

Su ve Yaşam İlişkisi: Hidrolojik Döngünün Ekosistemdeki Rolü

Faruk Kardaş¹

Özet

Suyu bu denli önemli yapan, insanlar için ikamesi mümkün olmayan, hayati öneme sahip bir madde olmasıdır. İşte bu nedenledir ki, günümüzde su kaynaklarında meydana gelen niteliksel ve niceliksel olumsuzluklar, onu günümüz çevre sorunları tartışmalarının önemli bir ögesi durumuna getirmiştir. Su kaynakları kısıtlıdır ve insan kaynaklı bir çok olumsuz etkiye maruz kalmaktadır. Su krizleri her geçen gün insanlığı ve diğer çevresel bileşenleri daha fazla tehdit eder hale gelmektedir. Bilim ve teknolojide ilerleyen insanoğlu bir zamanlar kurduğu her yerleşime su götürülebilir becerideyken artık günümüz dünyasında götürülebilecek bir su kaynağının kalıp kalmadığı tartışılmaya başlanmıştır. Çalışmamızda betimsel tarama yöntemi kullanılmıştır. Hidrolojik döngünün ekosistemdeki rolü konusunda, yapılmış olan çalışmaların ayrıntılı olarak betimlenmesi ve yorumlanması düşünüldüğünden bu metod kullanılmıştır. Bu bağlamda dünyadaki ve Türkiye'deki değişik eğitim kademelerinde veya sivil toplum kuruluşlarında yapılan çalışmalar taranmıştır.

1.Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization) kuraklığı, *“dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelebilecek doğal iklim döngüsünde uzun süreli kuru bir dönem”* olarak ifade ederken, yağış eksikliği ile nitelerken, su kıtlığına sebep olan, aheste aheste başlayan bir afet olarak tanımlamaktadır (WHO, 2023). Bilim ve teknolojide ilerleyen insanoğlu bir zamanlar kurduğu her yerleşime su götürülebilir becerideyken artık günümüz dünyasında götürülebilecek bir su kaynağının kalıp kalmadığı tartışılmaya başlanmıştır. Bu tartışmalar neticesinde ortaya çıkan yegane çözüm ise suyun

1 Doç. Dr. Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,
e-mail: fakrdas@erzincan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0900-7503

kendi havzasında yönetilmesi ve yerleşimlerin mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirlikleri kapsamında şekillenmesi yönündedir (Tanrıverdi, 2009) Su kaynakları üzerindeki baskının en aza indirilmesi, ve suya erişimin biz ve bizden sonraki nesillere aktarımının sağlanabilmesi adına ona etik bir değer atfetmek faydalı olabilir (Firidin, 2015). Suyu etik bakış, su kaynaklarının tüm canlı ve cansız varlıklar için değerini anlamada ve gelecek kuşaklarca da kullanılmasına olanak verebilir.

Sürdürülebilir yaşamın temel yapı taşı sudur. Jeopolitik ve ekonomik olarak 21. Yüzyılın en önemli konularından biri olmaya aday. Su, insanoğlunun hiçbir şekilde üretmediği bir doğal kaynaktır. Yaşadığımız gezegenin %70'i sudan oluşmaktadır. Su (H_2O), yaşamın temel yapıtaşlarından biri olarak kabul edilmekte ve biyosferdeki tüm metabolik süreçlerde kritik bir rol oynamaktadır (Watson vd., 2019). Su krizi tüm dünyadaki yaşamsal olguyu yakından ilgilendiren bir vakadır. Dünya genelinde artan nüfus, küresel ısınma ve sabit kalan su kaynağı ve yakın gelecekte olması muhtemel bir su krizi tetiklemektedir. Günümüzde gereğinden fazla su tüketimi sürdürülebilirlik olmaktan çıkmıştır. Dünya'nın toplam su varlığının yaklaşık 1.4 milyar km^3 olduğu tahmin edilmekte, bunun %97.5'i tuzlu su formunda okyanuslarda bulunmaktadır (UNEP, 2023). Kalan %2.5'lik tatlı su rezervinin ise yaklaşık %69'u buzullar ve kalıcı kar örtüsü şeklinde kutuplarda, %30'u yeraltı sularında ve sadece %1'i yüzey sularında yer almaktadır (World Water Assessment Programme [WWAP], 2024).

Genel olarak bakıldığında ise, su kaynaklarının doğal tehlikelerden çok, insan kaynaklı tehlikelerin baskı altında olduğunu söyleyebiliriz. Dünyada meydana gelen kirletici olaylar nedeniyle, su kaynaklarının korunması gerekliliği daha fazla gün yüzüne çıkmıştır (Karadağ, 2007:210). Su kirliliği, kirleticilerin etkisiyle, suyun insanlara ve diğer canlılara zararlı hale gelmesi durumudur. Bu durum insanların faaliyetleri sonucu oluşabileceği gibi, canlıları faaliyetleri veya doğal nedenler sonucu da oluşabilmektedir (Şahin: 2011: 355). Su tüketimi ve yaşamsal döngünün geleceği açısından sürdürülebilirlik oldukça önemlidir. Dünyada ve ülkemizde suyun kullanımının en fazla olduğu alan tarım ve tekstil sektörüdür. Araştırmanın bulguları yapılan literatür araştırmalarına göre sanayi devrimi sonrası suyun üretim sektöründe kullanımının kontrolsüz bir şekilde ilerlemiş olması ve günümüzde sürdürülebilirlik faaliyetlerle bu durumu kontrol altına almaya çalışıldığı yönündedir. İnsanlık ve tüm canlılar olarak tek kaynağımız olan suyun, gelecek nesillere aktarılması için tüm gücümüzle her bireyin sorumluluk duygusu ile hareket etmesi gerekmektedir. (Doğan & Sever. 2023). Bu çalışma nicel araştırma yöntemi ile hazırlanmış olup konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Çalışmamızda yaşamın vazgeçilmez bir

gerçeği ve gerekliliği olan su ile ilgili genel konularda, yönetim birimlerinin ve toplumun yaklaşımını suyun önemine dikkat çekmektir. Bu amaç doğrultusunda su ile ilgili sürdürülebilirlik çalışmalarının nasıl bir şekilde karşımıza çıktığına değinilecektir. Su toplumun ekonomisi, sağlığı, gıda üretimi, enerji kaynaklarının kullanımı, hijyeni gibi unsurlarla karmaşık bir ilişki içinde bulunmaktadır (Ögenler, & Okuyaz, 2017)

1.1. Su Krizinin Küresel Boyutları

Ulaşılabilir tatlı su miktarının azlığı, küresel iklim değişikliği ve kirlenme gibi faktörler göz önüne alındığında sınıraşan sular ülkeler açısından gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir. Günümüzde petrol ve doğalgaz konusunda yaşanan rekabetler ve benzeri atışmaların gelecekte su konusunda da yaşanması muhtemeldir (Amery, 2002:322). Bu bağlamda su, ülkelerin dış politikalarında da önemli konulardan biri haline gelmektedir. Su kaynakları ile ilgili çeşitli düzeylerde (yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası) ve çeşitli kullanıcı ve paydaşlar (evsel kullanıcılardan, sanayi ve tarımsal kullanım; diğer yandan sınır aşan su kaynaklarının kenarında yer alan milletler) arasında gerçekleşir. Sınır aşan sularla, Küresel İklim Değişikliğinin Sınır aşan(350), Su Kaynakları Politikasında Etkili olan anlaşmazlıklar suya olan ilginin çeşitli nedenlerle-siyasi, ekonomik, çevresel, veya hukuki olgular -doğrultusunda çatıştığı durumlarda ortaya çıkar (Kumar, R., et al.2024). Sınır aşan sular, kullanımında karmaşık hale gelen belirli bazı özellikler taşırlar. Sınır aşan suların karşılıklı kordinasyon dahilinde yönetilmesi, bu havzalarda suyun siyasi, kültürel ve sosyal konumlarının birlikte ele alınması gerekmektedir(Kibaroğlu, A.2008).

Yeryüzünde pek çok akarsu, bir ülkede doğduktan sonra başka bir ülkeye/ülkelere geçmekte ve “sınıraşan su” niteliğini taşımakta, bazıları yer yer iki ülke arasındaki sınır boyunca da akarak “sınır oluşturan su”işlevini görmektedir((Akça,2014)). Tatlı su kaynakları dünya üzerinde eşit dağılmamıştır. Özellikle Avrupa ve Amerika bol su kaynaklarına sahipken, Ortadoğu gibi bölgeler ise gündün güne su kıtlığı ile karşı karşıya gelmektedir. Bu sebeple, sınır aşan suların yönetimine ilişkin kurumların oluşturulması ve başarılı olamamasında farklılıklar gözlenmektedir. Avrupa’da, Tuna ve Ren Nehri sularının yönetimi için oluşturulmuş kurumlar uzun süredir görevlerini yerine getirmektedir. Kuzey Amerika’da ise ABD-Kanada arasında karşılıklı olarak 50 yıldır, sınır aşan suların yönetimi için kurumlar varlıklarını sürdürmektedir. (Environmental Protection Agency, 2023). Fakat söz konusu Ortadoğu olduğunda nehirlerin ortak yönetiminde çok az başarılı olunmuştur, çünkü suyun kıtlaşan bir kaynak olduğu bu bölgede su, devletlerin bekası için önemli bir kaynaktır. Kıt bir kaynak üzerinde

devletlerin ortak bir karara varması ve ortak bir yönetim sağlayabilmesi zorlaşmaktadır(Maden ve Evrim,2013)

Stratejik ve güvenlik boyutunda olan su sorununu Türkiye kendi menfaatleri doğrultusunda çözecek bir politika izlemek durumundadır. Su tüm canlılar için yaşamsal bir kaynak olmanın yanı sıra, sağladığı imkanlarla da uygarlığın gelişimine katkıda bulunmuştur. İnsanlar tarihin başlangıcından bu yana su ile ilgilenmişler, suyun özelliğini tanımaya, yönetmek için yasalar çıkarmaya ve ondan hem korunmaya hem de yararlanmaya çalışmışlardır. Suyu kontrolleri altında tutabilen ve ondan yararlanabilen toplumlar diğerlerine nazaran daha çabuk gelişmişlerdir(Sar,1970) , Bu yüzden medeniyetler daima akarsular kenarında kurulmuştur. Mısır ve Mezopotamya buna en güzel örnektir. Ancak toplumlar akarsuların tamamını her zaman için kontrol altında tutma imkanına sahip olamamışlardır. Doğal bakımdan bir akarsu, kaynağından sona erdiği noktaya kadar, yatağı ve kolları ile bir bütündür. Devletlerin, dolayısıyla sınırların ortaya çıkmasıyla bu fiziki bütünlük suni bir şekilde bölünmüş ve aynı akarsuyun farklı kesimleri farklı devletlerin egemenlik alanlarında kalmıştır. Devletlerin sınırları içinde kalan akarsu kesimlerinden, endüstriyel, enerji ve sulama amaçlı faydalanma eylemlerine başlaması, aynı akarsuyu kullanan diğer devletleri etkilemiş ve uyumsuzluklar meydana gelmiştir (Uluslararası İlişkiler Sözlüğü (çevirimci)2007http://www.mfa.gov.tr/Türkce/grup/ha/ha03bhtm/04.htm).

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %36'sı (2.8 milyar insan) su stresi yaşayan bölgelerde yaşamaktadır (WHO, 2024). Birleşmiş Milletler tahminlerine göre, 2025 yılına kadar dünya nüfusunun üçte ikisi su kıtlığı çeken bölgelerde yaşayacaktır. Bu durum, sürdürülebilir su yönetiminin önemini daha da artırmaktadır (International Water Management Institute [IWMI], 2023). Dünyada suyun kullanım alanlarına bakıldığında en büyük oranın tarımsal kullanımda (%70) olduğu, bunu evsel kullanım (%22) ve endüstriyel kullanımın (%8) takip ettiği görülür (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018: 2).

1.2.Suyun Moleküler Yapısı ve Benzersiz Özellikleri

Suyun moleküler yapısı, iki hidrojen atomunun oksijen atomuna kovalent bağlarla bağlanması sonucu oluşmaktadır. Bu yapı, moleküle polar bir karakter kazandırmakta ve hidrojen bağları oluşturma yeteneği vermektedir (Chen ve Liu, 2021). Suyun gösterdiği benzersiz fizikokimyasal özellikler şunları içermektedir:

- Yüksek ısı kapasitesi (4.184 J/g°C)
- Yüksek buharlaşma ısısı (2260 kJ/kg)

- Geniş sıcaklık aralığında sıvı fazda kalabilme
- Maksimum yoğunluğa 4°C'de ulaşma
- Yüksek yüzey gerilimi (20°C'de 72.8 mN/m)

Bu özellikler, suyun canlı sistemlerde ve ekosistemlerde üstlendiği çeşitli işlevleri mümkün kılmaktadır (Rodriguez, vd., 2023).

1.3.Suyun Biyolojik Sistemlerdeki Rolü

İnsani faaliyetlerin neden olduğu çevresel değişimlerin biyolojik tepkiler yardımı ile değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. Su kalitesinin sucul canlıların varlığı veya yokluğu, çeşitliliği ve bolluğu gibi faktörler göz önünde bulundurularak belirlenmesini sağlar(Koyuncuoğlu.2019). Canlı organizmalarda su, aşağıdaki temel işlevleri yerine getirmektedir:

1.3.1. Metabolik Reaksiyonlar için Ortam Sağlama

- Hüresel enzimatik reaksiyonların gerçekleşmesi
- Biyomoleküllerin taşınması
- Hücre içi ve hücreler arası sinyal iletimi

1.3.2. Yapısal Destek

- Hücre turgorunu sağlama
- Eklem boşluklarında yağlayıcı görevi görme
- Omurga disklerinde şok emici olarak işlev görme

1.3.3. Termoregülasyon

- Vücut sıcaklığının düzenlenmesi
- Terleme yoluyla ısı kaybı
- Dokularda ısı dağılımı

1.3.4. Taşıma ve Çözme

- Besin maddelerinin taşınması
- Metabolik atıkların uzaklaştırılması
- İyon ve moleküllerin çözünmesi

2.Hidrolojik Döngünün Bileşenleri ve İşleyişi

Hidrolojik döngü, çeşitli fiziksel süreçlerin etkileşimi sonucu gerçekleşmektedir: Hidrolojik döngü, su moleküllerinin farklı fiziksel durumlar arasında sürekli bir döngüsel hareket halinde olduğu, karmaşık ve dinamik bir süreçtir. Bu döngü, güneş enerjisi tarafından yönlendirilen ve yerçekimi kuvvetinin etkisi altında gerçekleşen bir dizi fiziksel ve kimyasal değişimi içermektedir (Thompson, vd., 2022). Atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer arasındaki su alışverişi, gezegenimizin iklim sisteminin düzenlenmesinde ve biyojeokimyasal döngülerin sürdürülmesinde merkezi bir rol oynamaktadır.

2.1.Buharlaşma ve Terleme

Buharlaşma ve terleme (**evotranspirasyon**); suyun, topraktan ve başka yüzeylerden buharlaşarak ve bitkilerden terleme (transpirasyon) vasıtasıyla karadan atmosfere aktarılması işlemidir. Evotranspirasyon, su döngüsünde mühim bir süreçtir; çünkü buharlaşma ve terleme, atmosferdeki su buharının %15'inden yalnız başına sorumludur. Bu su buharı eldesi olmadan bulutlar meydana gelmez ve dolayısıyla yağışlar asla düşemez (*Özerdem,2024*). Yıllık küresel evapotranspirasyon miktarının yaklaşık 577,000 km³ olduğu tahmin edilmektedir (Global Water Partnership [GWP], 2023). Bu süreç:

- Okyanus yüzeylerinden buharlaşma (%86)
- Kara yüzeylerinden buharlaşma (%14)
- Bitki örtüsünden terleme yoluyla su kaybını içermektedir.

2.2. Atmosferik Taşınım ve Yoğuşma

Atmosferdeki su buharının yaklaşık kalış süresi 9 gündür ve bu süre içinde:

- Adveksiyon ile yatay taşınım
- Konveksiyon ile dikey taşınım
- Adiabatik soğuma neticesinde yoğuşma gerçekleşir.

2.3.Yağış ve Yüzey Akışı

Yağış sularının bir miktarı toprağa sızar(infiltrasyon) diğer bir miktarda toprak ve bitki yüzeyinde buharlaşır (evapotranspiration) ve geriye kalan ise yüzeysel akışa (runoff) geçerek havza içindeki ve dışındaki derelere kavuşur (Atalay,İ 1975).

2.4.Global yıllık yağış miktarı yaklaşık 577,000 km³ olup

- %78'i okyanuslara
- %22'si kara yüzeylerine düşmektedir

2.4.1.Yağış sularının toprak içine sızması ve yeraltı sularının oluşumu:

İnfiltrasyon ve Yeraltı Suyunun Hareketi son zamanlarda yapılan araştırmalarda, yeraltı suyunun havzalardaki akarsu kıyıları (şevleri) ve doğal yamaçların güvenliği (duraylılığı) üzerine yol açabileceğı olumsuz etkiler vurgulanmaya başlamıştır (Patel & Johnson.2024). Yeraltı sularının havzalarda neden olduğı erozyonun genellikle akarsu şevlerinde yoğunlaşmasının sebebi ise taşkın hidrografının yükselme (kabarma) zamanında kanaldan doygun olmayan kıyı toprağının içine doğru infiltrasyon yoluyla girmiş olan suyun, taşkın hidrografının sığlaşma zamanında geriye dönerek (ters akım) kanal içerisine sızma suyu olarak girmesidir (Akay,O. 2018).

- Toprak özellikleri
- Jeolojik yapı
- Bitki örtüsü
- Arazi kullanımını gibi faktörlerden etkilenmektedir.

3. Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği ve Küresel Zorluklar

Yaşamın vazgeçilmez bir gerekliliğı olan su, sınırlı ve stratejik doğal bir kaynaktır. Gelecekte suyun yerini doldura bilecek yapay bir maddenin bulunamayacağı bilindiğine göre, önemi daha iyi anlaşılacaktır. Özellikle nüfus artışına paralel olarak gelişen teknoloji yanında global iklim değışiminin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisi, su kaynaklarının yeryüzünde homojen olarak dağılması su problemini şiddetlendirmektedir. Bu sebeptendir ki günümüzde, suyun tüketimi ve dağıtımındaki dengelere her zamankinden daha çok dikkat edilmesi, var olan kaynakların çağın gereklerine uygun stratejilerle akılcıca kullanımı gerekmektedir(Pamuk & Akkuzu. 2008).

Günümüzde su kaynakları üzerindeki baskılar giderek artmaktadır;

- İklim değışikliği
- Nüfus artışı
- Kentleşme
- Endüstriyel gelişme

- Tarımsal faaliyetler

Bu nedenlerden dolayı, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini zorlaştırmakta ve yeni stratejilerin geliştirilmesini gerektirmektedir (Environmental Protection Agency [EPA], 2023).

3.1. İklim değişikliği

Uyum, gerçek veya beklenen iklimsel uyarılara ve bunların etkilerine cevap olarak ekolojik, sosyal veya ekonomik sistemlerde yapılan değişimleri ifade eder. Potansiyel zararları en az zararlarla atlatmak yada iklimsel değişiklikleri fırsata dönüştürerek faydalanmak için bu süreçlerde, uygulamadaki ve yapılarda olması gereken değişiklikleri ifade eder. Başka bir deyişle ifade edilecek olursa, ülkeler, toplumlar, gruplar ve haneler, mevcut olan ve gelecekteki iklimsel değişikliğin etkilerine evap vermek için uygun uyum çözümleri geliştirmeli ve eylemler uygulamalıdır (World Health Organization, 2024). Küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünyamızı tehdit eden çevre sorunlarının başında gelmektedir. Küresel ve bölgesel manada bir takım olumsuz etkilerinin ortaya çıkacağı beklenen küresel iklim değişikliğinin potansiyel etkileri; tarım, orman, temiz su kaynakları, deniz seviyesi, enerji, insan sağlığı ve bioçeşitlilik üzerine yoğunlaşacaktır. Buna paralel olarak, dünyanın her tarafında henüz tam anlamıyla yaşanmamış olsa bile, ekonomik, ekolojik ve sosyal yaşamda bir çok zincirleme etkilere sebep olacak olması, küresel iklim değişikliğine karşı gerekli önlemlerin alınmasında, tüm ülkelerin, uluslararası işbirliğine gerekli hassasiyeti göstermesini gerektirmektedir (Doğan & Tüzer.2011).

3.1.1. Küresel ısınmada 1,5°C, 2°C neyi tanımlar?

Bilim camiası fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan emisyonları azaltarak küresel ısınmayı 1,5°C'de (Sanayi Devrimi başlangıç alınarak) kabul edersek iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden kaçınılabileceğini ispatlamıştır. Bugün 1°C olan kürenin yüzey ısısının 2°C olması durumunda, gezegenin iklim sisteminin geri dönüşü olmayan bir biçimde bozulacağı ve ekosistemlerde yaşanan olumsuz etkilerle birlikte ani ve aşırı iklim olaylarının olağan ve yaygın özellik kazanacağını ispatlamıştır. 2°C insanlık ve tüm canlılar için son tehlike sınırıdır, bu sınıra ulaşmadan küresel ısınmayı durdurmak için makul sınırı 1,5°C olarak kabul etmiş olup, uluslararası toplum bu yönde çalışmaya devam etmektedir (Henderson & Roberts. 2023).

19. yüzyılda bazı atmosferik bileşiklerin oluşumunda içeriğin, atmosferin termal dengesini ve dolayısıyla küresel iklimi etkileyebileceği kabul edilmiştir. 1896 yılında Arrhenius* tarafından karbon dioksit miktarının iki katına

çıkmasının, 5-6 °C'lik bir küresel sıcaklık artışına sebep olacağını hesaplanmış (Fenger, 2009), ve dahası Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) Küresel İklim Araştırma ve İzleme Projesi dahilinde elde edilen bilimsel veriler de insan temelli faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonların küresel iklimine zarar verdiğinin açık birer delili olmuştur. Böylece, Dünya Meteoroloji Örgütü'nün liderliğinde 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiş ve konferansta; fosil yakıtlara bağımlılığın ve ormansızlaşmanın devam etmesi durumunda atmosferdeki CO₂ varlığının artabileceği, bu artışın sonucunda iklimsel değişikliklere neden olabileceği belirtilmiştir Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) & WMO'nun ortak çabasıyla 1988 yılında, Devletlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuş ve 1990 yılında ilk değerlendirme raporu yayımlanmıştır. Küresel ısınmanın dahada önem kazanması üzerine, Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda, 1992 yılında, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kabul edilmiştir. Sözleşme 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin hedefi, atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan eli kaynaklı etkiyi önleyecek bir seviyede durdurmaktır.

Yeryüzünün termal dengesi için, güneşten aldığı enerji kadar, enerjiyi atmosfere vermesi gerekir. Güneş enerjisi yeryüzüne kısa dalga boyuna sahip radyasyon (ısınım) olarak ulaşır ve gelen radyasyonun bir kısmı yeryüzünün yüzeyinde, bir kısmı troposferde, bir kısmı da atmosfer tarafından tekrar atmosfere yansıtılır (Selvitop.2012). Kyoto Protokolü ile küresel ısınma ve iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuz etkilerin azaltılması yönünde ortaya çıkan emisyon ticareti, en çok tartışılan iklim politikası olmuştur. Emisyon Ticareti, piyasa bazlı bir mekanizmadır ve emisyon hedeflerini belirlemiş olan ülkelerin Emisyon İzinlerinin* bir kısmını kendi aralarında alıp satmalarını sağlamaktadır. Bunla birlikte, emisyon hedefi olan bir ülke emisyon azaltımı yoluna gitmişse, bu azaltımı bir diğer ülkeye satabilmektedir. Bu durum, emisyon azaltımına odaklı yeni bir piyasa ortamının oluşmasını ve bu piyasada işlem görecektür emtiaların geliştirilmesini sağlamıştır. Bu piyasada genellikle CO₂ ticareti yapılması nedeniyle, piyasalara genel olarak "Karbon Piyasası", yapılan işleme de "Karbon Ticareti" adı verilmektedir (Çelikkol & Özkan,2010).

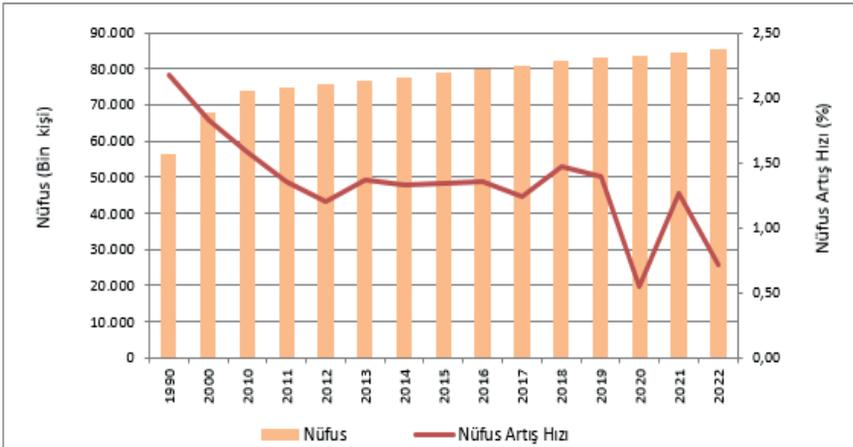
3.2. Nüfus Artış

Canlıların ortak özelliklerinden biri üreyebilmeleridir. İnsanoğlu, diğer canlılardan en az üreyenlerinden birisi olmasına rağmen, dünyadaki hızlı nüfus artışı günümüz ve yakın geleceğin önemli problemlerinden biridir. Herhangi bir ülkede veya bölgede hazır durumdaki kaynakların bölgede yaşayan nüfusa yetmemesi, birtakım ekonomik ve sosyal problemlerin

yaşanması haline “aşırı nüfuslanma” denir (Çamurcu, 2005).”Yaşamsal ihtiyaçtan kaynaklı taşıma gücü, herhangi bir ülkede veya bölgede mevcut olan bütün ekonomik kaynakları harekete geçirerek, şartlarda zorlanma olmadan yaşayabilecek en çok nüfus miktarıdır.” Taşıma gücü kavramı içinde canlıyı etkileyen her şey dahildir. Besin, hava, hayat sahasının genişliği, iklim, toprak, su, hayvanlar, bitkiler, vb. (Muslu, 1985), yaşamsal döngünün getirdiği yük aynı kalmaz. İnsanoğlu aklı ve teknolojisi sayesinde aşabilmiştir. Ancak bunu sonsuza kadar arttırma gücü ve bilgisine daima sahip olabilecek miyiz? Yani dünyanın taşıma gücü acaba sınırsız mıdır? Eğer bir sınırı varsa ne kadar insanın yaşamasına elverişlidir?

İfade edilen, belirli bir dönemde veya yılda nüfus büyüklüğünün ortalama yıllık artışıdır. Yıllık olarak her 100 nüfus için artan nüfus olarak ifade edilir. Nüfus artışı, çevre üzerinde baskı yaratan insan faaliyetleri arkasındaki en önemli itici güçtür. Nüfusun artması, sınırlı kaynakların tükenmesi ve çevre sorunlarının artması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla sanayi, tarım gibi faaliyetler artacak ve çevre üzerinde daha fazla baskı meydana gelecektir. Nüfus artış hızında zaman zaman azalmalar görülmekle birlikte Türkiye nüfusu sürekli artmıştır. Ancak Türkiye’de 2021 yılında %1,27 olan nüfus artış hızı, 2022 yılında %0,71’e düşmüştür. 2022 yılı verilerine göre, Türkiye’de toplam nüfus 85.279.553 kişi, nüfus yoğunluğu (km² başına düşen nüfus) 111 kişi olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de 2021 yılında 33,1 olan ortanca yaş, 2022 yılında 33,5’e yükselmiştir.

Grafik 1- Yıllar İtibariyle Nüfus ve Nüfus Artış Oranlarının Değişimi



Tablo 1- Yıllar İtibariyle Nüfus ve Nüfus Artış Oranları

YILLAR	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nüfus (Bin kişi)	56.473	67.804	73.723	78.741	79.815	80.811	82.004	83.155	83.614	84.680	85.280
Nüfus Artış Hızı (%)	2,17	1,83	1,59	1,34	1,36	1,24	1,47	1,39	0,55	1,27	0,71
Nüfus Yoğunluğu (kişi/km2)	73	88	96	102	104	105	107	108	109	110	111

Kaynak: TÜİK. 1990-2000 yılları arası Genel Nüfus Sayımı Sonuçları ve 2010-2022 yılları arası Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçları kullanılmıştır.

3.3.Kentleşme

Kentleri insan kitlesinin yoğun olarak yaşadığı mekânlar olarak tasvirlemek mümkündür. Tarihsel kademelerin hassasiyetlerine göre kentler farklı kullanım ve yerleşim planlarına sahip olmuşlardır. Kent ve açık alanlar arasında değişken bir ilişkinin olduğu savunulabilir. Tarih boyunca akarsular ve kolları olan dereler, insan oğlu için bir cazibe merkezi olagelmıştır. Modern manada düşüneceğimiz kentlerde ise akarsular ve dereler, rekreasyon alanı oluşturma, kent flora/faunasını koruma ve kent ekolojisini *reorganizasyon* gibi önemli görevleri üstlenmişlerdir. Kentlerin su ilişkisi bakımından gelişmesini incelemeyi amaçlayan bu çalışmada kent ve açık alan kavramları su ile ilişkisi bakımından değerlendirilmiştir (H, Oktay.,vd.2015).

Kentleri sadece görünen mekânsal yönüyle değil, bu mekânsal görünümün arkasında yatan ekonomik, sosyal, kültürel ve siyasi oluşumlar, bunların birbiri içine geçmiş karmaşık ilişkileri ve etkileşimleri ile beraber ele almak gerekmektedir. Çünkü fiziksel mekânın oluşumu, bu yapıların karmaşık, karşılıklı etkileşiminin sonucudur (Keser, 2006). Su ile ilgili problemler gibi tanımlamalarla ifade edilmeğe, sınıflandırmaya ve ölçülmeye çalışılmaktadır. Bu gibi tanımlamaların ortak özelliği ise su kaynaklarının kentler için artık yetersiz olduğu gerçeği bulunmaktadır. Bu süreci ortaya çıkmasına neden olan sebeplerin başında küresel ısınma ve yağış rejimlerindeki değişimler gelmektedir. Küresel ısınma ve yağış rejimlerindeki düzensizlikler su varlığının bölgesel olarak yoğunluğunun farklılaşmasının en büyük sebeplerini birini oluşturmaktadır (Körbalta, 2023). Su kaynaklarının insanlar için önemli olduğu kadar, ülkelerin varlığı, güvenliği ve ekonomileri için de oldukça önemi vardır (Usiad, 2009:5). Bu kapsamlı çalışma, hızlı kentleşme ve iklim değişikliğinin getirdiği olumsuzlukları ele almayı amaçlayan sürdürülebilir uygulamalara odaklanarak Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Kentsel

Su Yönetimi manzarasını araştırıyor. Kentsel alanlar artan su stresiyle karşı karşıya olduğundan, bu çalışma ülke genelinde uygulanan bir dizi sürdürülebilir uygulamayı belirlemeyi, analiz etmeyi ve değerlendirmeyi amaçlıyor. (Wilson, 2023).

Bilimsel araştırmalar arazi kullanımının su kaynakları ve su tüketimi üzerindeki etkilerini gösterirken kent planlama süreçlerinde su odaklı çalışmalar önem kazanmaya başlamıştır. Bu çalışmada dünyada ve ülkemizde önemli bir sorun haline gelmeye başlayan su krizi ve kuraklık sürecine karşın kent planlama çalışmalarıyla alınabilecek önlemler sıralanmıştır. Kenti oluşturan konut, sanayi, ulaşım ağları, yeşil alanlar gibi kentsel fonksiyonların tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar sıralanırken, üst ölçeklerden alt ölçeklere doğru su kaynaklarına duyarlı planlama süreçleri hakkında öneriler getirilmiştir. Bir yandan değişen iklim koşulları diğer taraftan kentlere hızlı göç su yönetiminin dikkate alması gereken konular olmuştur (Domene, 2014). Özellikle her yıl yoğun ve sürekli olarak göç alan büyük kentlerimizde arazi kullanım planlaması ile su kaynaklarının stratejik planlaması arasında bulunması gereken yakın ilişki genellikle ihmal edilmektedir. Bu iki konunun birlikte ve koordinasyon içerisinde ele alınmayışı zaman içinde oluşan sorunların çözümünü neredeyse olanaksız hale getirmektedir. Sorunlar arttığı gibi kısa vadeli bir çözümden de uzaklaşmaktadır. Kentlerde arazi kullanım planlamasını yapan yerel yönetimler ile su yönetimi planlaması yapan kuruluşlar arasında yeterli eşgüdüm sağlanamamıştır. Bu nedenle yeni yerleşim alanları açılırken bu bölgelerdeki su sistemlerinin hidrolojik olarak incelenmesi büyük önem taşımaktadır (Glick, 2023). Ülkemizde kentlerimize doğru yaşanan bu hızlı göç ve yönetim zafiyetleri, arazi planlaması, su temini ve altyapı hizmetleri konusunda koordineli ve yeterli hizmetin verilememesi sonucunu doğurmaktadır. Aslında birçok kişinin bildiğinin dışında konu sadece bu nüfusa su temin etmek değildir. Aynı zamanda atık su ve yağmur sularının toplanması ve arıtma tesislerinin yapımı da çok önemlidir (Yıldız, 2014).

3.4. Endüstriyel gelişme

Suyun *endüstriyel* amaçla kullanımı, içmek için ihtiyaç duyulan *su* miktarından kat kat fazladır. *Su* sanayide en önemli üretim faktörüdür. Bir kişinin günlük gıda ihtiyacını karşılamak için 2 000-5 000 litre suya ihtiyacı vardır. 1 kg. prinç üretmek için 3.400 litre, 1 kg. sığır eti üretmek için 15.500 litre ve 1 kg. çikolata üretmek için 24.000 litre suya ihtiyaç bulunmaktadır (Hoekstra, 2008: s. 54). Endüstriyel tesislerde temiz üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması, tesis içi kontrollerin artırılması, sıfır deşarj yaklaşımının yerleştirilmesi ve atık suların geri kazanılarak proses

suyu ve benzeri amaçlarla yeniden kullanılması gerekmektedir. Endüstride ise su enerji elde etme, soğutma, işlemden geçirme, temizleme, buhar oluşturma, ulaştırma gibi işlevlerde kullanılmaktadır (Kavurucu, B. vd., 2022).

Endüstriyel ürünlerdeki su ayak izi 1ABD Dolar için 80 litreye karşılık gelmektedir. Ürün özelinde su ayak izini hesaplamak oldukça güçtür. Bunun nedeni ise endüstriyel ürünlerdeki çeşitlilik, üretim zincirlerindeki karmaşıklık ve milletler ve şirketler arasında farkların olmasıdır (Martinez-Rodriguez & Thompson. 2023). Bununla birlikte ürünler özelinde yapılan kimi hesaplamalarla endüstriyel su kullanımı için üretimde kullanılan su miktarı hakkında fikir edinilebilir. Örnek olarak; 1 adet A4 kağıdı 5,1 litre; 1 adet pamuklu t-shirt 2.720 litre, akıllı telefon 12.760 litre ve bir araba için 52.000-83.000 litre su kullanılmaktadır (Water Footprint Calculator, 2022). Çevre sorunlarının sınır tanımazlığı ile küreselleşme birleştiğinde ortaya oldukça büyük bir ulusal ve uluslararası sorunlar silsilesi çıkmaktadır. Aslında küreselleşme ile neredeyse pik noktasına ulaşmış olan çevre kirliliği konusu kişileri, ülkeleri ve dünyayı etkilemektedir. Bununla birlikte kaynakların kullanımında, gelişmiş ülkeler tarafından, baskı aracı olarak kullanılmaktadır (Kardaş, 2024).

Geçmişten bugüne toplumlar, buldukları yerin iklim ve coğrafya şartlarına göre suyu depolamayı, sevk etmeyi, filtrelemeyi başarmışlardır. Zamanla nüfusun artması, teknolojinin ilerlemesi, sanayileşmenin artması ile suyun önemi daha da artmaktadır. Suyun endüstriyel amaçla kullanımı, içmek için ihtiyaç duyulan miktarından kat kat fazladır. Su sanayide en önemli üretim faktörüdür. Endüstriyel işletmelerde; su genel ihtiyaç kullanımları yanında proseslerde, soğutmada ve ürünün içerisinde kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda ürün üretiminde gereken su miktarları belirtilmiştir (Vatek Çevre Teknolojileri, 2024).

3.5. Tarımsal Faaliyetler

Toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve etkin kullanımı, gıda güvenliğinin ve dolayısıyla tarımın ana unsurları olması sebebiyle bütün dünyada, küresel ölçekte stratejik olarak önem kazanmaktadır. Artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için 2050 yılına kadar, tarımsal faaliyetlerle küresel olarak yüzde% 60 ve gelişmekte olan ülkelerde iki kat daha fazla gıda üretilmesi gerektiği bildirilmektedir (BM, 2015). Bunları uygulayabilmek için toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir amacına yönelik tedbirlerin oluşturulması gerekmektedir. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı ve arazi tahribatının her geçen gün dünya tarımını fazlası

ile tehdit ettiği, suya olan talebin giderek arttığı, su arzının da giderek azaldığı görülmektedir. Toprağa ve suya olan talebin sürekli olarak artması, var olan kaynakların ise günden güne azalması, toprak ve su kaynaklarının verimli kullanımı için bu kaynakların sürdürülebilir yönetimini zorunlu hale getirmiştir (Easac Policy Report, 2017: 34).

21. yüzyıla giren dünyamızda gelecekte yaşamsal kaygılarla ilgili daha yoğun bir biçimde mücadele başlamıştır. Dünya nüfusunun hızlı bir biçimde artması ve gelecekle ilgili birçok araştırmanın yapılması ileride bu kadar çok insanı beslemeye yetebilecek kadar çok besin maddesini üretebilirmiyiz sorusunu akla getirmektedir. Yapılan araştırmaların bir çoğunda ki değerlendirmeler sonucu gösteriyor ki uygulanan yoğun tarımsal üretim programlarıyla sürdürülemeyecek bir gelişmenin eşiğine yaklaşılmıştır (Turhan, 2005). Sonuçta, artık tarımsal üretimin doğaya zarar vermeden artması gereği karşımıza çıkmaktadır. Bunu sağlayabilmek için erozyonu, toprağın tuzlulaşmasını, su kaynaklarının kirlenmesini ve diğer zararları en aza indireyeyen sürdürülebilir tarım tekniklerinin geliştirilmesinin gerekli olduğudur. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler besin üretimini arttırmanın yollarını ararken, tarımda kullanılan doğal kaynakları da güvence altına alacak yeni yöntemler geliştirme zorunluluğuyla karşı karşıyadırlar(Anonim, 2004).

Su verimliliği günümüz tarımın en temel öğelerinden biridir. Özellikle su kaynaklarının giderek azalmasıyla beraber, tarımsal üretimde suyun etkin ve verimli bir şekilde kullanılması önem arz etmektedir. Bu nedenden dolayı su, vahşi sulama yöntemi ile kıt olan kaynaklar, kaynak doğru bir biçimde yönetilmediği takdirde hem tarımdaki verimi düşmekte hem de çevresel problemler ortaya çıkmaktadır. Su kaynaklarının doğru değerlendirilmesi ise su verimliliğinin önemli bir niteliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Yağmur suyu toplama sistemleri, göletler ve sulama kanalları gibi altyapı çalışmalarıyla suyun verimli bir şekilde kullanılması teşvik edilmekte ve böylece, su tasarrufu sağlanmakta olup ve tarımsal üretim sürdürülebilir bir düzen içerisinde devam etmektedir. İklim değişikliğinin tarımsal üretime etkisi de göz ardı edilmemelidir. Kuraklık, sel gibi iklim değişikliği problemleri, su kaynaklarının daha verimli bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Bundan dolayıdırki, iklim değişikliğiyle uyumlu su yönetimi stratejileri geliştirilmeli ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır (AZKarbon, 2024).

4. Suyun Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyolojik Önemi

4.1. Moleküler Yapı ve Temel Özellikler

Suyun moleküler yapısı, iki hidrojen atomunun oksijen atomuna 104.5° açıyla bağlanması sonucu oluşmaktadır. Bu yapısal özellik:

- Moleküle polar karakter kazandırır
- Hidrojen bağları oluşturma yeteneği verir
- Çözücü özelliklerini belirler
- Yüzey gerilimini etkiler
- Kohezyon ve adezyon özelliklerini sağlar (Zhang vd., 2023)

4.2. Suyun Anomali Özellikleri

4.2.1. Yoğunluk Anomalisi

- 4°C 'de maksimum yoğunluğa ulaşma
- Buzun sudan daha düşük yoğunluğa sahip olması

4.3. Su ekosistemlerinin korunmasındaki rolü

4.3.1. Termal Özellikler:

- Yüksek özgül ısı kapasitesi ($4.184 \text{ J/g}^\circ\text{C}$)
- Yüksek buharlaşma ısısı (2260 kJ/kg)
- İklim düzenleyici etkisi

5. Karasal Su Döngüsü

5.1. Yüzey Akışı Karakteristikleri

- Havza morfolojisi
- Toprak infiltrasyon kapasitesi
- Bitki örtüsünün etkisi
- İnsan müdahalelerinin rolü

5.1.2. Yeraltı Suyu Sistemleri

- Akifer tipleri ve özellikleri
- Yeraltı suyu akış modelleri

- Beslenme ve boşalım mekanizmaları
- Kirletici taşınımı

5.2. İklim Değişikliğinin Su Döngüsüne Etkileri

5.2.1. Hidrolojik Değişimler

- Yağış paternlerindeki değişimler
- Buharlaşma oranlarındaki artış
- Ekstrem hava olaylarının sıklığı
- Buzul erimesi ve deniz seviyesi yükselmesi

5.2.2. Ekosistem Etkileri

- Biyoçeşitlilik kaybı
- Habitat değişimleri
- Tür göçleri
- Ekosistem hizmetlerinin bozulması

6. Yöntem

6.1. Araştırmanın Deseni

Çalışmamızda betimsel tarama yöntemi kullanılmıştır. Hidrolojik döngünün ekosistemdeki rolü konusunda, yapılmış olan çalışmaların ayrıntılı olarak betimlenmesi ve yorumlanması düşünüldüğünden bu metod kullanılmıştır. Bu bağlamda dünyadaki ve Türkiye’deki değişik eğitim kademelerinde veya sivil toplum kuruluşlarında yapılan çalışmalar, Science Direct, Google akademik, Google Scholer ve Web of Science veri tabanlarında indekslenen dergilerde yayımlanan makaleler olmak üzere alanyazın taranmıştır. Bu taramada “Su ve Yaşam İlişkisi”, “Su Krizinin Küresel Boyutları”, “Suyun Moleküler Yapısı ve Benzersiz Özellikleri”, “Suyun Biyolojik Sistemdeki Rolü”, “Hidrolojik Döngünün Bileşenleri ve İşleyişi”, “Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği ve Küresel Zorluklar” ve “Suyun Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyolojik Önemi” den oluşan toplam 7 ana başlık altında toplanan alt başlıklardan oluşmaktadır. Tarama sonucunda; hidrolojik döngünün ekosistemdeki rolü konusunda 1985-2024 yılları arasında yayınlanan toplam 61 bilimsel yayın araştırmaya dâhil edilmiştir.

7.Sonuç ve Tartışma

Su tüm canlılar için yaşamsal döngünün vazgeçilmez bir kaynağıdır. Dünyamızın dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen insanoğlunun kullanabileceği tatlı su miktarı oldukça sınırlıdır. Diğer yandan gerek iklim değişikliği, gerek yağış rejimlerindeki farklılaşma gibi doğal etkenler, yanında yoğun kentleşme ve değişen yaşam koşullarıyla ilgili beşerî etkenler nedeniyle kullanılabilir su varlığı giderek azalmaktadır. İlerleyen süreç içerisinde çoğu ülkenin su kaynakları bakımından yetersiz kalacağı ve su krizi yaşayacağı beklenmektedir. Yaşanacak su krizlerinin başlıca işaretlerinden birisi kuraklıktır. Kuraklık süreci ise meteorolojik kuraklık ile başlayarak, hidrolojik, tarımsal, sosyal ve ekonomik kuraklık şeklinde devam eden bir süreçtir(Körbalta,2023).İnsanlık tarihi ile birlikte, insan doğanın merkezindedir. Bu kapsamda, insan ve doğanın birbirinden ayrı düşünülmesi mümkün değildir. Bununla birlikte, su ile ilgili alınacak her karar ve atılacak her adım çok ehemmiyetlidir. Su kaynakları üzerindeki küresel baskıların ne şekilde azaltılacağı, mevcut büyüme hızı, değişen su kullanım alışkanlıkları ve artan su talebi yanında su kaynaklarının gelecek nesillere tahrip edilmeden ne şekilde aktarılacağı ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerine nasıl uyum sağlanacağı yüzyılımızın en mühim insanlık sorunlarından biridir. (T.C. Kalkınma Bakanlığı,2018).

Neticede, insan olarak bizler, dünyadaki en etkileyici kirletici gurubunu oluşturmaktayız. Kirlilikten en etkin biçimde etkilenen yerler ise toplumun ortak olarak kullandığı mekanlar ve kaynaklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyadaki su kaynaklarının, sınırlı ve kısıtlı olduğunu ve insan kaynaklı risk halini düşünecek olursak, onu tükenmez bir kaynak olarak değerlendirmek, istenmeyecek sonuçlara neden olabilir. Aşırı tüketim ve kirlenme de hemen düşünülebilecek iki önemli olumsuz sonuçtur. Bununla birlikte su kaynakları üzerinde, yasal düzenlemeler olmadan kurulacak özel tesis hakimiyeti ya da suyun emtia olarak yüksek fiyatlandırılması, su etiğine ve bununla birlikte su kullanım hakkına zarar verebilir. Diğer taraftan “Sıfır zarar vermeksizin” gelişebilmek günümüz bilgi ve teknoloji birikiminin ötesindedir(Pamuk & Akkuzu, 2008).

Aynı zamanda bu nüfusun ihtiyaçlarını gidermek üzere yoğun bir yapılaşmanın olduğu, yeryüzünün doğal toprak tabakasının geçirimsiz tabakalarla kaplandığı, barındırdığı nüfus ve işlevlerin devamlılığının sağlanabilmesi için su kaynaklarının sünger gibi emilerek, ardından atık suyun yeniden doğal ortamlara bırakıldığı alanlardır. Kentler bu özellikleriyle suyun doğal çevrimine en fazla müdahale edildiği alanlardır. İnsan eliyle yapılan bu müdahalelerle, suyun içerisinde bulunduğu havzasından, yağış,

akış ya da buharlaşmayla kontrolsüz şekilde çıkmasına neden olmaktadır. Bozulan hidrolojik denge ise yağış tür ve miktarlarında değişim, akarsu debilerinde azalma ya da yeraltı su seviyelerinde düşme şeklinde kendini göstermektedir. İnsanoğlu olarak kuraklığın nedeni olan doğal etkenler için hızlı ve çözüm odaklı önlemler alınması zor olsa da, beşeri etmenler dahilinde önlemler alınması önemlidir. Bununla beraber var olan global ölçekte yaşanan iklimsel değişikliğin su kaynaklarına olan doğal etkilerinin yanında, nüfusun ve nüfusun yoğunlaştığı kentleşmiş alanların artışı da su krizinin ve kuraklığın derinleşmesine neden olmaktadır (Ayaz, S.vd.,2011).

Öneriler

- Unutmamız gereken bir gerçek şu ki; insanlık olarak su krizlerine ve kuraklık process engel olunamasa dahi, bu processes etkilerini en aza indirgeyebilmek adına, şimdi bile önlem alınabilecek fırsatlar mevcuttur.
- Tarım sektöründe su kullanımı ve iklim değişikliği ile uyumlu ürün seçilmesi, geleneksel sulamadan vazgeçilmesi ve daha verimli sulama teknikleri yaygınlaştırılmalıdır.
- Bundan hareketle su krizine ve kuraklığa karşın yapılacak çalışmaların öncelikli hedefinin, suyun kendi yatağında ve doğal döngüsünde kalmasının sağlanması olmalıdır.
- Yapıladırma çalışmaları ile kentin doğal döngüsü dahilinde suya duyarlı bir şekilde devamlılığın sağlanmasının yanında, kurak dönemler için de gerekli ön tedbirler alınmalıdır.
- Hidrolojik Döngünün Ekosistemdeki Rolü, Yaşamsal döngü içerisinde teknolojik kalkınma hareketi ile kaynaklar arasında “*Koruma, kullanma dengesini amaçlamalıyız. Bu da koruyarak kullanma, gelişerek koruma*” ilkesini ortaya koymalıdır.

Kaynakça

- Akay,O.(2018). Yeraltı suyu akımı etkisinde 45 derecelik şevde oluşan kumlu tın toprak, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 24(6), 967-973,
- Akça, Ç.(2014). Sınır aşan Sularla İlgili Uluslararası Hukuki Metinlerin Değerlendirilmesi, T.C.Orman ve Su İşleri Bakanlığı-ANKARA.
- Anonim,(2004). Organic Agriculture Worldwide, Statistics and Future Prospects, February 2004 (<http://www.soel.de>).
- Amery, H.A. (2002). Water Wars in the Middle East: A Looming Threat. *The Geographical Journal*. 168(4), 313-323.
- Atalay,İ.(1975),Yüzeysel Akışa Geçen Su Miktarının Tayin Edilmesi, *Türk Coğrafya Dergisi*,(1) 10,136-143.
- Ayaz, S., Fındık, N., Kınacı, C., Tunçsiper, B. & Güneş, E. (2011). *Yapay Sulak Alanlar El Kitabı*. TÜBİTAK-MAM (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi), 105G047, Kocaeli.
- AZKarbon. (2024).Sürdürülebilir Tarımda Suyun Önemi, <https://azkarbon.com>.
- BM (2015). Su Gelişim Raporu.
- Chen, X., & Liu, Y. (2021). Molecular structure and unique properties of water: A comprehensive review. *Journal of Physical Chemistry*, 125(15), 3121-3139.
- Çamurcu, H. (2005). *Dünya Nüfus Artışı ve Getirdiği Sorunlar*, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(13), 87-105.
- Çelikkol, H., & Özkan, N.(2010).‘Karbon Piyasaları ve Türkiye Perspektifi’, Ekonomi Bilimleri Dergisi, (2) 2,36-42.
- Doğan,S., & Tüzer,M.(2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri, Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,1(12),21-34.
- Doğan, M. & Sever, Z .(2023). Sürdürülebilirlik: Su ve Suyun Önemi, *Eurasian Journal of Researches in Social and Economics (EJRSE)*,10(1),176-192.
- Domene, E. (2014). Changing patters of water consumption in the suburban Barcelona: Lifestyles and welfareas explanatory factors. *Investigaciones Geográficas*. 61, 39-53. <https://doi.org/10.14198/INGEO2014.61.03>
- Environmental Protection Agency. (2023). Global Water Resources: Challenges and Solutions. *EPA Technical Report*, 45(2), 78-92.
- Easac.(2017). EASAC, European Academies Science Advisory Council Policy Report 34.
- Kardaş, F. (2024). Küresel Çevre Kirliliği ve Küreselleşmenin Etkisi, Sosyal Bilimlerde Modern Araştırmalar 2024, Bölüm XVI, DOI : 10.5281/zenodo.12667558289-305

- Fenger, J. (2009). 'Air Pollution in the Last 50 Years-from Local to Global', *Atmospheric Environment*, 43,13-22.
- Firidin, E.(2015). Su Sorununun, Su Hakkı ve Su Etiği Çerçevesinde Değerlendirilmesi, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,7(2),43-55.
- Glick, D. (2023, 16 Haziran). *The big thaw - As the climate warms, how much, and how quickly, will Earth's glaciers melt?*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/big-thaw>
- Global Water Partnership. (2023). Annual Report on Global Water Cycle. *GWP Technical Paper*, 17, 1-45.
- Henderson, M., & Roberts, J. (2023). Climate change impacts on global water resources. *Nature Climate Change*, 13, 235-247.
- Hoekstra, A. Y. (2008). The water footprint of food. J. Förare (Ed.), Water for food (ss. 49-61). The Swedisch Research Council for Environment, Agri-cultural Sciences and Spatial Planning (Formas). <http://www.waterfoot-print.org/Reports/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood.pdf>.
- International Water Management Institute. (2023). Global Water Security Index Report. *IWMI Research Report* 189, 1-120.
- Karadağ, A. A. (2006), "Avrupa Birliği Su politikaları Çerçevesinde Türkiye'deki Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi", TMMOB Su Politikaları Kongresi, Cilt.1 içinde (210-218) Ankara: TMMOB Yayınları.
- Kavurucu, B. , Ekmen, E. , Yaman, Ö. , Yazan, S. Y. , Kanmaz, N. & Ünver, Ü.(2022). Türkiye'de Endüstriyel Su Tüketimi ve Arıtımı. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 3 (1), 19-33.
- Keser, İ. (2006). Kentsel dinamikler ve kamusal alan farklılaşması: Adana Nüsayrıleri, Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, s, 333, Ankara.
- Kıbaroğlu, A .(2008). Küresel İklim Değişikliğinin Sınıraşan Su Kaynakları Politikasına Etkileri, *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 20-22-Mart, Ankara.
- Körbalta, H .(2023).Kentlerde Su Krizi ve Mekânsal Planlama.?
- Kumar, R., et al. (2024). Sustainable water management in the age of global change. *Water Resources Research*, 60(1), 1-25.
- Maden, T. E. (2013). Sınıraşan Su Havzalarında İşbirliği Sorunu, Ortadoğu Analiz, C.5, S.53, Mayıs s.23-31, s.23-26.
- Martinez-Rodriguez, A., & Thompson, S. (2023). Advances in water treatment technologies. *Environmental Science & Technology*, 57(15), 9234-9248.
- Muslu, Y., (1985), Su Temini ve Çevre Sağlığı, İstanbul, Cilt 3.
- Oktay, H. E., Erdoğan, R., & Oktay, F.B. (2015). İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi İnönü, ISSN: 1309-9876 E-ISSN: 1309-9884,5(11), 119-125

- Ögenler ,O. & Okuyaz, S.(2017). A Brief Evaluation regarding Status of Water in Turkey. *Lokman Hekim Dergisi*, 7(3):178-186
- Patel, S., & Johnson, M. (2024). Groundwater dynamics in changing climates. *Hydrogeology Journal*, 32(1), 89-112.
- Rodriguez, M., Smith, J., & Johnson, K. (2023). Water in biological systems: From molecular interactions to ecosystem functions. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 24(8), 482-496.
- Selvitop, Ö.(2012). ‘Türkiye’nin Sera Gazı Salınımlarının Kyoto Protokolü Çerçevesinde Risk Yönetimi’, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Şahin, (2011). Kentleşme Politikası, Murathan Yayınları, 2. Baskı, Trabzon.
- Tanrıverdi,(2009),Sürdürülebilir Çevre Açısından İlköğretim Programlarının Değerlendirilmesi, Eğitim ve Bilim, Cilt.34, Sayı 151. Ankara.
- Koyuncuoğlu, S.(2019).Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü İzleme ve Su Bilgi Sistemi Daire Başkanlığı, *Su Kalitesi Yönetimi Hizmetiçi Eğitim* 3-5 Nisan 2019, Antalya
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2018). On birinci kalkınma planı (2019-2023) – *Su kaynakları yönetimi ve güvenliği özel ihtisas komisyonu raporu*.
- Thompson, R., Williams, M., & Anderson, K. (2022). Understanding the global water cycle: Recent advances and future challenges. *Reviews of Geophysics*, 60(3), e2021RG000747.
- Turhan, Ş(2005). Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım, *Tarım Ekonomisi Dergisi*; 11(1) ,13 – 24.
- TÜİK. 1990-2000 yılları arası Genel Nüfus Sayımı Sonuçları ve 2010-2022 yılları arası Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçları kullanılmıştır:
- Özerdem, Ö.(2021). Evotranspirasyon nedir?, *Amerikan Bahçe Bitkileri Bilimi Dergisi*, <https://evrimagaci.org/s/10241>.
- Pamuk, G. M & Akkuzu, E. (2008). Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri, *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*; 5(2),75-85.
- Uluslararası İlişkiler Sözlüğü,(2007)(Çevrimiçi), <http://www.mfa.gov.tr/Turkce/gruph/ha/ha03bhtm/04.htm>
- UNEP. (2023). Global Environmental Outlook – GEO-7: State of the Global Water Resources. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- USİAD (2009), 5. Dünya Su Forumunda, Mevcut Eğilimler Su Sorununu Artıracaktır, No:37, USİAD Yayınları.
- (Vatek Çevre.(2024). <https://www.vatekcevre.com> Yıldız,D.(2014). Su Yönetimi,İklim Değişimi ve Kentleşme İlişisine Dikkat!! **Hidropolitik Akademi**.
- Water Footprint Calculator. (2022). The hidden water in everyday products. <https://www.watercalculator.org/footprint/the-hidden-water-in-e-very->

day-products/#:~:text=The%20water%20footprint%20of%20a,step%20of%20the%20production%20process

- Watson, R., Parker, L., & Brown, J. (2019). The role of water in Earth's biological systems. *Scientific Reports*, 9, 15008.
- WHO (2023). Drought. World Health Organization, https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1.
- Wilson, K., et al. (2023). Urban water management systems: A comprehensive review. *Journal of Environmental Management*, 301, 113961.
- World Health Organization. (2024). Global Water, Sanitation and Hygiene Annual Report. WHO, Geneva, Switzerland.
- WHO (2023). *Drought*. World Health Organization, https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1
- World Water Assessment Programme. (2024). The United Nations World Water Development Report 2024. UNESCO, Paris, France.
- Zhang, L., Wang, H., & Brown, K. (2023). Advanced understanding of water molecule behavior in biological systems, *Biophysical Journal*, 124(3), 456-470.

