



BULLETIN OF ECONOMIC THEORY AND ANALYSIS

Journal homepage: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/beta>

Küresel Su Stresi ve Ölçüm Yöntemleri

Nihal GÖKÇE  <https://orcid.org/0000-0003-0030-658X>

To cite this article: Gökçe, N. (2022). Küresel Su Stresi ve Ölçüm Yöntemleri. *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(1), 189-208.

Received: 15 May 2022

Accepted: 28 June 2022

Published online: 30 June 2022



©All right reserved



Bulletin of Economic Theory and Analysis

Volume VII, Issue 1, pp. 189-208, 2022

<https://dergipark.org.tr/pub/beta>

Original Article / Araştırma Makalesi

Received / Alınma: 15.05.2022 Accepted / Kabul: 28.06.2022

Küresel Su Stresi ve Ölçüm Yöntemleri

Nihal GÖKÇE^a

^a Öğr. Gör. Hitit Üniversitesi, Sungurlu Meslek Yüksek Okulu, Çorum, TÜRKİYE

<https://orcid.org/0000-0003-0030-658X>

ÖZ

Dünyada yaklaşık 332,5 milyon kübik mil sudan oluşan su kaynaklarının %96'sı okyanus ve denizleri içeren tuzlu su kaynaklarıdır. Geriye kalan %4'lük tatlı su kaynaklarının %68'i buzullarda sıkışmış halde bulunurken, %30'u ise toprak altı suyu olarak yer almaktadır. Kullanılabilir su kaynaklarının doğal nedenlerle bu kadar az olmasının yanı sıra; sanayileşme ve kentleşmenin yarattığı çevre kirliliği, sera gazı emisyonlarının sürekli ve önemli ölçüde artması sonucu oluşan küresel ısınma kaynaklı kuraklık ve yağış rejimlerinde görülen değişiklikler ile geometrik olarak artan nüfus gibi beşeri faktörler kişi başına düşen temiz su miktarının daha da azalmasına yol açmaktadır. Su, kıtlık derecesi giderek artan bir doğal kaynakken, özellikle az gelişmiş ülkelerde yaşanan yoksulluk, bu ülkelerde yaşayan insanların suya erişimini iyice zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada ele alınan veriler, dünyanın özellikle 2030 ve sonrasında çok daha ciddi bir su sorunu ile karşı karşıya kalacağını göstermektedir. Çalışmanın öncelikli amacı, dünyada su stresini ölçen önemli indekslerden biri olan 'Su Yoksulluğu İndeksi' (Water Poverty Index-WPI) ile ilgili olarak ülkemizdeki literatür eksikliğinin giderilmesine katkı sağlamaktır. Söz konusu eksikliğin giderilmesi, özellikle bizim gibi su stresi yaşayan ülkelerde gerekli bilimsel çalışmaların yapılarak, politika yapıcılar ve toplum nezdinde konu ile ilgili farkındalığı artırmak açısından oldukça önemlidir. Ayrıca, gelecekte tartışmaya açılması muhtemel görünen su karnesi uygulamasına gerek duyulmaması için, suyun geleceği adına, neler yapabileceğimizi bir kez daha gözden geçirmek yine bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Su Kıtlığı, Su Stresi, Su Yönetimi, Falkenmark İndeksi, Su Yoksulluğu İndeksi.

JEL Kodu

Q25, Q54, Q56.

İLETİŞİM Nihal GÖKÇE ✉ nihalgokce@hitit.edu.tr 📧 Hitit Üniversitesi, Sungurlu Meslek Yüksek Okulu, Çorum, TÜRKİYE

Global Water Stress and Measurement Methods

ABSTRACT

Consisting of approximately 332.5 million cubic miles of water in the world, 96% of the water resources are salt water resources including the oceans and seas. Of the remaining 4%, 68% of the freshwater resources are trapped in glaciers, while 30% is underground water. In addition to the fact that usable water resources are so few due to natural reasons; Environmental pollution caused by industrialization and urbanization, drought caused by global warming as a result of continuous and significant increase in greenhouse gas emissions, and human factors such as changes in precipitation regimes and geometrically increasing population lead to a further decrease in the amount of clean water per capita. While water is a natural resource that is increasingly scarce, the poverty experienced especially in underdeveloped countries makes it more difficult for people living in these countries to access water. The data discussed in this study show that the world will face a much more serious water problem, especially in 2030 and beyond. The primary aim of the study is to contribute to the elimination of the lack of literature in our country regarding the 'water poverty index' (WPI), which is one of the important indices measuring water stress in the world. This is very important in terms of raising awareness of the issue in the eyes of policy makers and the society, especially in countries like ours, which are experiencing water stress by conducting the necessary scientific studies. In addition, the aim of this study is to review once again what we can do for the future of water so that the water rationing application, which seems likely to be discussed in the future, is not needed.

Keywords

Water Scarcity, Water Stress, Water Management, Falkenmark Index, Water Poverty Index

JEL Classification

Q25, Q54, Q56

1. Giriş

Yaşamı sürdürebilmek için en temel kaynaklardan biri olan su, kullanılabilir haliyle zaten doğada az bulunurken, insanoğlu olarak var olan temiz su kaynaklarını vahşice kullanmakta ya da kirletmektedir. Gelecekte de türünün varlığını sürdürebilmek için kendine dünya dışında başka yaşam alanları arayan bilim insanları, öncelikli olarak bu alanlarda sudan bir iz bulmaya çalışmaktadır. Bir tarafta insanlık için başka gezegen arayışı sürerken diğer tarafta bu arayışa sebep olan faktörlerden biri olan su kıtlığını azaltma yönünde atılan adımlar yetersiz kalmakta ve canlılar için hayati kaynak olan su yeryüzünde giderek tükenmektedir.

Genel olarak kabul görmüş su kıtlığı tanımı, fiziksel veya sosyal su kıtlığını ifade etmektedir. Fiziksel su kıtlığı, su kaynaklarının az veya yetersiz bulunması nedeniyle ortaya çıkarken, sosyal su kıtlığı dengesiz güç ilişkileri, yoksulluk ve ilgili eşitsizliklerden kaynaklanır. Su kıtlığı ayrıca talebe dayalı kıtlık (su stresi) ve nüfus kaynaklı kıtlık (su kıtlığı) olarak ikiye ayrılmaktadır (Falkenmark, Bertell, vd., 2007).

Su stresi, belirli bir dönemde suya olan talep mevcut hacmi aştığında veya düşük kalite su kullanımını kısıtladığında ortaya çıkar. Genellikle kullanım-kullanılabilirlik oranı ile ölçülür (Rockström, Falkenmark, vd., 2009). İklim değişikliği ile birlikte artan nüfusun, önümüzdeki on yıllar içinde su stresini önemli ölçüde artıracığı tahmin edilmektedir (Döll, 2002). Ayrıca, su stresi ne kadar yüksekse, nüfusun değişen su kıtlığına karşı o kadar savunmasız olduğu öne sürülmektedir. Su kıtlığı, yoksulluğun ürünlerinden biridir ve su kıtlığı, insan ve finans gibi kaynakların eksikliğinden veya harekete geçirilememesinden de kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle, su kıtlığının insani, finansal ve kurumsal yoksulluk ile güçlü bir bağlantısı olduğu ima edilmektedir (Abrams 1999; Sullivan, Meigh, vd. 2006 ve Meigh, McKenzie, vd.1999).

Günümüzde, neredeyse dünyanın birçok yerinde su stresi araştırmalarına sektörel ve akademik ilgi gösterilmektedir. Falkenmark indeksi, sosyal su stresi indeksi (social water stress index), su kaynakları kırılganlık indeksi (water resources vulnerability index), su bulunabilirlik indeksi (water availability index), su yoksulluğu indeksi (water poverty index) gibi indeksler bu amaçla yakın zamanda geliştirilen göstergelerden bazılarıdır.

20. yüzyılda sanayinin gelişimi ve nüfus artışı gibi faktörlere bağlı olarak önceki yüzyıla göre beş kat artan su tüketiminin, 21. yüzyılın ilk çeyreğinde 20. yüzyıla göre %30 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu artışın bir sonucu olarak 2025 yılına geldiğimizde yaklaşık 1,8 milyar insanın mutlak su kıtlığı olan bölgelerde yaşayacağı ve dünya nüfusunun üçte ikisinin ise su sıkıntısı sorunu ile karşı karşıya kalabileceği ifade edilmektedir. 2030 yılına geldiğimizde ise, dünya nüfusunun neredeyse yarısının yüksek su sıkıntısı yaşanan bölgelerde hayatını sürdürmeye çalışacağı ve farklı senaryolara göre 24 ile 700 milyon arası insanın su sorunu nedeniyle yerinden edileceği varsayılmaktadır (FAO, 2007). Bununla beraber, 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yarısından fazlasının su sıkıntısı çeken bölgelerde yaşayacağı öngörülmektedir (Schlosser, Strzepek, vd. 2014). Bu çalışmalar var olan su kaynaklarını bugünden iyi korumanın ve yönetmenin hayatın devamlılığı açısından bir zaruriyet halini aldığını göstermektedir. Yaşamsal önemi dışında; iktisadi kalkınmada vazgeçilemez bir üretim faktörü olması, enerji üretiminde hammadde görevi görmesi, ekosistemsel döngünün bozulmadan sürdürülmesinde önemli rol oynaması ve stratejik önemi açısından da su kaynaklarını doğru kullanmak gerekmektedir. Kaynakları iyi yönetmenin temellerinden biri de söz konusu kaynaklara erişim olanaklarını ve kaynakların kullanımını etkileyen sosyo-ekonomik faktörleri düzenli olarak izlemektir. Su üzerinden değerlendirildiğinde bu etkilerin hesaplanmasını sağlayan en kapsamlı indeks “su yoksulluğu indeksi”dir. Su

yoksulluğu indeksi suya erişimi sağlayan, zorlaştıran, engelleyen; doğal, çevresel ve sosyo-ekonomik faktörleri göz önünde bulundurması ve aynı zamanda su kıtlığı tespitini standart hale getirmesi açısından önemli bir indekstir. Aynı zamanda farklı su azlığı oranlarının neden kaynaklandığını, diğer bir deyişle su sorununun arka planını gösterdiği için çok boyutlu su kıtlığı tespitinde literatürde ilginç tartışmalara yol açabilmektedir. Bu da indeksi daha ilginç ve cazip kılmaktadır (Wurtz, Angeliaume vd., 2019:147).

Su stresi ve su yoksulluğu ile ilgili uluslararası literatürde çok sayıda makale ve çalışma raporu görülmektedir. Bu çalışmaların temeldeki ortak amacı, su kıtlığı ve kırılganlığını değerlendirmek ve kamu otoriteleri ile halkın sistemin mevcut durumuna ilişkin daha net çıkarımlar elde etmesine yardımcı olmaktır. Brown ve Matlock (2011), tüm endeksleri temel insan gereksinimleriyle ilgili dört genel kategoriye ayırarak incelemiştir. İlgili indekslerin amacı, gereksinimleri ve ulusal ölçekte nüfus büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak mevcut su kaynaklarını tahmin etmektir. Buna göre, nüfus için yeterli su yoksa, alan su kıtlığı alanı olarak kabul edilecektir. Shalamzari ve Zhang (2018) makalesinde, geniş bir sosyo-ekonomik, topografik ve çevresel çeşitliliğe sahip İran'ın Golestan Eyaleti'nde ve ülkenin diğer bölgelerinde kapsamlı bir su kıtlığı değerlendirme aracı olarak, su yoksulluğu indeksinin uygulanabilirliğini göstermeyi amaçlamışlardır. Feitelson & Chenoweth (2002), su yoksulluğunu bir ulus veya bölgede yaşayan tüm insanların her zaman sürdürülebilir temiz su maliyetini karşılayamadığı bir durum olarak tanımlamıştır. Güvensiz su altyapıları ve ağlarının da fiziksel su yoksulluğunu şiddetlendirebileceği vurgulanmıştır. Lawrence, Meigh vd. (2003), yetersiz su mevcudiyeti ve yetersiz gelirin her ikisinin de su kıtlığına yol açtığını belirtmiştir. İndekslerin gerçeklikle daha uyumlu olması için uyarlanabilir kapasitenin önemini vurgulamışlardır. Gallopın (2006)'ya göre, uyarlanabilir kapasite; sistemin bir rahatsızlığa uyum sağlama, olası hasarı orta düzeyde tutma, fırsatlardan yararlanma ve meydana gelen bir dönüşümün sonuçlarıyla başa çıkma yeteneğidir. Su yoksulluğunu, mevcut iklim koşullarında bir kişinin gıda üretimi ve hanehalkı kullanımlarını karşılamak için gerekli olan miktara oranı olarak tanımlayan Salameh (2000) tarafından ise daha geniş bir perspektif benimsenmiştir. İndeksin ana avantajlarından biri, su kıtlığının ciddiyetini haneler perspektifinden değerlendirmektir. Pérez-Foguet & Garriga (2011) havza bazlı bir indeks önermiş ve bir vaka çalışması olarak Peru'daki bir havzada başarılı kabul edilen pilot uygulama yapmıştır. El-Gafy (2018), su yoksulluğu indeksini Mısır valilikleri düzeyinde uygulamış ve su sektöründe ulaşılması gereken öncelikleri belirlemiştir. Nikolaou & Neocleous (2020)

makalesinde, Ege ve Akdeniz bölgesinde hassas alanlarda iklim değişikliğinin etkisi altında sürdürülebilir sulama mevcudiyetlerini su yoksulluğu indeksi temelinde incelemiş ve projeksiyonlar yapmıştır.

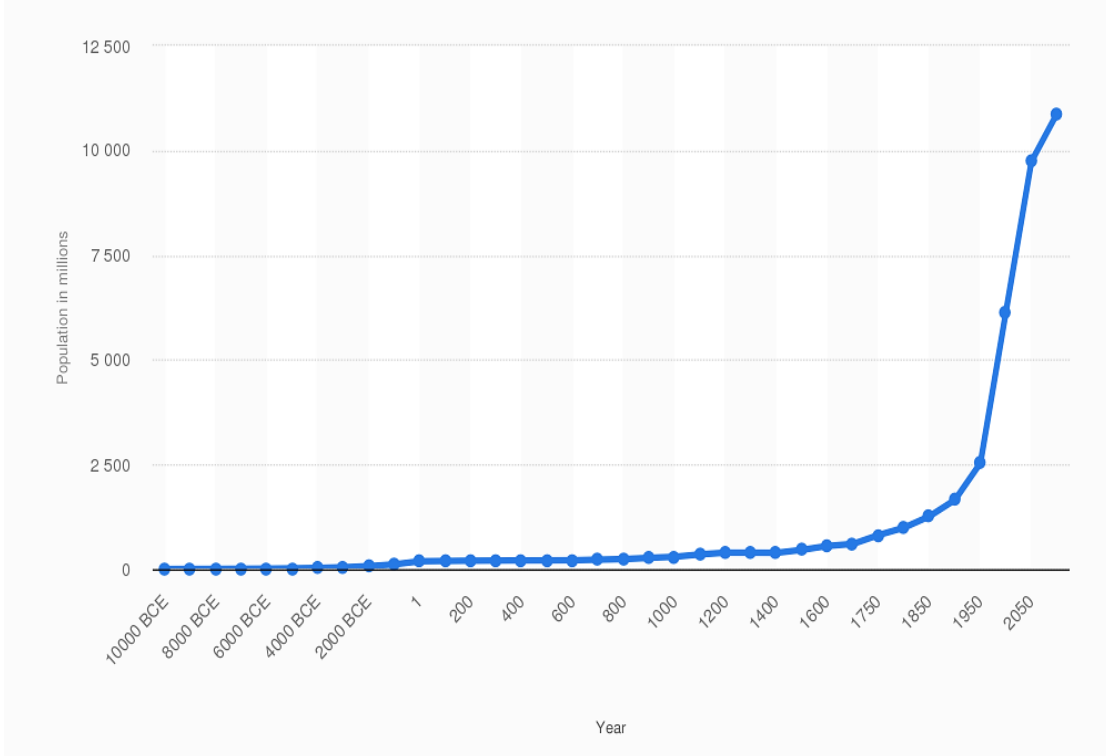
Ülkemiz verileri kullanılarak su yoksulluğu indeksi araştırmaları veya bu indeksleri teorik olarak inceleyen çalışmalar literatürde bulunamamıştır.

Bu makale, dünyada su stresini ölçmede sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri olan su yoksulluğu indeksi ile ilgili ülkemizdeki literatür açığını kapatmaya yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Bu anlamda makalenin literatüre bir katkı sunacağı beklenmektedir. Çalışmada su yoksulluğu indeksi hesaplama yöntemi teorik olarak açıklanmış ve bundan sonra ülkemizde yapılacak çalışmalara zemin hazırlanması sağlanmıştır. Bu konuda bilimsel çalışmalara ağırlık vermek su kaynakları ve yönetiminde hangi noktada olduğumuzu ve kullanımı etkileyen sosyo-ekonomik faktörleri açıkça ortaya koyacağından, çözüm aşamasında politika yapıcıların daha rasyonel kararlar almasında önemli bir rol üstlenecektir.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde; çalışmanın amacı ve önemi ayrıntılı olarak açıklanmıştır. İkinci bölümde; dünyada su kaynaklarının dağılımı, miktarı, su kıtlığı ve kıtlığı etkileyen faktörler ele alınmıştır. Üçüncü bölümde; bir bölgedeki su miktarını ifade etmekte ölçüt olarak kullanılan “stres” kavramı, su azlığı anlamına gelen “su stresi” ve onun alt-üst seviyeleri ile birlikte Falkenmark indeksi kapsamında kategorize edilmiş ve farklı ülke örnekleri üzerinden açıklanmıştır. Ayrıca su stresini ölçmede uluslararası literatürde yaygın olarak kullanılan “su yoksulluğu indeksi” ayrıntılı olarak incelenmiş ve hesaplama yöntemi açıklanmıştır. OECD ülkeleri için su yoksulluğu indeks değerleri tablolastırılarak verilmiş ve böylece ülkeler arası mukayese yapma olanağı tanınmıştır. Çalışmanın sonuç bölümünde ise, politika önerilerine yer verilmiştir.

2. Yeryüzü Su Kaynakları ve Su Kıtlığı Sorunsalı

Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkışı ile birlikte ekonomik refah seviyesinde meydana gelen artış; nüfusun, üretimin ve tüketimin döngüsel hızda artmasına neden olmuştur. Nitekim Statista verilerine göre 1800'lerin başında bir milyar civarında olan insan nüfusu, son iki yüz yılda dramatik biçimde artarak bugün sekiz milyara yaklaşmıştır (Statista, 2022). 2050 yılı için yapılan istatistiksel tahminler, dünya nüfusunun söz konusu yılda on milyara yaklaşacağına işaret etmektedir (UN, 2019a).



Şekil 1. Tahmini Dünya Nüfusu M.Ö.10000-M.S.2100 Yılları Arası, Statista 2022.

Dünya nüfusunda ve dolayısıyla tüketimde meydana gelen artışa paralel olarak, bireylerin tüketim davranış kalıplarının yeniden şekillendirilmesi, üretimi ihtiyacın ötesinde çeşitlendirerek artırmakta ve tüm bu faktörler su tüketim miktarını yakından etkilemektedir. Giydiğimiz tişörtten okuduğumuz gazeteye, ayağımızdaki ayakkabıdan içtiğimiz bir fincan kahveye kadar tükettiğimiz her mal ve hizmet görüldüğünden çok daha fazla suyun tüketilmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla insanoğlu aslında doğrudan tükettiğinden çok daha fazla suyu dolaylı olarak tüketmektedir. Genellikle literatürde sanal su ya da gizlenmiş su olarak adlandırılan ve ürünlerin ilk aşamasından son aşamasına gelinceye kadar ki üretim süreçlerinde kullanılan su miktarını, diğer bir deyişle su ayak izini gösteren bu hesaplamaları bilmek, gelecekte daha büyük boyutlara ulaşması muhtemel su krizlerinin sadece doğrudan su kullanımını kısıtlayarak sağlayamayacağını anlamak açısından önemlidir (Sawyer, 2014). Kullanılan su miktarının giderek artmasının yanı sıra çevre sorunları nedeniyle kullanılabilir su kaynaklarının kirlenmesi ve azalması, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin yağış ve kuraklık gibi olayların seyrini etkilemesi dünyayı ciddi bir su sorunu ile karşı karşıya bırakmaktadır.

İçinde yaşadığımız gezegenin çok büyük bir kısmı sularla kaplı olmasına rağmen, kullanılabilir tatlı su kaynakları toplam suyun %1'inden azına tekabül etmektedir (UNESCO, 2021). Bu da aslında su sorununu dünyanın en eski sorunlarından biri haline getirmektedir. Dünyada yaklaşık 332,5 milyon kübik mil sudan oluşan su kaynaklarının yaklaşık %96'sı okyanus ve denizleri içeren tuzlu su kaynaklarıdır. Geriye kalan %4'lük tatlı su kaynaklarının %68'i buzullarda sıkışmış halde bulunurken, %30'u ise toprak altı suyu olarak yer almaktadır (USGS, 2018).

Tablo 1'de dünyadaki su kaynaklarının dağılımı verilmektedir:

Tablo 1
Dünyadaki Su Kaynaklarının Dağılımı

Su Kaynağı	Su Hacmi (kübik mil)	Su Hacmi (km ³)	Tatlı su oranı (%)	Toplam suya oranı (%)
Okyanuslar, Denizler, Körfezler	321 000 000	1 338 000 000	-	96,54
Buzullar ve Kalıcı Karlar	5 773 000	24 064 000	68,7	1,74
Yer altı Suları	5 614 000	23 400 000	-	1,69
<i>a)Tatlısu</i>	2 526 000	10 530 000	30,1	0,76
<i>b)Tuzlusu</i>	3 088 000	12 870 000	-	0,93
Toprak Nemi	3 959	16 500	0,05	0,001
Yer Buzu ve Permafrost	71 970	300 000	0,86	0,022
<u>Göller</u>	42 320	176 400	-	0,013
<i>a)Tatlısu</i>	21 830	91 000	0,26	0,007
<i>b)Tuzlusu</i>	20 490	85 400	-	0,006
Atmosfer	3 095	12 900	0,04	0,001
Bataklık Suyu	2 752	11 470	0,03	0,0008
Nehirler	509	2 120	0,006	0,0002
Biyolojik Su	269	1 120	0,003	0,0001

Kaynak: USGS, 2018.

Tablo 1'de dağılımı verilen su kaynaklarından, kullanıma uygun olan tatlı su kaynaklarının %70'i tarım arazilerinin sulanmasında harcanmaktadır. Geriye kalan %30'luk kısmın %19'u sanayi sektöründe, %11'i ise ev yaşamında kullanılmaktadır (Ritchie & Roser, 2018). Ev yaşamında kullanılan su miktarında gelişmiş ve az gelişmiş veyahut gelişmekte olan ülkeler arasında günlük kullanım miktarı açısından önemli oranda farklılıklar görülmektedir. Bugünün gelişmiş Batılı ülkelerinde evsel günlük su kullanım miktarı kişi başı 500-800 m³ civarındayken, gelişmekte olan

ülkelerde kişi başı kullanım miktarı 50-80 m³ aralığına kadar düşebilmektedir. Az gelişmiş ve daha ziyade yoksul olan kesimlerde ise su kıtlığı, bölgede su kaynakları olsa dahi, yoksulluktan dolayı erişim zorlukları ortaya çıktığından kişi başı günlük tüketim miktarını 20m³'e kadar azaltabilmektedir (UNESCO, 2000).

1950'lerden itibaren yeryüzünde kullanılabilir su miktarı değişmezken, yer altı sularını kullanma oranı üç katına çıkmıştır (WWAP, 2012). Nüfus artış hızı, tüketim davranışları ve iklim değişikliğinin etkilerini hesaba kattığımızda önümüzdeki yıllarda su ihtiyacı daha da artarken, su miktarının azalacağı aşikârdır. Kısaca, arzın talebi karşılayamaz duruma gelmesi olarak tanımlayabileceğimiz bu durum bize suyun varlığını korumak zorunda olduğumuzu ve bu nedenle dünya paydaşları olarak en doğru tüketim yollarını bularak, uygulamamız gerektiğini hatırlatmaktadır. Aksi halde kullanacağımız su miktarını politika yapıcıların belirlediği, musluklarımızdan su akmadığı bir yaşam biçimine doğru yaklaştığımızı söyleyebiliriz.

Suyu doğru yönetmek ve kullanmak için ise öncelikli olarak elimizdeki kaynak miktarını, bu kaynak miktarını etkileyen faktörleri, bu kaynaklara yeterli miktarda ulaşıp ulaşamadığımızı, ulaşamıyorsak bunun nedenlerini, gereksiz kaynak kullanımının olup olmadığını ve gelecekte karşılaşılabileceğimiz senaryoları bilimsel olarak ortaya koymamız gerekmektedir. Bunları belirlemede kullanılan yöntemlerden biri de su stresi düzeyinin ölçülmesidir.

3. Su Stresi Düzeyinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Su stresi düzeyinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler genel olarak su mevcudiyeti ile insan nüfusu arasındaki bir ilişkiyi dikkate alır. Bu ilişki, ulusal ölçekte kişi başına yıllık su mevcudiyetini kullanır. Bu işleyişin altında yatan temel mantık, bir kişinin ihtiyaçlarını karşılamak için ne kadar suya ihtiyaç olduğunu bilinmesiyle başlar. Bu durumda kişi başına su mevcudiyeti bir kıtlık ölçüsünün önemli bileşenini oluşturur (Rijsberman, 2006).

Dünyada su stresini belirlemek için yaygın olarak kullanılan iki indeks bulunmaktadır. Bunlar Falkenmark indeksi ve Su Yoksulluğu İndeksleridir.

3.1. Falkenmark İndeksi

Falkenmark, Lundqvist & Widstrand (1989), ülkelerin toplam nüfusu ve toplam su kaynağı miktarını ilişkilendirmiştir. Ev, tarım, sanayi ve enerji sektörlerindeki su gereksinimlerine ve çevrenin ihtiyaçlarına (doğal sistemin ihtiyaçlarına) ilişkin tahminleri göz önünde bulundurarak,

nüfusun su kaynakları üzerindeki baskısını dikkate alan bir indeks hazırlamıştır. Eşik değer olarak yılda kişi başına 1.700 m³ yenilenebilir su kaynağı önermişlerdir. Yenilenebilir su kaynakları açısından bu seviyeyi sürdüremeyen ülkelerin su sıkıntısı yaşadığı belirtilmektedir. İndeks değerleri sınıflandırmasına göre bir ülkede, su arzı 1000 m³'ün altına düştüğünde su kıtlığı, 500 m³'ün altına düştüğünde ise mutlak kıtlık yaşamaktadır.

Falkenmark indeksine göre bir alanda kişi başına düşen su miktarına göre su stresinin olup olmadığının, varsa derecesinin ne olduğunun sınıflandırması yapılmıştır. Bu sınıflandırma Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Falkenmark İndeks Değerleri

Su (m³/kişi/yıl)	Sınıflandırma
1700 m ³ ve daha fazla	Su sorunu olmayan stressiz alanlar
1700-1000 m ³	Su stresinin olduğu alanlar
1000-500 m ³	Su kıtlığı yaşanan alanlar
500 m ³ ve daha az	Kesin su kıtlığı olan alanlar

Falkenmark indeksi, yalınlık, kullanım kolaylığı ve ihtiyaç duyulan verilere kolayca erişilebilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

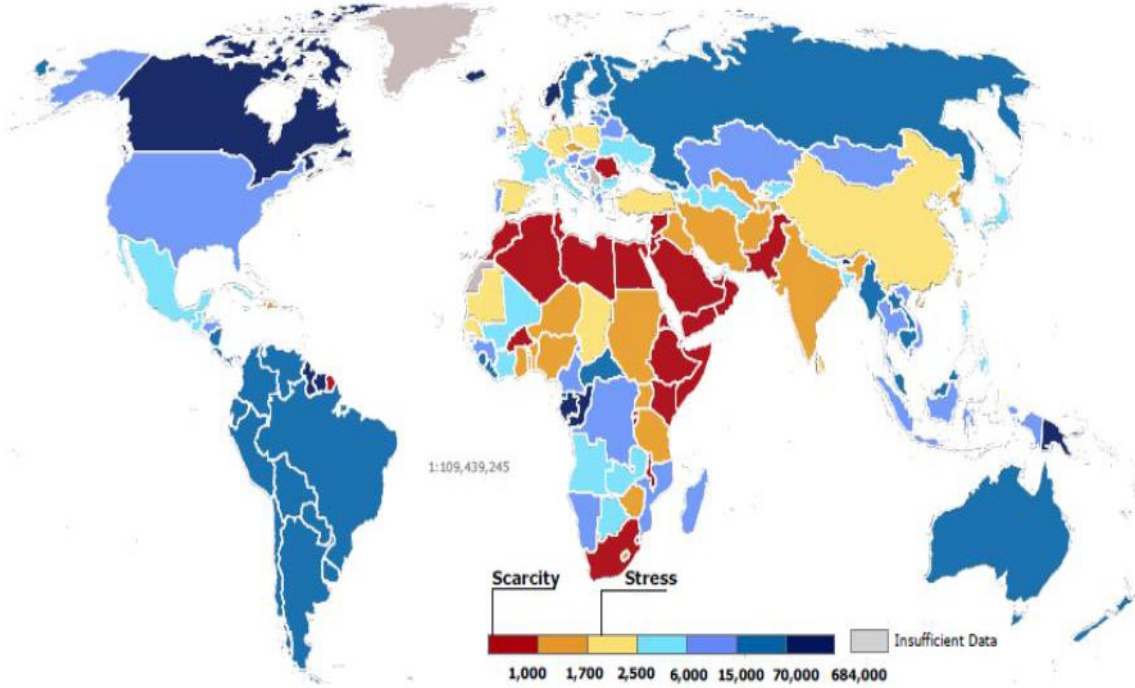
Verilerin ulaşılabilir ve anlaşılabilir olması Falkenmark indeksi için avantaj olarak değerlendirilir. İndeksin kabul edilen sınırlamaları temelde üç başlıkta değerlendirilebilir:

- i. Yıllık verilerin, ulusal ortalamaların özellikle küçük ölçeklerde önemli olabilecek kıtlığını gizleyebilmektedir.
- ii. İndeks, suyun kullanılabilirliğini değiştirebilen altyapının kullanılabilirliğini hesaba katmaz.
- iii. Ülkelere göre değişebilen eşik değerlerini (örneğin yaşam tarzı, iklim vb.) dikkate almaz.

Ohlsson (1998, 1999), Falkenmark indeksini, bir toplumun “uyarlanabilir kapasitesini” (diğer bir ifadeyle ekonomik, teknolojik yollarla strese uyum sağlama kapasitesini) hesaba katarak revize etmiştir. Ohlsson, Falkenmark'ın indeksini ağırlıklandırmak için Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) İnsani Gelişme İndeksi'ni kullanmış ve buna “Sosyal Su Stresi İndeksi” adını vermiştir. Bu indeks bir ülkenin su kıtlığına uyum sağlama yeteneğini de dikkate alarak su

dağıtımındaki eşitlik, siyasi katılım ve eğitime erişimin önemli göstergeler olduğunu öne sürmektedir.

Harita 1’de dünya su kıtlığı tahmini Falkenmark indeksine göre hazırlanmıştır.



Harita 1: 2030 Yılı için Dünya Su Kıtlığı Tahmini (USAID, 2010).

Harita 2030 yılında dünyanın genelinde yaşanması beklenen su kıtlığını göstermektedir. Harita incelendiğinde; önümüzdeki on yılda yüksek olasılıkla Fas, Cezayir, Tunus, Libya, Mısır, Suudi Arabistan, Yemen, Umman, Filistin, İsrail, Ürdün, Güney Afrika, Pakistan başta olmak üzere pek çok ülkenin su kaynaklarına erişimde zorlanacağını ve mutlak su kıtlığının yaşandığı ülkeler arasında yer alacağı görülmektedir. İstatistikler hâlihazırda iki milyar insanın su stresine maruz kalınan bölgelerde yaşadığını göstermektedir. Küresel nüfusun %45’ini oluşturan yaklaşık 3,4 milyar insan güvenli bir şekilde yönetilen sanitasyon tesislerine ulaşımdan yoksundur. Yapılan birçok araştırmaya göre 2030 yılına kadar %40’lık bir küresel su açığı ile karşı karşıya kalınacaktır (UNESCO, 2021:6). Bu durum iklim değişikliği, küresel ısınma ve salgın hastalıklar gibi olumsuz koşullar da eklendiğinde canlıları tahmin edilenden çok daha fazla etkileme gücüne sahiptir.

3.2. Su Yoksulluğu İndeksi

Su stresini hesaplamada Falkenmark indeksine göre çok daha kapsamlı olan indeks ‘Su Yoksulluğu İndeksi’dir. İngiltere Ekoloji ve Hidroloji Merkezi ve Dünya Su Konseyi tarafından geliştirilen indeks, su yoksulluğunu insani gelişme indeksine benzer biçimde hesaplayarak, ülkelerin birbirlerine göre konumlarını da belirlemektedir (The Economist, 2002). Su Yoksulluğu İndeksi, bir toplumda, bölgede veya ülkede suyla ilgili yoksulluğun derecesini ölçmek için matematiksel veriye dayalı kullanılan bir araçtır (Cho & Ogwang, 2014). Su yoksulluğu indeksi; kaynaklar, giriş, kapasite, kullanım ve çevre olmak üzere beş ana bileşenden oluşmaktadır.

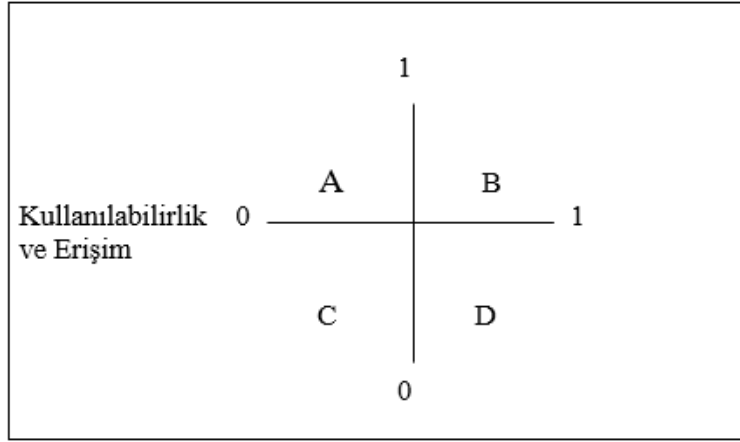
Tablo 3

İndeks Yapısı ve Kullanılan Veriler

Su Yoksulluğu İndeksi Bileşenleri	Kullanılan Veriler
Kaynaklar	<ul style="list-style-type: none"> • Dâhili tatlı su akışları • Harici girişler • Nüfus
Erişim	<ul style="list-style-type: none"> • Temiz suya erişimi olan nüfusun yüzdesi • Sanitasyona erişimi olan nüfusun yüzdesi • Kişi başına düzen su kaynaklarına göre, sulamaya erişimi olan nüfusun yüzdesi
Kapasite	<ul style="list-style-type: none"> • Kişi başına düşen milli gelir • Beş yaş altı ölüm oranları • Eğitime kayıtlı kişi sayısı • Gini gelir dağılımı katsayısı
Kullanım	<ul style="list-style-type: none"> • Litre cinsinden günlük evsel su kullanımı • Tarım ve sanayi sektörlerinin GSYH’deki paylarına göre su kullanım miktarı
Çevre	<ul style="list-style-type: none"> • Su kalitesi • Su stresi (kirlilik) • Çevre düzenlemesi ve yönetimi • Bilgi kapasitesi • Tehdit altındaki türlere dayalı biyolojik çeşitlilik

Su yoksulluğu indeksinin amacı, hanehalkı refahını su mevcudiyeti ile ilişkilendiren ve su kıtlığının insan nüfusu üzerindeki etkilerini gösteren disiplinler arası bir ölçüyü elde etmektir. Böyle bir indeks, su kıtlığıyla ilişkili hem fiziksel hem de sosyoekonomik faktörleri hesaba katarak ülkeleri ve ülkeler içindeki toplulukları sıralamayı olanaklı kılar. Su yoksulluğu indeksi, su temini ve yönetimi ile ilgili ulusal ve uluslararası kuruluşların hem mevcut kaynakları hem de bu kaynaklara erişim ve kullanımı etkileyen sosyo-ekonomik faktörleri izlemesini sağlar (Sullivan,

2002; Lawrence, Meigh & Sullivan, 2002). Su yoksulluğu indeksinin temel amacı, suyun mevcudiyet ölçümlerini, insanların suya erişim kapasitesi ölçümleriyle birleştirmektir. Yazarlara göre, insanlar mevcut olmadığı için temel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yeterli suya sahip olamama anlamında “su fakiri” olabilirler. Kullanılabilir suyu elde etmek için uzun bir yolu yürümek zorunda kalabilirler veya yakınlarda suya erişimleri olsa bile çeşitli nedenlerle kaynaklar sınırlı olabilir. Diğer bir ifadeyle; insanlar aynı zamanda “gelir yoksulu” oldukları için “su yoksulu” olabilirler; su olmasına rağmen parasını ödeyemezler. Bu nedenle indeksin altında yatan kavramsal çerçevenin su mevcudiyeti, suya erişim, suya erişimi sürdürme kapasitesi, su kullanımı ve su kalitesine etki eden çevresel faktörler ile suyun sürdürdüğü ekolojiyi içermesi gerekir (Sullivan, 2002).



Şekil 2: Su Yoksulluğu İndeksi için Matris Yaklaşımı

Sullivan (2002) makalesine göre indeks için kavramsal çerçeve Şekil 2'deki dört eksenli bir diyagramda gösterilebilir. A bölgesi, kapasite ve kullanım açısından nispeten yüksek puan alan, ancak kullanılabilirlik ve erişim açısından düşük puan alan bir ülke veya topluluğu belirtir. B bölgesi, her iki faktör grubunda da nispeten yüksek puanlar göstermektedir. C bölgesi hem su hem de gelir yoksulluğunu gösterirken, D bölgesi nispeten düşük kapasite ve kullanımı, ancak yüksek kullanılabilirlik ve erişimi kapsar. Sunum kolaylığı için beşinci faktör olan çevre burada verilmemiştir.

Su yoksulluğu indeksi hesaplaması, insani gelişme indeksi ile karşılaştırılabilir bir metodoloji kullanılarak geliştirilmiştir. Dolayısıyla, su temininde ülkelerin birbirlerine göre konumlarını ölçen bir indeks oluşturulması amaçlanmıştır. Her biri birkaç alt bileşene sahip beş ana bileşenden oluşan

bir indeks oluşturulmuştur. Temel kavramsal çerçeveye karşılık gelen indeksin ana bileşenleri şunlardır: Kaynaklar, Erişim, Kapasite, Kullanım ve Çevre.

Temel hesaplama (1) nolu denklemde sunulmuştur.

$$(x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (1)$$

Burada x_i , x_{\min} ve x_{\max} sırasıyla i ülkesi için orijinal değer, en düşük değer ve en yüksek değerdir.

Böylece indeks, bir ülkenin göreceli konumunu gösterir ve 0 ile 1 arasındadır. 1'in üzerinde veya sıfırın altında kalan tüm değerler 1 ve 0'a sabitlenir. Beş bileşenin her birinde, bileşen indeksini elde etmek için alt bileşen indekslerinin ortalaması alınır. Beş bileşen indeksinin her biri 20 ile çarpılır ve daha sonra 0 ila 100 aralığında olan su yoksulluğu indeksi için nihai indeks puanını elde etmek üzere toplanır (Lawrence, Meigh & Sullivan, 2002).

İndeksin hesaplamasında kullanılan alt indeksler olan kaynaklar, erişim, kapasite, kullanım ve çevreyi açıklayacak olursak;

Kaynaklar: İç su kaynaklarından ve dış su girişlerinden oluşur. Dış su girişleri bir ülke içinde dâhili olarak üretilenlerden daha az güvenli olduğundan, dış su girişlerine daha az ağırlık vermek için %50'si dikkate alınır.

Erişim: Bu indeksin üç bileşeni vardır:

- i) Güvenli suya erişimi olan nüfusun yüzdesi
- ii) Sanitasyona (sağlık tedbirlerine ve temizliğe) erişimi olan nüfusun yüzdesi
- iii) Ekilebilir arazinin bir oranı olarak sulanan araziye iç su kaynaklarıyla ilişkilendiren bir indeks.

Bu indeks, tarıma dayalı nispeten düşük gelirli ülkelerin temel su ve sanitasyon ihtiyaçlarını hesaba katmaya çalışır ve artan gıda gereksinimi için su mevcudiyetinin önemli olduğunu kabul eder.

Kapasite: Bu indeksin dört bileşeni vardır:

- i) Para biriminin satın alma gücüne göre ayarlanmış, kişi başına düşen ortalama gelir
- ii) 5 yaş altı ölüm oranı (1000 canlı doğumda)
- iii) Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) eğitim indeksi
- iv) Gini katsayısı.

Kapasite alt indeksi, suya erişimi etkileyebilecek sosyo-ekonomik değişkenleri dikkate alır. Gini katsayısını kullanarak eşit olmayan gelir dağılımı ile temiz suya erişimden yararlanma kapasitesini ilişkilendirir.

Kullanım: Bu indeksin üç bileşeni vardır:

- i) Kişi başına evsel su kullanımı
- ii) Kişi başına endüstriyel su kullanımı
- iii) Kişi başına tarımsal su kullanımı.

Çevre: Bu indeks, su temini ve yönetimini yansıtan ve Çevresel Sürdürülebilirlik İndeksinde (ESI) yer alan bir dizi çevresel göstereyi dikkate alır. Bir ülkenin su ve genel olarak çevre ve ilgili bilgilere ne derece önem verildiğini de kapsar (Sullivan, 2002).

Bulunan değerlere göre ülkeler bir sınıflandırmaya tabi tutulur. Su yoksulluğu indeksine göre sınıflandırma Tablo 4'te sunulmuştur:

Tablo 4

Su Yoksulluğu İndeksi Sınıflandırması

Su yoksulluğu sınıflandırması (Su yoksulluğu indeksine göre)	Skor
Şiddetli	0 - 47,9
Yüksek	48,0 - 55,9
Orta	56,0 - 61,9
Orta-düşük	62,0 - 67,9
Düşük	68,0 - 100,0

Kaynak: Guppy, 2014

Su yoksulluğu indeksi, ilgili çeşitli yönleri ve sorunları bir araya getiren bütünsel bir bakış açısıyla, ülkeler arasında su sektöründeki performansı karşılaştıran uluslararası bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

Tablo 5
OECD Ülkeleri Su Yoksulluğu İndeksi (WPI)

Ülke	Kaynaklar	Erişim	Kapasite	Kullanım	Çevre	Su Yoksulluğu İndeksi
Türkiye	7,8	9,5	13,1	13,1	9,5	53,1
ABD	10,3	14,1	16,7	1,3	16,2	58,5
Avusturya	10,1	13,4	18,8	14,2	15,7	72,2
Kanada	15,5	13,5	18,7	6,5	16,1	70,4
Hollanda	7,9	17,3	18,2	16,0	14,3	73,8
Fransa	7,9	13,9	18,0	10,8	14,2	64,9
Almanya	6,5	13,6	18,0	9,6	13,5	61,3
Lüksemburg	-	-	-	-	-	-
İngiltere	7,3	13,5	17,8	16,4	16,0	71,0
İtalya	7,7	14,9	17,4	6,7	9,9	56,6
Belçika	6,0	13,6	18,5	11,1	5,4	54,6
İrlanda	11,2	13,3	19,1	16,3	11,9	71,9
Danimarka	5,5	14,7	17,6	12,4	14,3	64,5
Yunanistan	9,3	15,7	17,4	14,4	9,3	66,0
İsveç	12,1	13,6	17,9	8,9	14,6	67,2
İsviçre	9,5	13,7	18,0	10,9	15,0	67,0
İspanya	7,6	14,6	19,0	9,8	11,8	62,9
İzlanda	19,9	13,4	19,2	11,9	10,0	74,4
Norveç	15,5	14,3	17,0	11,4	15,7	73,8
Portekiz	9,0	14,8	17,1	9,0	13,2	63,1
Finlandiya	12,2	13,5	18,0	18,7	17,4	79,9
Japonya	8,1	17,5	18,9	6,9	12,8	64,2
Avustralya	11,9	13,7	17,6	6,9	13,2	63,3
Kore	6,1	16,9	17,7	8,5	10,4	59,5
Yeni Zelanda	15,9	13,7	17,4	-0,3	14,1	60,8
Meksika	8,1	12,1	14,1	15,5	9,5	59,2
Macaristan	9,5	13,5	16,9	13,5	12,4	65,7
Çekya	6,2	13,4	18,2	14,9	12,2	64,9
Polonya	6,2	13,3	16,0	14,6	11,2	61,3
Slovakya	10,3	14,1	18,1	12,0	13,5	68,0
Estonya	-	-	-	-	-	-
Slovenya	10,4	13,4	17,9	7,3	10,4	59,4
İsrail	0,8	16,3	16,8	14,1	7,5	55,6
Şili	13,1	16,2	13,8	14,9	12,5	70,5
Letonya	-	-	-	-	-	-
Litvanya	-	-	-	-	-	-
Kolombiya	12,6	12,9	12,9	15,8	11,0	65,3
Kosta Rika	12,5	13,7	15,2	14,2	10,2	65,7

Tablo 5'te OECD ülkeleri için hesaplanan su yoksulluğu indeksleri gösterilmektedir. İndeksin ana bileşenlerinin her biri için indeks değerleri hesaplanmış ve son sütunda toplanarak, ülkelerin su yoksulluğu indeks değerine ulaşılmıştır. Yayımlanan veri olmadığı için; Lüksemburg, Estonya, Letonya ve Litvanya için bu değerlere ulaşılamamıştır. Geriye kalan 34 ülkenin su yoksulluk indeks değerleri incelendiğinde; Avusturya, Kanada, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İzlanda, Norveç, Finlandiya, Slovakya ve Şili'de su stresi gibi bir sorunun yaşanmadığını görülmektedir. Türkiye, Belçika ve İsrail ise yüksek oranda su kıtlığı içerisinde olan ülkeler arasında yer almaktadır. Su yoksulluğu içerisinde bulunan bu üç ülkeden en fazla kıtlık yaşayan ülke ise Türkiye'dir. Bu nedenle ülkemizde suyun geleceği ile ilgili çalışma ve farkındalıkların artırılması daha da önem kazanmaktadır.

4. Sonuç

Etkili su yönetimi, su mevcudiyeti ve su talebi arasında açık bir bağlantı kurulmasını gerektirir. Günümüzde su kaynağı modellemelerinin doğruluğunda farklı bilim dallarının katkılarıyla geliştirilmeler yapılmaya devam edilmektedir. Şüphesiz su talebi kalıpları hakkında çok daha fazlasının bilinmesi gerektiği bir gerçektir. Benzer olarak, herhangi bir kaynağın daha verimli kullanılabilmesi için bu bilgilerin etkin olarak değerlendirilmesi gerektiği de açıktır. Çevre politikasının diğer alanlarında olduğu gibi, insan davranışını değiştirmek, daha sürdürülebilir bir yaşam biçimine ulaşmak için genellikle bir ön koşuldur ve bunu başarmak için, sektörlerin tüketim davranışları hakkında çok daha fazlasının bilinmesi gerekmektedir (Raskin ve Gleick, 1997). Genel su talebi üzerinde en büyük etkiye sahip olan unsur iktisadi yapıdır. Su talebini etkileyen bilgiler toplum düzeyinde katılımcı bir şekilde toplanabilirse, hem su ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılması hem de bu bilgilerin politika yapıcılara nasıl iletileceği konusunda toplum güçlenecektir. Hanehalkı ve toplum düzeyinde su stresi hakkında bilgi sağlayarak, yerel olarak oluşturulan bu veriler su yoksulluk indeksinin temelini oluşturur. Su yoksulluk indeksinin toplumlar nezdinde kabul edilebilir bir gösterge olması için istişare ve katılım yoluyla belirlenen uygun bir metodolojinin hesaplamalarda kullanılması gerekir.

Artan nüfus ve tüketim davranışlarının değişimi ile birlikte talebi her geçen gün katlanarak artan suyun yönetimi, gelecek nesillerin ciddi bir su kıtlığı ile karşı karşıya kalmaması açısından önem arz etmektedir. Üretimin, özellikle de tarımın suya bağlı olması su kıtlığı durumunda, içecek temiz suya erişimin mümkün olduğu çözümleri bulsak dahi, tarımsal üretimi darboğaza

sürükleyecektir. Toplam kullanılabilir tatlı su kaynaklarının %70'inin tarıma tahsis ediliyor olması, özellikle tarım uygulamalarında suyun verimli kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Bu konuda Almanya'da geliştirilen yöntemlerden biri de balıkçılık ve tarımı bir araya getiren akuaponik sistemdir. Hidroponik yani topraksız tarım ile balık yetiştiriciliğinin birlikte yapıldığı bu sistemde, kökleri doğrudan suda olan bitkiler balıklardan gelen zengin su ile beslenmektedir. Bol miktarda amonyak içeren balık dışkısının bakteriler aracılığı ile nitrata dönüştürülmesi sayesinde bu zengin içerikli su, bitkiler için doğal bir gübre halini almaktadır. Aynı zamanda bitkilerin, balıklar tarafından kirletilen suyu arıtmasının da sağlandığı akuaponik sistemde; bitkiler kendileri için gerekli besinleri aldıktan sonra, artık nitrat içermeyen su balıklara geri dönmekte ve böylece kapalı su döngüsüne sahip verimli bir sistem işlemektedir (Mayoral, vd., 2020:141). Tarımda kullanılan bir diğer yöntem ise, bitkilerin yetişmesinin her aşamasında ne kadar suya ihtiyacı olduğunu kesin olarak tespit eden elektronik sensör sistemidir. Bitkinin hücre içi basınç seviyesini ölçen sensörler, verileri bir sunucuya göndermekte ve böylece bitkilerin her aşamada ne kadar suya ihtiyacı olduğu tam olarak tespit edilebilmektedir (Kuncham & Rao, 2014). Bu sistem tarımda aşırı su kullanımının önüne geçtiği gibi, aynı zamanda yetersiz sulamayı da önleyerek tarımsal verimliliği artırmaktadır.

Su ile ilgili bir diğer önemli nokta ise, bazı bölgelerde suya erişimi güçleştiren yoksulluktur. Bu bağlamda su yoksulluğu indeksi; yoksulluk, sosyal yoksulluk, sağlık, çevresel bütünlük ve su mevcudiyeti arasındaki bağlantıları daha açık hale getirerek, politika yapımcıların bu sorunların nedenleriyle başa çıkmak üzere uygun mekanizmalar geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Günümüzde hangi bölgelerin su kıtlığı ile karşı karşıya olduğunun ve gelecekte hangilerinin karşı karşıya kalacağına nedenleriyle birlikte belirlenmesi, izlenmesi ve bu doğrultuda çözüm politikaları geliştirilmesi su kaynaklarının verimli kullanımına olanak tanıyacaktır. Ayrıca, son yüzyılda dünya nüfusu yaklaşık 4,25 kat artarken, su tüketiminin 6 kat artması ihtiyaç kavramının yeniden tanımlanmasını ve tüketim kalıplarımızı gözden geçirmemizi gerekli kılmaktadır (Wada vd., 2016). Kimya, tekstil ve gıda başta olmak üzere üretimde kullanılan su miktarının yüksek olduğu sektörlerde üretim süreçlerinin yeniden gözden geçirilmesi, su kullanımını azaltıcı yöntemlerin uygulamaya konulması, üretiminde çok fazla miktarda su kullanılan ürünlerin aşırı tüketiminin kontrol altına alınması ve ihracatının sınırlandırılması, atık suların arıtılarak üretimin farklı aşamalarında yeniden kullanımının sağlanması suyun geleceği açısından önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Abrams, I. (1999). Poverty and water supply and sanitation services. *Workshop on Financing Community Water Supply and Sanitation*, White River, RSA.
- Brown A. and Matlock, D.M. (2011). A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. University of Arkansas The Sustainability Consortium, April.
- Cho D.I., & Ogwang T. (2014). Water poverty index. In: Michalos A.C. (eds) *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_3703.
- Döll, P. (2002). Impact of climate change and variability on irrigation requirements: A global perspective. *Climate Change*, vol. 54, 269–293.
- El-Gafy, I. K. (2018). The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(12), 173-186.
- FAO (2007). *Coping with water scarcity*. Challenge of the twenty-first century. UN-Water.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches. *Natural Resources Forum*. 13(4): 258–267.
- Falkenmark, M., Bertell, A., vd. (2007). On the verge of a new water scarcity: A call for good governance and human ingenuity. *SIWI Policy Brief*, Stockholm.
- Feitelson, E., Chenoweth, J. (2002). Water poverty: Towards a meaningful indicator. *Water Policy*, 4, 263–281.
- Gallopin, G.C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, 293–303.
- Guppy, L. (2014). The water poverty index in rural Cambodia and Vietnam: A holistic snapshot to improve water management planning. *Natural Resources Forum*, Blackwell Publishing, 38(3), 203-219.
- Kuncham, S.V. and Rao, V.N. (2014). “Sensors for managing water resources in agriculture”, *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, 9(2), 145-163, March-April.
- Lawrence P., Meigh J., & Sullivan C. (2002). The water poverty index: An international comparison. *Keele Economics Research Papers*, Keele University.
- Lawrence P., Meigh J., & Sullivan C. (2003). The water poverty index: An international comparison. *Natural Resources Forum*, 27, 189–199.
- Mayoral, L.A.J., Dimitrov, R.I., Yamada, S. (2020). “Technical Manual of Aquaponics Combined with Open Culture Adapting to Arid Regions”. SATREPS, Fukui Print, Tottori, Japan.

- Meigh, J., McKenzie, A., & Sene, K. (1999). A grid-based approach to water scarcity estimates for eastern and southern Africa. *Water Resource Management*, 13, 85–115.
- Nikolaou, G., Neocleous, D., vd. (2020). Implementing sustainable irrigation in water-scarce regions under the impact of climate change. *Agronomy*, 10, 1120, 1-33.
- Ohlsson, L (1998). Water and social resource scarcity. *FAO Issue Paper*, FAO, Rome.
- Ohlsson, L. (1999). Environment, scarcity and conflict: A study of Malthusian concerns. *Department of Peace and Development Research*, University of Göteborg, Göteborg.
- Pérez-Foguet, A., & Garriga, G.R. (2011). Analyzing water poverty in basins. *Water Resources Managing*, 25, 3595.
- Raskin, P., Gleick, P., vd. (1997). Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. *Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems*, Stockholm Environment Institute, Sweden.
- Rijsberman, F.R. (2006). Water scarcity: Fact or fiction?. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 5-22.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2018). Water use and stress. *Our World in Data*. Alınan yer: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>.
- Rockström, J, Falkenmark M., vd. (2009). Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resource*, 45(7), 451–461.
- Salameh, E. (2000). Redefining the water poverty index. *Water International*, 25, 469–473.
- Shalamzari, M. J., & Zhang, W. (2018). Assessing water scarcity using the water poverty index (WPI) in Golestan province of Iran. *Water*, 10, 1079, 1-22.
- Sawyer, K.O. (2014). Eating water up: The water ‘footprint’ of food. *National Geographic*, December.
- Schlosser, C.A., Strzepek, K., vd. (2014). The future of global water stress: An integrated assessment. *Earth’s Future*, 2(8), 341-361.
- Statista (2022). Estimated global population from 10,000 BCE to 2100. Alınan yer: <https://www.statista.com/statistics/1006502/global-population-ten-thousand-bc-to-2050/>.
- Sullivan C. (2002). Calculating a water poverty index. *World Development*, 30(7), 1195–1210.
- Sullvian, C., Meigh, J., & Lawrance, P. (2006). Application of the water poverty index at different scales: A cautionary tale. *Water International*, 31(3).
- The Economist (2002). Water overty. *Emerging-Market Indicators.*, Alınan yer: <https://www.economist.com/emerging-market-indicators/2002/12/19/water-poverty>.

- UNESCO (2000). water use in the world: Present situation/future needs. Alınan yer: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/publications/waterway/webpc/pag16.html>.
- UNESCO (2021). *The united nations world water development report 2021: Valuing water; facts and figures*. UNESCO World Water Assessment Programme.
- United Nations (2019a). *Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics*. World Population Prospects.
- USAID (2010). Summary of the World Water Crisis and USG Investments in the Water Sector, USA.
- USGS (2018). Where is earth's water, water science school. *USGS Science for a Changing World*, June 6, Alınan yer: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/where-earths-water#:~:text=Notice%20how%20of%20the%20world's,freshwater%20is%20in%20the%20ground>.
- Wada, Y., Flörke, M., Hanasaki, N., vd. (2016). Modeling global water use for the 21st century: The water futures and solutions (wfas) initiative and its approaches. *Geoscientific Model Development Journal*, 9(1), 175-222.
- Wurtz, M., Angeliaume, A., Herrera, A.T.M., vd. (2019). A spatial application of the water poverty index (WPI) in the State of Chihuahua, Mexico. *Water Policy*, 21(1), 147-161.
- WWAP (World Water Assessment Programme) (2012). *Managing Water under Uncertainty and Risk*. The United Nations World Water Development Report, 4, UNESCO, Paris.