

**DÖNGÜSEL EKONOMİDEN DÖNGÜSEL SU SİSTEMLERİNE: LİTERATÜRDE KAVRAMSAL
EVRİM VE YÖNETİŞİM YAKLAŞIMLARI**

**(FROM CIRCULAR ECONOMY TO CIRCULAR WATER SYSTEMS: CONCEPTUAL EVOLUTION
AND GOVERNANCE APPROACHES IN THE LITERATURE)**

Şaziye LOFCALI^{1*}, Hayriye EŞBAH TUNÇAY²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul/Türkiye

lofcali20@itu.edu.tr, ORCID: 0009-0008-2825-9539

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul/Türkiye

esbah@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1755-1936

Doi: <https://doi.org/10.53463/splandes.202500377>

Corresponding Author/İletişim yazarı: Şaziye Lofcalı

E-mail: lofcali20@itu.edu.tr



ÖZET

Bu çalışma, döngüsel ekonomi ve döngüsel su ekonomisi kavramlarını tarihsel, kuramsal ve stratejik çerçevede ele almaktadır. Literatürdeki döngüsel ekonomi yaklaşımları, doğrusal üretim-tüketim modellerine alternatif olarak geliştirilen; kaynakların verimli kullanımı, atık üretiminin azaltılması ve kapalı döngü sistemlerin tasarımını esas alan bir yaklaşımdır. Döngüsel su ekonomisi ise bu ilkeleri su yönetimine uyarlayan çok boyutlu bir model olarak öne çıkıyor; suyun fiziksel geri kazanımının ötesinde enerji, besin ve materyal geri kazanımı, altyapı verimliliği, sosyal kapsayıcılık ve iklimsel dirençlilik gibi bileşenleri kapsamaktadır. Scopus veri tabanında gerçekleştirilen bibliyometrik analizler, döngüsel ekonomi literatüründe su temalı çalışmaların sınırlı kaldığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda, dayanıklı ve kapsayıcı hizmetler, atık ve kirliliğin azaltılması ile doğal sistemlerin korunmasına odaklanan WICER (Water in Circular Economy and Resilience) modeli ile döngüsel su ekonomisinin uygulanmasına yönelik stratejiler değerlendirilmiştir. Çalışma, yalnızca literatüre katkı sunmakla kalmamakta; aynı zamanda uygulayıcı ve politika yapımcılar için bütüncül, çok ölçekli ve dirençli bir su yönetimi çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, döngüsel su ekonomisi, WICER modeli, su yönetimi, sürdürülebilir stratejiler

ABSTRACT

This study examines the concepts of circular economy and circular water economy within a historical, theoretical, and strategic framework. Circular economy approaches, developed as alternatives to linear production-consumption models, are based on resource efficiency, waste minimization, and closed-loop system design. The circular water economy expands these principles into water management, encompassing not only the reuse of water, but also energy and nutrient recovery, infrastructure efficiency, social inclusivity, and climate resilience. Bibliometric analysis conducted through the Scopus database reveals that water-focused studies remain limited within the circular economy literature. In this context, the WICER (Water in Circular Economy and Resilience) model—focusing on resilient and inclusive services, pollution reduction, and ecosystem restoration—is evaluated alongside strategies for implementing circular water systems. The study contributes to the literature and offers a comprehensive, multi-scalar, and resilient governance framework for water management, aimed at supporting policymakers and practitioners in the transition toward sustainable urban systems.

Keywords: Circular economy, circular water economy, WICER model, water management, sustainable strategies

1. GİRİŞ

Dünyada su kaynaklarının büyük bir kısmı binlerce yıl önce gerçekleşen doğa olayları neticesinde oluşmuştur. Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'i su ile kaplı olmasına rağmen, bu suyun dağılımında ciddi bir dengesizlik bulunmaktadır. Doğal su kaynaklarının %97,5'lik kısmını okyanuslardaki tuzlu sular oluştururken tatlı su kaynakları yalnızca %2,5'lik bir orana sahiptir. Ancak kısıtlı miktarda bulunan su tatlı su kaynaklarının %68,7'lik kısmı buzullarda, %30,1'i ise yeraltı sularında depolanmış durumdadır. Kalan %1'lik kısmı ise yüzey suları, göller ve nehirler oluşturmaktadır (Gleick, 1993). Bu veriler, her ne kadar "mavi gezegen" olarak tanımlanan bir dünyada yaşıyor olsak da tatlı su kaynaklarının hem miktar açısından son derece sınırlı hem de büyük ölçüde erişilemez durumda olduğunu göstermektedir.

Yarı kurak iklim kuşağında yer alan Türkiye'de, yıllık ortalama yağış miktarı 574 mm olarak ölçülmüştür. Türkiye, yıllık ortalama 800 mm olan dünya yağış ortalamasının altında kalmaktadır. Bu durum, ülkenin su kaynakları açısından kısıtlı bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı DSİ, 2023). Bir ülkenin su stresi düzeyi, kişi başına düşen tatlı su miktarına bağlı olarak belirlenmektedir. Falkenmark Su Stresi Göstergesine göre kişi başına düşen tatlı su miktarı 1.000 m³'ten az olan ülkeler "su fakiri", 1.000 m³- 2.000 m³ aralığındaki ülkeler "su stresi çeken ülke" olarak nitelendirilirken 2.000 m³- 8.000 m³ aralığındaki ülkeler yeterli suyu olan ülkeler, 8.000 m³ ve üzeri olan ülkeler ise "su zengini" olan ülkeler olarak nitelendirilmektedir (Falkenmark, Lundqvist, & Widstrand, 1989). Aralık 2023 verilerine göre Türkiye'de kişi başına düşen tatlı su miktarı yaklaşık 1.294,4 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre Türkiye "su stresi çeken ülkeler" arasında 39. sırada listede yer almaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı DSİ, 2023).

2050 yılında dünya nüfusunun 9,8 milyara ulaşması beklenmektedir. Artan nüfus, kentleşme ve iklim kriziyle beraber su ihtiyacının yaklaşık %55 oranında atması beklenmektedir (UNESCO & UNESCO i-WSSM, 2020). Bu faktörler hem dengesiz dağılım gösteren hem de miktar açısından sınırlı olan tatlı su kaynakları üzerinde baskı oluşmasına neden olmaktadır. Bu duruma bağlı olarak, su kirliliği ve atık yönetimine ilişkin sorunlar giderek artmakta; bu gelişmeler ise doğal su döngüsünün bozulmasına neden olmaktadır. Sınırlı su kaynaklarında riskleri azaltmak ve bu kaynakları verimli kullanmak amacıyla, su döngüsünün iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Lineer ekonomide, üretim ve tüketim süreçlerinde kaynaklar tek yönlü (al-yap-tüket-at) kullanılmaktadır. Bu modelde, malzemeler doğadan temin edilip ürün formuna geldikten ve kullanım ömrünü tamamladıktan sonra atık haline dönüşmektedir. "Al-yap-tüket-at" modelinde ortaya çıkan atıkların büyük bir kısmı geri dönüştürülemediğinden, sınırlı doğal kaynaklar verimsiz biçimde kullanılmakta ve hızla tüketilmektedir. Döngüsel ekonomi modelinde ise üretim ve tüketim süreçleri, doğal döngüler ve fiziksel süreçler temel alınarak kurgulanmakta; bu sayede kaynakların yeniden kullanılması ve atık oluşumunun en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Fransız kimyacı Antoine-Laurent de Lavoisier'in "Hiçbir şey kaybolmaz, hiçbir şey yaratılmaz, her şey dönüştürülür", sözü döngüsel ekonomi kavramını felsefi açıdan desteklemektedir.

Döngüsel su ekonomisi kavramı ise su döngüsü içerisinde oluşan atıkları en aza indirmeyi, ekosistemleri onarmayı ve buna bağlı olarak doğal süreçleri yeniden canlandırmayı amaçlamaktadır. Bu modelde su, yenilenebilir bir kaynak olarak ele alınmakta; bu doğrultuda, gelişmiş teknolojiler aracılığıyla kirliliğin azaltılması ve sanayi, tarım ile kentsel sistemler içinde suyun yeniden kullanımı teşvik edilerek kapalı döngülerin oluşturulması hedeflenmektedir (Url-1). Kaynakların verimli kullanılması çevresel etkilerin azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

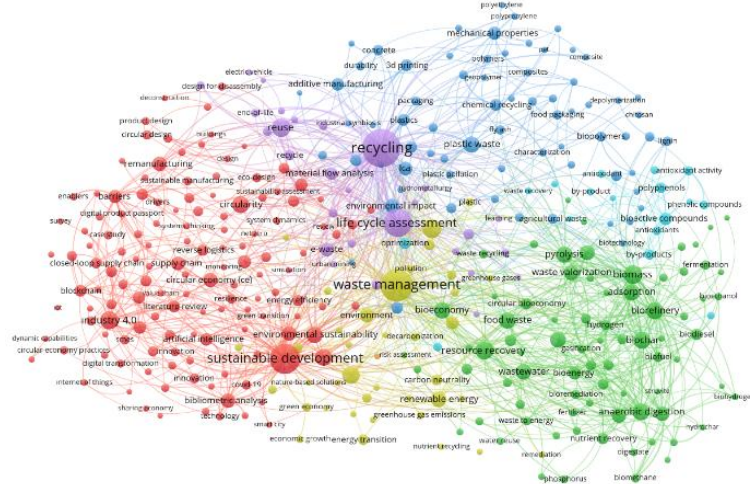
Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Kalkınma: Mevcut Durum ve Yapılması Gerekenler adlı yayınında döngüsel ekonomi Reddet (Refuse), Azalt (Reduce), Yeniden Kullan (Reuse), Onar (Repair), Yenile (Refurbish), Yeniden Üret (Remanufacture), Yeniden Amaçlandır (Repurpose) ve Geri Dönüştür /Recycle) olmak üzere döngüsel ekonomi kavramı 8 temel prensip ile ilişkilendirmiştir (Acar, 2023). Ancak, onarma, yenileme ve yeniden üretim gibi bazı stratejiler, doğaları gereği suyun döngüsel kullanımına doğrudan uygulanabilir nitelikte değildir.

Morseletto ve diğ. (2022), yaptıkları vaka incelemeleri ve literatür çalışmaları neticesinde döngüsel ekonomi ve su ilişkisini 3 ana strateji altında toplamıştır. Su kullanımını azaltma başlığı altında kaçınma (avoid), azaltma (reduce) ve ikame et (replace) stratejileri toplanırken; optimize etme başlığı altında yeniden kullanma (reuse), geri dönüştürme (recycle), basamaklandırarak kullanma (cascading) stratejileri yer almaktadır. Çalışmada yer alan son strateji olan suyu tutma stratejisi altında ise kapsamında ise depolama (store) ve geri kazanım (recover) yöntemleri öne çıkmaktadır (Morseletto, Mooren, & Munaretto, 2022).

Artan kaynak krizleri, iklim değişikliği ve çevresel bozulmalar, geleneksel üretim-tüketim sistemlerinin sürdürülebilirliğini sorgulatmaktadır. Bu bağlamda, doğrusal ekonomik modellere alternatif olarak geliştirilen döngüsel ekonomi yaklaşımı, kapalı döngü sistemler oluşturmayı amaçlayan bütüncül bir model olarak öne çıkmaktadır. Ancak döngüsel ekonomi kavramının literatürde su yönetimiyle olan ilişkisi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Bu çalışma, döngüsel ekonomi ilkelerinin su temini ve atık su yönetimi süreçlerine entegrasyonunu incelemekte ve Dünya Bankası tarafından geliştirilen WICER (Water in Circular Economy and Resilience) modeli çerçevesinde kavramsal ve stratejik bir değerlendirme sunmaktadır. Ayrıca çalışmada, literatür taramasına dayalı olarak sentezlenen 14 farklı strateji ayrıntılı biçimde ele alınmakta; bu stratejiler aracılığıyla döngüsel su ekonomisinin kavramsal çerçevesi oluşturulmaktadır. Bu kapsamda, çalışma hem kuramsal literatüre katkı sağlamayı hem de uygulayıcılara çok ölçekli, bütüncül ve dirençli bir su yönetimi yaklaşımı geliştirme sürecinde çerçeve oluşturmayı hedeflemektedir.

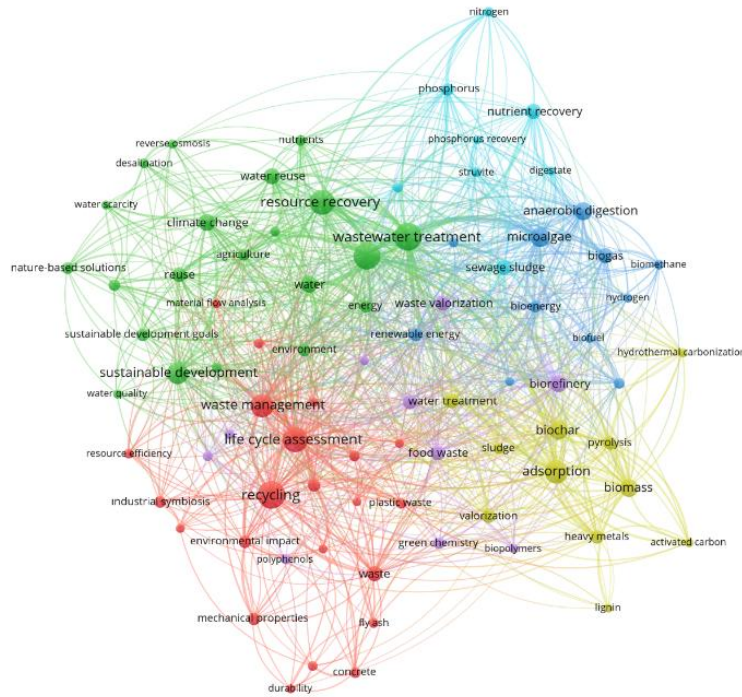
2. YÖNTEM

Bu çalışmada, döngüsel ekonomi alanındaki literatürün genel eğilimlerini belirlemek amacıyla bibliyometrik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Scopus veri tabanında yapılan aramada “döngüsel ekonomi” anahtar kelimesiyle yapılan aramada sonucunda 38.986 yayın bulunmuştur. Veri tabanının izin verdiği sınırlar içerisinde bu yayınlardan ilk 20.000 tanesine ait anahtar kelimeler CSV formatında dışa aktarılmıştır. VOS Viewer uygulaması kullanılarak yapılan analizde literatürdeki çalışmaların hangi başlıklar altında toplandığı ve yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Şekil 1). Yapılan analiz sonucunda, literatürün çoğunlukla atık yönetimi, biyogaz üretimi, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma gibi stratejik ve politika düzeyindeki konulara odaklandığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, suyla ilişkili kavramların ve bu kavramlar arasındaki bağların az sayıda olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 1. Scopus veri tabanında “döngüsel ekonomi” anahtar kelimesiyle yapılan literatür taraması verileri analizi.

Aynı veri tabanında, ikinci taramada “döngüsel ekonomi” ve “su” anahtar kelimeleriyle yapılan aramada sonucunda 6.237 yayın bulunmuştur. Bu yayınlara ait anahtar kelimeler CSV formatında dışa aktarılmıştır. VOS Viewer uygulaması kullanılarak tekrarlanan analizde literatürdeki çalışmaların “geri dönüşüm”, “yaşam döngüsü”, “sürdürülebilir kalkınma” ve “biyokütle” başlıkları altında toplandığı ve yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Scopus veri tabanında “döngüsel ekonomi” ve “su” anahtar kelimeleriyle yapılan literatür taraması.

Yapılan analizler, döngüsel ekonomi literatüründe su temalı çalışmaların sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu kavramın genellikle sürdürülebilirlik, geri dönüşüm ve yaşam döngüsü gibi başlıklarla ilişkilendirildiği görülmektedir. Bu durum, suyun döngüsel ekonomi içindeki yerinin

henüz yeterince derinlemesine ele alınmadığını göstermekte; dolayısıyla döngüsel su ekonomisine yönelik çalışmaların artırılmasının önemli bir ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

3. DÖNGÜSEL EKONOMİ

Temelleri 18. yüzyılda yaşanan Sanayi Devrimi'nin başlangıcına dayanan lineer ekonomi modeli "al-yap-kullan-at" (Şekil 3) modeliyle tanımlanmaktadır. I. Ve II. Dünya Savaşlarının ardından yaşanan 'Büyük Buhran' döneminde ekonomiyi canlandırmak amacıyla bu tüketim modeliyle ilişkilendirilen 'planlı eskitme stratejisi' uygulamaları hayata geçirilmiştir. 1932 yılında Bernard London'un "Ending the Depression Through Planned Obsolescence" başlıklı makalesiyle ilk kez ortaya atılan bu kavram, savaş döneminde hükümet politikaları ve karne sistemleri aracılığıyla teşvik edilen "onarma ve idare etme" (yeniden kullanma ve tamir etme) ile "kurtarma" (geri dönüşüm) gibi uygulamalardan farklı olarak, ürün ve kaynak kullanımına sınırlama getirmek yerine, tüketimi sürekli kılmayı amaçlayan farklı bir yaklaşımı temsil etmektedir (Seyhan, 2022). Bu dönemde sanayileşme ve artan taleple beraber kaynak fiyatlarındaki düşüş ekonomik büyümeyi beraberinde getirmiştir. Kaynakların ucuz olması sebebiyle malzemelerin yeniden kullanımı ve kaynak verimliliği ekonomik bir hedef olarak görülmemiştir (Ellen MacArthur Foundation, 2013).



Şekil 3. Scopus veri tabanında "döngüsel ekonomi" ve "su" anahtar kelimeleriyle yapılan literatür taraması.

Kullanım sonrası atığa dönüşen malzemelerin geri dönüştürülmesi ve enerjilerinin geri kazanılması süreçlerine bakıldığında, Avrupa'da orijinal hammaddenin toplam değerinin yalnızca yaklaşık %5'inin korunabildiği görülmektedir. Bu tür çalışmalar, kaynak kullanımında önemli düzeyde israf yaşandığını ortaya koymaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

21. yüzyıldan itibaren artan tüketim talebi beraberinde ham madde talebinin artmasına neden olmuştur. Ham madde kaynaklarının kent merkezlerinden uzak bölgelerde yer alması ve mevcut kaynakların sınırlı olması kaynak fiyatlarında artışa yol açmıştır. Bu dönemde doğal kaynakların hızla tüketilmesi; hava, su ve toprak kirliliğinde artışa, ekosistemlerin asidik hale gelmesine, iklim değişikliğinin daha da hızlanmasına ve atık miktarının çoğalmasına yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı alternatif stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır.

3.1. Döngüsel Ekonominin Ortaya Çıkışı

Döngüsel ekonomi, günümüzde yaygın olarak benimsenen ve doğal kaynakların sınırsızca tüketildiği doğrusal "al, üret, tüket, at" modeline alternatif olarak geliştirilen yeni bir sistem yaklaşımıdır. Bu kavramın temelinde, lineer ekonomiden farklı olarak, doğadaki fiziksel süreçler ve doğal döngüler yer almaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Döngüsel ekonomi diyagramı. (Url-2)

Döngüsel ekonomi kavramının ortaya çıkış tarihi ile ilgili kesin bir bilgi bulunmamaktadır. Uzun bir geçmişe sahip olan bu kavrama dair ilk ifadeler, 1848 yılında Kraliyet Kimya Derneği'nin başkanı Hofmann tarafından yapılan açıklamalarda rastlanmaktadır. Hofmann'ın "İdeal bir kimya fabrikasında, katı atık yoktur, sadece ürünler vardır. Bir fabrika atığını ne kadar verimli kullanıyorsa, o kadar ideali yakalar ve kârı artar" ifadesi döngüsel ekonomi kavramıyla ilişkilendirilmektedir (Murray, Skene, & Haynes, 2017).

1960'lı yıllarda hava kirliliği, su kirliliği ve ormansızlaşma gibi çevresel sorunların artış göstermesiyle birlikte, bu dönemde, çevrecilik bir politik hareket hâline gelmiştir. Bu hareketle beraber Amerika Birleşik Devletlerinde Temiz Hava Yasası ve Temiz Su Yasası gibi çevre koruma yasaları ve düzenlemeleri hayata geçirilmiştir. Bir üretim sürecinde ortaya çıkan atıkların başka üretim süreçlerinde hammadde olarak kullanılmasını öneren ve döngüsel ekonomi kavramıyla ilişkilendirilen endüstriyel ekoloji kavramı Arthur H. Christensen tarafından tanımlanmıştır. Kavram, Kenneth E. Boulding ve Herman Daly gibi ekolojik ekonomistler tarafından geliştirilerek kaynakların yeniden kullanıldığı bir üretim modeli haline dönüşmüştür (Tutunchian, 2023). Kenneth Boulding, çevresel sürdürülebilirlik ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ele aldığı 1966 tarihli "The Economics of the Coming Spaceship Earth" (Yaklaşan Uzay Gemisi Dünyasının Ekonomisi) adlı makalesinde, "İnsan, enerji girdilerinden kaçınmasa da maddi formların sürekli yeniden üretimini sağlayabilen döngüsel bir ekolojik sistemde kendi yerini bulmalıdır." ifadesi bu kavram ile doğrudan ilişkilenebilir (Murray, Skene, & Haynes, 2017).

1970'li yıllar döngüsel ekonomi kavramının gelişiminde bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde kurulan Greenpeace ve Friends of the Earth gibi sivil toplum örgütleri, çevreci ve sürdürülebilir çözümlerin yaygınlaşmasında önemli bir rol üstlenmiştir. 1972 yılında Club of Rome adlı organizasyon "The Limits to Growth" (Büyümenin Sınırları) adlı bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda doğal kaynakların sınırlı olmasına vurgu yapılarak sürdürülebilir bir ekonomi modeline geçiş çağrısı yapılmıştır (Tutunchian, 2023). Alman endüstriyel tasarımcı Walter Stahel ve Amerikalı mimar William McDonough, 1970'li yılların ortasında, ürün ömrünü uzatmayı ve atık miktarını azaltmayı amaçlayan; onarım, yeniden kullanım ve geri dönüşüm prensiplerine dayalı "beşikten beşiğe" kavramını ortaya atmıştır. Kendini yenileyen ve sarmal bir döngü sistemine dayanan bir ekonomik model fikri geliştirmişlerdir (Yücel & Doğan, 2023). Bu dönemde ayrıca "kapalı döngü tedarik zinciri"

(closed-loop supply chain) kavramı da ortaya çıkmıştır. Döngüsel ekonomi ilkelerini tedarik zinciri yönetimine entegre etmeyi amaçlayan yaklaşım, sürdürülebilir biçimde tedarik edilip üretilen ürünlerin kullanım ömrü sonunda geri dönüştürülmesini veya yeniden kullanılmasını hedeflemektedir. 1970'li yıllarda yaşanan bu gelişmeler döngüsel ekonomi kavramının gelişmesinde önemli rol oynamıştır (Tutunchian, 2023).

1980'li yıllarda kapalı döngü sistemlerin faydaları pek çok kesim tarafından daha fazla tanınmaya başlarken atık yönetimi önemli bir konu haline gelmiştir. Depolama ve yakma gibi yöntemlerin çevresel etkilerinden dolayı atık miktarını azaltan ve değerli materyallerin geri kazanılmasını sağlayan geri dönüşüm ve kompostlama gibi yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Endüstriyel simbiyoz kavramı da bu dönemin başlarında ortaya çıkmıştır. Bu kavram süreçler arasında kaynakların paylaşımını teşvik ederek kaynak kullanımını optimize etmeyi ve atıkları azaltmayı amaçlamaktadır. Ayrıca bu dönemde "ürün-hizmet sistemi" (product-as-a-service) adında yeni iş modelleri geliştirilmiştir. Bu modelde üreticiler daha uzun ömürlü, tamir edilebilir ve geri dönüştürülebilir ürünler tasarlayarak sınırlı olan kaynaklar üzerindeki baskıyı ve atık miktarını azaltmayı amaçlamıştır. Bu tür gelişmeler döngüsel ekonomi kavramının kurumsal ve teknik açıdan şekillenmesinde kritik bir rol oynamıştır (Tutunchian, 2023). Bu dönemde döngüsel ekonomi kavramına yönelik tanımlar literatürde yer almaya başlamıştır. Pearce ve Turner, "dönüşümlü ekonomi" kavramının, 1980'lerde Batı literatüründe, çevre ve ekonomi arasındaki etkileşimlerin kapalı bir sistem olarak tanımlanmasına yönelik bir çerçeve olarak ilk kez ortaya çıktığını savunmaktadır. Ancak, Stahel ve Reday-Mulvey'in 1976 yılında yaptığı çalışmada ilk kez kapalı döngü ekonomisine değinildiği bilinmektedir (Murray vd., 2017).

Döngüsel ekonomi kavramı 1990'lı yıllarda daha da gelişip yayılmaya başlamıştır. Avrupa Birliği (AB) bu dönemde, atık miktarının minimize edilmesi ve sürdürülebilir kaynak kullanımını teşvik etmek amacıyla döngüsel ekonomiyi teşvik etmiştir. Yine aynı dönemde sürdürülebilir ekonomiyi desteklemeye ve çevresel sorunların çözülmesine yönelik 'yeşil ekonomi' kavramı ortaya çıkmıştır. 2000'li yılların başında ise Avrupa Birliği, üretim ve tüketim konularının yanı sıra yeşil bina sistemlerinin gelişmesinde de rol oynayan "Closing the Loop" (Döngüyü Kapatmak) adlı girişimi başlatmıştır. Bu girişim sürdürülebilir kaynak kullanımını desteklerken geri dönüşümü artırmayı ve atık miktarını azaltmayı amaçlamaktadır (Tutunchian, 2023).

2015 yılında Birleşmiş Milletler yoksulluğu bitirmek ve dünyanın korunmasını sağlamak amacıyla 17 adet "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH)" belirlemiştir. Bu kapsamda 169 alt hedef bulunmaktadır. Bu hedeflerin bir kısmı döngüsel ekonomi kavramıyla ilişkilendirilmektedir. SKH 8 (İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme), SKH 12 (Sorumlu üretim ve tüketim) ve SKH 13 (İklim eylemi) döngüsel ekonomiyle en güçlü ilişki kurulan hedefler arasında yer almaktadır (Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano, Samani, & van der Meer, 2023).

Döngüsel ekonomi kavramıyla ilişkilenen çok sayıda kavram yer almaktadır. William McDonough ve Michael Braungart'ın "beşikten beşiğe" tasarım felsefesi, Janine Benyus'un biyomimikrisi, Reid Lifset ve Thomas Graedel'in endüstriyel ekolojisi, Amory ve Hunter Lovins ile Paul Hawken'in doğal kapitalizmi ve Gunter Pauli'nin mavi ekonomi sistem yaklaşımı bu tür kavramlara örnek teşkil etmektedir. (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

"Döngüsel Ekonomi" teriminin ne zaman ortaya çıktığı kesin olarak bilinmese de çeşitli yazarlar terimi çeşitli bağlamlarda ve anlamlarda kullanmıştır. Genel olarak kapalı döngü sistemine dayalı olan yaklaşımlar bu farklılıkların ortak paydası olarak kabul edilmektedir. Kaynakların yeniden kullanımı, sürdürülebilirlik ve atık miktarının minimuma indirilmesi 1990'lardan sonra yaygınlaşan bu yaklaşımın başlıca hedefleri olarak görülmektedir. Kavram zaman içerisinde atık yönetimi yaklaşımından çıkarak bütüncül bir tasarım stratejisi olarak kabul edilmiştir.

3.2. Döngüsel Ekonomi Kavramına İlişkin Tanım ve Yorumlar

Döngüsel ekonomi kavramı, literatürde zaman içerisinde çeşitli biçimlerde ele alınmıştır. Bu tanımlar, zaman içinde çevresel kaygılar, ekonomik öncelikler ve endüstriyel dönüşümler doğrultusunda biçim değişikliğine uğramıştır. Bu bölümde, döngüsel ekonomi teriminin literatürdeki anlam dönüşümünü yansıtan tanımlara kronolojik bir sıra içerisinde yer verilmektedir.

Döngüsel ekonomi Çin’de ortaya çıkan bir terim olarak tanımlanmaktadır. Kaynak arzındaki yetersizlikleri azaltmak amacıyla, kaynak verimliliği ile üretim ve tüketimde eko-verimliliği artırmayı hedefleyen yeni bir kalkınma stratejisidir. Bu yaklaşım kaynak kıtlığının önüne geçmeyi ve çevresel kirliliği azaltmayı amaçlayan bir politika aracı olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle, bireylerin döngüsel ekonomi anlayışını günlük yaşam ve iş pratiklerine dahil edebilmesi için etkili eğitim ve öğretim yaklaşımlarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Yuan, Fengmin, & Puhai, 2003).

Döngüsel Ekonomi kavramının temel yaklaşımı; kaynak verimliliğini artırarak yaşam kalitesini yükseltmek amacıyla malzeme döngülerini kapatmak, girdi kullanımını azaltmak ve ürünler ile atıkları yeniden kullanmak ya da geri dönüştürmektir (Peters, Weber, Guan, & Hubacek, 2007, s. 5943).

Döngüsel ekonomi ve eko-endüstri; kaynaklar, çevre ve ekonomi üzerinde bulunan sürdürülebilir kalkınma sorunlarını çözmek için güçlü ve etkili yaklaşımlardır (Wen, Zhao, & Liang, 2007, s. 475).

Döngüsel ekonomi yaklaşımı, çevresel ve kaynaklarla ilgili ciddi sorunlara yol açmadan sürekli ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Ekonomik sistemlerin sürdürülebilir malzeme ve enerji döngüsü ilkelerine uygun şekilde çalışması gerektiğini savunan kavram ayrıca kaynak ve enerjinin geri kazanımına vurgu yapmaktadır. Ayrıca, bir döngünün atıklarının başka bir döngüde kaynak haline gelebilmesini de önermektedir (Zhu, Geng, & Lai, 2011, s. 406).

Ellen MacArthur Vakfı döngüsel ekonomiyi onarıcı ve yenileyici bir sistem olarak tanımlamaktadır. Ürünlerin kullanım ömrü sona erdiğinde elden çıkarılmaları yerine, restorasyon yoluyla yeniden işlevsel hale getirilerek tekrar kullanıma kazandırılmasını amaçlayan sistemde yenilenebilir enerji kullanımı tercih edilmektedir. Toksik kimyasalların kullanılmadığı sistemde atıkların tamamen kaldırılması da hedefler arasında yer almaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 7).

Ekonomik ve endüstriyel bir sistemi ifade eden ‘döngüsel ekonomi’ kavramı, ürünlerin ve hammaddelerin yeniden kullanılabilirliğine ve doğal kaynakların onarıcı kapasitesine dayanmaktadır. Bu yaklaşım, sistem genelinde değer kaybını en aza indirmeyi amaçlarken sistemin her aşamasında değer üretimini maksimize etmeyi hedefler (Hoogendoorn, Bastein, roelofs, & Rietveld, 2013, s. ix).

Döngüsel ekonomi terimi, üretim ve tüketim süreçlerinde azaltma (reduction), yeniden kullanma (reusing) ve geri dönüşüm (recycling) stratejilerini (3R) kapsayan genel bir yaklaşımı temsil etmektedir. Kaynakların korunmasını ve atık miktarının azaltılmasını teşvik eden sistem ürünlerin kullanım ömrü boyunca verimli şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır. Azaltma stratejisi, üretim ve tüketim sürecine giren ürün miktarını minimize etmeyi amaçlamaktadır. Yeniden kullanım da ise amaç kullanım ömrünü uzatmaktır. İkinci el pazarlar bu tür uygulamalara örnek teşkil etmektedir. Geri dönüşümde ise üretim ve tüketim süreçlerinde atıklar başka bir sürecin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Naustdalslid, 2014, s. 305).

Döngüsel ekonomi, çevresel korumayı sağlamak ve kirliliği azaltmak suretiyle sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkı sunan bir kalkınma yaklaşımıdır (Ma, Wen, Chen, & Wen, 2014, s. 506).

Döngüsel ekonomi yaklaşımı, kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve değerinin en üst düzeye çıkarılmasını hedefleyerek, atık oluşumunu önlemeyi ve bu sayede hem çevresel hem de ekonomik fayda sağlamayı amaçlamaktadır. Bu model, ürünlerin ve içerdiği malzemelerin uzun ömürlü ve farklı şekillerde değerlendirildiği bir sistemi öne çıkarmaktadır. Böylece ekonomik dayanıklılığı artıran, kaynaklara yönelik daha bütüncül bir değerlendirme süreci ortaya konmaktadır. Döngüsel ekonomi kavramı, tamamen yeni bir fikir olmamakla birlikte, 'beşikten beşiğe' tasarımı ve 'endüstriyel ekoloji' gibi doğa temelli döngüsel süreçlerden ilham alan yaklaşımlarla ilişkilenebilmektedir. Bu sistem, kaynakların döngüsel bir yapıda tekrar tekrar kullanılması ve bu süreç boyunca değerlerinin korunmasına odaklanmaktadır. Avrupa Komisyonu'nun tanımına göre döngüsel ekonomi; mevcut ürün ve malzemelerin yeniden kullanımı, onarımı, yenilenmesi ve geri dönüşümü gibi süreçleri içermektedir. Daha önce 'atık' olarak tanımlanan unsurlar, artık birer kaynak olarak değerlendirilmekte; bu da tüm kaynakların yaşam döngüsü boyunca daha verimli yönetilmesini zorunlu kılmaktadır (House of Commons Environmental Audit Committee, 2014, s. 5).

'Küresel Ekonomi Ne Kadar Döngüseldir? 2005 Yılında Avrupa Birliği ve Dünya Geneline Malzeme Akışları, Atık Üretimi ve Geri Dönüşüm Üzerine Bir Değerlendirme' adlı çalışmada döngüsel ekonomi kavramı, kaynak akışlarının ekonomik ve ekolojik döngülerini kapatarak hem ham madde kullanımını hem de atık çıkışı azaltmayı amaçlayan bir strateji olarak tanımlanmaktadır (Haas, Krausmann, Wiedenhofer, & Heinz, 2015, s. 765).

Döngüsel ekonomi kavramı, atık miktarındaki artış, kaynak kıtlığı ve ekonomik faydaların sürdürülebilirliği gibi çeşitli zorluklara bir çözüm olarak ele alınmaktadır (Lieder & Rashid, 2016, s. 36).

Döngüsel ekonomi malzeme ve kaynakların gelecekte nasıl yönetilmesi gerektiğini tanımlayan çağdaş ve popüler bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca döngüsel ekonomi, kaynak girişi, atık, emisyon ve enerji kayıplarının, madde ve enerji döngülerinin yavaşlatılması, kapatılması ve daraltılması yoluyla en aza indirildiği yenileyici bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda ise uzun ömürlü tasarım, bakım, onarım, yeniden kullanım, yeniden üretim, yenileme ve geri dönüşüm yoluyla gerçekleştirilebilir (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017, s. 759).

Döngüsel ekonomi, 'kullanım ömrünün sonu' kavramının yerine; üretimde kullanılan malzemelerin azaltılarak, alternatif biçimlerde yeniden kullanılması, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılmasına dayalı bir iş modelidir. Bu sistem; mikro düzeyde (ürünler, şirketler, tüketiciler), mezo düzeyde (eko-endüstri bölgeleri) ve makro düzeyde (şehir, bölge, ulus ve ötesi) faaliyet göstererek, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmayı amaçlar. Bu da çevresel kaliteyi, ekonomik refahı ve sosyal eşitliği sağlayarak mevcut ve gelecek nesillerin yararını gözetmeyi ifade eder (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017, s. 224).

Ekonomik faaliyetleri doğal kaynak kullanımından ayıran döngüsel ekonomi modeli; riskleri azaltarak, yeni iş alanları oluşturarak ve çevre ile insan sağlığı üzerindeki etkileri iyileştirerek ekonomi, toplum ve çevre açısından önemli avantajlar sunmaktadır (UNEP FI, 2023, s. 1).

Döngüsel ekonomi, atık yönetiminin ötesine geçerek malzemelerin değerini korumayı ve malzemelerin kullanım döngüsünde daha uzun süre döngüde kalmasını sağlar. Ayrıca gereksiz malzeme kullanımının önüne geçmeyi amaçlar. Bu dönüşüm, yeni iş modellerinin ortaya

konmasını ve sahipliğe dayalı yapılardan hizmete odaklanan çözümlere daha istikrarlı bir şekilde yönelmeyi zorunlu kılmaktadır (European Environment Agency, 2023) .

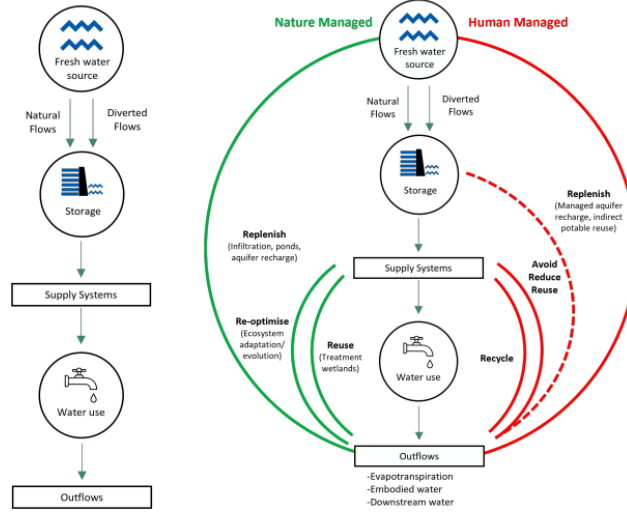
Döngüsel ekonomi, kaynakların döngüde daha uzun süre kalması, ürünlerin kullanım ömrünü uzatması ve atık miktarını azaltması yoluyla çevresel ve iklimsel baskıların azalmasına ve yerel rekabetin artmasına olanak tanıyan bir sistemdir (OECD, 2024, s.13).

Döngüsel ekonomi kavramına ilişkin yapılan kapsamlı literatür taraması yapılmış ve yüzü aşkın tanım ve yoruma ulaşılmıştır. Bu tanımların erken dönem örneklerinde, kaynakların verimliliği ve atık yönetimi gibi çevresel konular ön plana çıkmaktadır. Ancak zaman içerisinde, özellikle son yıllarda, döngüsel ekonominin yalnızca çevresel sürdürülebilirlik ya da kaynak sürdürülebilirliği çerçevesinde ele alınmadığı; aynı zamanda ekonomik verimliliğin artırılması, üretim ve tüketim süreçlerinin daha etkin hale getirilmesi gibi daha bütüncül ve sistematik yaklaşımların da bu kavrama entegre edildiği görülmektedir. Bu durum, döngüsel ekonominin yalnızca çevre odaklı bir uygulama olmaktan çıkarak, çok boyutlu bir kalkınma stratejisine dönüştüğünü ortaya koymaktadır.

4. DÖNGÜSEL SU EKONOMİSİ

Döngüsel su ekonomisi, yenileyici ve onarıcı bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Ekonomik faaliyetlerin su kaynaklarının tükenmesi ve çevresel bozulma ile olan bağına zayıflatmayı amaçlamaktadır. Bu sistem, suyun israfını en aza indirerek mevcut su kaynaklarını ve bu kaynaklarla ilişkili faydaları en etkin şekilde değerlendirmeyi hedeflemektedir. Ancak mevcut ekonomik sistemler, kurumların döngüsel su altyapılarına yatırım yapması konusunda yeterli teşvik sunmamaktadır. Bu nedenle, sınırlı tatlı su kaynaklarını doğrudan ele alan ve döngüsel yaklaşımları destekleyen iş modellerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (ARUP & World Green Building Council, 2024).

Geleneksel “al, üret, at” mantığına dayanan doğrusal ekonomi (Şekil 5) anlayışına alternatif bir sistem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sistem, su ve besin atıklarının oluşumunu önlemeye, mevcut su kaynaklarını döngü içinde tutarak doğal ekosistemleri onarmaya odaklanmaktadır. Tatlı suyun bol ve düşük maliyetli olması lineer tüketim modelinin yaygınlaşmasında rol oynamaktadır. Ancak günümüzde birçok bölge sınırlı su kaynakları, kirli su gibi sorunlarla karşı karşıya kalmakta ya da bu sorunlarla karşılaşma ihtimali taşımaktadır. Döngüsel yaklaşımlar, doğal su kaynaklarını sistemin merkezine alarak, ekosistem üzerindeki baskıyı azaltmayı ve iklim değişikliğinin yol açabileceği krizlere karşı kentlerin dayanıklılığını artırmayı amaçlamaktadır.



Şekil 5. Lineer ve döngüsel su tüketim modelleri. (ARUP & World Green Building Council,2024).

4.1. Literatür Taraması

Scopus veri tabanında yapılan aramada “döngüsel ekonomi” ve “su” anahtar kelimeleriyle yapılan aramada sonucunda 6.237 yayın bulunmuştur. İlk taramada ulaşılan çalışmalar, konu bütünlüğü, içerik uygunluğu gibi ölçütler doğrultusunda filtrelenmiş; bu sürecin sonunda yaklaşık 100 kaynaktan oluşan daha odaklı bir veri kümesine ulaşılmıştır. Elde edilen bu seçili literatür üzerinden, döngüsel su ekonomisi kavramına ilişkin tanım, yaklaşım ve yorumlar sistematik olarak analiz edilmiştir. Kavramın süreç içerisindeki değişiminin izlenebilmesi amacıyla tanımlar kronolojik sırayla değerlendirilmiştir. Kavrama ilişkin ilk tanımlamalara literatürde 2021 yılı itibarıyla rastlanmaktadır. Bu yöntem sayesinde, döngüsel su ekonomisinin tarihsel gelişimi ve farklı disiplinlerde nasıl ele alındığına dair bütüncül bir çerçeve oluşturulmuştur.

Döngüsel su ekonomisi, suyun çeşitli amaçlarla alternatif bir su kaynağı olarak yeniden kullanılmasını hedefleyen ve bu süreçte sürdürülebilir üretim ve tüketimi gerçekleştirmek amacıyla sudan değerli kaynakların geri kazanılmasını amaçlayan bir iş modeli olarak tanımlanmaktadır (Chen vd., 2021).

Suyun Döngüsel Ekonomisi: Su Miktarı, Kalitesi ve Ayak İzinin Ele Alınması adlı yayında döngüsel su kullanımı, suyun sürdürülebilir bir döngü içinde yönetilmesi olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşıma göre, suyun toplanması ve geri kazanımı süreçleri, kaynakta kayıp veya kirlenme yaratmadan sürekli olarak tekrar edilebilmektedir ve böylece suyun ekosistem içindeki sürekliliği korunmaktadır (Sauvé, Lamontagne, Dupras, & Stahel, 2021)

Su odaklı döngüsel ekonomi modeli, suyun yüzey ve yeraltı kaynaklarından, ekosistem sınırlarına zarar vermeden teknoferde kullanılmasına dayanan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemde alınan su, kayıplar önlenerek verimli bir biçimde kullanılmaktadır. Ayrıca, kullanım sürecinde suyun emdiği enerji ile içinde çözünmüş ya da karışmış maddeler geri kazanılarak yeniden kullanılmakta; böylece suyun teknofer içerisinde farklı amaçlar doğrultusunda döngüye kazandırılması sağlanmaktadır. Bununla birlikte, bu

modelde ikincil materyallerin kullanımı ve enerji üretimi, suyla ilişkili ekosistemler ile insan sağlığına yönelik ciddi riskler oluşturmayacak şekilde tasarlanmaktadır (Salminen vd., 2022).

Suyun Döngüsel Ekonomisi: Tanım, Stratejiler ve Zorluklar adlı yayında döngüsel su ekonomisini atık oluşumunu önleyen, verimli kullanım ve su kalitesinin korunması yoluyla kullanılan suyun azaltılması, korunması ve optimize edilmesini sağlayan bir ekonomik çerçeve olarak tanımlanmaktadır. Bu çerçeve, su kullanımını azaltma, optimize etme ve suyu tutma olmak üzere üç ana başlık altında yapılandırılmıştır. Bu başlıklar altında ise; Kaçınma (Avoid), Azaltma (Reduce), Değiştirme (Replace), Yeniden Kullanma (Reuse), Geri Dönüştürme (Recycle), Kademeli Kullanma (Cascade), Depolama (Store) ve Geri Kazanma (Recover) olmak üzere sekiz farklı alt strateji bulunmaktadır (Morseletto, Mooren, & Munaretto, 2022).

Döngüsel su ekonomisi, yenilenemeyen su kaynaklarının kullanımından ziyade, atık su ve yenilenebilir su kaynaklarının geri kazanılmasına odaklanan alternatif teknolojiler ve yöntemleri ele almaktadır. Günümüzde Avrupa Birliği üyesi ülkelerdeki su sistemlerinin büyük bir kısmı, suyun doğa tarafından tekrar kullanılamaz hale geldiği doğrusal bir tüketim modelini kullanmaktadır. Yerinde uygulanan döngüsel su çözümlerine, yağmur suyu, gri su ve siyah suyun yerinde toplanıp arıtılmasını örnek gösterilmektedir. Bu yolla geri kazanılan su, içme suyu dışı kullanımlar için değerlendirilebilmektedir. Ayrıca, tekrar kullanıma sokulan bu sular; azot, fosfor gibi besin maddeleri açısından da önemli bir kaynak potansiyeli taşımaktadır (Qtaishat, Hofman, & Adeyeye, 2022).

“Avrupa Ülkelerinde Suyun Tam Döngüsel Ekonomisine Yönelik Mevcut Zorluklar Ve Geleceğe Dair Perspektifler” adlı makalede döngüsel ekonomi yaklaşımıyla mevcut su sistemlerinin dönüştürülebilmesinin; su kaynaklarının işlevselliğinin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla doğal sermayenin korunmasına, döngünün kapatılması yoluyla suyun geri dönüşüm, yeniden kullanım ve geri kazanım aracılığıyla değerinin muhafaza edilmesine, ayrıca atıkların çevresel etkilerinden kaçınılması ya da bu atıklardan ekonomik ve çevresel değer elde edilmesine bağlı olduğu ifade edilmektedir (Koseoglu-Imer vd., 2023).

Dünya Bankası, (kentsel) su yönetimini yeniden ele alırken dirençlilik perspektifine daha fazla önem vermekte ve bu doğrultuda Su ve Altyapı Döngüsel Ekonomi Dirençliliği (WICER) modelini benimsemektedir. Bu çerçeve, üç ana hedefe odaklanmaktadır: dirençli ve kapsayıcı hizmetler sunmak, atık ve kirliliği tasarım aşamasında ortadan kaldırmak ve doğal sistemleri koruyarak yeniden canlandırmak. Bu yaklaşım, su kaynakları ve çevreye değer verirken aynı zamanda yaşam koşullarını iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Delgado, Rodriguez, Amadei, & Makino, 2024).

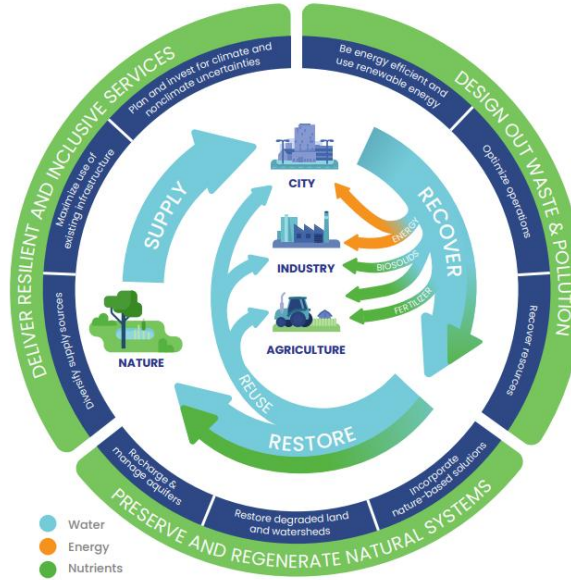
Su Çevre Federasyonuna göre döngüsel su ekonomisi, atıkların azaltılması, besin ve enerjinin geri kazanılması ve doğanın yeniden canlandırılması yoluyla kaynak verimliliğini ve ekolojik direnci artırmayı amaçlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Url-3).

Literatürdeki döngüsel su ekonomisi kavramı incelendiğinde kavramın zaman içerisinde farklılaştığı görülmektedir. İlk tanımlarda atık suyun arıtılarak yeniden kullanımına ve döngünün tamamlanmasına vurgu yapılırken zaman içerisinde doğal sermayenin korunması ve ikincil ürünlerin (enerji, besin maddesi vb.) geri kazanımı gibi konuların da tanıma dahil edildiği

görülmektedir. Bu değişimle birlikte döngüsel su ekonomisi, bir kaynak verimliliği yaklaşımı olmaktan çıkarak, ekosistem temelli düşünce yapısını ve sürdürülebilir kalkınma ilkelerini içeren sistematik bir modele dönüşmüştür. Bu bağlamda döngüsel su ekonomisi, doğal kaynaklar üzerinde baskıyı azaltan, insan sağlığını ve ekosistemleri gözetken ve kaynak verimliliğini vurgulayan sürdürülebilirlik stratejisi olarak tanımlanmaktadır.

4.2. WICER Modeli

Dünya Bankası tarafından hazırlanan WICER (Su ve Altyapı Döngüsel Ekonomi Dirençliliği) modeli, döngüsel ekonomi yaklaşımı ile iklim değişikliğine karşı dayanıklılık ilkesini, kentsel su temini ve atık su yönetim sistemleriyle uyumlu hale getirmeyi hedeflemektedir. Döngüsel ekonomi ilkelerini politika ve stratejilere entegre etmek isteyen uygulayıcılar için bir rehber işlevi görmeyi amaçlayan model dayanıklı ve kapsayıcı hizmetler sunmak, atık ve kirliliği ortadan kaldırmak ve doğal sistemleri koruyup yeniden canlandırmak olmak üzere üç temel hedef (Şekil 6) doğrultusunda tasarlanmıştır. Birbirleriyle ilişkili olan bu hedefler, döngüsel yapıları gereği hiyerarşik bir sıra gözetilmeksizin ele alınabilmektedir.



Şekil 6. WICER modeli. (Delgado, Rodriguez, Amadei, & Makino, 2024)

Kent planlamacıları ve kentsel su ve sanitasyon hizmetlerinden sorumlu karar vericiler için geliştirilen ve kırsal alanlara da uygulanabilen WICER çerçevesi, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile yakından ilişkilidir. Özellikle SKH 6, su ve sanitasyon hizmetlerinin sürdürülebilir yönetimini ve erişilebilirliğini doğrudan destekleyen hedeflerden biri olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, temel hizmetlere evrensel erişimin sağlanması (SKH 1.4), şehirlerin güvenli, dirençli ve sürdürülebilir hale getirilmesi (SKH 11), su kirliliğine dayalı ölümlerin azaltılması (SKH 3.9), atık yönetimi (SKH 12.4), atık oluşumunun önlenmesi, azaltılması (SKH 12.5), ve yenilenebilir enerji kullanım oranının artırılması, (SKH 7.2) gibi hedeflerle bağlantılıdır. Ayrıca, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi (SKH 7.3), temiz ve çevre dostu teknolojilerin benimsenmesi (SKH 8.4), doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve verimli kullanımı (SKH 12.2) gibi konularla da ilişkilendirilmektedir. İklimle bağlı risklere karşı dayanıklılığın artırılması (SKH 13.1), deniz kirliliğinin azaltılması (SKH 14.1) ve kara ile iç su ekosistemlerinin korunması, onarılması (SKH 15.1) gibi alanlarla da doğrudan ilişkilidir. WICER

modeli, döngüsel ekonomi ve döngüsel su ekonomisi kavramlarının kolay anlaşılabilir olmasını hedeflediği gibi bu modelin mevcut mevcut altyapı koşullarına göre uygulanabilirliğini de ortaya koymayı amaçlamaktadır. Uzun vadede kentsel su temini ve sanitasyon hizmetlerinin planlanmasına yönelik stratejik yaklaşım sunan model, Dünya Bankası'nın Çevresel ve Sosyal Standartlar modeliyle de entegre çalışmaktadır (Delgado, Rodriguez, Amadei, & Makino, 2024).

WICER modeli, özellikle kentleşmenin hızla arttığı ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki baskıyı artırdığı günümüz koşullarında, suyun döngüsel ve bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesini hedeflemektedir. Model, su sistemlerinin sadece teknik değil, aynı zamanda sosyal, çevresel ve kurumsal bileşenleriyle birlikte değerlendirilmesini önermektedir. Bu kapsamda, WICER modeli dayanıklı ve kapsayıcı hizmetler sunmak, atık ve kirliliği ortadan kaldırmak ve doğal sistemleri korumak ve yenilemek olmak üzere üç temel stratejik (Çizelge 1) hedef belirlemiştir.

Çizelge 1. WICER modeline ilişkin stratejiler.

Strateji	Tanım	Alt Stratejiler
Dayanıklı ve kapsayıcı hizmetler sunmak	Ön görülebilen aksaklıklara karşı sistemin uyum kabiliyetini güçlendirmeyi ve olumsuz koşullar sonrasında hızlı toparlanmayı sağlamayı amaçlayan bir yaklaşımdır.	Kaynak çeşitliliğinin artırılması Mevcut altyapı kullanımının maksimum düzeye çıkarılması İklim dışı belirsizlere yönelik planlama ve yatırım yapma
Atık ve kirliliği ortadan kaldırmak	Su temini ve sanitasyon hizmetlerinde enerji ve kimyasal madde tüketimini azaltarak doğal kaynakların daha etkin ve sürdürülebilir biçimde kullanılmasını hedefleyen bir yaklaşımdır.	Enerji verimliliğini sağlamak ve yenilenebilir enerji kullanımı Operasyonların optimizasyonu Kaynakların geri kazanımı
Doğal sistemleri korumak ve yenilemek	Çevresel etkileri azaltarak sınırlı doğal kaynakları korumayı ve doğa temelli çözümler aracılığıyla ekosistemlerin sürdürülebilirliğini ve iklim dirençliliğini artırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır.	Doğal çözümleri entegre etmek Bozulmuş arazi ve su havzalarını iyileştirmek Yer altı su kaynaklarını beslemek ve yönetmek

WICER modelinin etkin bir biçimde hayata geçirilebilmesi için, politika geliştirme, talep yönetimi, dijitalleşme ve kapsayıcılık gibi alanların dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. İklimle dirençli döngüsel kentsel su yönetiminin yaygınlaşabilmesi için çalışmaların yerel yönetimlerin haricinde devlet düzeyinde yürütülmesi gerekmektedir. Bu sebeple geri kazanılan kaynakların kullanımını teşvik eden düzenlemeler yapılması önem taşımaktadır. Doğa temelli döngüsel su ekonomisine yönelik çözümlerin lineer ekonomi sistemleriyle rekabet edebilmesi için uygun fiyat tarifelerinin belirlenmesi ve yatırımların teşvik edilmesi uygulanabilecek stratejiler arasında yer almaktadır.

4.3. Döngüsel Su Ekonomisine İlişkin Stratejiler

Artan nüfus, kentleşme ve iklim değişikliği gibi sebepler su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bu bağlamda, su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Geliştirilen stratejilerin, lineer tüketim modeli yerine; kaynakların yeniden kullanımını, geri kazanımını ve sistem içinde tutulmasını esas alan döngüsel ekonomi yaklaşımı doğrultusunda şekillenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, suyun döngüselliğinin sağlanmasına yönelik farklı stratejiler literatürde kapsamlı biçimde ele alınmakta ve çeşitli uygulamalarla desteklenmektedir. Suyun döngüselliğini sağlamaya yönelik yapılan çalışmalarda farklı stratejilerin geliştirildiği görülmektedir.

2020 yılında yayınlanan, "Kentsel Su Sektöründe Döngüsel Ekonominin Değerlendirilmesi: Hindistan'da Zorluklar ve Fırsatlar" adlı çalışmada, 98 yayın referans alınarak analizler yapılmıştır. Çalışmada, döngüsel su ekonomisi kapsamında azaltma, yeniden kullanma, geri dönüşüm, geri kazanım, onarım ve su kaynaklarının ekosisteme geri kazandırılması ilkeleri ele alınmaktadır (Kakwani & Kalbar, 2020).

"Suyun Döngüsel Ekonomisi: Tanım, Stratejiler ve Zorluklar" adlı yayında yeniden düşünmeyi stratejisiyle ilişkilenen döngüsel su ekonomisi yaklaşımı, üç ana strateji altında toplanmış sekiz alt stratejiden oluşmaktadır. Kaçınma, azaltma ve değiştirme stratejileri, suyun daha az ya da hiç kullanılmasının amaçlandığı "azaltma" başlığı altında yer alırken yeniden kullanma, geri dönüşüm ve kademeli kullanım stratejileri ise suyun etkili kullanımını amaçlayan "optimize etme" başlığı altında yer almaktadır. Depolama ve geri kazanma stratejileri ise suyu tutma başlığı altında toplanmıştır (Morseletto, Mooren, & Munaretto, 2022).

"Döngüsel Su ve Sanitasyon Sistemleri İçin 8R: Güvenli, Dayanıklı ve Kapsayıcı Hizmetler İçin Döngüsel Ekonomi Düşüncesinin Kullanılması" adlı çalışmada su ve sanitasyon, döngüsel ekonomi, toplumsal kapsayıcılık ve iklim dirençliliği gibi dört temel bilimsel alandaki yaklaşımları bir araya getirilmiştir. Döngüsel su ekonomisi kapsamında, güvenli, kapsayıcı ve iklim dayanıklı su ve sanitasyon hizmetlerinin sağlanmasını teşvik etmek amacıyla; azaltma ya da reddetme, yeniden kullanma ya da geri kazanma, onarma ya da yenileme, yeniden düşünme, tanıma, dayanıklılık, yeniden dağıtım ve ilişkisel yaklaşım olmak üzere sekiz farklı strateji üzerine odaklanılmıştır (Carrard vd., 2024).

Döngüsel su ekonomisi stratejilerine yönelik yapılan literatür taramasında yeniden düşünme, yeniden kullanma ve geri dönüşüm gibi kavramların tekrar ettiği görülmektedir. Bu çalışmalar referans alınarak yapılan sentez çalışmasında döngüsel su ekonomisi kavramının tanıma, yeniden düşünme, kaçınma, azaltma, değiştirme, yeniden kullanma, geri dönüşüm, kademeli kullanma, depolama, geri kazanım, su kaynaklarının geri kazandırılması, dayanıklılık ve ilişkisel yaklaşım stratejileri ile doğrudan ilişkilendiği tespit edilmiştir. Mevcut su kaynaklarının korunmasını ve döngüselliğin sağlanmasını amaçlayan bu stratejiler suyun etkin kullanımını sağlarken atık su miktarının minimuma indirilmesini hedeflemektedir.

Bu bölümde, döngüsel su ekonomisine yönelik stratejiler ile bu stratejilere ilişkin örnek uygulamaların bir araya getirildiği özet bir sentez tablosuna (Çizelge 2) yer verilmektedir. Böylece suyun daha verimli ve sürdürülebilir kullanımına katkı sağlayan yaklaşımlar bütüncül bir çerçevede sunulmaktadır.

Çizelge 2. Döngüsel su ekonomisine ilişkin stratejiler.

Strateji	Tanım	Örnek Uygulama
Tanıma	Mevcut bilgi birikimi ve tecrübelerin tanınarak kullanılan uygulamaların geliştirilmesi ve kaydedilen ilerlemenin toplumsal alışkanlıklar, çözüm yaklaşımları, politikalar ve teknolojik gelişmelerle uyumlu biçimde sürdürülmesi hedeflenmektedir.	Tarımda suyun verimli kullanımıyla ilgili araştırma yapılması pilot projelerin geliştirilmesi, bu bilgilerin uygulamalara entegre edilmesi.
Yeniden Düşünme	Mevcut su kullanım alışkanlıklarını daha sürdürülebilir ve döngüsel hale getirmek için sistemlerin yeniden ele alınmasını amaçlamaktadır.	Atık sudan, kaynak-suya düşünce değişikliği.
Kaçınma	Su kullanımını gerektirmeyen çözümlerin benimsenmesi hedeflenmektedir.	Vakumlu tuvaletler, kuru yıkama spreyleri vb.
Azaltma	Su kullanımının mevcut seviyelere kıyasla azaltılması hedeflenmektedir.	Peyzajda daha az su tüketen bitkilerin seçilmesi, sanayide buhar kullanmayan güneş enerjili ısıtma sistemlerinin kullanımı vb.
Değiştirme	Su kullanımının yerine geçebilecek maddelerin sisteme alınması hedeflenmektedir.	Kompost tuvaletler, sanayide su yerine dielektrik sıvıların kullanılması.
Yeniden Kullanma	Herhangi bir işleme tabi tutulmadan, suyun aynı ya da farklı bir kullanım alanına yönlendirilmesi amaçlanmaktadır.	Termik santrallerde veya çelik üretim tesislerinde suyun, bir kez kullanıldıktan sonra tekrar soğutma sistemine yönlendirilmesi.
Geri Dönüşüm	Bir ya da daha fazla teknik işlemde geçirilmiş suyun, aynı ya da alternatif amaçlarla yeniden değerlendirilmesi hedeflenmektedir.	Kâğıt üretiminde büyük miktarda kullanılan suyun arıtılarak yeniden üretim sürecine kazandırılması, atık suyun arıtılarak tuvalet sifonlarında tekrar kullanılması.
Kademeli Kullanım	Suyun çeşitli işlemlerden geçirilerek farklı amaçlarla ardışık biçimde değerlendirilmesini ve çok yönlü, bütünsel bir kullanım	Enerji sektöründe buhar formunda kullanılan suyun

	süreci oluşturulmasını amaçlamaktadır.	yoğunlaştırılarak temizlik ve sifonlarda kullanılması.
Depolama	Suyun belirli ve kontrollü ortamlarda saklanarak ilerleyen dönemlerde yeniden kullanımını mümkün kılmayı hedefleyen bir yaklaşımdır.	Yağmur suyunun sulama sistemlerinde kullanılmak üzere depolanması, enerji üretiminde kullanılan suyun tekrar kullanılmak için tanklarda saklanması.
Geri Kazanım	Suda bulunan organik maddeler, kimyasal elementler ve biyokimyasal bileşenlerden enerji üretilmesini veya bu enerjinin depolanmasını hedeflemektedir.	Atık sulardaki organik kalıntılardan metan gazı elde edilmesi, sıcak suyun termal enerjiye dönüşmesi.
Yeniden Dağıtım	Herkesin su ve su hizmetlerine eşit şekilde erişimini sağlamak, faydaların eşit bir şekilde dağıtılmasını temin edilmesini amaçlamaktadır.	Erişilebilirliği sağlamak için sürdürülebilir maliyet yaklaşımları geliştirilmesi
Su Kaynaklarının Geri Kazandırılması	Yeraltı suyu, nehir ve benzeri doğal su kaynaklarının yapay müdahalelerle desteklenerek su seviyelerinin yeniden dengelenmesini amaçlamaktadır.	Yağmur suyu hasadıyla toplanan suyun ön arıtma sonrasında yer altı suyunun beslenmesinin sağlanması vb.
Dayanıklılık	İklimsel risklere karşı su hizmetlerinin dirençliliğin artırılmasını hedeflemektedir.	Dışkı atıklarından elde edilen organik materyallerin toprağın su depolama kapasitesini artırması vb.
İlişkisel Yaklaşım	Su alanında döngüsellüğün sağlanabilmesi için araştırma ve planlama süreçlerinde ilişki temelli bir yaklaşım benimsenmesi hedeflenmektedir.	İnsan-doğa bağlantısını yeniden irdeleyerek sürdürülemez kalıpları değiştirmek.

Döngüsel su ekonomisinin uygulanabilirliğini destekleyen bu stratejiler kent planlamacıları ve kentsel su ve sanitasyon hizmetlerinden sorumlu karar vericiler için çok yönlü bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu 14 strateji, mevcut bilgi ve deneyimin tanınması, sistemlerin yeniden düşünülmesini ve alternatif çözümlerin geliştirilmesini sağlayan kapsamlı bir stratejik alan oluşturulmaktadır. Yeniden kullanım, geri dönüşüm, kademeli kullanım, depolama ve enerji-besin geri kazanımı gibi uygulamalar, sınırlı olan kaynakların tüketilmesinin önüne geçerken yeniden dağıtım ve su kaynaklarının geri kazandırılması gibi stratejiler, toplumsal adalet ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle bütünleşmektedir. Dayanıklılık ve ilişkisel yaklaşım ise, tüm bu süreçlerin uyumlu biçimde yürütülmesini sağlamaktadır. Tüm bu stratejiler döngüsel su

sistemlerinin uzun vadede başarılı olmasını sağlarken, bir bütün olarak değerlendirildiğinde ise sosyal, ekolojik ve yönetsel düzeylerde de dönüşüm sağlayacak etkili bir yol haritası sunmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada döngüsel ekonomi ve döngüsel su ekonomisi kavramları kronolojik olarak ele alınmış ve tanımlar sistematik biçimde analiz edilmiştir. İsrafin önlendiği ve sınırlı doğal kaynakların korunduğu döngüsel ekonomi modelinde, ekosistemle uyumlu bir üretim-tüketim yapısının benimsendiği görülmektedir. Döngüsel su ekonomisi ise, suyun yalnızca fiziksel olarak yeniden kullanımıyla sınırlı kalmayan bir ekonomik modeldir. Bu sistem aynı zamanda enerji, besin ve materyal geri kazanımı, altyapı verimliliği, doğa temelli çözümler ve sosyal eşitlik gibi çok boyutlu stratejileri içerisinde barındırmaktadır. Literatürde yer alan tanıma, yeniden düşünme, kaçınma, azaltma, değiştirme, yeniden kullanma, geri dönüşüm, kademeli kullanım, depolama, geri kazanım, yeniden dağıtım, su kaynaklarının geri kazandırılması, dayanıklılık ve ilişkiyel yaklaşım gibi stratejiler detaylı olarak incelenmiştir. Teknik uygulamalarla beraber sosyal eşitlik, kaynak adaleti, çevresel koruma ve yönetim konularını da kapsayan bu 14 strateji, suyun etkin ve sürdürülebilir yönetimi için çok yönlü bir çerçeve sunmaktadır.

Dayanıklı ve kapsayıcı hizmetler sunmak, atık ve kirliliği ortadan kaldırmak ve doğal sistemleri koruyup yenilemeyi amaçlayan WICER modeli suyun sadece bir kaynak olarak değil, aynı zamanda ekosistemsel ve toplumsal bir değer olarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu modelde belirlenen stratejiler döngüsel su ekonomisi stratejileriyle büyük ölçüde örtüşmektedir. Ayrıca bu stratejilerin uygulanabilirliğine yönelik uygulayıcılar ve politika oluşturunucular için kurumsal bir çerçeve sunmaktadır.

Bu çalışma, döngüsel ekonomi ilkelerinin su yönetimi süreçlerine entegrasyonu yoluyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada sunduğu potansiyeli de ortaya koymaktadır. Literatürde yer alan stratejik yaklaşımlar ve teorik altyapılar çerçevesinde, döngüsel ekonomi kavramının su yönetimiyle ilişkisi derinlemesine incelenmiş; bu doğrultuda WICER modeli ve döngüsel su ekonomisine özgü stratejiler çok boyutlu bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Söz konusu stratejiler, suyun verimli, adil ve çevresel sınırlar içinde sürdürülebilir biçimde yönetilmesini sağlayacak kapsamlı bir yönetim çerçevesi sunmaktadır.

Bu kapsamda geliştirilen model ve stratejiler yalnızca kaynak verimliliği ve atık minimizasyonuna odaklanmamakta; aynı zamanda sosyal kapsayıcılık, altyapı optimizasyonu, doğa temelli çözümler ve iklimsel dirençlilik gibi kritik bileşenleri de içermektedir. Böylece döngüsel su ekonomisi, teknik ve yönetsel düzeyde entegre bir dönüşüm aracı olarak konumlanmaktadır.

Sonuç olarak, döngüsel su ekonomisi yalnızca çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamakla kalmamakta; aynı zamanda kentlerin ve yerel yönetimlerin su yönetimi politikalarında stratejik ve yapısal dönüşümleri mümkün kılan bir yol haritası sunmaktadır.

6. TEŞEKKÜR

Bu makale, İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda, Prof. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY danışmanlığında, Şaziye LOFCALI tarafından hazırlanan 'Döngüsel Ekonomi Bağlamında Yağmur Suyu Hasadı Pratiklerinin Kentsel Açık Alanlardaki Performansının Ölçülmesi' başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Makale,

araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Acar, M. (2023). Döngüsel ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma: Mevcut durum ve yapılması gerekenler. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları. <https://doi.org/10.53478/TUBA.978-625-8352-57-3.ch14>
- ARUP & World Green Building Council. (2024). Unlocking the business case for a circular water economy: Factsheet. <https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2024/07/Water-circular-economy-factsheet.pdf>
- Carrard, N., Kumar, A., Đinh Văn, Đ., Kohlitz, J., Retamal, M., Taron, A., Neemia, N., & Willetts, J. (2024). 8Rs for circular water and sanitation systems: Leveraging circular economy thinking for safe, resilient and inclusive services. *Environmental Development*, 52, 101093. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101093>
- Chen, C.-Y., Wang, S.-W., Kim, H., Pan, S.-Y., Fan, C., & Lin, Y. J. (2021). Non-conventional water reuse in agriculture: A circular water economy. *Water Research*, 199, 117193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117193>
- Delgado, A., Rodriguez, D. J., Amadei, C. A., & Makino, M. (2024). Water in Circular Economy and Resilience (WICER) Framework. *Utilities Policy*, 87, 101604. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101604>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation. Retrieved from: <https://emf.thirdlight.com/file/24/xTyQj3oxiYNM01xTFs9xT5LF3C/Towards%20the%20circular%20economy%20Vol%201%3A%20an%20economic%20and%20business%20rationale%20for%20an%20accelerated%20transition.pdf>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition. Ellen MacArthur Foundation. Isle of Wight: Ellen MacArthur Foundation. Retrieved from: https://emf.thirdlight.com/file/24/_A-BkCs_h7gfln_Am1g_JKe2t9/Towards%20a%20circular%20economy%3A%20Business%20rationale%20for%20an%20accelerated%20transition.pdf
- European Environment Agency. (2023). Accelerating the circular economy in Europe State and outlook 2024. European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/055236>
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*, 13(4), 258–267. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1989.tb00348.x>
- Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano, C., Samani, P., & van der Meer, Y. (2023). How can the circular economy support the advancement of the Sustainable Development Goals (SDGs)? A comprehensive analysis. *Sustainable Production and Consumption*, 40, 352–362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.003>

- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Gleick, P. (1993). *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources*. Oxford University Press.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How Circular is the Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
- Hoogendoorn, A., Bastein, T., roelofs, elsbeth, & Rietveld, E. (2013). Opportunities for a circular economy in the Netherlands.
- House of Commons Environmental Audit Committee. (2014). *Growing a circular economy: Ending the throwaway society* (43). <https://publications.parliament.uk/pa/cm201415/cmselect/cmenvaud/214/214.pdf>
- Kakwani, N., & Kalbar, P. (2020). Review of Circular Economy in urban water sector: Challenges and opportunities in India. *Journal of Environmental Management*, 271, 111010. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111010>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Koseoglu-Imer, D. Y., Oral, H. V., Coutinho Calheiros, C. S., Krzeminski, P., Güçlü, S., Pereira, S. A., Surmacz-Górska, J., Plaza, E., Samaras, P., Binder, P. M., van Hullebusch, E. D., & Devolli, A. (2023). Current challenges and future perspectives for the full circular economy of water in European countries. *Journal of Environmental Management*, 345, 118627. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118627>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Ma, S., Wen, Z., Chen, J., & Wen, Z. (2014). Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study in Wu'an city. *Journal of Cleaner Production*, 64, 505–512. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.008>
- Morseletto, P., Mooren, C. E., & Munaretto, S. (2022). Circular Economy of Water: Definition, Strategies and Challenges. *Circular Economy and Sustainability*, 2(4), 1463–1477. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00165-x>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Naustdalslid, J. (2014). Circular economy in China – the environmental dimension of the harmonious society. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 21(4), 303–313. <https://doi.org/10.1080/13504509.2014.914599>

- OECD. (2024). Economic instruments for the circular economy in Italy: Opportunities for reform. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/33e11c28-en>
- Peters, G. P., Weber, C. L., Guan, D., & Hubacek, K. (2007). China's growing CO2 emissions - A race between increasing consumption and efficiency gains. *Environmental Science and Technology*, 41(17), 5939-5944.
<https://doi.org/10.1021/es070108f>
- Salminen, J., Määttä, K., Haimi, H., Maidell, M., Karjalainen, A., Noro, K., Koskiahho, J., Tikkanen, S., & Pohjola, J. (2022). Water-smart circular economy – Conceptualisation, transitional policy instruments and stakeholder perception. *Journal of Cleaner Production*, 334, 130065.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130065>
- Sauvé, S., Lamontagne, S., Dupras, J., & Stahel, W. (2021). Circular economy of water: Tackling quantity, quality and footprint of water. *Environmental Development*, 39, 100651.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100651>
- Seyhan, M. (2022). Markalara göre planlı eskitme ve endüstri ürünleri tasarımı ilişkisi: Elektrikli süpürge örneği (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2023). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü faaliyet raporu 2023. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf
- Tutunchian, S. (2023). The most appropriate integrated solid waste management plan targeting circular economy (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- UNEP FI. (2023). Guidance on Resource Efficiency and Circular Economy Target Setting.
<https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2023/04/Resource-Efficiency-and-CE-Target-Setting.pdf>
- UNESCO, UN-Water, & World Water Assessment Programme. (2020). The United Nations World Water Development Report 2020 :water and climate change (Vol. 2020). UNESCO,.
<https://digitallibrary.un.org/record/3892703/files/372941fre.pdf>
- Qtaishat, Y., Hofman, J., & Adeyeye, K. (2022). Circular Water Economy in the EU: Findings from Demonstrator Projects. *Clean Technologies*, 4(3), 865-892.
<https://doi.org/10.3390/cleantechnol4030054>
- Wen, C. F., Zhao, Y. L., & Liang, R. Z. (2007). Recycle of low chemical potential substance. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(2), 475-486.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.10.011>
- Yuan, T., Fengmin, L., & Puhai, L. (2003). Economic analysis of rainwater harvesting and irrigation methods, with an example from China. *Agricultural Water Management*, 60(3), 217-226.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00171-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00171-3)
- Yücel, D., & Doğan, N. (2023). Eko-inovasyon ve döngüsel ekonomi paradigması. *Aksaray Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(4), 357-374.
<https://doi.org/10.52791/aksarayiib.d.1347050>
- Zhu, Q., Geng, Y., & Lai, K. (2011). *Environmental Supply Chain*

Cooperation and Its Effect on the Circular Economy Practice-Performance Relationship Among Chinese Manufacturers. *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), 405–419. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00329.x>

Url-1 <<https://www.wef.org/topics/hot-topics/circular-water-economy/#definition>>, erişim tarihi 07.12.2024.

Url-2 < <https://www.ekolojika.com/wp-content/uploads/2023/03/3.png>>, erişim tarihi 22.02.2025.

Url-3 <<https://www.wef.org/topics/hot-topics/circular-water-economy/#definition>>, erişim tarihi 22.02.2025.