

## Kentlerde Su Krizi ve Mekânsal Planlama

Hasibe Körbalta<sup>1</sup>

### Özet

“Su” dünya üzerindeki tüm canlı varlıklar için yaşamın birincil gereksinimidir. Gezegenimizin dörtte üçü sularla kaplı olsa dahi insanların kullanabileceği tatlı su miktarı ise toplam su miktarının sadece %0,0002’si kadardır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği sebebiyle yağış rejimleri değişmekte, dünyanın kimi bölgeleri kuraklık kimi bölgeleri ise taşkın ve sellerle mücadele etmektedir. Nüfus artışı, kentleşme ve beşeri faaliyetler sahip olduğumuz kullanılabilir tatlı su kaynakları üzerindeki talep baskısını artırırken, mevcut su kaynakları ise kirletici unsurlar sebebiyle kullanılamaz hale gelmektedir. 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. Bu tartışmalar neticesinde ortaya çıkan yegane çözüm ise suyun kendi havzasında yönetilmesi ve yerleşimlerin mevcut su kaynaklarının sürdürülebilirlikleri kapsamında şekillenmesi yönündedir. 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. Çalışma kapsamında su duyarlı planlama çalışmalarına yönelik bilimsel araştırmalar temel alınmış, planlama ölçeğinde ise ülke ve bölge ölçeğinden mahalle ölçeğine kadar uzanan su duyarlı bir planlama süreci tariflenmiştir.

1 Dr., Şehir Plancısı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, h.boyar@gmail.com, ORC-ID:0000-0003-3206-7309

## GİRİŞ

Su, “H<sub>2</sub>O” şeklinde simgelenen, sözlük anlamı olarak “*hidrojenle oksijenden oluşan, sıvı durumunda bulunan, renksiz, kokusuz, tatsız madde*” (TDK, 2022) şeklinde tanımlanan, ancak fiziksel özelliklerinin yanı sıra sosyal, ekonomik ve ekolojik açılardan da farklı disiplinlerce farklı şekillerde de tanımlanabilen bir varlıktır.

Gezegeneğimizin dörtte üçü sularla kaplı olup, sular buldukları yere ya da tatlarına göre sınıflandırılırlar. Okyanuslar, denizler, akarsular, dereler ve göllerde bulunan sular yüzeysel sular iken toprak yüzeyinin altında, durgun veya hareket halinde olan sular ise yeraltı suları olarak isimlendirilir. Su; toprak ve atmosfer arasında bir döngü içerisinde. Bu döngüye hidrolojik döngü ya da suyun hidrolojik çevrimi denir. Bu çevrim içerisinde su buharlaşarak gaz haline geçer ve atmosfere karışır, ardından yoğunlaşarak yağış haline geçer ve tekrar toprak yüzeye döner. Dönen suların bir kısmı yeraltına süzülerek akifer ismi verilen yeraltı sularını taşıyan tabakalar aracılığıyla, bir kısmı ise yerüstü drenaj kanallarından dereler, göllere, akarsular ve denizlere dönerek çevrimi tamamlar. Hidrolojik çevrim içerisinde su sürekli hareket halindedir ve toplam hacmi sabittir. Bununla birlikte su kaynaklarının miktar ve içerikleri bölgesel olarak farklılıklar gösterebilmektedir.

Tatlarına göre bakıldığında içerisinde %1’den daha az oranda çözülmüş tuz içeren sular tatlı sular olup akarsular, dereler ve bazı göllerdeki sular bu kapsamda değerlendirilir. Tuzlu sular ise çok daha fazla miktarda tuz içeren, tuzlu olmasından dolayı iletkenliği daha fazla olan ancak içme suyu olarak kullanıma uygun olmayan sulardır. Okyanuslarda, denizlerde ve tuz göllerinde bulunan sular tuzlu sulardır. Acı sular ise tatlı sular ile tuzlu sular arasında bir tuzluluk oranına sahip ve bunun yanında farklı mineralleri de içeren sulardır. Dünyada hidrolojik çevrim içerisinde bulunan toplam su miktarı yaklaşık olarak 1.385.000.000 km<sup>3</sup> olarak tahmin edilmektedir. Bu suların %96’sı tuzlu olup kalan %4’ü tatlı sulardan oluşmaktadır. Tatlı sular kapsamında ise insanların ve ekosistemlerin kullanabileceği akarsulardaki suların miktarı ise sadece 2.120 km<sup>3</sup> kadardır. Yani dünyadaki toplam su miktarının yaklaşık olarak %0,0002’si kadardır (USGS, 2019).

Su kaynakları insan ve diğer tüm ekosistemler için yaşamın vazgeçilmezidir. Bazı canlıların vücut ağırlıklarının %90’ını su oluştururken, yetişkin bir insan vücudunun %60 kadardır sudur. Vücut ağırlığının yüzdesi olarak su kaybının %1 oranında olması susuzluk hissine, ısı düzeninin bozulmasına, performansın azalmasına, %7 oranında azalması fiziksel etkinlik sürerse bayılmaya, %11 oranında azalmasının ise ölüme neden olabileceği belirtilmektedir (SUDER, 2023). Öte yandan; kişinin hayatını

devam ettirebilmesi için günde toplam 50 litre suya (5 litre içme suyu, 20 litre sanitasyon, 15 litre banyo ve 10 litre yemek hazırlamak için) ihtiyaç duyduğu hesaplanmıştır (Gleick, 1996: s. 88).

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: s. 2). 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). Endüstride ise su enerji elde etme, soğutma, işlemden geçirme, temizleme, buhar oluşturma, ulaştırma gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Endüstriyel ürünlerdeki su ayak izi 1 ABD 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. 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).

Su kaynaklarının tarihsel süreç içerisindeki kullanımı ve yönetimi incelendiğinde ilk insan yerleşimlerinin su kıyılarında kurulduğu görülmektedir. Bununla birlikte insan medeniyetindeki gelişmeler ve ürettiği araçlar yardımıyla insanın çevresini şekillendirebilme becerisi kazanması, su kaynaklarından uzakta da yerleşim kurmasına olanak sağlamıştır. İnsanlar, su kanalları, su kemerleri, sarnıçlar ve bunun gibi yapısal çözümlerle suyu depolayabilmiş ve sudan uzakta kurdukları yerleşimlerine su taşıyabilmişlerdir. Yakın çağa gelindiğinde ise teknolojinin gelişimi sayesinde insanlar büyük rezervuarlar inşa etmeye, geliştirilen pompa sistemleri ve dağıtım şebekeleri ile su kaynaklarına bağlı yerleşimler kurmaktan vazgeçerek, su kaynaklarını yerleşimlerine göre şekillendirmeye başlamışlardır. Büyüyen şehirlerin su ihtiyaçlarını karşılamak için artık akarsu yatakları değiştirilmeye, su kendi havzasından farklı havzalara nakledilmeye başlanmıştır. Fakat 20. yüzyılın sonlarına gelindiğinde, geliştirilen bunca sistemin artık yetersiz kaldığı ve hatta zorunlu bir paradigma değişimine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır. Çünkü artık asıl problem suyun bir yerden başka bir yere götürülebilmesi değil, götürülecek miktarda ve uygun kalitede suyun bulunmaması durumudur. Kentler artık su krizi ile karşı karşıyadır.

## SU KRİZİ VE KURAKLIK

Suyla ilgili sorunlar literatürde ve günlük hayatta “su krizi”, “su stresi”, “su kıtlığı”, “su riski” ve “su yoksulluğu” gibi tanımlamalarla anlatılmaya, sınıflanmaya ve ölçülmeye çalışılmaktadır. Bu tanımlamaların ortak noktasında ise su kaynaklarının kentler için artık yetersiz kaldığı gerçeği bulunmaktadır. Bu süreci ortaya çıkaran nedenlerin başında küresel ısınma ve yağış rejimlerindeki değişimler gelmektedir. Küresel ısınma ve yağış rejimlerindeki düzensizlikler su varlığının bölgesel olarak yoğunluğunun farklılaşmasına neden olmaktadır.

Küresel hava hareketlerinin son dönemlerde böylesine farklılaşmasındaki temel etken, Hadley Cell genişmesi adı verilen iklim değişikliğine bağlı bir fenomendir. Hadley Cell genişmesi nedeniyle bulutlar ekvatorun kutuplara doğru hareket etmektedir. Bu ise Sahra altı Afrika, Orta Doğu ve Orta Amerika gibi ekvatorial bölgelerde yağışların azalmasına sebep olmaktadır. Yağışların arttığı bölgelerde ise yoğun ve kısa süreli yağışlar sebebiyle seller ve taşkınlar artmaktadır. Günümüzde en az 21 milyon insan her yıl taşkın riski altındayken bu sayının 2030'a kadar 54 milyona yükseleceği öngörülmektedir (Schleifer, 2017).

Küresel iklim değişikliğinin bir diğer etkisi buzullar üzerinde gerçekleşmektedir. Yapılan tahmini hesaplamalara göre dünyadaki su varlığının %96,54'lük kısmı okyanuslarda ve denizlerde bulunan tuzlu sulardan oluşmaktadır. İnsanların kullanabileceği tatlı sular ise kalan %3,46'luk kısımdır. Bu miktarın ise %1,74'ü buzullarda ve kalın kar kütlelerinde depolanmaktadır (USGS, 2019). Ancak Grönland ve Antarktika gibi buz kütlelerinin tek rolü bünyelerindeki tatlı suyu muhafaza etmek değildir. Bu buz kütleleri hava ve iklim üzerinde serinletici etkiye sahiptir. Kuzey Kutup Denizi buzu, kutup bölgelerini serin tutar ve küresel iklimin ılıman olmasına yardımcı olur. Bunu sahip olduğu soğuk buz kütlelerinin yanında ışığı yansıtan yapısıyla da gerçekleştirir. Deniz buzu parlak bir yüzeye sahiptir ve güneş ışığının yüzde 80'ini tekrar uzaya yansıtır. Yaz aylarında deniz buzu eridiğinde, koyu renkli okyanus yüzeyi açığa çıkmaktadır. Okyanus yüzeyi ise buz yüzeylerin tersine güneş ışığının yüzde 90'ını emer ve bu olay okyanusların ısınmasına sebep olur (NSIDC, 2023). Kutuplardaki ve yükseklerdeki buz yüzeylerin bu şekilde faydaları varken küresel ısınma sebebiyle bu kütleler erimekte ve tuzlu deniz suyuna karışmaktadır. Kuzey Kutup Denizi'ndeki buz kütlelerinin son yarım yüzyılda önemli ölçüde azaldığı ve bu azalmanın %10'unun sadece son 30 yılda eridiği, 1912'den bu yana Klimanjaro Dağları'ndaki büyük kar ve buzul kütlelerinin %80'inden fazlasının eridiği raporlanmıştır. Yükselen sıcaklık ve eriyen buz kütleleri

okyanus sularının ısınmasına ve hacimlerinin genişlemesine neden olurken deniz suyu seviyeleri de yükselmektedir (Glick, 2023). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Raporuna göre, bu etki son yüz yılda deniz seviyesinde 10-20 cm arasında yükselmeye neden olmuştur. Deniz seviyesindeki her 2,5 cm.lik yükselmenin ortalama 2,4 cm yatay çekilmeye sonuçlandığı hesaplanırken, bu çekilmenin özellikle tatlı su akiferlerine girmesinin hem tatlı su kaynaklarına hem de bu kaynaklarla sulama yapılan tarım alanlarına zarar vereceği vurgulanmaktadır (Oppenheimer ve diğerleri, 2019)

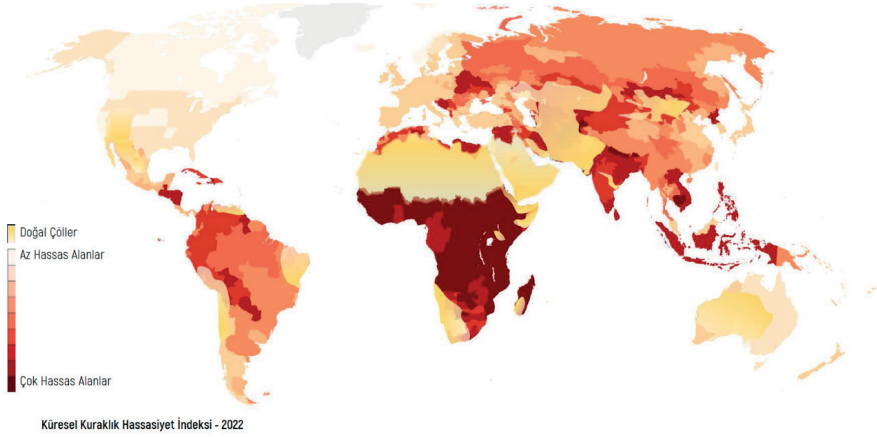
Yağış rejimlerindeki değişiklikler dünyanın kimi bölgelerinde yağış, sel ve taşkınları artırarak yerleşimleri tehdit ederken, kimi bölgelerinde ise yağışların azalmasına, su kıtlığına ve kuraklığa neden olmaktadır.

### **Kuraklık**

ABD Kuraklık İzleme Merkezi'ne göre 1980lerden günümüze değin 150'den fazla kuraklık tanımı yapılmış olup (NDMC, 2023) bu tanımlar meslekî disiplinlere ve çalışma alanlarına göre (meteoroloji, tarım, coğrafya gibi) farklılıklar arz etmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü (*World Meteorological Organization - WMO*) kuraklığı, “*Yağış eksikliğinden kaynaklanan, yavaş başlayan bir olgu*” şeklinde salt yağış kapsamında tanımlamaktadır (WMO, 2020). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC) kuraklık “*ciddi bir hidrolojik dengesizliğe neden olacak kadar uzun süreli kuru havanın bulunduğu anormal bir dönem*” (IPCC, 2012) olarak tanımlarken, Avrupa Kuraklık Gözlemevi (European Drought Observatory - EDO) iklimsel bir tanımlama yapmaktadır. Buna göre kuraklık, uzun süren hava koşulları özelliği sebebiyle “*hidrolojik dengeyi etkileyen sürekli olağandışı kuru hava koşulları ile karakterize edilen aşırı bir iklim*” (EDO, 2023) şeklinde tanımlanmaktadır.

Literatür incelendiğinde kuraklığın sadece yağışların azalmasından ibaret olmadığı, sonuçlarının da sadece meteorolojik yağışlarla ya da tarım sektörüyle ilgili olmadığı, hatta kuraklığın bir afet türü olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization) kuraklığı, “*dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelebilecek doğal iklim döngüsünde uzun süreli kuru bir dönem*” olarak tariflerken, yağış eksikliği ile karakterize edilen ve su kıtlığına neden olan yavaş başlayan bir afet olarak tanımlamaktadır (WHO, 2023). Kuraklığın dünya üzerindeki etkilerini en geniş anlamda yansıtan organizasyonlardan birisi olan UNCCD tarafından yayınlanan raporda; 2000-2022 yılları arasında kuraklıkların sayısı ve süresinin %29 arttığı, kuraklığın doğal afetlerin %15'ini oluşturduğu ancak en fazla zarara

neden olduğu, 1970-2019 arasında yaklaşık 650.000 kişinin ölmesine neden olduğu, 2022’de 2,3 milyardan fazla insanın su sıkıntısı yaşadığı, yaklaşık 160 milyon çocuğun şiddetli ve uzun süreli kuraklığa maruz kaldığı ve 1998’den 2017’ye kadar kabaca 124 milyar ABD doları küresel ekonomik kayba neden olduğu ifade edilmiştir (UNCCD, 2022: s. 9). Aynı raporda yayımlanan küresel ölçekteki kuraklık hassasiyetleri gösteren haritada ise başta Afrika ve Asya’nın güneyi olmak üzere dünyanın birçok bölgesinin kuraklığa karşı hassas olduğu görülmektedir (Şekil 1).



*Şekil 1. Küresel Kuraklık Hassasiyeti*

*Kaynak: UNCCD, 2022: s. 15.*

Kuraklığın bu denli zararlı bir afet olmasının nedeni ise birbirini tetikleyen doğrudan ve dolaylı etkilere sahip olmasıdır. Kuraklığın en temel doğrudan etkisi olan su kıtlığı ile kamusal su arzı azalarak tarımsal ürün verimsizliği, arazi bozulmaları ve çölleşme gibi süreçler gelişmektedir. Diğer yandan bu süreçlerin bir sonucu olarak geçim kaynakları zarar görmekte, gıda fiyatları artmakta ve yoksulluğun derinleşmesiyle göç hareketlerinin hızlanması gibi dolaylı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Ekosistemler zarar görürken biyolojik çeşitlilik kayıpları ve sonucunda besin zincirindeki bozulmalar ise kuraklığın çevre üzerindeki olumsuz etkileri olarak ortaya çıkmaktadır (UNDRR, 2021: s. 42).

#### *Kuraklık Çeşitleri ve Kuraklık Süreci*

Kuraklık çeşitlerine yönelik literatürdeki çalışmaların başında Wilhite ve Glantz’ın (1985: s. 4-8) çalışması gelmektedir. Wilhite ve Glantz kuraklığı dört şekilde sınıflamıştır. Bunlar; meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve

sosyoekonomik kuraklıklardır. *Meteorolojik kuraklık* en basit tanımıyla bir alanın normalden uzun süre ortalamalar altında yağış almasıdır. Yağışlardaki azalma yüzeysel sulara ve yeraltı sularında azalmaya sebep olmakla birlikte sıcaklıkla birlikte topraktaki nemin azalmasına da sebep olur. Topraktaki nemin azalmasına bağlı olarak tarım mahsullerindeki azalmanın yaşandığı dönem ise *tarımsal kuraklık* dönemi olarak tanımlanır. Tarımsal kuraklık hem meteorolojik kuraklığın hem de hidrolojik kuraklığın etkisiyle ortaya çıkabilmekte birlikte bitkinin su talebi, hakim hava koşulları, bitkinin biyolojik özellikleri ve toprağın fiziksel – biyolojik özelliklerine de bağlıdır. *Hidrolojik kuraklık* da tarımsal kuraklık gibi meteorolojik kuraklığın devamında gelişmekte olup, bir yerdeki yüzey ve yeraltı sularının yetersiz hale gelmesi sebebiyle su kaynaklarının seviyelerindeki düşüşle ortaya çıkmaktadır. *Sosyoekonomik kuraklık* ise suya olan arz ve talepler kapsamında, ekonomik bir mala olan talep aşıldığında oluşmaktadır (Mishra ve Singh, 2010: s. 206).

Yakın dönemde yapılan çalışmalarda kuraklığa yönelik farklı sınıflamaların da yapıldığı görülür. Sayers ve diğerleri (2016: s. 7) kuraklığa yönelik mavi ve yeşil su kuraklığı tanımı geliştirmiş olup, mavi su kuraklığını; yeraltı suları ya da yüzeysel sulardaki olağandışı ve önemli azalmalar olarak tanımlamış, yeşil su kuraklığını ise toprağın veya bitki örtüsünün içinde veya üzerinde depolanan sudaki olağandışı ve önemli bir eksilme olarak tanımlamıştır.

Kuraklık çeşitlerinin ölçümünde kesin ve net olarak nicel tanımlamalar ve sınırlamalar bulunmamaktadır. Çünkü gerek insanların gerekse doğal çevrenin suya olan ihtiyaçları ile farklı coğrafi bölgelerin meteorolojik normalleri birbirlerinden farklıdır. Bu sebeple kuraklığı ölçmek, nitelenmek ve takip etmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir (WMO ve GWP, 2016; s.7-9). Bu yöntemlerden bazıları yağış verilerinin yardımıyla sadece meteorolojik kuraklığın ölçümüne yönelikken bazıları ise tarımsal kuraklık ya da hidrolojik kuraklığın ölçülmesine yöneliktir. Meteorolojik kuraklığın göstergeleri olarak Standardize Yağış İndeksi (SPI- Standardized Precipitation Index) ve Standardize Yağış-Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI- Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) en iyi bilinen ve kullanılan indekslerdir. Topraktaki kuraklığın ölçümüne yönelik, Toprak Nem İndeksi (SMA- The Soil Moisture Anomaly Index), Kuraklık Şiddet İndeksi (DSI- Drought Stress Index) veya Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI- The Palmer Drought Severity Index) gibi indeksler kullanılmaktadır (EDO, 2023).

#### *Kentleşme ve Nüfus Artışının Kuraklıkla İlişkisi*

Dünya nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. 1950’de tahminen 2,5 milyar olan küresel insan nüfusu, 2022 Kasım ayı ortasında 8,0 milyara ulaşmış,



önümüzdeki 30 yıl içinde yaklaşık 2 milyar kişi daha artması beklenmektedir. Mevcut nüfusun 2050'de 9,7 milyara ve 2080'lerin ortalarında yaklaşık 10,4 milyara ulaşması beklenmektedir (UN, 2022). Ancak bu artış sadece birey sayısında yaşanmamaktadır. Birey sayısı arttıkça ihtiyaçlar da artmaktadır. İnsanoğlu ihtiyaçlarını karşılamak için doğal kaynaklara bağımlı durumdadır. İhtiyaçları karşılamak adına doğal kaynaklar kullanılmakta, kullanımların ardından atıklar da artmaktadır. Atıklarla doğal çevre bozulmakta ve doğal kaynaklara olan baskı bir kat daha artmaktadır. Sadece 1992'den günümüze doğal/yarı doğal alanlar %2,7 oranında azalmıştır. Bu oran İspanya'nın yüz ölçümünün iki katına eşittir (OECD, 2018: s.6).

Nüfus artışı insanların suyu doğrudan kullanmaları kapsamında su ihtiyacının artmasına sebep olurken, üretim yöntemlerindeki değişimler, teknolojideki gelişmeler ve bunlara bağlı olarak farklılaşan tüketim alışkanlıkları gibi sebepler su ihtiyacının daha da artmasına sebep olmaktadır. Temel insanî gereksinimlerin karşılanabilmesi kapsamında kişi başına 50 litre suya ihtiyaç duyulurken (Gleick, 1996) , tarımsal ve endüstriyel üretimlerde ihtiyaç duyulan su miktarı bundan çok daha fazla olabilmektedir. İnsanların günlük içme suyu ihtiyacının karşılanmasında 2 litre su yeterli olabilmekteyken, bir kişinin günlük gıda ihtiyacının üretilmesi için yaklaşık olarak 3000 litre suya gereksinim duyulmaktadır (FAO, 2023). Bir hamburger için 2.400 litre, bir fincan kahve için 140 litre su gereksiniminin olması şeklinde sanal su olarak tariflenen ve ürünlerin üretilmesi için gerekli olan su miktarları düşünüldüğünde ise nüfus artışıyla artacak su tüketimi miktarı arasındaki ilişki daha da dikkat çekicidir (Water Footprint Calculator, 2022).

Nüfus artışının su kaynaklarının kullanımı kapsamında yarattığı artışın en önde gelen bileşeni gıda gereksinimini karşılamak adına kullanılan su miktarıdır. 2019 yılı verilerine göre son 50 yıllık dönem incelendiğinde dünyadaki ekilebilir alanlar %12 oranında büyümesine rağmen kişi başına düşen ekilebilir arazi miktarı 0,44 hektardan 0,25 hektara gerilemiştir (FAO, t.y.: s.14). Tarımsal üretimin verimini etkileyen en önemli bileşen ise hayat kaynağı olan sudur. Dünyadaki tarım arazilerinin sadece %20'sinde sulu tarım yapılabilen, buna rağmen gıda ihtiyacının %40'ı sulanabilir alanlardan sağlanmaktadır. Bu sebeptendir ki, dünya su tüketiminde en büyük payı (%69) tarımsal üretim (sulama, hayvancılık ve su ürünleri üretimi) kullanmaktadır (UN Water, 2019: s. 13) . Uzun dönemli su tüketim eğilimleri incelendiğinde ise su kullanımındaki artış oranının nüfus artış oranından çok daha fazla olduğu görülmektedir. 1900 yılından günümüze değin küresel tatlı su kullanım oranları altı kat artarken, 2050 yılına kadar su ihtiyacının %55 oranda artacağı öngörülmektedir (OECD,



2012). Bu kullanımlardan yüzeysel su kaynakları etkilendiği gibi yeraltı suları da etkilenmektedir. Uluslararası Yeraltı Suyu Kaynakları Değerlendirme Merkezi'nin verdiği bilgilere göre Dünya üzerinde kullanılabilir tatlı suların %30'u yeraltı suları olarak depolanmaktadır. Kalan %60 civarı buzullarda ve sadece %1'i akarsu ve göllerde bulunmaktadır. Yeraltı suları dünyadaki tüm içme suyunun yarısını, tarımsal sulamaların yaklaşık %40'ını ve endüstriyel su ihtiyacının 1/3 ünü sağlamaktadır. Yeraltı suları ekosistemlerin devamlılığını sağlarken, topraktaki çökmeleri ve deniz suyunun girişlerini önlemektedir (IGRAC, t.y.). Bunun yanında son 50 yılda yeraltı suyu çekimlerinin üç kat arttığı tespit edilirken 2050 yılında yıllık 1.100 km<sup>3</sup> çekimin olacağı bunun ise günümüzdeki çekimlere nazaran %39 oranında daha da artacağı hesaplanmaktadır (UN Water, 2018: s. 2).

Artan nüfusun su kaynaklarına olan diğer bir etkisi ise mevcut su kaynaklarının geri beslenmesine ve kalitesine yönelik olumsuz etkileridir. Bu ise artan nüfusun kentleşme sebebiyle belirli alanlarda yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde dünya nüfusunun %57'si kentsel alanlarda yaşamakta olup bu miktarın 2050 yılında %68'e çıkması beklenmektedir. Kentlerde yaşayan nüfus hızlı bir şekilde artmaktadır. 1950 yılında 751 milyon kişi kentsel alanlarda yaşarken, bu rakam 2018 yılında 4,2 milyara çıkmıştır (UN, 2018). Kentleşmiş alanların artmasının ve nüfusun kentleşmiş alanlarda yoğunlaşmasının su kaynaklarına pek çok açıdan olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu etkilerin başında arazi örtüsünün değişmesi gelmektedir. 1990-2018 yılları arasında tüm dünyada Birleşik Krallık alanına yakın bir miktarda alan (244.000 km<sup>2</sup>) yapılaşmıştır (OECD, 2018: s. 11). Ancak yapılaşmış çevrelerin geçirimsiz katmanlar oluşturması sebebiyle yeraltı sularının beslenmesine engel olduğunu gösteren pek çok çalışma mevcuttur.

Yeraltı suları doğal olarak yağmur, kar suları veya göllerin, nehirlerin dibinden sızan sularla beslenebildikleri gibi ekinlerin fazla sulanmaları neticesinde beslenebilmektedirler. Ancak arazi örtüsündeki değişimler bu beslenme miktarına etki etmektedir. Doğal bir alanda yüzeydeki yağışların %25'i derin akiferlere, %25'i sığ akiferlere ulaşırken, bu oranlar %10-20 arası geçirimsiz tabaka ile kaplı yüzeylerde %21'e, %35-50 oranında kapalı yüzeylerde %15-20'ye ve %75-100 oranında kaplı yüzeylerde %5 ve %10 oranlarına düşmektedir. Bu şekilde kapalı yüzeylerde oluşan akışlar yeraltı sularının beslenmesini engellediği gibi akışların buharlaşarak kaybolmasına ve büyük oranının da yoğun kentsel akışlarla alandan uzaklaşmasına neden olmaktadır. %75-100 arası geçirimsiz yüzeye sahip alanlarda yağışların yaklaşık %55'inin kentsel akışlarla uzaklaştığı hesaplanmıştır (Arnold ve Gibbons, 1996: s. 244). Bu şekilde kapalı ve geçirimsiz yüzeylerle alandan uzaklaşan yağışlar drenaj kanallarının yetersiz kalması sebebiyle taşkınlara ve

sellere sebebiyet verirken öte yandan yeraltı suları yeterince beslenemediği ve yağışın düştüğü bölgede yeterince buharlaşma yaşanmadığı için hidrolojik çevrim bozularak kullanılabilir su miktarı da azalabilmektedir.

Arazi örtüsündeki farklılaşmanın su çevrimine olan etkisinin yanında çok daha önemli bir etki kentleşmenin sonucunda farklı yoğunluklarda çekilen su kaynaklarının insan etkisiyle farklı alanlara taşınarak deşarj edilmesidir. Bunun temel sebebi ise nüfus artışı ve tüketim alışkanlıklarının değişmesidir. Dünya nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır. Birey sayısı arttıkça başta gıda olmak üzere insan ihtiyaçları da artmaktadır. Nüfus artışı ve tüketim yoğunluğunun arttığı bölgeler ise kentleşmiş alanlardır. Kentleşmenin metropollerde yoğunlaşarak artmaya devam etmesi ve bunun yanında metropollerini besleyebilmek adına yeni açılan tarım arazileri ve oluşturulan endüstriyel alanlar, suyun doğal kabı olarak nitelenen su havzalarının doğal su çevriminde yetersiz kalmasına ve kentlerin su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için komşu su havzalarından su aktarımına gidilmesine neden olmuştur. Suyun ait olduğu kendi havzasından çıkartılması doğal hidrolojik döngüye yapılan en önemli müdahale haline gelmiştir.

Görüleceği üzere halihazırda küresel ölçekte yaşanan iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan doğal etkilerinin yanı sıra, nüfusun ve nüfusun yoğunlaştığı kentleşmiş alanların artışı da su krizinin ve kuraklığın derinleşmesine neden olmaktadır. Yaşanan ve yaşanması muhtemel olan su krizleri ise, suyun her sektör için anahtar unsur olmasından dolayı uluslar için sağlık, ekonomik, gıda, enerji, çevre ve diğer konular kapsamında stratejik açıdan da bir güvenlik tehdidi haline gelmektedir.

Diğer yandan su krizlerinin bir göstergesi niteliğinde olup doğal afet olarak da nitelenen kuraklık; deprem, sel ya da heyelan gibi bir anda gelişerek uygun araçların yardımıyla kısa sürede üstesinden gelinebilecek bir afet türü değildir. Kuraklık uzun dönemli ve sinsi bir şekilde ilerleyen bir afettir. Bu sebeple kuraklığa yönelik oluşturulacak plan ve politikaların da uzun erimli olacak şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Çalışmanın sonraki bölümünde su krizleriyle ortaya çıkacak kuraklık süreci ile arazi kullanımını arasındaki ilişki incelenecek ve kuraklık tehdidine yönelik mekânsal planlama çalışmalarıyla alınabilecek uzun erimli tedbirler sıralanacaktır. Bu süreçte kuraklığın meteorolojik ve hidrolojik boyutu ele alınacaktır.

## **MEKANSAL PLANLAMA İLE KURAKLIĞA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER**

Su krizlerine ve kuraklığa yönelik olarak toplumların elindeki en önemli araç arazi kullanımına yönelik mekânsal planlama çalışmalarıdır.

Bu çalışmalar, değişen hidroloji paradigması çerçevesinde suyun kendi havzasından çıkarılarak farklı havzalara taşınmasını değil, suyun kendi havzası içerisinde, hidrolojik çevrime en az şekilde müdahalede bulunularak, insan yerleşimlerinin bu doğal çevrim ekseninde şekillendirilmesini amaçlamaktadır.

2001 yılında “Uluslararası Tatlısu Konferansı (International Conference on Freshwater)”, 2002 yılında “Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (The World Summit on Sustainable Development)” ve 2003’te düzenlenen 3. Dünya Su Forumu (World Water Forum) suyun havza ölçeğinde yönetimine yönelik atılan ilk ve önemli adımlar olup, devamında düzenlenen Dünya Su Forumları da suyun havza ölçeğinde yönetimi üzerine odaklanmıştır. Hali hazırda uluslararası platformlarda genel kabul gören Entegre Nehir Havza Yönetimi, uzun vadede sürdürülebilirlik sağlamak için bir nehir havzasında, su, arazi ve ilgili diğer kaynakların disiplinler arası koordinasyonunu vurgulamaktadır. Entegre Nehir Havza Yönetimi, su kaynaklarının planlanması aşamasında gerek yer altı gerekse yüzeysel su kaynaklarının miktar ve kalite açısından yönetiminin birlikte değerlendirildiği en iyi uygulama olarak kabul edilmektedir. Bu süreçte tıpkı toprak ve bitki örtüsü gibi arazi kullanımı da su kaynakları planlanmasında ve yönetiminde dikkate alınması gereken bir husustur (The World Bank, 2006: s. 3). Öte yandan su krizi ve kuraklığa karşı alınacak önlemler sadece suyun kaynağını (yağış-akış-depolama-buharlaştırma) koruma yönünde değil tüketilen su miktarı ve atık suların yönetimi ile de ilgilidir.

### **Ulusal Ölçekli Kalkınma Planları ve Bölge Planları**

Havza yönetim planları ile eşgüdüm içerisinde olabilecek ve mekânsal planlara yol gösterecek ilk kademe planlar kalkınma planları ve bölge planlarıdır. Çünkü ülke ölçeğinde kalkınmanın hangi sektörler aracılığıyla hangi bölgelerde ve kentlerde yoğunlaşacağına yönelik politikaların belirlendiği temel dokümanlar bu planlardır. Öyle ki; kalkınma ve bölge planlarında ülkenin herhangi bir kentinde herhangi bir endüstrinin geliştirilmesine yönelik verilecek kararlar o kentin işgücü ve yatırım çekiciliğini artıracığı gibi, bu işgücü ve yatırım kararları ile diğer sektörleri de etkileyerek zincirleme bir şekilde, belirlenen alana binlerce kişilik nüfusun çekilmesine ve ardından bu nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak üzere altyapı ve üstyapı ihtiyaçlarını gidermeye yönelik yapılaşma faaliyetlerini, yani kentleşmeyi de peşinden getirecektir. Kentleşmenin temel dinamikleri kapsamında önce barınma ardından beslenme, lojistik ve diğer sosyal hizmetler karşılanırken doğal yapıya ve arazi örtüsüne müdahalelerde bulunularak suyun doğal çevrimi etkilenecek ve son olarak kentleşmiş alanın organik ve inorganik atıklarının yeraltı ve yüzey-

sel su kaynaklarına baskısı artacaktır. Dolayısıyla ülke ve bölge ölçeğinde su kaynakları ve arazi kullanım kararlarının birbirinden ayrı planlanması uzun vadede istenmeyecek sonuçlara neden olabilecektir. Bu sebeple planlamanın en üst ölçekli ilk aşamasında havza ölçeğinde yapılacak nehir havza yönetim planları ile kalkınma/bölge planları arasında gerekli eşgüdümün sağlanması temel gayedir.

Havza yönetim planları ile bağlantılı olarak kalkınma planları ve bölge planlarında belirlenecek stratejilerin mekâna yansımalarına olanak sağlayacak planlama çalışmaları *Mekânsal Strateji Planları* (1/500.000 ve 1/250.000 ölçekli) ve Çevre Düzeni Planlarıdır (1/100.000-1/50.000 ölçeklerinde).

*Mekânsal strateji planlarında* su havzasının taşıma kapasitesine bağlı olarak, hangi kısmında ne kadar kentleşme ve endüstrileşmenin olabileceği ya da havzada hangi tip tarımsal faaliyetlerin (sulu-kuru tarım, ürün deseni gibi) gerçekleştirilebileceği, buna bağlı olarak ortaya çıkacak su tüketimi ile havzanın kendini yenileyebileceği doğal alan kullanımına yönelik genel mekânsal kararları vermek mümkündür. Havza koruma alanları, büyük endüstriyel odaklar, tarımsal faaliyet odakları, turizm gelişim alanları, enerji üretim alanları ve yerleşmeler ile yerleşimlerin kademelenmelerinin sembolik biçimlerde gösterilebileceği bu planlarda alınacak kararlar alt ölçekli planlarda yapılaşmaya ya da arazi korunumuna yönelik belirlenecek hükümlere yol gösterici nitelikte olacaktır. İklim verilerinin detaylı bir şekilde irdelenerek bölgesel farklılıkların göz önünde bulundurulmasıyla farklı bölgeler için farklı mekânsal stratejiler geliştirilebilecektir. Bu ölçekte alınacak kararlarla kuraklık riski taşıyan alanlardaki kümülatif su tüketimine, yeşil alan yoğunluğuna, kentleşme baskısına yönelik hedefler belirlenebilecekken özellikle yükseklik farkının ve eğimin fazla olması sebebiyle sel ve taşkın riskinin fazla olduğu bölgelerde yerleşimlerin büyüme eksenlerinin doğal eşiklere göre yönlendirilmesi sağlanabilecektir. Kuraklık ve sel-taşkın riski taşıyan bölgelerin tek bir düzlemde görülebileceği bu planlama çalışmalarında fazla yağış ve taşkın riski olan alanlardan kuraklık tehdidi altında olan alanlara doğru su kaynağı aktarımı ve büyük su depolama projeleri geliştirilebilecektir. Öte yandan su tüketiminde en büyük payı alan tarımsal üretim alanları için de iklimsel özellikler göz önünde bulundurularak kuraklığa uygun ürün deseni planlaması da yapılabilecektir.

*Çevre Düzeni Planları* mekânsal strateji planlarına uygun olarak kentsel ve kırsal yerleşim alanları ve diğer sektörlerle ilişkin genel arazi kullanım kararlarını belirleyen planlardır. Bu planlar mekânsal strateji planlarına detay kazandırarak sembolik olarak gösterilen kararların arazi üzerinde sınırlarının belirlendiği ve detaylandırıldığı planlardır. Bu ölçekte havza ve alt havzalarda

önerilen yerleşim alanlarının gelişme eksenleri, barındırabileceği nüfus miktarı, bu nüfusun beslenmesi için ayrılacak tarımsal üretim alanları ya da endüstriyel alanların çeşitliliği gibi detaylara inilirken, kentsel-bölgesel yeşil alanlar, tarım, mera, orman alanları gibi büyük arazi kullanımlarının da sınırları belirlenir. Verilecek kararlarla hem su havzasında evsel, endüstriyel ve tarımsal amaçlı su çekimlerine yönelik hem de atık suların kalite, miktar ve deşarj noktasına yönelik de mekânsal kararlar verilmektedir. Bu planlar aslında kentsel fonksiyonların arazideki sınırlarını, çeşitlerini ve yoğunluklarını belirlediği için, havzaya düşen yağışın ve yeraltı sularının ne kadarının, nerede, hangi amaçla kullanılabilceği ve kullanılan suların tekrar hangi şekilde, nereye döneceğine ilişkin kararlar da verildiğinden aslında hidrolojik döngüye yapılacak müdahaleye kararın verildiği ilk aşama mekânsal planlardır. Bu planlarda, özellikle kurak ve kuraklık riski taşıyan yerleşmelerde yüksek nüfus yoğunluğuna sahip gelişim alanları tanımlamak, gelecekte bu alana daha fazla nüfusun ve bu nüfusun ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik yoğun su tüketiminin tanımlanacağı anlamına geleceğinden dikkat edilmesi gereken bir konudur. Yerleşimlerde yer yer kentsel gelişme alanlarının içerisine bir ağ şekilde sokulan açık ve yeşil alanların oluşturulması, yağış ve akışın yeraltına kolaylıkla süzülebilmesi için önemli fırsatlar sunacaktır. Orman içindeki su molekülleri, su buharı sayesinde orman içine ve yüzeyine yayılır. Su buharı, orman yüzeyi üzerinde serbest haldeki su buharı molekülleri ile devamlı olarak bir etkileşim içindedir. Bulut ve orman arasındaki nem miktarının artışı ne kadar fazla ise bulut ve orman arasındaki mesafe o oranda yakındır. Yani ormanlar, yeterince yakınına gelen bulut veya nem kütlelerini kendilerine göre çekebilmektedirler (Şener, 2020; s. 2-3). Bu bilimsel bilgi ışığında, planlanan bölgenin denize, göl, nehir gibi bir su kaynağına kıyası olması halinde kıyıda iç kısımlara kadar uzanan ağaçlık alanların ve ormanların su buharını ve dolayısıyla yağmurları iç kısımlara taşıyacağına dikkat edilerek kurak bölgelerde yeşil koridorlar oluşturulabilecektir.

Çevre düzeni planlarının ardından bu planların arazi üzerine aplikasyonlarının sağlanabileceği imar planları gelmektedir. İmar planları ölçekleri ve kararları kapsamında Nazım İmar Planları ve Uygulama İmar Planları olarak ikiye ayrılmaktadır. *Nazım İmar Planları*, çevre düzeni planlarına uygun olarak, arazi parçalarının genel kullanım biçimlerini, başlıca bölge tiplerini, bölgelerin gelecekteki nüfus yoğunluklarını, kentsel, sosyal ve teknik altyapı alanlarını göstermekle birlikte uygulama imar planlarına da yol göstermek üzere 1/5.000 ölçekte hazırlanırlar. Bu ölçekteki planlarda sahil şeridi, kıyı kenar çizgisi, yapı yasaklı alan, taşkına maruz alan gibi detaylı sınırlamalar bulunurken ağaçlandırılacak alanlar, rekreasyon alanları, konut, turizm, sağlık alanları gibi alanlar yapılaşma koşulları ile mekâna

yansıtılırlar. *Uygulama İmar Planları* ise yapılaşmaya ilişkin tüm detayları (adalar, parseller, nizamlar, yükseklikler, yaklaşma mesafeleri vb.) içeren, ulaşım kademelenmesindeki çeşitliliği yansıtan (taşıt, yaya ve bisiklet yolları genişlikleri vb. gibi), gerektiğinde yol kaplamalarına ya da yapıların renklerine karar verebilecek detaylarda, 1/1.000 ölçekte hazırlanan planlardır (Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, 2014). 1/5000 ve 1/1000 ölçekli planlar aslında hidrolojik çevrime olan müdahalelere detaylı olarak karar verilen planlardır. Bu planlarla toprağın ne kadarının geçirimsiz tabakayla kaplanarak yeraltı sularının beslenmesine engel olunacağı; ne kadar yeşil alan yaratılarak suyun toprağa süzülmesine, buharlaşma ve terlemeye katkıda bulunulacağı; hangi yol genişliği, kaplaması ve hangi altyapı sistemleri ile yağışın kentsel alanlardan uzaklaştırılacağı gibi suyla ilgili önemli kararlar verilebilmektedir. Bunun yanında kurak dönemlerde kullanılmak üzere bina ölçeğinden mahalle ölçeğine kadar yağmur sularının nasıl toplanarak depolanacağı, atık suların yeniden kullanımına ilişkin tesislerin ölçek ve konumlarının ne şekilde olması gerektiği, kentsel ısı adası oluşumunu en az seviyede tutmak adına alt ölçeklerdeki ağaçlandırma ve peyzaj uygulamalarının çeşitliliği gibi pek çok yapısal tedbirin alınacağı planlama ölçeği de yine bu ölçeklerdir.

Arazi kullanım kararlarının yanında aslında birer su yönetimi kararı da olan mekânsal planlama kararlarıyla, su krizlerine ve kuraklığa dayanıklı kentler oluşturabilmek mümkündür. Aşağıda, su krizlerine ve kuraklığa dayanıklı kentler oluşturabilmek için kentsel fonksiyonlar özelinde dikkat edilmesi gereken hususlar üzerinde durulacaktır.

## **Kentsel Fonksiyonların Tasarımları ve Yer Seçimleri**

### *Konut Alanları*

Kentsel kullanımlar arasında en fazla alan kullanımı genellikle konut alanlarındadır. Konut alanları hem su tüketiminin doğrudan gerçekleştiği alanlardır hem de kentteki diğer fonksiyonlar gibi oluşturduğu geçirimsiz yüzeylerle yeraltı sularının beslenmesine etki eden alanlardır. Barselona Metropolitan Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada suyun en az tüketildiği alanların yüksek yoğunluklu konut alanları olduğu gözlemlenmiştir. Yıllık ortalama değerler incelendiğinde hane ve kişi başına kullanılan su miktarının yüksek yoğunluklu konut bölgelerinde en az, düşük yoğunluklu müstakil evlerde ise en fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın nedeni konut tipolojisidir. Çünkü konut alanlarındaki su tüketiminde konut büyüklüğü, armatür sayısı, bahçe büyüklüğü ve bahçe suyu ihtiyacı gibi bileşenler belirleyicidir. Dış mekân kullanımlarında ise; yüksek yoğunluklu konut alanlarında dış mekân kullanımı çok az olduğu için su kullanımı nispeten



çok daha düşükken, 500 m<sup>2</sup>'nin üzerinde bahçesi olan müstakil evlerde ise su tüketiminin 500 litre/kişi/gün'e kadar çıktığı görülmüştür. Bu nedenle konut tipi-bahçe büyüklüğü-dikilen türler su tüketimini etkileyen önemli bileşenlerdendir. Diğer yandan kullanılan su miktarının dağılımı da farklılık göstermektedir. Yoğun konut alanlarında kullanılan su miktarının %72'sinin hijyen amaçlı kullanıldığı görülürken, düşük yoğunluklu konut alanlarında kullanılan suyun %36'sının bahçe sulamada kullanıldığı görülmüştür. Bu kullanımlar yoğun ve orta yoğunluklu konut alanlarında yıllık olarak sabit kalırken, düşük yoğunluklu alanlarda kış mevsimlerine nazaran yaz aylarında iki katına yakın bir artışın yaşandığı gözlemlenmiştir. Yaz dönemlerinde kullanılan toplam su miktarının %45'inin bahçe sulamasında kullanıldığı görülmüştür (Domene ve Sauri, 2006). Konut alanları için Avustralya'da yapılan bir diğer çalışmada da müstakil konutlarda gerçekleşen su tüketiminin %56'sının konut dışında (bahçe sulama ve yüzme havuzu), %42'sinin konut içinde (banyo, duş, bulaşık yıkama vb.) gerçekleştiği ve %2'sinin ise kayıp olarak kaydedildiği belirtilmiştir. Çoklu kullanıcıya sahip konutlarda bu oranların konut dışında %51 (bahçe sulama), konut içinde %47 olduğu ve %2' sinin kayıp olarak hesaplandığı görülmüştür. Tüketimin miktarları incelendiğinde müstakil konut alanlarında, konut dışında bahçe ve havuz tüketiminde konut başına 707 litre/gün, konut içinde kişi başına ise 155 litre/gün tüketim hesaplanmıştır. Çoklu konut alanlarında sadece sulama ile konut başına 389 litre/gün su tüketimi hesaplanmıştır. Bu miktar müstakil bir konuta nazaran %45 daha az bir miktardır. Konut içindeki kişi başına su tüketim miktarı ise müstakil konutlardakinden fazla farklı olmayıp 166 litre/gün olarak hesaplanmıştır (Loh ve Coghlan, 2003). Verilen iki örnekten ve konuda yapılmış diğer çalışmalardan da (Domene, 2014; Heidari ve diğerleri, 2021; Sanchez ve diğerleri, 2020) anlaşılacağı üzere müstakil konut alanlarında tüketilen su miktarı çoklu konutların bulunduğu alanlardaki tüketim miktarından daha fazladır. Bu ise alan özelinde bakıldığında düşük yoğunluklu kentsel alanlarında dış mekan su kullanımına bağlı olarak su tüketiminin yüksek yoğunluklu kentsel alanlardakinden daha fazla olduğunu göstermektedir. Verilen bilgiler ışığında kurak ve kuraklık riski taşıyan bölgeler düşünüldüğünde üst ölçekli planlama çalışmalarından, müstakil konut kullanımına bağlı düşük yoğunluklu konut alanlarından ziyade apartmanlar şeklinde çoklu kullanıcılara sahip yoğun konut alanlarının planlanması daha sağlıklı olacaktır. Özellikle havuzlu ve sulama gerektiren türlerle kaplanmış geniş bahçeli konut alanlarının oluşturulmasından kaçınılmalıdır.

Kentlerdeki konut alanlarının hidrolojik çevrime bir diğer dolaylı etkisi ısı adalarının oluşumudur. Kırsal çevrelerde güneş ışınları doğrudan toprağa ve bitki örtüsüne ulaşarak suyun buharlaşmasına neden olmaktadırken kentsel çev-



relerde bu ışınlar yapı yüzeyleri, çatılar, sokak ve cadde yüzeylerine çarparak geri yansımaktadır. Bu yüzeylerin ısıyı soğurma özellikleri de farklıdır. Nemli toprağın özgül ısı kapasitesi asfalt ve betondan yaklaşık % 50 daha fazladır (Yüksel, 2005). Bu ise bu alanların hızlı ısınması ve hızlı soğumasına neden olmaktadır. Ancak kentlerdeki beton ve asfalt yüzeyler bu ısı değişimini yavaşlatırlar. Dolayısıyla kentler soğumaya imkan bulamadan tekrar tekrar ısınırlar. Isınan yüzeyler ise kentteki su yüzeylerinin çok daha hızla buharlaşmasına, nemli havanın hızlı yükselmesine, kentsel akışların ise ısı değerinin yükselerek ulaştığı su kütlelerinin sucul ekolojik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bununla ilgili yapılan çalışmalar tek bir ağacın dahi soğumaya yardımcı olduğu yönündedir (Streiling ve Matzarakis, 2003: s. 310; EPA, 2022). Buradan hareketle kentlerde en fazla arazi kullanımına sahip konut alanlarında, yapılarda kullanılacak cephe malzemelerine (cam, metal, tuğla, pvc, beton vb.) ve renk seçimine (beyaz ya da diğer renklerde) kısıtlar getirilmesi bölgenin soğumasına ve ortamdaki nem miktarına olumlu yönde etki edebilecektir. Konutların arasında kalan cadde, yol, meydan düzenlemelerinde mümkün olduğunca geçirimsiz tabakalarla ve döşemelerle kaplayarak gölgelik yaratacak yapraklı ağaç türlerinin kullanılması faydalı olacaktır. Bunun yanında yapı ölçeğinde yapılacak mimarî çalışmalarla, çatı bahçeleri ve serin çatılar sayesinde su kaynaklarının verimliliği artırılabilir, gerek mahalle ölçeğinde gerekse yapı ölçeğinde çözümlenebilecek yeraltı-yerüstü su depolarının tasarlanmasıyla kurak dönemlere hazırlıklı olunabilecektir.

### *Endüstriyel Alanlar*

Su kaynakları açısından değerlendirildiğinde endüstriyel alanları buzdağlarına benzetmek mümkündür. Öyle ki, endüstriyel alanlar kentlerde sadece üretim alanları olarak görülse de, aslında bünyesindeki işgücü, bu işgücünün ihtiyacı olan barınma, beslenme, rekreasyon, ulaşım gibi diğer fonksiyonları da beraberinde getirdiği için bir kent ve içerisinde bulunduğu su havzası için anlamı çok daha büyüktür. Endüstrileşme, su tüketimini artırarak kentleşmeyi hızlandıran önemli dinamiklerden birisidir. Bu sebeple endüstrileşme politikalarının kentsel gelişme politikaları ve su yönetimi politikaları ile birlikte düşünülmesi gerekmektedir.

Günümüzde endüstriyel alanların yer seçimlerinde; hammaddeye ve pazara yakınlık, ulaşım imkanları, işgücü potansiyeli, arazi yapısı ve ekonomik teşvikler gibi pek çok bileşen göz önünde bulundurulmaktadır. Bununla birlikte buz dağının görünmeyen kısmında havzanın su kaynaklarının durumuna göre herhangi bir değerlendirme yapılmamaktadır. Bu itibarla endüstriyel alanlar kurulduktan sonra değil kurulmadan önce su kaynaklarına odaklı bir planlama çalışması yapmak oldukça önemlidir.

Endüstriyel alanların parçacı bir şekilde kentin farklı bölgelerine yerleşmeleri işgücünün, konut alanlarının ve diğer hizmet kollarının da bu doğrultuda farklı bölgelere serpilmelerine neden olmaktadır. Kentin yağ lekeli şeklinde büyümesi, gerek su altyapısının çevresel ve ekonomik maliyetlerinin artmasına neden olmakta, gerekse deşarj edilen atık suyun arıtımında standardın sağlanamaması ve çevresel sorunların giderilmesi açısından da pek çok olumsuzluğu beraberinde getirmektedir. Buna bir çözüm olarak getirilen organize sanayi bölgeleri yaklaşımı su kaynakları açısından faydalı bir araç olarak görülse de bu bölgelerin bünyesindeki üretim süreçleri ve işgücü kapasitelerinin kentin içerisinde bulunduğu su havzasının kapasitesini aşmaması gerekmektedir.

Farklı endüstriyel üretim biçimlerinin farklı su tüketim miktarları ve farklı atık su içerikleri vardır. Türkiye’de endüstriyel alanlarda tüketilen proses suyu miktarlarının en yüksek olduğu sektörler; kimyasal ürünlerin imalatı (%44), gıda (%14), tekstil (%20), diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı (%7), kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri (%3), kâğıt ürünleri (%3), giyim eşyaları (%2) ve ana metal sanayii ürünlerinin (%2) imalatıdır (Kavurucu ve diğerleri, 2022: s. 23). Buradan yola çıkarak en üst ölçekteki planlama çalışmalarında endüstriyel çeşitliliğin havzadaki su miktarına göre planlanmasının faydalı olacağı sonucuna ulaşmak mümkündür. Bunun yanında yine Türkiye’de imalat sanayinde çekilen su miktarına (2020 yılı) bakıldığında çekilen suların yaklaşık olarak %70’inin deniz suyundan, %16’sının yeraltı sularından, %5’inin OSB Şebekesinden, %4’ünün barajlardan ve %2’sinin akarsulardan karşılandığı görülmektedir. Tüketilen su miktarının imalat süreçlerine dağılımı ise tüketilen su miktarının yaklaşık olarak %75’inin takviye soğutma suyu, %18’inin proses suyu, %3’ünün evsel kullanım ve %2’sinin ise takviye kazan suyu olarak kullanıldığı görülmektedir (TÜİK, 2023). Burada dikkat çeken hususların başında soğutma suyunun oranının yüksekliği ve denizden çekilen suyun oranıdır. Bu durum aslında içme, kullanma ve tarımsal kullanımlara uygun olmayan tuzlu deniz suyunun soğutma suyu olarak kullanılması açısından olumlu görünmektedir. Dolayısıyla yapılacak üst ölçekli planlamalarda endüstrilerin kirletici etkilerinin giderilerek kıyı kentlere yakın konumlanması, kullanılabilir nitelikteki yeraltı sularının ve yüzey sularının korunması açısından avantaj sağlayabilecektir. Bunun yanında özellikle kurak dönemlerde evsel, tarımsal ve çevresel su talebini karşılayabilmek için bahsedilen endüstrilerin tuzlu deniz suyunu arıtarak kullanımını sağlayabilmesine de olanak sağlanabilecektir.

Endüstriyel süreçte üretimin ardından ortaya çıkan atık suların uygun kalite standartları sağlanmadan alıcı ortamlara (yüzeysel sulara ya da yeraltına) deşarj edilmesi tüm çevre için kirletici bir unsur haline

gelirken, kullanılabilir temiz su kaynaklarını da olumsuz yönde etkileyerek kullanılabilir kaynakların kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir. Bu itibarla deniz, akarsu ya da yeraltına arıtılmadan yapılan deşarjların önüne geçilmesi gerektiği açıktır. Bu arıtmalar geleneksel yöntemler kullanılarak yapılacağı gibi modern ekolojik yöntemlerle de yapılabilecektir. Endüstri içerisinde su arıtma tekniklerinin kullanılarak endüstriye hem ilave su kaynağı kazandırmak hem de atık su sorununun endüstrinin kendi içerisinde dönüşümünün sağlanması başta gelen yöntemlerdir. Bunlar kurak dönemler için de su tasarrufu sağlayabilecek, endüstrinin kendi içerisinde ve endüstriyel planlama safhasında detaylandırılacak ihtisaslaşmış yöntemlerdir. Kentin mekânsal planlanması aşamasında hangi tedbirlerin alınması gerektiği incelendiğinde ise en dikkat çekici çözümün yapay sulak alanlar olduğu görülür. Yapay sulak alanlar, dolgu malzemesi, atık su, bitki toplulukları, mikroorganizmalar ve doğal olarak gelişen omurgasızlardan oluşan tasarlanmış havuzlardır (Temel, 2017; s.214). Bu alanlar diğer arıtma sistemlerine göre enerji ihtiyacı az, yatırım ve işletme maliyetleri düşük, işletim şartları basit, çamur üretimi çok az olan doğal atıksu arıtma sistemleridir (Çiftçi ve diğerleri, 2007: s.149). Bu alanlar bölgedeki sulak alan sistemine katkı sağlayacağı gibi açık-yeşil alan varlığında katkıda bulunmakta, buradan elde edilen bitkilerin biyogaz üretimi, gübre ve hayvan yemi olarak kullanılmasıyla ekonomiye de katkı sağlanabilmektedir. Yapay sulak alanların yer seçiminde tercih edilmesi gereken alanlar ise doğal sulak alanların yakınında bulunmalarıdır. Bu durum özellikle kurak dönemlerde hem mevcuttaki sulak alanı ve sulak alana bağlı ekosistemi destekleyebilecek hem de sulak alanlara yönelik alınacak tedbirler yapay sulak alanların da verimliliğini artırabilecektir (Ayaz ve diğerleri, 2011).

Kentsel planlama çalışmaları açısından konu özetlendiğinde; endüstriyel alanların planlanmasında en üst ölçekte karar verilmesi gereken husus, su havzasına uygun şekilde tasarlanmış üretim odaklarının planlanması olmalıdır. Su havzasının bu üretim tesislerinin ve devamında gelecek kentsel nüfusun ihtiyaçlarını karşılamada yeterli olup olamayacağının sorgulanması ve alternatif su kaynağı planlaması yapıldıktan sonra uygun yer seçiminin yapılarak alt ölçekli planlama çalışmalarına geçilmesi gerekmektedir. Alt ölçekli planlama çalışmalarına geçildiğinde ise bir önceki bölümde bahsedildiği şekilde daha az geçirimsiz tabaka, yağmur suyu iletimi ve depolanmasına yönelik altyapı ile mümkün olduğunca ağaç kullanımının artırımı şeklinde önlemler alınabilecektir. Endüstriyel yapılarda geliştirilecek su etkin mimari çözümlerle atık suların yeniden kullanımının sağlanması su kaynak verimliliğini artıracakken kurak dönemler için birer hazırlık anlamına gelecektir.

### *Kentsel Yeşil Alanlar*

Kentsel yeşil alanlar; kentlilerin rekreasyon, spor, sağlık, eğitim gibi ihtiyaçlarının karşılandığı, yaşam kalitesini yükselten ve bunun yanında kentlilere sosyalleşme imkanları sunan alanlardır. Bununla birlikte kentsel yeşil alanlar, kentin kendi ekolojisinin ve doğal kaynaklarının yenilediği alanlardır. Kentsel yeşil alanlar apartman bahçelerinden ve kent içi yol refüjlerinden başlayarak mahalle parkları, spor kompleksleri, hayvanat bahçeleri, fuar ve sergi alanları, kent ormanları, korular ve mezarlıklar gibi çeşitli ölçeklerde ve işlevlerde bulunabilmektedirler.

Yeşil alanlar kentleşmiş alanlar içerisinde hidrolojik çevrimin en az şekilde müdahale gördüğü alanlardır. Çünkü bu alanlar yağışın büyük kısmının süzülerek yeraltına aktarımının sağlandığı alanlar olduğu gibi üzerinde bulunan bitki örtüsüyle de topraktaki nemi koruyan alanlardır.

Yapılan çalışmalar atmosferdeki nemin %90'ının okyanus, deniz, göl ve nehirlerdeki buharlaşmadan, geriye kalan %10'unun ise bitki terlemesinden (transpirasyon) kaynaklandığını göstermiştir (USGS, 2019). Yeşil alanlar güneş ışınlarını tutmak, rüzgâr hızını kesmek suretiyle toprağın evaporasyon (buharlaşma) ile su kaybını azaltırken, kendileri transpirasyon ile ortama su verirler. Bu durum havanın nisbî nemini etkiler. Özellikle ormanlar hem orman tabanının nemli olması hem de meydana gelen terlemelerle nem potansiyeli yüksek olan yerlerdir. Avrupa'da orman alanlarını yüzde 20 artırmanın yaz yağmurlarını yüzde 7,6 artırabileceği öngörülmektedir (McGrath, 2021).

Ağaçlar doğal klima görevi görerek kentlerin serin tutulmasına, beton ve camın etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olur. Frankfurt kentinde yapılan bir araştırmada; kent çevresinde yer alan küçük ölçekli bitkisel alanların, hava sıcaklığını 3,5°C'ye kadar azalttığı saptanmıştır. Benzer şekilde Mexico City için yapılan bir çalışmada parklar ve yapılaşmış alanlar arasındaki sıcaklık farkının 3°C ila 6°C arasında değiştiği görülmektedir (Jauregui, 1991; Barradas, 1991). Her ne kadar ağaçlar kentlerin serin tutularak kentsel ısı adası etkisini hafifletse de suyun doğrudan çekimi ya da yeraltı sularının beslenmesi konusunda su kaynaklarına olan etkileri farklılıklar göstermektedir.

Bitki yüzeylerinden oluşan buharlaşmalar (intersepsiyon) en az çimlerde, daha sonra yumak formlu bitkilerde, çalılarda ve en fazla ağaçlarda oluşmaktadır. Buharlaşma yoluyla yağış miktarının önemli bir bölümünü daha toprak yüzeyine varmadan azalmaktadır. Ancak buharlaşma miktarı; bitki örtüsü formasyonuna (orman, çalı, çayır, bitki türü, yaşı ve kapalılığı),

yağış şiddeti ve mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. Yağışın toprağa sızması (infiltrasyon) sürecinde ise bu sıralama tersine işlemektedir. Genel olarak orman ve çalılıklar altında daha fazla diri ve ölü örtünün bulunması nedeniyle, en fazla sızma bu alanlarda olmak üzere, sırası ile yumak formulu bitkiler, kısa otlar ve en az da çıplak alanlardan olacak şekilde sıralanmaktadır. Ağaçların türlerine göre de farklı buharlaşma ve sızma değerleri bulunmaktadır. Boylu ağaçların su tüketimi bodur ve kısa boylu bitki topluluklarına oranla daha fazladır. Diğer taraftan boylu ağaç türlerinden ibrelili türlerin yaprak yüzeyleri fazla olduğundan ve kışın yaprak dökmediklerinden dolayı geniş yapraklılara oranla daha fazla su tüketirler. Buharlaşma ölçümlerine göre iğne yapraklı ormanlarda yıllık buharlaşma %28 ile %48 arasında değişmesine karşılık, yapraklı ormanlarda %14,4 ile %18 arasında değişmektedir. Maki formasyonları ise boylu ormanlara göre daha az su tüketmektedirler. Dolayısıyla kurak ve yarı kurak bölgeler ve su üretim havzaları için önemi büyüktür. Boylu ağaçlar ise toprağı derinlemesine daha fazla kullandıkları ve toprak üstü kısımları çok fazla olduğu için, çalı ve otsu türlere oranla daha fazla su tüketimi yaparlar (transpirasyon). Bunun yanında özellikle ormanlar rüzgarın hızını ve yönünü önemli derecede değiştirir ve bu da rüzgarın kurutucu etkisini, dolayısı ile topraktaki suyun tüketimini azaltır (Fidan ve diğerleri, 2008; s. 41-46).

Verilen bilgilerden hareketle kuraklığa karşı uzun erimli önlemler almak ve hidrolojik dengenin korunabilmesi için planlamanın üst ölçeğinden itibaren orman ve makilik alanların artırılması, bölgesel ve kentsel parkların desteklenmesi gerekmektedir. Lakin bu aşamada yeşil devamlılığın sağlanması oldukça önemlidir. Özellikle orman alanlarında oluşan nemli havanın bulutlarla olan çekim etkisini kullanabilmek adına deniz, akarsu ve göllerin yakınından başlayacak yeşil koridorların yerleşimlerin içlerini dolaşması faydalı olacaktır. Alt ölçekli planlara gelindiğinde ise ağaçlandırılmış bahçelere sahip konut alanları, sıklıkla ve belirli bir akış düzenine sahip mahalle parkları hem kent ve kent çevresindeki nemli havanın devamlılığını sağlayabilecek hem de kentsel ısı adası etkilerini absorbe edebilecektir. Peyzaj düzenlemeleri ile bölgeye ait bitki türlerinin kullanımı, geçirimsiz yol kaplamaları ile suyun toprak altına süzülmesi sağlanabilecektir. Bu noktada değinilmesi gereken önemli noktalardan birisi çim kullanımınıdır. Çim kaplamalar baskıya en dayanıklı türler oldukları için özellikle parklarda, spor ve oyun alanlarında çimlendirme çalışmaları yapılmaktadır. Hatta verdiği yeşil görüntünün estetik değeri sebebiyle yol refüjlerinde de çim kullanılmaktadır. Oysaki çim kullanımının su tüketimi oldukça fazladır. Çim örtünün devamlılığının sağlanabilmesi için 2-3 günde bir olmak üzere 1 m<sup>2</sup> çim alana 10 lt su verilmesi gerekmektedir (Bilkent Üniversitesi, 2023). Dolayısıyla alt ölçekli

planlama kararlarında ve peyzaj düzenlemelerinde çim dışındaki çalı ve otsu türler ile ağaççıkların kullanılması daha verimli olacaktır. Yapılacak bu düzenleme kurak dönemlerde sadece estetik kaygılar sebebiyle su tüketimine engel olabilecektir.

Çim kullanımı açısından alınabilecek bir diğer önlem ise golf sahalarına yöneliktir. Bir golf sahasının sulanması için gerekli yıllık su miktarı hektara 10–15 bin ton dolayındadır. Büyüklükleri 50–150 hektar arasında değişen golf sahalarında su kullanımı yılda yaklaşık 1 milyon metreküp dolayındadır. Bu değer, 12 bin nüfuslu bir yerleşmenin su tüketimine eşittir (Schouten, 2003: s. 17). Bu sebeple kuraklık riskinin fazla olduğu bölgelerde golf alanlarına yer verilmemesi alınacak diğer bir tedbirdir.

### *Ulaşım Altyapısı*

Caddeler, sokaklar, otoyollar vb. gibi ulaşım altyapıları kentlerdeki fonksiyonları birbirlerine bağlamalarının yanı sıra kentin jeomorfolojik yapısı içerisinde yağışlar için birer kanal görevi görmektedir. Bu sebeple yanlış yapılandırıldığında büyük miktarlardaki suyun doğrudan nehir, göl ve denizlere taşınmasına sebep olabilirken doğru yapılandırıldığında su verimliliğine büyük katkılar sunabilecek yapılardır. Su hasadı açısından düşünüldüğünde platform genişlikleri 8-35 m. aralığında olan ve kilometrelerce uzunlukta olan karayollarının milyonlarca metreküp suyu kente yeniden kazandıracığı açıktır (Tunçay, 2021: s. 45). Örnek vermek gerekirse, Türkiye'nin en kurak bölgelerden olan Konya şehri (yıllık yağış ortalaması 331,8 mm) düşünüldüğünde yıl boyunca 1m<sup>2</sup> de 3.318 ton yağmur suyunun biriktirebilmesi oldukça büyük miktarlarda su tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir. Bu aşamada kullanılacak bileşenlerin ulaşım yollarında yağmur sularının kanalizasyon sistemlerine karışmadan ayrı bir hatla toplanması ve toplanan suların daha merkezî alanlarda biriktirilmesine yönelik oluşturulan; yağmur hendekleri, yağmur bahçeleri, sarnıçlar, yağmursuyu tankları gibi bileşenlerdir. Bu bileşenler sadece yağışla harekete geçen suyun toplanarak kent için kullanılmasını sağlamak ve sadece kurak dönemler için geliştirilen sistemler olmayıp aynı zamanda sel ve erozyonu önlemede de büyük katkılar sunmaktadır. Türkiye'de yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin mevzuat bulunuyor olsa da tüm yerleşimler ve planlar için henüz hayata geçmemiştir. Öte yandan yağmursuyu toplama sistemlerinin uygulanamayacağı yerlerde ya da daha doğal ortamlarda başvurulabilecek bir diğer yöntem yağış ve akışlarla toprak arasına herhangi bir engel koymaksızın, killi yüzeyler ya da delikli

döşemelerle suyun doğrudan yeraltına süzülmesinin ya da yeşil alanlara yönlendirilmesidir.

Kurak dönemlerde mevcut su kaynaklarının miktarının yanı sıra kalitesi de önem kazanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında ulaşım ağlarının yeraltı sularını kirletici bir diğer etkisi ortaya çıkmaktadır. Bu ise özellikle soğuk bölgelerde kış ayları boyunca yapılan tuzlama çalışmalarının yeraltı sularını kirletici etkileridir. Buzlanmaya önlem olarak yollara dökülen tuzlar sadece kış aylarında değil, yıl boyunca yeraltı sularını etkilemektedir. Bunun nedeni, tuzun infiltrasyon özelliğiyle toprakta tutulmasıdır. Tuz, sodyum ve klor atomlarından oluşur ve klorür suda daha kolay hareket eder. Bununla birlikte, sodyum toprak parçacıklarına daha kolay tutunur. Yılın diğer zamanlarında fazla tuz içermeyen yağmur suları topraktaki sodyumu suya bırakır (Korzekwa, 2023). Bu kirliliğin önüne geçmek için kar süpürme gibi farklı yöntemler bulunsa da getireceği ek maliyetleri yüksektir. Dolayısıyla planlama aşamasında yol kaplamalarının asfalt, beton gibi yüzeylerden daha farklı alternatifleri değerlendirmek faydalı olabilecektir.

## SONUÇ

Su tüm canlılar için vazgeçilmez bir hayat kaynağıdır. Her ne kadar dünyamızın dörtte üçü sularla kaplı olsa da biz insanların kullanabileceği tatlı su miktarı oldukça azdır. Öte yandan gerek iklim değişikliği ve yağış rejimlerindeki farklılaşma gibi doğal etkenler, gerekse yoğun kentleşme ve değişen yaşam şekilleriyle ilgili beşerî etkenler sebebiyle kullanılabilir su varlığı azalmaktadır. İlerleyen süreçlerde çoğu ülkenin su kaynakları açısından yetersiz kalacağı ve su krizi yaşayacağı öngörülmektedir.

Yaşanacak su krizlerinin başlıca göstergelerinden birisi kuraklıktır. Kuraklık süreci ise meteorolojik kuraklık ile başlayarak, hidrolojik, tarımsal, sosyal ve ekonomik kuraklık şeklinde devam eden bir süreçtir. Aynı zamanda bir doğal afet olarak tanımlanan kuraklık, deprem ve sel gibi birdenbire gerçekleşen ve zararları kısa zamanda telafi edilebilen bir afet türü olmayıp, sinsi ve yavaş ilerleyen, etkileri pek çok sektör üzerinde gözlemlenebilen ve telafisi çok zor gerçekleştirilen bir afet türüdür. Bu sebeple su krizlerine ve kuraklığa karşı alınabilecek tedbirler de aynı şekilde uzun erimli tedbirler olmak zorundadır.

İnsanlık olarak kuraklığa sebep olan doğal etmenler için hızlı ve net önlemler alınması güç olsa da, beşerî etmenler kapsamında önlem alınması mümkündür. Değişen yaşam şekilleri ve alışkanlıklara getirilebilecek sınırlamalar ile kentleşme politikalarında su duyarlı yöntemlerin benimsenmesi kuraklığa karşı alınabilecek en etkin ve sürekliliği olan önlemlerdir.



Kentler sadece nüfusun yığıldığı, birçok işlevi bünyesinde barındıran yerleşim alanları değildir. 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 olunmaktadır. Bozulan hidrolojik denge ise yağış tür ve miktarlarında değişim, akarsu debilerinde azalma ya da yeraltı su seviyelerinde düşme şeklinde kendini göstermektedir. Bu sebeple su krizine ve kuraklığa yönelik yapılacak çalışmaların öncelikli hedefinin, suyun kendi havzasında ve doğal çevriminde kalmasının sağlanması olmalıdır.

Dünyada su yönetim politikalarında gelinen son noktada desteklenen temel yaklaşım bu yönde olup, “Entegre Su Havzası Yönetimi” şeklinde isimlendirilmektedir. Bu anlayışta, su kaynaklarının salt suyun kendi özelinde, miktar ve kalitesi kapsamında değil; toprak, bitki örtüsü, yapılaşmış yüzeyler gibi arazi kullanımları kapsamında da değerlendirilerek planlanması öngörülmektedir. Bu süreçte hidrolojik çevrime en az şekilde müdahale esas olup, kente getirilecek her bir fonksiyonun bu çevrime etkisinin hesaplanması, fonksiyonların su varlığını nasıl etkileyeceği, hangi miktar ve kalitede suyun nereden alınarak, tekrar hangi miktar ve kalitede nereye bırakılacağına ayrıntılı olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Yapılacak analizler doğrultusunda, konut, endüstri, sosyal donatı, altyapı, açık ve yeşil alanlar gibi kentteki her bir fonksiyonun konumuna, yapısal özellikleri ve yoğunluklarına karar verilirken, bu fonksiyonların ardından sürükleyeceği diğer fonksiyonlar ile toplamda yaratılacak nüfus yoğunluğunun gereksinimi olan ilave su kaynakları da hesaba katılmalıdır.

Yapılacak planlama çalışmalarıyla kentin doğal işleyişinin su duyarlı bir şekilde sürmesi sağlanırken, öte yandan kurak dönemler için de ilave önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin başında yağış ve akışla gelen suların depolanabilmelerine yönelik altyapı planlamalarının yapılması, suyun verimli ve geri dönüşümlü bir şekilde kullanımını amaçlayan sistemlerin kurgulanması gerekmektedir. Kentteki her bir fonksiyonun olağan dönemler dışında kurak dönemlerde ne şekilde çalışacağına, ilave su kaynağının nereden, ne miktarlarda sağlanacağına yönelik sektörel planlamaların yapılması gerekmektedir.

Tüm bu çalışmaların tek bir uzmanlık alanı tarafından gerçekleştirilmesi ise mümkün olmayıp disiplinler arası çalışma yöntemlerini gerektirmektedir. Ölçek hiyerarşisi ve kentsel fonksiyonlar özelinde uzmanlaşan ekiplerce, bilimsel veriler ve çalışmalar ışığında hazırlanacak mekânsal planlama çalışmaları ile su duyarlı ve su krizlerine dirençli kentler yaratmak mümkün olabilecektir.

Unutulmaması gereken gerçek; insanlık olarak su krizlerine ve kuraklık sürecine engel olunamasa bile, bu süreçlerin etkilerini en aza indirgeyebilmek adına, hâlâ önlem alınabilecek fırsatlar mevcuttur. Bilimsel veriler ve doğru mekânsal planlama kararları sayesinde suyun her damlasına sahip çıkmak mümkündür. Çünkü arazi kullanım kararları aslında birer su tüketim kararıdır.

## KAYNAKÇA

- Arnold, C. L. & Gibbons, C. J. (1996). Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American Planning Association*, 62 (2), 243-258. <https://doi.org/10.1080/01944369608975688>
- 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.
- Barradas V. L. (1991). Air temperature and humidity and human comfort index of some city parks of Mexico City. *International Journal of Biometeorology*, 35 (1), 24-28. <https://doi.org/10.1007/BF01040959>
- Bilkent Üniversitesi (t.y.). *Bakım*. <https://w3.bilkent.edu.tr/www/cevre-duzenleme-ve-koruma-mudurlugu/faaliyetler/bakim/#:~:text=Ayr%C4%B1ca%20en%20%C3%B6nemli%20hususlardan%20birtaneside,alana%2010%20lt%20su%20>
- Çiftçi, H., Kaplan, Ş., Karakaya, E. & Kitiş, M. (2007). Yapay sulak alanlarda atıksu arıtımı ve ekolojik yaşam. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (1-2) 149 – 160.
- Domene, E. & Sauri, D. (2006). Urbanisation and water consumption: Influencing factors in the metropolitan region of Barcelona. *Urban Studies*, Vol. 43, No. 9, 1605–1623. <https://doi.org/10.1080/00420980600749969>
- Domene, E. (2014). Changing patterns of water consumption in the suburban Barcelona: Lifestyles and welfare explanatory factors. *Investigaciones Geográficas*. 61, 39-53. <https://doi.org/10.14198/INGEO2014.61.03>
- EDO (2023, 11 Mayıs). *What is drought?*. European Drought Observatory. <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1001>
- EDO (2023, 11 Mayıs). *Drought Indicators*. European Drought Observatory, <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1010>
- EPA (2022, 25 Ekim). *Using Trees and Vegetation to Reduce Heat Islands*. United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/heatlands/using-trees-and-vegetation-reduce-heat-islands>
- FAO (t.y.). *The Setting*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/3/i2490e/i2490e01a.pdf>
- FAO (2023). *Water*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/water/en/>
- Fidan, C., Duran, C. & Kiriş, R. (2008). Bitki formasyonlarının su kaynakları üzerindeki etkisi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiri Kitabı*, ss.39-48.
- Gleick, P. H. (1996). Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water International*, 21 (2), 83-92. <https://doi.org/10.1080/02508069608686494>

- 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>
- Heidari, H., Arabi, M., Warziniack, T. & Sharvelle, S. (2021). Effects of urban development patterns on municipal water shortage. *Frontiers in Water*, 3 (694817), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139050>.
- Hoekstra, A. Y. (2008). The water footprint of food. J. Förare (Ed.), *Water for food* (ss. 49-61). The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Formas). <http://www.waterfootprint.org/Reports/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood.pdf>
- IGRAC (t.y.). *What is Groundwater?* International Groundwater Resources Assessment Centre. <https://www.un-igrac.org/what-groundwater>
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor & P.M. Midgley (Eds.). *Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
- Oppenheimer, M., Glavovic, B.C., Hinkel, J., Wal, R. van de, Maignan, A.K., Abd-Elgawad, A., Cai, R., Cifuentes-Jara, M., DeConto, R.M., Ghosh, T., Hay, J., Isla, F., Marzeion, B., Meyssignac, B. & Sebesvari, Z. (2019). Sea level rise and implications for low-lying islands, coasts and communities. H.-O. Portner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* içinde (ss. 321-445) Cambridge University Press.
- Jauregui, E. (1991). Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city. *Energy and Buildings*, 15 (3-4) 457-63. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90021-A](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90021-A)
- Kavurucu, B. , Ekmen, E. , Yaman, Ö. , Yazan, S. Y. , Kanmaz, N. & Ünver, Ü. (2022). Türkiye’de Endüstriyel Su Tüketimi ve Artımı. *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, 3 (1), 19-33.
- Korzekwa, K. (2023, 23 Ocak). *Settling in For The Winter (And Beyond): Road Salt Impacts Groundwater Year-Round*. SOIL (Science Society of America). <https://www.soils.org/news/science-news/settling-winter-and-beyond-road-salt-impacts-groundwater-year-round/>
- Loh, M. & Coghlan, P. (2003). *Domestic Water Use Study In Perth, Western Australia 1998-2001*. Water Corporation.
- McGrath, M. (2021, 6 Temmuz). *Ağaç dikmek yaz yağmurlarının miktarını ve iklim değişikliğini nasıl etkiliyor?*. BBC. <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-57729513>

- Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği (2014). *Resmî Gazete*, 29030, 14 Haziran 2014.
- Mishra, A.K. & Singh V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391 (1-2), 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- NDMC (2023). *Types of Drought*. National Drought Mitigation Center. <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx>
- NSIDC (2023, 16 Haziran). *Quick facts, basic science, and information about snow, ice, and why the cryosphere matters*. National Snow and Ice Data Center. <https://nsidc.org/learn>
- OECD (2012). *OECD environmental outlook to 2050: The consequences of inaction*. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD Publishing. <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/49846090.pdf>
- OECD (2018). *Monitoring land cover change*. Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD Publishing. <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/brochure-land-cover-change.pdf>
- Sanchez, G. M., Terando, A., Smith, J. W., García, A. M., Wagner, C. R., & Meentemeyer, R. K. (2020). Forecasting water demand across a rapidly urbanizing region. *Science of The Total Environment*, 730, 139050, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139050>
- Schleifer, L. (2017, 24 Ağustos), *7 reasons we're facing a global water crisis*. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/7-reasons-were-facing-global-water-crisis>
- Schouten, M. (2003). *Development in the Drought - The Incompatibility of the Ebro Water Transfer With Sustainable Development in the Southeast Region of Spain*. WWF/Adena.
- Sayers, P.B., Li Yuanyuan, Moncrieff, C, Li Jianqiang, Tickner, D., Xu Xiangyu, Speed, R., Li Aihua, Lei Gang, Qiu Bing, Wei Yu & Pegram G. (2016) *Drought risk management: A strategic approach*. UNESCO, WWF.
- SUDER (2023, Haziran). *Suyun önemi*. Ambalajlı Su Üreticileri Derneği. <https://suder.org.tr/saglikli-su-hidrasyon/suyun-onemi/>
- Streiling, S. & Matzarakis, A. (2003). Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: A case study. *Journal of Arboriculture*, 29 (6), 309-316.
- Şener, H. (2020). Ormanlar Yağmuru Çeker mi? *İklim Değişikliği ve Çevre*, 5 (1), 1-12.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2018). *On birinci kalkınma planı (2019-2023) - Su kaynakları yönetimi ve güvenliği özel ihtisas komisyonu raporu*.
- TDK (2022). *Güncel Türkçe sözlük*. Türk Dil Kurumu. <https://sozluk.gov.tr/>

- Temel, F. A. (2017). Endüstriyel atıksuların arıtımında yapay sulak alanların kullanımı, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8 (1), 213-226.
- The World Bank (2006). *Integrated River Basin Management From Concepts to Good Practice*. Briefing Note 15 - The Finishing Touches to the Creation of a River Basin Organization.
- Tunçay, H. E. (2021). *Suya Duyarlı Şehirler*. Türkiye Su Enstitüsü - SUEN.
- TÜİK (2023). *Belediye Su İstatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=121&locale=tr>
- UN (2022). *Global Issues: Population*. United Nations, <https://www.un.org/en/global-issues/population>
- UN (2018, 16 Mayıs). *68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN*. United Nations, <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- UN Water, (2018). *The united nations world water development report 2018: Nature-based solutions for water, facts and figures*. United Nations World Water Assessment Programme, UNESCO.
- UN Water (2019). *The united nations world water development report 2019: Leaving no one behind*. United Nations World Water Assessment Programme, UNESCO.
- UNCCD (2022). *Drought in numbers 2022 - Restoration for readiness and resilience*. United Nations Convention to Combat Desertification. <https://reliefweb.int/report/world/drought-numbers-2022-restoration-readiness-and-resilience>
- UNDRR (2021). *GAR special report on drought 2021*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneva.
- USGS (2019, 15 Kasım). *How much water is there on Earth?* U.S. Geological Survey. [https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
- Water Footprint Calculator (2022, 20 Ekim). *The hidden water in everyday products*. <https://www.watercalculator.org/footprint/the-hidden-water-in-everyday-products/#:~:text=The%20water%20footprint%20of%20a,step%20of%20the%20production%20process>
- WHO (2023). *Drought*. World Health Organization, [https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1)
- Wilhite, D. A. & Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International* 10 (3), 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>

- WMO & GWP (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. Svoboda & B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3057](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3057)
- WMO (2020). *Drought*. World Meteorological Organization, <https://public.wmo.int/en/resources/world-meteorological-day/previous-world-meteorological-days/climate-and-water/drought>
- Yüksel, Ü. (2005). Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin yaz aylarında uzaktan algılama ve meteorolojik gözlemlere dayalı olarak saptanması ve değerlendirilmesi üzerinde bir araştırma [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi.