlık alanların toplam alanlar içindeki payını vermektedir. Dünya Bankası istatistiklerine göre, 1990 yılında ormanlık alanların toplam alanlar içindeki payı % 25,71 iken, 2010 yılında yaklaşık %7 artarak %27,39’a, 2022 yılında ise % 29.07’ye ulaşmıştır.



Şekil 1. Türkiye’de ormanlık alanların toplam alanlar içindeki payı (%).

Figure 1. The share of forests in total areas in Türkiye (%).

Kaynak: Dünya Bankası.



Şekil 2. Türkiye’de orman ekolojik ayak izi, ormanların biyolojik kapasitesi ve orman ekolojik açığı (1990-2022).

Figure 2. Forest ecological footprint, biological capacity of forests and forest ecological reserve (1990-2022).

Kaynak: Global Footprint Network.

Sürdürülebilir ekonomik kalkınma modellerinin başarısı ve etkin politika önerilerinin sunulabilmesi için, geri dönüşüm faaliyetlerinin çevresel bozulmalar üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi önemlidir. Grosse and Mainguy, (2010) geri dönüşümün kaynak kullanımını azaltıp azaltmadığını; Yang et al., (2017) informal geri dönüşüm ve atık yönetimi işlemlerinin çevre ve kamu sağlığı üzerindeki etkilerini; Awasthi et al., (2018) Çin’de elektronik atıkların uygun olmayan yöntemlerle geri dönüştürülmesinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini; Diacono et al., (2019) tarımsal atıkların geri dönüşümünün karbon ayak izi üzerindeki etkisini; Knäble et al., (2022), Lamma, (2021), Okudo et al., (2021), Ulucan ve Alyamaç, (2023) geri dönüşüm ve

Şekil 2 1990-2022 dönemi boyunca Türkiye’de ormanların biyolojik kapasitesi, orman ekolojik ayak izi ve ekolojik rezerv değişimini vermektedir. Global Footprint Network veri tabanından elde edilen veriler incelendiğinde, Türkiye’de ormanların biyolojik kapasitesinin, orman ekolojik ayak izinden büyük olduğu görülmektedir. Yıllar itibariyle değişkenlik göstermekle birlikte, orman ekolojik rezervi genel olarak azalma eğilimindedir. Mevcut durum devam ederse, ormanlar için ekolojik açık söz konusu olacaktır.

yeniden kullanım faaliyetlerinin çevre ve ekonomi üzerindeki etkilerini analiz etmiştir.

Bao and Lu, (2023), Boubellouta and Kusch-Brandt, (2020), Boubellouta and Kusch-Brandt, (2023) ve Kanwal et al., (2023), atık oluşumu ve ulusal gelir arasındaki ilişkiyi EKC hipotezi çerçevesinde incelenmiştir. Elde edilen bulgular ülke gruplarına göre değişkenlik göstermektedir.

Ateş, (2021), Aydın et al. (2023), Chen and Pao (2024), Kocakaya, (2023), geri dönüşüm ve ulusal gelir arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir.

Literatürde, kâğıdın geri dönüşümünün sürdürülebilir ekonomi üzerindeki etkilerini ampirik olarak analiz eden sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Lorang et al., (2022), Fransa’da kâğıt ve kartonun geri

dönüşümündeki artışın orman sektörü ve karbon emisyonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, kâğıdın geri dönüşümünün sürdürülebilirlik açısından önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Aydın et al. (2023) en çok geri kazanılmış kâğıt tüketen Avrupa ülkelerinde, kâğıdın geri dönüşümü, beşerî sermaye endeksi, kentleşme oranı ve orman ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi çevresel kuznets eğrisi bağlamında incelemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, Hollanda da geri kazanılmış kâğıt tüketimindeki artış, orman ekolojik ayak izini azaltmaktadır.

Literatürde kâğıt endüstrisi ile orman endüstrisi arasındaki üretim ilişkisini dikkate alarak, Türkiye’de geri kazanılmış kâğıt tüketimi ile orman ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi ampirik olarak analiz eden bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, Türkiye’de geri kazanılmış kâğıt tüketimi, ulusal gelir,

kentleşme oranı ve orman ekolojik ayak izi arasındaki nedensellik ilişkilerini analiz ederek, geçmiş dönem ulusal gelir ve kentleşme dinamiklerinin orman ekolojik ayak izi için öncü gösterge olarak kullanılıp kullanılamayacağı tahmin etmektir. Bu bağlamda çalışmanın bu alanda çalışmak isteyenlere katkı sağlaması beklenmektedir.

MATERYAL VE METOT

1990-2022 dönemini kapsayan bu çalışmada geri kazanılmış kâğıt tüketimi, kentleşme oranı, kişi başına düşen GSYİH ve orman ekolojik ayak izi arasındaki nedensellik ilişkileri analiz edilmiştir. Çalışmada Toda Yamamoto Nedensellik Testi ve Fourier Toda Yamamoto Nedensellik testi kullanılmıştır. Tablo 9’da değişkenler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 9. Çalışmada kullanılan değişkenler.

Table 9. Variables used in the study.

Değişkenler	Notasyon	Veri Tabanı	Birim	Kaynak
Geri Kazanılmış Kâğıt Tüketimi	RPC	FAO Forest Yearbook	1000 Metreküp	https://www.fao.org/forestry-fao/statistics/80570/en/
Orman Ekolojik Ayak izi	FEP	Global Footprint Network	Küresel Hektar(Kişi başı)	https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.6827638.538473368.1751044564-1525170013.1751044564#countryTrends?type=BCtot,EF,Ctot&cn=223
Kentleşme oranı	UR	Dünya Bankası	Toplam nüfusun yüzdesi	https://data.worldbank.org/indicator/SP.UR.B.TOTL.IN.ZS
Kişi başı GSYİH	GDP	Dünya Bankası	Sabit (2015 ABD\$)	https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD

Çalışmada RPC, geri kazanılmış kâğıt tüketimini; FEP, orman ekolojik ayak izini; UR, kentleşme oranının ve GDP kişi başına düşen GSYİH’yı temsil etmektedir. Geri kazanılmış kâğıt tüketimi istatistikleri FAO veri tabanında yer alan orman yıllıklarından, kişi başına düşen orman ekolojik ayak izi istatistikleri Global Footprint Network veri tabanından, kentleşme oranları ve Kişi başına düşen GSYİH değerleri Dünya bankası veri tabanından derlenmiştir. Kişi başına düşen GSYİH değerleri, 2015 yılı fiyatlarıyla ABD doları cinsinden hesaplanmış değerlerdir.

Toda Yamamoto Nedensellik Testi: Bir zaman serisinin geçmiş dönem değerleri, başka bir zaman serisinin gelecek değerleri hakkında istatistiksel olarak anlamlı bilgi sağlandığında değişkenler arasında nedenselliğin varlığından bahsedilir.

Toda and Yamamoto, (1995) serilerin düzey değerlerini kullanarak nedenselliğin sınanmasına olanak sağlayan bir model geliştirmiştir. Toda Yamamoto Nedensellik Testi’nde serilerin durağanlık mertebesi belirlenmekte ve maksimum eş bütünleşme derecesi modele ilave edilmektedir.

Toda Yamamoto Nedensellik Testi aşağıdaki VAR modeline dayanmaktadır;

$$Y_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^{k+dm} \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+dm} \beta_{1i} X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$X_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{k+dm} \alpha_{2i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+dm} \beta_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

(1) nolu denklemde X’ten Y’ye doğru nedenselliğin varlığı sınanırken; (2) nolu denklemde Y’den X’e doğru nedenselliğin varlığı sınanmaktadır. Temel hipotez bir değişkenden diğerine doğru nedensellik bulunmadığını ifade etmektedir.

Fourier Toda Yamamoto Nedensellik Testi:

Toda Yamamoto Nedensellik Testi yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır. Ancak, yapısal kırılmalar seriler arasındaki nedensellik ilişkilerini etkileyebilir. Nazlıoğlu et al., (2016), Toda Yamamoto Nedensellik Test denkleminde fourier fonksiyonları ilave ederek yapısal kırılmaları dikkate alan Fourier Toda Yamamoto Nedensellik Testi’ni geliştirmiştir. Test denklemini aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$Y_t = a_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_{p+dm} Y_{t-(p+dm)} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Serilerin eş bütünleşme derecesini belirlemek için Enders and Lee, (2012) tarafından geliştirilen Fourier Birim Kök Testi kullanılmıştır.

BULGULAR

Tablo 10 Fourier ADF Birim Kök Testi sonuçlarını vermektedir. Tahmin sonuçlarına göre, FEP ve GDP değişkenleri düzey değerlerinde durağanken, RPC ve UR değişkenleri birinci farklarında durağandır. Nedensellik denklemlerine eklenecek ilave gecikme sayısı 1’dir.

Tablo 11 Toda Yamamoto ve Fourier Toda Yamamoto nedensellik test sonuçlarını vermektedir. Toda Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre, %5 anlam düzeyinde kentleşme oranından (UR), orman ekolojik ayak izine (FEP) doğru ve geri kazanılmış kâğıt tüketimine (RPC) doğru tek yönlü nedensellik bulunmaktadır. Geçmiş dönem kentleşme oranları, gelecek dönem orman ekolojik

ayak izi ve geri kazanılmış kağıt tüketimini tahmin etmede kullanılabilir. Fourier Toda Yamamoto Nedensellik Testi sonuçlarına göre, % 10 anlam seviyesinde kentleşme oranı (UR) ile orman ekolojik ayak izi (FEP) arasında çift yönlü nedensellik vardır. %5 anlam seviyesinde kentleşme

oranından geri kazanılmış kağıt tüketimine doğru nedensellik bulunmaktadır. % 10 anlam seviyesinde kentleşme oranından ulusal gelire doğru tek yönlü nedensellik bulunmaktadır.

Tablo 10. Fourier birim kök testi sonuçları.

Table 10. Results of fourier unit root test.

Değişken	f	Min. KKT	F	Uygun gecikme	FADF
FEP	1.00	0.012275	9.049410**	5.00	-4.051103**
GDP	4.00	2972229.	6.466516***	3.00	2.932078***
RPC	1.00	752903.8	8.696939**	5.00	0.822819
UR	1.00	0.053203	6.910741***	8.00	0.320498
Farkı alınmış seriler					
Değişken	Frekans	Min. KKT	F	Uygun gecikme	FADF
dRPC	1.00	794325.4	7.263347***	8.00	-4.490523*
dUR	1.00	0.008991	60.79536*	8.00	-6.225070*

Trigonometrik terimlerin anlamlılığını test etmek için kullanılan F kritik değerleri % 1, %5 ve % 10 anlam düzeyleri için sırasıyla 10.35, 7.58 ve 6.35'tir. k=1 ve T=100 iken FADF kritik değerleri % 1, %5 ve % 10 anlam düzeyleri için sırasıyla -4.42, -3.81 ve -3.49'dur. k=4 ve T=100 iken FADF kritik değerleri % 1, %5 ve % 10 anlam düzeyleri için sırasıyla -3.64,-2.97 ve -2.64'tür. Kritik değerler Enders & Lee (2012) s.197'den alınmıştır*. **, *** sırasıyla %1, % 5 ve % 10 anlam düzeylerini temsil etmektedir.

Tablo 11. Toda Yamamoto ve fourier Toda Yamamoto nedensellik testi sonuçları.

Table 11. Results of Toda Yamamoto and fourier toda yamamoto causality test.

Nedenselliğin Yönü	Toda Yamamoto		Fourier Toda Yamamoto			
	Wald	prob	Wald	Bootstrap p-value	f	k+dmax
RPC → FEP	1.123	0.291	0.110	0.746	1.00	2.00
FEP → RPC	0.047	0.823	0.226	0.643	1.00	2.00
UR → FEP	12.428	0.020**	3.249	0.083***	1.00	2.00
FEP → UR	0.829	0.828	4.119	0.055***	1.00	2.00
GDP → FEP	0.390	0.542	1.222	0.280	1.00	2.00
FEP → GDP	0.010	0.920	0.466	0.497	1.00	2.00
UR → RPC	14.723	0.011**	5.732	0.023**	1.00	2.00
RPC → UR	0.514	0.916	0.378	0.824	1.00	3.00
GDP → RPC	0.041	0.840	0.216	0.645	1.00	2.00
RPC → GDP	0.201	0.656	1.870	0.179	1.00	2.00
GDP → UR	2.781	0.265	0.524	0.775	1.00	3.00
UR → GDP	1.889	0.385	5.197	0.098***	1.00	3.00

, * sırasıyla %5 ve % 10 anlam düzeylerini göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Sanayileşme ve nüfus artışıyla birlikte artan enerji talebinin yenilenemeyen enerji kaynaklarıyla karşılanması çevresel bozulmaları tetiklerken, kaynakların tükeneceği beklentilerinin artması geleneksel büyüme modellerinin sorgulanmaya başlamasına neden olmuştur. Tarımın ekonomideki payının azalması ve artan sanayileşme köyden kente göçü artırarak, kentsel yapılaşmada önemli değişimleri beraberinde getirmiştir. Kentleşme eğilimindeki artış, ormansızlaşmayı artırarak çevresel bozulmaları da tetiklemektedir. Dünya Bankası küresel ormanlık alanların toplam alanlar içindeki payı istatistikleri incelendiğinde, 1990'lı yılların başlarında ormanlık alanların toplam alanlar içindeki payı %32 civarındayken, 2021 yılında %31,2'ye gerilemiştir. Küresel düzeyde ormanlık alan büyüklüğü yüzdesel olarak azalma eğiliminde olsa da, Türkiye'de ormanlık alan dağılımının kesintisiz olarak arttığı görülmektedir. Dünya Bankası verilerine göre, Türkiye'de ormanlık alanların toplam karasal alanlar içindeki payı 1990 yılında %25,70 iken, %26,17'ye yükselmiştir. 2021 yılı itibarıyla ormanlık alanların toplam alanlar içindeki payı %29,07'ye yükselmiştir Ormanlık alan artışının, biyolojik kapasiteyi artırarak, orman ekolojik ayak izini azaltması beklenmektedir. Ancak, Türkiye'nin orman ekolojik ayak izi istatistikleri incelendiğinde, 1990 yılında 0,17 olan orman ekolojik ayak izinin, 2020 yılında 0.30'a yükseldiği görülmektedir. Kentleşmeyle birlikte artan nüfusun

ihtiyaçlarını karşılamak için ormanlık alanların yerleşime ve tarıma açılması, orman yangınları, orman endüstrisine dayalı ürünlerin üretim ve dış ticaret hacminde meydana gelen artışlar, iklim değişikliği nedeniyle biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve orman ekolojik ayak izinin artmasına neden olmaktadır (Akkemik & Kavgacı, 2022; Yılmaz, 2024).

Toda Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre, orman ekolojik ayak izinden ve geri kazanılmış kağıt tüketiminden kentleşmeye doğru tek yönlü nedensellik vardır. Bu bulgu, geçmiş dönem orman ekolojik ayak izi ve geri kazanılmış kağıt tüketimi değerlerinin, gelecek dönemlerde kentleşme dinamiklerini tahmin etmede öncü gösterge olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Fourier Toda Yamamoto nedensellik testi sonuçları ise, kentleşme oranından orman ekolojik ayak izine ve geri kazanılmış kağıt tüketimine doğru tek yönlü nedenselliğin bulunduğunu göstermektedir. Geçmiş dönem kentleşme dinamikleri, gelecek dönem orman ekolojik ayak izini ve geri kazanılmış kağıt tüketimini tahmin etmede öncü gösterge olarak kullanılabilir. Bu sonuç, ekolojik ayak izi bağlamında Nathaniel, (2021), Ullah et al., (2023) ve Salman et al., (2022) tarafından elde edilen bulguları desteklemektedir. Kentleşmenin orman ekolojik ayak izinde neden olduğu bozulma, geri dönüşüm faaliyetleri ile telafi edilmeye çalışılmaktadır.

Mevcut çalışmada orman ekolojik ayak izi ile geri kazanılmış kağıt tüketimi arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda, geçmiş

dönem geri kazanılmış kağıt tüketimindeki artışların, gelecek dönem orman ekolojik ayak izi tahminleri için öncü gösterge olamayacağı sonucuna varılmaktadır. Bu durum, kentleşmeyle birlikte artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için ormanlık alanların yerleşime ve tarıma açılması, orman yangınları, orman endüstrisinde üretim ve ticaret hacminin artması ve iklim değişimi gibi faktörlerden kaynaklanan ormanlık alan kaybının yüksek olması, kağıdın geri dönüşümü ile elde edilebilecek kazanımların azalmasına neden olması ile açıklanabilir.

Sonuç olarak, Toda yamamoto ve Fourier Toda Yamamoto nedensellik testlerinin farklı sonuçlar vermesi yapısal kırılmaların nedenselliğin yönünü değiştirdiğini kanıtlamaktadır. Kentleşme dinamikleri, orman ekolojik ayak izi ve geri kazanılmış kağıt tüketimi için öncü gösterge olarak kullanılabilirken, geri kazanılmış kağıt tüketimi orman ekolojik ayak izi için öncü gösterge olarak kullanılamaz.

ÖNERİLER

Plansız kentleşme ormanlık alan tahribatını artırmakta, ormanlık alan tahribatındaki artış ise karbon emisyonlarında artışa neden olarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hızlandırmaktadır. Nitekim bu çalışmada da kentleşme dinamiklerinin orman ekolojik ayak izi ve geri kazanılmış kağıt tüketimi üzerinde belirleyici rol oynadığı doğrulanmıştır. Bu çerçevede plansız kentleşmenin olumsuz etkilerini azaltmak için sürdürülebilir şehir projeleri artırılmalı ve planlı bir şekilde uygulanmalı, biyolojik kapasite artışı sağlayacak üretim modelleri benimsenmeli, gereksiz kaynak tüketiminden kaçınılmalı ve sıfır atık projeleri ile kaynak israfının önüne geçilmelidir. Modern köyler kurulmalı, kırsal kesimde nitelikli eğitim ve sağlık hizmetleri sağlanmalı, teknolojik alt yapı güçlendirilmeli ve istihdam olanakları artırılmalıdır.

Kağıdın geri dönüşümü, sürdürülebilir kalkınma modelinin başarıya ulaşabilmesinde önemli bir politika aracıdır. Bu bağlamda bu çalışmanın gelecek çalışmaları teşvik etmesi beklenmektedir. Aynı analiz farklı ülke ya da ülke grupları için yapılp sonuçlar karşılaştırılabileceği gibi, farklı dönem ve analiz teknikleri kullanılarak Türkiye için yeni model tahminleri de yapılabilir.

KAYNAKLAR

Al-Wabel, M.I., Ahmad, M., Rasheed, H., Rafique, M.I., Ahmad, J., & Usman, A.R.A. (2022). Environmental issues due to open dumping and landfilling. In: Pathak, P. & Palani, S.G. (ed) *Circular economy in municipal solid waste landfilling: biomining & leachate treatment . radionuclides and heavy metals in the environment*, 65-93p, Springer, Cham.

- Akkemik, Ü., & Kavgacı, A. (2022).** Türkiye’de ormansızlaşma ve orman bozulması. In: Atmış, E. (ed) *Türkiye’de orman bozulması*, 91-105p, Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara.
- Aming-Hayudini, M.A.E., Jaddani, M.Y.T., & Habibun, S.I. (2022).** Practices on waste disposal and its environmental effects. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business And Education Research*, 3(8), 1569-1576. DOI: [10.11594/ijmaber.03.08.19](https://doi.org/10.11594/ijmaber.03.08.19)
- Ateş, E. (2021).** Döngüsel ekonomi kapsamında GSYİH ile geri dönüşüm ilişkisi: Avrupa Birliği ülkeleri örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 67, 125-137. DOI: [10.51290/dpusbe.782974](https://doi.org/10.51290/dpusbe.782974)
- Awasthi, A.K., Wang, M., Awasthi, M.K., Wang, Z., & Li, J. (2018).** Environmental pollution and human body burden from improper recycling of e-waste in China: a short-review. *Environmental Pollution*, 243, 1310-1316. DOI: [10.1016/j.envpol.2018.08.037](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.037)
- Aydın, M., Koç, P., & Tümay, M. (2023)** Investigating the environmental kuznets curve hypothesis with recovered paper consumption, human development index, urbanization, and forest footprint. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 9053-9064. DOI: [10.1007/s13762-023-05049-7](https://doi.org/10.1007/s13762-023-05049-7)
- Bao, Z., & Lu, W. (2023).** Applicability of the environmental kuznets curve to construction waste management: a panel analysis of 27 European economies. *Resources, Conservation and Recycling*, 188, 106667, DOI: [10.1016/j.resconrec.2022.106667](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106667)
- Boubellouta, B., & Kusch-Brandt, S. (2020).** Testing the environmental kuznets curve hypothesis for e-waste in the EU28+2 Countries. *Journal of Cleaner Production*, 123371, DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.123371](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123371)
- Boubellouta, B., & Kusch-Brandt, S. (2023).** Driving factors of e-waste recycling rate in 30 european countries: new evidence using a panel quantile regression of the EKC hypothesis coupled with the STIRPAT model. *Environment, Development and Sustainability*, 25(8), 7533-7560. DOI: [10.1007/s10668-022-02356-w](https://doi.org/10.1007/s10668-022-02356-w).
- Chen, C., & Pao, H. (2024).** Circular economy and ecological footprint: a disaggregated analysis for the EU. *Economic Indicators*, 160, 111809. DOI: [10.1016/j.ecolind.2024.111809](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111809).
- Dada, M.A., Obaigbena, A., Majemite, M.T., Oliha, J.S., & Biu, P.W. (2024).** Innovative approaches to waste resource management: implications for environmental sustainability and policy. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(1), 1,115-127. DOI: [10.51594/estj.v5i1.731](https://doi.org/10.51594/estj.v5i1.731)
- Diacono, M., Persiani, A., Testani, E., Montemurro, F., & Ciaccia, C. (2019).** Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming: biofertilizer production, yield performance and

- carbon footprint analysis. *Sustainability*, **11**(14), DOI: [10.3390/su11143824](https://doi.org/10.3390/su11143824)
- Du, S., Zhang, S., Wang, J., Wang, M., Lv, Z., Xu, Z., Ma, L., Liu, C., Wang, J., Liu, J., & Liu, B. (2024). Sustainable recycling of aluminum scraps to recycled aerospace-grade 7075 aluminum alloy sheets. *Sustainable Materials and Technologies*, **41**, DOI: [10.1016/j.susmat.2024.e01100](https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e01100)
- Enders, W., & Lee, J. (2012). The flexible fourier form and dickey-fuller type unit root tests. *Economic Letters*, **117**, 196-199. DOI: [10.1016/j.econlet.2012.04.081](https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.04.081)
- Grosse, F., & Mainguy, G. (2010). Is recycling part of the solution? the role of recycling in an expanding society and a world of finite resources. *SAPIENS*, **3**(1), 1-17.
- Izquierdo-Horna, L., Kahhat, R., & Vázquez-Rowe, I. (2022). Reviewing the influence of sociocultural, environmental and economic variables to forecast municipal solid waste (MSW) generation. *Sustainable Production and Consumption*, **33**, 809-819. DOI: [10.1016/j.spc.2022.08.008](https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.008)
- Jagun, Z.T., Daud, D., Ajayi, O., Samsudin, S., & Jubril, A.J. (2023). Waste management practices in developing countries: a socio-economic perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, **30**, 116644-116655. DOI: [10.1016/j.spc.2022.08.008](https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.008)
- Kanwal, Q., Zeng, X., & Li, J. (2023). Measuring the recycling potential of industrial waste for long-term Sustainability. *Humanities & Social Science Communications*, **10**, 471, DOI: [10.1057/s41599-023-01942-1](https://doi.org/10.1057/s41599-023-01942-1)
- Knäble, D., Puente, E.Q., Pérez-Cornejo, C., & Baumgärtler, T. (2022). The impact of the circular economy on sustainable development: A European panel data approach. *Sustainable Production and Consumption*, **34**, 233-243. DOI: [10.1016/j.spc.2022.09.016](https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.016)
- Kocakaya, G. (2023). Investigation of plastic waste with environmental kuznets hypothesis: an empirical study on European Union countries. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, **57**, 179-188. DOI: [10.30794/pausbed.1214090](https://doi.org/10.30794/pausbed.1214090)
- Kumar, V. (2017). Recycling of waste and used papers: a useful contribution in conservation of environment : A case study. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, **14**(4), 31-36; DOI: [10.3233/AJW-170034](https://doi.org/10.3233/AJW-170034)
- Lamma, O.A. (2021). The impact of recycling in preserving the environment. *International Journal of Applied Research*, **7**(11), 297-302.
- Lorang, E., Lobianco, A., & Delacote, P. (2023). Increasing paper and cardboard recycling: impacts on the forest sector and carbon emissions. *Environ Model Assess*, **28**, 189-200. DOI: [10.1007/s10666-022-09850-5](https://doi.org/10.1007/s10666-022-09850-5)
- Misman, M., Alwi, S.R.W., & Manan, Z.A., (2008). State-of-the-art for paper recycling. *International Conference on Science and Technology 2008*, 12-13 December 2008, UiTM, Penang, Malaysia.
- Nathaniel, S. P. (2021). Ecological footprint, energy use, trade, and urbanization linkage in Indonesia. *GeoJournal*, **86**, 2057-2070, DOI: [10.1007/s10708-020-10175-7](https://doi.org/10.1007/s10708-020-10175-7)
- Nazhoğlu, S., Gormus A., & Soytaş, U. (2016). Oil prices and real estate investment trusts (reits): Gradual shift causality and volatility transmission analysis. *Energy Economics*, 1-28. DOI: [10.1016/j.eneco.2016.09.009](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.09.009)
- Okudo, A., Omojolaibi, J.A., & Mubarak, O. (2021). Impact of waste recycling on environmental quality and revenue generation: case study of University of Lagos, Nigeria. *International Journal of Contemporary Research and Review*, **12**(08), 20211-20227.
- Ozbay, G., Jones, M., Gadde, M., Isah, S., & Attarwala, T. (2021). Design and operation of effective landfills with minimal effects on the environment and human health. *Journal of Environmental and Public Health*, 1-13. DOI: [10.1155/2021/6921607](https://doi.org/10.1155/2021/6921607)
- Sadati, S.A., Getabi, P.Z., & Rabbani, M. (2024). A sustainable modelling for solid waste management using analytical hierarchy process, Monte Carlo simulation and NSGA-III. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, **11**(1), DOI: [10.1080/23302674.2023.2301603](https://doi.org/10.1080/23302674.2023.2301603)
- Salman, M., Zha, D., & Wang, G. (2022). Interplay between urbanization and ecological footprints: differential roles of indigenous and foreign innovations in ASEAN-4. *Environmental Science & Policy*, **127**, 161-180, DOI: [10.1016/j.envsci.2021.10.016](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.016)
- Senarathna, W.G.C.M., Sulaksha, L.G.T., Weeraratna, D.M., Jayathma, W.M.V.A., Gamage, D.G.M.L., Thennakoon, T.M.T.N., Hewage, H.T.M., Pennagoda, L.P.S.S., Sandunika, D.M.I., & Perera, M.D.V. (2023). Paper recycling for a sustainable future: global trends. *Journal of Research Technology & Engineering*, **4**(3), 169-186.
- Sıfır Atık Yönetmeliği (2019). <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=32659&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, Erişim Tarihi:24.06.2025.
- Söyler, H. (2025). Gerze Meslek Yüksekokulu'nun karbon ayak izi hesaplaması, monte carlo analizi ve sürdürülebilirlik stratejileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **10**(4), 328-337. DOI: [10.35229/jaes.1630670](https://doi.org/10.35229/jaes.1630670)
- Toda, H.Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrale processes. *Journal of Econometrics*, **66**, 225-250.
- Tomasik, B. (2003). Environmental benefits of recycled paper. <https://briantomasik.com/environmental-benefits-recycled-paper/> (Erişim Tarihi: 28.06.2025).
- Ullah, A., Tekbaş, M., & Doğan, M. (2023). The impact of economic growth, natural resources, urbanization and biocapacity on the ecological

- footprint: the case of Turkey. *Sustainability*, 15(17), DOI: 10.3390/su151712855.
- Ulucan, M., & Alyamaç, K.E. (2023).** Geri dönüşüm agregalı betonların çevresel etki değerlendirmelerinin yapılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23, 438-447. DOI: 10.35414/akufemubid.1133802
- Uludüz, Ç., Sipahi, S., & Kulözü, N. (2024).** Reducing Carbon Footprint of Pop-Art Chair Designs By Ecodesign Strategies. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 9(4), 676-686, DOI: 10.35229/jaes.1514795
- UNEP. (2024).** *Beyond an age of waste-Global waste management outlook 2024.* <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024> (Erişim Tarihi:15.05.2025).
- World Bank. (2018).** *What a waste 2.0 a global snapshot of solid waste management to 2050.* World Bank Series, USA, 231p.
- WWF. (2024).** Pulp and Paper. [Pulp and Paper | Industries | WWF \(worldwildlife.org\)](https://www.worldwildlife.org/publications/pulp-and-paper) (Erişim Tarihi: 22.03.2024).
- Yang, H., Ma, M., Thompson, J.R., & Flower, R.J. (2017).** Waste management, informal recycling, environmental pollution, and public health. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 1-7. DOI: 10.1136/jech-2016-208597
- Yılmaz, M. (2024).** Türkiye’de ekolojik ayak izinin belirleyicileri: STIRPAT modeli. *İzmir İktisat Dergisi*, 39(3), 637-657, DOI: 10.24988/ije.1373210
- Zhang, C., Hu, M., Di Maio, F., Sprecher, B., Yang, X., & Tukker, A. (2022).** An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of Total Environment*, 803, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149892