

KENT GÜNDEMİNE BAKIŞ

Kuraklık, Su Bağımlılığı ve İstanbul'un Kronik Su Stresi



Yayın Yönetimi ve İdari Koordinasyon
İstanbul Planlama Ajansı

İçerik Sorumluları
Semiha Turgut, Özge Tekçe Demirkol

Hazırlayanlar
Elif Yıldız Kızılca, İlknur Özgen, Nuri Cem Ceylan, Semiha Fatma Turgut

Katkıda Bulunanlar
Özge Tekçe Demirkol

Tasarım Konsepti ve Yayın Kimliği
Kader Şahin

Basım Yeri ve Tarihi
İstanbul, Temmuz 2023

ISBN: 978-625-6762-34-3
İstanbul Büyükşehir Belediye İştiraki Kültür A.Ş. yayınıdır.

İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ	1
GİRİŞ	3
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDEN KRİZE	8
Ortalama Sıcaklık	9
Toplam Yağış	11
Sıcak Hava Dalgası İndeksi	12
Soğuk Hava Dalgası İndeksi	13
Kuraklık	14
Aşırı Yağışlı Günler	14
Marmara Bölgesi İçin Değerlendirme	15
TARİHSEL SU BAĞIMLILIĞI	16
SUYUN MEVCUT DURUMU	19
KRİZİN KÖSTEKLERİ: MEGA PROJELER	31
SONUÇ	35
KAYNAKÇA	36

YÖNETİCİ ÖZETİ

Değişen iklim koşulları, artan insan faaliyetleri ve kentleşme iklim değişikliğini krize çevirirken, bu krizin etkileri ekosistemleri ve yaşam alanlarını olumsuz etkilemektedir. Hayati bir kaynak olan su, yüzyıllar boyunca insan yerleşimlerini şekillendiren temel öge olurken, 1950 sonrası yaşanan kentleşme ile suyun kentlerdeki önemi arka planda kalmıştır.

Küresel ısınma derecesine yönelik uluslararası hedefler ve eylemler günümüzde beklenen seviyeye ulaşamazken, oluşan iklim krizinin etkileri bugünlerde ülkemizin farklı yörelerinde orman yangınları, kuraklık ve aşırı yağış kaynaklı taşkınlara neden olmaktadır. Haziran aylarında Karadeniz Bölgesinde hakim olan aşırı yağışlara karşın Güneydoğu Anadolu Bölgesi şiddetli kuraklıkla karşılaşmış, Temmuz ayında ise Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yangın riski en yüksek seviyeye çıkmıştır.

İklim krizinin etkileri bölgelerde farklı risklere neden olurken, ulusun en önemli şehirlerinden İstanbul, iklim kriziyle gelen risklerin yanı sıra mega projelerin getirdiği risklerle de yüzleşmektedir.

İstanbul'da 2000'li yıllarda yaşanan sıcaklık artışı 2°C'den fazla olurken, yaşanan sıcak hava dalgalarının farklı senaryolarına göre 10 ila 50 günlük artış beklenmektedir. Tarihi boyunca kuyular, sarnıçlar ve su yollarıyla su altyapısını oluşturan İstanbul, 1990'lı yıllarla birlikte Istrancalar, 2000'li yıllar sonrasında ise Melen olmak üzere il sınırının dışında yer alan, yakın coğrafyasındaki kaynaklara yönelmiştir. İstanbul'un barındırdığı su kaynakları ile nüfusunun farklı yakalarda yoğunlaşması, su altyapısında önemli yatırımların yapılmasını beraberinde getirirken, mevcut su kaynaklarında yaşanan yağış ve buharlaşma değişimleri, havza koruma kuşaklarında artan yapılaşma ve nüfus İstanbul'da suyun geleceğine yönelik uyarı sinyalleri vermektedir.

Değişen yağış rejimlerinden İstanbul'un kuzeyinde yer alan su kaynakları görece daha az etkilenmektedir. Bu durum İstanbul'un ciğerleri olarak tanımlanan ve İstanbul'da yaşamın sürekliliği için vazgeçilmez bir parça olan Kuzey Ormanları ve ekosistemlerinin önemini bizlere tekrar hatırlatmaktadır. Bununla birlikte bu bölge aynı zamanda iklim krizi ve gelecek projeksiyonlarını gözardı eden, ilkeli kentleşme politikaları ile uyuşmayan mega projeler için de cazibe noktası olmuştur.

İstanbul Havalimanı ile geri döndürülemez bir tahribata uğrayan Kuzey, Kanalı İstanbul ile tekrar risklerle yüzleşmekte; projenin güzergahında bulunan barajlar başta olmak üzere yeraltı su kaynakları ve derelerin oluşturduğu su ekosistemleri bütünüyle tuzlanma, arazi kullanım değişiklikleriyle birlikte kirlenme ve en nihayetinde yok olma tehdidiyle karşı karşıyadır.

İstanbul'da farklı kurum ve planlarca geliştirilen su politikaları ve uygulamaları uzun vadede suyun varlığını sürdürmeye yönelirken, mega projelerin oluşturduğu tehdit bu çabaları arka planda bırakmaktadır. İstanbul'a ekonomik olarak atfedilen önemin kritik yönü su kaynaklarıyla olan bağımlı ilişkidir, dolayısıyla su ile doğrudan ilişkilenebilen aktörlerin de konuya ilişkin politikalar geliştirmesi ihtiyacı beraberinde gelmektedir.

Büyük nüfuslara ev sahipliği yaptığı tarihten bugüne su ihtiyacının hiç bitmediği bir şehir olan İstanbul'un iklim krizi, planlanamayan şehir yapısı ve mega projeler ile su ihtiyacı kronik bir sorundan krize doğru giderken alınması gereken önlemler bütüncül kentleşme politikalarına ihtiyaç duymaktadır. Su sorunu, hem nüfusun hem de ekonominin sürdürülebilmesi için İstanbullu'nun ve politika uygulayıcılarının gündeminde sadece yaz aylarında düşen baraj oranları ile değil, bir planlama sistematığı içinde sürdürülebilirliğin merkezde olduğu bir boyutta yer almalıdır.

GİRİŞ

Dünyanın doğal sürecinde geçtiğimiz yüzyıllar boyunca iklimi değiştirmiştir; günümüzde ise insan faaliyetleri kaynaklı bir değişim gözlenmekte ve bu değişim gün geçtikçe derinleşmektedir. Fosil yakıt tüketimi, sanayi, ormansızlaşma, atıklar gibi sektörel faaliyetler dünyanın doğal döngüsü dışında insan etkisi ile oluşturulmuş iklim krizine sebebiyet veren faaliyetler olarak sayılmaktadır. Özellikle Sanayi Devrimi, insan kaynaklı küresel ısınma ve iklim krizinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir.

Küresel iklim krizi sıcaklık, yağış, deniz ve okyanus suyu sıcaklıkları, deniz seviyesinde yükselme gibi değişimleri beraberinde getirmektedir. Bu değişiklikler uzun dönemde çeşitli sonuçlara gebe, önemli can ve mal kayıpları oluşma riski artmaktadır.

Fosil yakıtların atmosfere sera etkisi yarattığı 1856 yılında Eunice Foote tarafından ortaya atılmıştır. Arrhenius tarafından 125 yıl öncesinde CO2 konsantrasyonunun Sanayi Devrimi öncesine göre iki kat artması durumunda sıcaklığın 5-6°C artacağı öngörülmüştür.¹ Fakat insan faaliyetlerinin iklim değişikliğine etkisi çok uzun süre sonra kabul edilmiştir. 1992 yılında 197 ülke tarafından BM İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi imzalanarak Arrhenius'tan yaklaşık 100 yıl sonra söz konusu etki kabul edilmiştir.

“Su şehirlerin oluşumunu şekillendirirken zaman içinde şehirler de suyu şekillendirir. Dünyada pek çok örnek, şehirlerin özellikle endüstri devrimi ile beraber suyla kurduğu ilişkilerin giderek sürdürülebilirlikten uzaklaştığını göstermektedir. Sanayileşme ile başlayan bu süreci bir aşamadan sonra kendi lehine çeviren; yıpranan su kaynaklarını restore eden, tahrip olmuş doğal alanlarını onaran, alternatif su kaynaklarını ve suyun geri dönüşümünü devreye sokan, mevcut kaynaklarını koruyan ve dengeli kullanan şehirlerin bugün dünyadaki en yaşanılabilir şehirler olduğu bilinmektedir. Suya duyarlı şehirler oluşturmak, yirmi birinci yüzyılda baş etmek zorunda olduğumuz iklim değişiminin bir gerekliliği olarak geliştirilmesi gereken önemli bir kentleşme ve su politikasıdır.”

Prof. Dr. Hayriye Eşbah Tunçay

¹ Yannopoulos, S., Yapijakis, C., Kaiafa-Saropoulou, A., Antoniou, G., & Angelakis, A. N. (2017) History of sanitation and hygiene technologies in the Hellenic world, Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, 7(2), 163-180.

Orman, bitki örtüsü, toprak, sulak alanlar ve denizlerde depolanan karbonun ısınarak atmosfere geri dönmesinin önlenmesi için sıcaklık artışının 2°C'nin altında olması gerekmektedir. 2050 yılında artış 2°C'nin altında kalsa ve karbon nötr emisyon hedefine ulaşılsa dahi iklim değişmeye, kuraklık ve sel olayları yaşanmaya devam edecektir.

İklim krizi senaryoları, küresel ısınma derecesi üzerinden 1,5 °C, 2 °C ve 4 °C olarak farklı senaryolarda sunulurken, bu senaryoların sıcaklık ve yağış gibi farklı etmenlerdeki etkileri de değişmektedir. Türkiye'nin Akdeniz, Orta Doğu ve Karadeniz iklimlerini içeren karmaşık iklim yapısı, iklim değişikliğinin etkilerinin ülke genelinde farklılaşmasına neden olmaktadır.

Genel olarak 2°C küresel ısınma düzeyinde Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklarda 2050 yılına kadar 2°C, 2100 yılına kadar ise 2,8°C artış olacağı tahmin edilmektedir. Sıcaklıklardaki artışların su kaynaklarında meydana getirdiği buharlaşma ve yağış rejimlerindeki değişiklikler ülkenin su varlıklarını etkilemektedir. Farklı iklim göstergelerindeki değişimler incelendiğinde 2050 yılında yağışta beklenen değişimlerin, yine küresel ısınma düzeyinin 2°C olduğu senaryoda, tarımsal kuraklık yaşanan sürenin %23, hidrolojik kuraklık yaşanan sürenin ise %14 artması anlamına geldiği görülmektedir. İlk bakışta çok önemli değişimler olarak görülmeyen bu artışlar, tarımsal kuraklık görülme sıklığının %58 oranında artması riski ile bir araya gelince, Türkiye'nin karşı karşıya olduğu önemli bir tehlikeyi ortaya koymaktadır.²

İklim krizinin etkileri ile birlikte nüfus ve ekonomik büyümenin, su kaynaklarına olan talebi hızla artırması nedeniyle kronik su sorunu yaşayan ülkelerdeki toplam nüfusun 2050 yılına kadar %50 artarak 620 milyondan, 933 milyona çıkması beklenmektedir. Kullanılan tatlı su miktarının yağışla ya da suyun geri dönüşümü ile temin edilememesi durumunda su sistemleri üzerindeki baskının artarak yeraltı suyu depolamasını sürekli olarak azaltmasının kaçınılmaz olduğu görülmektedir.³

1992 yılındaki Rio Dünya Zirvesi'nde tatlı su dünya çapında gündeme alınması gereken bir konu olarak vurgulanmış; bu tarihten sonra küresel kalkınmada, küresel sağlıkta ve sürdürülebilirlikteki kritik rolüyle birçok uluslararası zirvede ele alınarak konuyla ilgili harekete geçme çağrıları yapılmıştır.⁴ Günümüzde sağlık, gıda güvenliği ve su güvenliği bağlamında sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek için su yeterliliği ve su kalitesi kritik önem taşımaktadır.

² Spano D. ve diğ. (2021). G20 Climate Risk Atlas. Impacts, policy and economics in the G20. DOI: 10.25424/cmcc/g20_climaterisk

³ UNDRR (2023). GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals. Geneva.

⁴ UNEP (2016). A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 162.

Dünyada görülen artan su kirliliğinin doğrudan nedeni olarak nehirlere ve göllere atık su yüklemesindeki artış olduğu belirtilirken; nihai nedenler arasında nüfus artışı, artan ekonomik aktivite, tarımın yoğunlaşması ve genişlemesi ve düşük düzeyde veya arıtma olmadan artan kanalizasyon bağlantıları sıralanmaktadır.⁵

Dünyadaki genel duruma baktığımızda özellikle 1900'lerden itibaren Latin Amerika, Afrika ve Asya'daki nehirlerin çoğunda su kirliliğinin artış ivmesinde olmasının endişe verici olduğu görülmektedir. Bu üç bölgede; şiddetli patojen kirliliği tüm nehir uzantılarının yaklaşık üçte birini, şiddetli organik kirliliği ise tüm nehir uzantılarının yaklaşık yedide birini etkilemektedir. Mevcut kirlilik oranları nedeniyle özellikle kırsal alanlardaki milyonlarca insanın hem sağlığı hem de gelir kaynaklarında ciddi etkiler görülmektedir.⁶ Gelişmekte olan ülkelerde su kalitesinin bozulmasına karşı en savunmasız gruplar arasında, ev faaliyetleri için yüzey sularını sıklıkla kullanmaları nedeniyle kadınların ve yerel yüzey sularındaki oyun faaliyetleri ve su taşıma görevlerini sıklıkla üstlendikleri için çocukların yer aldığı belirtilmektedir. Ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak balık tüketen kırsal kesimdeki düşük gelirli ve geçim kaynağı olarak tatlı su balıkçılığı yapanlar da savunmasız gruplar arasında yer almaktadır.⁷ Dünyadaki su krizine nüfusa göre baktığımızda etkilenen insan sayısı bakımından Hindistan ve Çin öne çıkarken, yaşanan su kıtlığının şiddeti açısından Katar, İsrail, Lübnan, İran, Ürdün, Libya, Kuveyt, Suudi Arabistan, Eritre, Birleşik Arap Emirlikleri gibi Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin ilk sırada olduğu görülmektedir.⁸ Günümüzde 2 milyardan fazla insan su riski altındaki ülkelerde yaşamakta ve 3,6 milyar insan yılda en az bir ay suya yetersiz erişmektedir. Bu on yılın sonunda, nüfus ve ekonomik büyümeye bağlı olarak tatlı su talebine arzın %40'ı geçmesi beklenmektedir.⁹

“Dünyadaki büyük megapollerin önemli bir kısmı yüksek nüfus kaynaklı problemlerle uğraşmak zorunda kalıyor. Eğer bu megapollerin nüfusları oldukları seviyenin dörtte birinde kalsaydı bugün yaşanan sorunların önemli bir bölümü de kolaylıkla ortadan kalkabilirdi. Bu megapollerin çoğunun bir başka ciddi sorunu da uzun süre içerisinde yavaş yavaş ve çoğunlukla düzensiz biçimde gelişmiş olmalarıdır. Yüksek nüfus ve çarpık kentleşme birleştiğinde ise kolaylıkla üstesinden gelinemeyecek bir sorunlar yumağı oluşur. İstanbul'un şu an içinde bulunduğu durumu da böyle tanımlamak mümkündür.”

Prof. Dr. Levent Kurnaz

⁵ A.g.e.

⁶ A.g.e.

⁷ A.g.e.

⁸ Hofste, R. W., Reig, P., & Schleifer, L. (2019). 17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress>

⁹ UNDRR (2023). GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals. Geneva.

Kentleşme baskısının yanı sıra iklim değişikliğinin etkisi ve aşırı hava koşullarının artık hissedilir olması ile de su stresi önemli bir sorun haline gelmiştir. Suyu her geçen gün artan talebin mevcut kaynaklarla karşılanmasında zaman zaman zorluklar baş göstermektedir. Su stresi, yani suya olan talebin, mevcut su miktarından fazla olması,¹⁰ 2012 yılından bu yana etkisi ve gerçekleşme olasılığı artan en önemli riskler arasında gösterilmektedir.¹¹ Bununla birlikte ekosistemlerin zarar görmesi, verimsiz tarımsal sulama, sanayi tüketimi ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi sorunlar da su stresini olumsuz etkilemektedir. Su stresi veya temiz suda yaşanabilecek tedarik ya da fiyatlandırma sorunları sağlık problemleri, salgınlar ve üretim sistemlerinin etkilenmesi neticesinde ekonomik sorunlara da neden olmaktadır.¹²

Prof. Dr. Ayşegül Tanık bu durumun doğal su döngüsünde ortaya çıkardığı etkileri şu şekilde sıralamaktadır:

- Yağışların mevsimsel dağılım ve miktarındaki değişiklikler,
- Ortalama yıllık yüzey akışındaki değişiklikler, kıyı alanlarındaki hidrolojik etkiler,
- Su kalitesinde bozulmalar,
- Yeraltı suyunda miktar ve kalite düşüşleri,
- Taşkın ve kuraklık gibi aşırı iklim şartlarının mega kente etkisi,
- Su sıcaklıklarındaki yükselme,
- Suyu talebin artması.

Su stresinin nedenleri ve sonuçları arasındaki bu durum iklim krizinin etkileriyle daha da karmaşık hale gelmektedir. Suyun insan hayatı için önemi herkesçe bilinen bir gerçek iken, ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisi ve suya bağımlı endüstriler son dönemde önemli politika tartışmaları arasındadır. Su stresinin üretim süreçlerinde ya da iş hacminde meydana getirmesi muhtemel etkilerin, gelir ve iş kayıplarına neden oluşu yoksulluk ve ekonomik krizler gibi diğer streslerin tetiklenmesine ya da kronikleşmesine neden olmaktadır.

Suya dayalı endüstrilerin faaliyetlerinin olası su stresinden olumsuz etkilenmesi, İstanbul'un ekonomik faaliyetlerde ülkenin önemli bir merkezi olması bağlamında üretim süreçlerinin ve iş hacminin etkilenmesi riskini ortaya çıkarmakta, bu da iş kayıplarına ve gelir azalmasına yol açma olasılığına neden olmaktadır. İşsizlik ve gelir kaybı yoksulluk riskinin artmasına neden olmaktadır. 2014 yılı verilerine göre dünyadaki toplam aktif iş gücünün %42'sinin suya bağımlı olduğu aktarılmıştır.¹³

¹⁰ Avrupa Çevre Ajansı (1999). Environment in the European Union at the turn of the century.

¹¹ World Economic Forum. (2021). The Global Risks Report 2021 16th Edition. http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

¹² World Bank Group. (2018). CityStrength Diagnostic Methodological Guidebook. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/996471525721935888/pdf/125991-WP-P150083-PUBLIC-CityStrength-Guidebook-2018.pdf>

¹³ WWAP 2016. The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs. Paris, UNESCO.

İklim değişikliği ile toplumu, ekosistemi ve sektörleri olumsuz etkileyen doğal afetlerin şiddet, sıklık ve yoğunluğunda artış olacağı tahmin edilmekte ve iklimi bir krize dönüştüğü kabul edilmektedir. Buna bağlı olarak toplum ve çeşitli sektörlerin aşırı hava olaylarına karşı giderek daha savunmasız hale gelmesi beklenmektedir. Bu afetlerin etkilerini azaltmak için sektörel kırılganlıkların ve risklerin değerlendirilmesi ve ulusal düzeyde uyum önlemlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.¹⁴ Bu risk oldukça yüksektir ve suyun ekonomik faaliyetlerdeki önemini ve günlük yaşamımızdaki yerini vurgulamaktadır.

Suya bağımlı iş gücü, tarım, balıkçılık, hayvancılık, tekstil, enerji üretimi ve sanayi gibi birçok sektörü kapsar. Bu sektörler suya erişim ve su kalitesi gibi faktörlere büyük ölçüde bağımlıdır ve suyun sürdürülebilir ve etkin kullanımı, bu sektörlerin ekonomik büyümeye ve istihdama katkı sağlamasında önemli bir rol oynar.

Ancak, su kaynaklarının giderek azaldığı ve su krizlerinin daha yaygın hale geldiği düşünüldüğünde, suya bağımlı iş gücü ve bu sektörlerin geleceği için su yönetiminin ve sürdürülebilir su kaynaklarının korunmasının önemi giderek artmaktadır.

Endüstrilerde etkin su kullanımı:

- Endüstrilerde prosesi suya bağımlı olan sektörlerde özellikle tesis içi kontrolün sağlanması ve geri kullanımın mümkün olduğunca gerçekleştirilmesi,
- Endüstrilerde göreceli olarak az su kullanan modern ve yenilikçi teknolojilere geçilmesinin sağlanması,
- Prosese girmeyen ancak önemli miktarda su kullanımı gerektiren soğutma suyu temininin mümkünse alıcı ortamdan temin edilebilmesinin sağlanması,
- Endüstrilerde kullanılan evsel kullanım suyunu, kazan suyunu tercihan alternatif kaynaklardan (yağmur suyu, gri su, arıtılmış atıksu vs.) sağlanması,
- Arıtılmış atık suların alıcı ortama verilmesinin yerine uygun şartlara getirilerek özellikle tarımsal sulama, endüstriyel tarım sulaması, yeşil alan sulaması, park bahçe sulaması, akiferlerin beslenmesi, göletlerin doldurulması gibi alternatiflerin benimsenmesi ile su kaynaklarının hem korunması hem de geri kullanımı ile su kaynaklarından tasarruf edilmesi önemlidir.

Tarımsal sulamada etkin su kullanımı açısından;

- Salma sulama yerine kapalı (basınçlı) sulamaya geçilmesi ile su tasarru sağlanması,
- Yönetmeliğe uygun olarak arıtılmış atık suların tarım alan sulamasında kullanılmasının sağlanması.
- Sulama sistemlerinin ve tarımsal üretiminin modernizasyonu,
- İklim şartlarına ve toprak özelliklerine bakılarak uygun tarımsal ürünün yetiştirilmesi gibi öneriler su stresini azaltmak, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımını sağlamak adına İstanbul'da yapılması gerekenlerin başında gelmektedir.

Prof. Dr. Ayşegül Tanık

¹⁴ UNFCCC (2023). European Environment Agency Bölgesel Kuraklık Kestirimleri. Ankara.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDEN KRİZE

Sanayi Devrimi öncesi atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun 280 ppm olduğu bilinmektedir. Bu değer 2015 yılında 400 ppm, 2021 yılı ortalamasının ise 416,45 olduğu bilinmektedir.¹⁵ CO₂ konsantrasyonlarındaki artış sürekli hızlanmaktadır. 2000'li yıllarda 2 ppm kadar olan yıllık artış, 2010'lu yıllarda 2,5 ppm'e çıkmıştır.¹⁶

Değerler incelendiğinde BM İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi'nin imzalanması, 1997 yılında Kyoto Protokolü, 2016 yılında Paris Anlaşması yürürlüğe girmiş ve hepsinde emisyon azaltımı hedeflenmiş olsa bile küresel bazda azalma olmamıştır tam tersi artış görülmektedir. 2019 yılında 49 milyar ton CO₂ açığa çıkmış olup, sadece küresel Covid-19 salgını döneminde %5,8 oranında azalma gerçekleşmiştir.¹⁷

Dünya'da uzun yıllardır en fazla sera gazı emisyonu olan ülke ABD iken 2000'li yıllardan günümüze Çin birinci sırada yer almaktadır. Bununla birlikte bunun sebebi ABD'nin emisyon azaltımı değil, Çin'in emisyonlarının çok fazla artışıdır.¹⁸ Bu ülkelerden sonra en fazla emisyon salan ülkeler Hindistan, Rusya, Japonya, Almanya ve İngiltere'dir.¹⁹ Gelişmişlik düzeyi az olan ülkeler küresel ısınmaya sebep olan salınımdan gelişmiş ülkelerin sorumlu olduğunu bu yüzden azaltımdan da sorumlu oldukları fikrini öne sürmektedirler.

2020 verilerine göre Türkiye toplam sera gazı emisyonunda dünya genelinde 16. sıradadır.²⁰ İstanbul'un sera gazı emisyonu ise 2015 yılı itibarıyla 47,3 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.²¹ Envanter 2020 yılı için güncellenmiş ve emisyonların 50,9 milyon ton CO₂ eşdeğerine yükseldiği belirlenmiştir.²² Bunun yüzde 63'ü enerji, yüzde 28'i ulaşım ve yüzde 9'u atıklardan kaynaklanmaktadır.

İstanbul'un kuzeyinde 2009-2016 yılları arasında gerçekleşen mega projeler ve ormanlardan verilen kayıplarla birlikte 15 bin hektar kadar orman azaldığı ve diğer arazi kullanım değişiklikleriyle toplamda 4,4 milyon ton CO₂ eşdeğeri

¹⁵ NOAA (2022). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. National Oceanic and Atmospheric.

¹⁶ A.g.e.

¹⁷ IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.

¹⁸ Crippa, M., Guizzardi, D., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., Olivier, J.G.J., Grassi, G., Rossi, S., Vignati, E. (2021). GHG emissions of all world countries - 2021 Report. EUR 30831 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021.

¹⁹ IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

²⁰ Dünya Bankası (2021), <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM>.

²¹ İBB (2018), İklim Değişikliği Eylem Planı Final Raporu 2018, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 135.

²² İBB (2021), İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 109.

emiyon oluştuğu hesaplanmıştır.²³ İBB 2050 yılı için karbon nötr kent olma hedef belirlemiştir.

Türkiye’de İklim Değişikliğine Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi kapsamında Türkiye için oluşturulan iklim değişikliği senaryoları T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından sağlanan veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu modellerde CMIP5 arşivinden seçilen RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları kapsamında üç küresel iklim modelinin çıktıları kullanılmıştır.

İlgili modelde referans periyodu 1971-2000 yılları arasını temsil etmektedir. Modelde referans dönemi için yağış ve sıcaklık değerlerinin uzun yıllar aylık ortalama/toplam değerleri hesaplanmış ve gözlemlerle kıyaslanmıştır. Toplamda 80 yılı kapsayan gelecek dönem simülasyonu ise 2021-2100 yıllarını kapsamaktadır. RCP4.5 ve RCP8.5 salım senaryoları 1971-2000 referans dönemine göre kıyaslanarak projeksiyon dönemi değişimleri yıllık olarak analiz edilmiştir. Etki analizi, 2021-2100 projeksiyon döneminin 20’şer yıllık dört dönemine (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 ve 2081-2100) bölünmüş ve hem RCP4.5 hem de RCP8.5 senaryoları altında değerlendirilmiştir.

Ortalama Sıcaklık

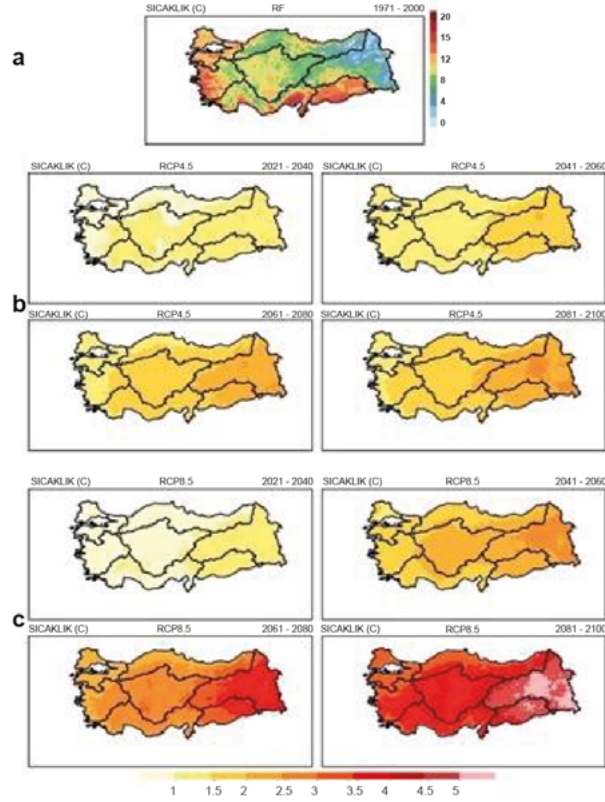
Referans döneminde Ege ve Akdeniz Bölgeleri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin kıyı kesimlerinde ortalama sıcaklık 14°C ile 19°C arasında değişirken, Marmara Bölgesi’nde yaklaşık 12°C’dir. Ülkenin doğusuna doğru, özellikle Doğu Anadolu Bölgesi’nin yüksek kesimlerinde ortalama sıcaklık 2°C’ye kadar düşmektedir. En yüksek ortalama sıcaklık değerleri, 20°C’ye ulaşan Çukurova’nın tamamında görülmektedir.²⁴ Her iki senaryoda da sıcaklıkların referans dönemden daha yüksek olacağı öngörülmektedir.²⁴

Yüzyılın sonunda ortalama sıcaklık değerlerinin RCP4.5 senaryosuna göre özellikle ülkenin doğusunda yaklaşık 2,5°C artması ve geri kalanında ise en az 1°C artması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre 2060’lara kadar Türkiye genelinde ortalama sıcaklığın yaklaşık 2,5°C artacağı ve bu artışın yüzyılın sonunda 5°C’yi geçeceği öngörülmektedir. RCP8.5 karamsar senaryosuna göre 2081-2100 döneminde Türkiye’de en az Marmara Bölgesi’nde 3°C, en çok Doğu Anadolu Bölgesi’nde ise 5°C’nin üzerinde bir ısınma olacağı tahmin edilmektedir.²⁵

²³ Doğru, A.Ö., Göksel, Ç., David, R.M., Tolunay, D., Sözen, S., Orhon, D. (2020), "Detrimental environmental impact of large scale land use through deforestation and deterioration of carbon balance in Istanbul Northern Forest Area," Environmental Earth Sciences, 79:270, 13.

²⁴ İklim Uyum Projesi. (2022). Ulusal Ölçekte Çoklu-Tehlike Değerlendirmesi ve Ekstrem İklim İndisleri. Ankara.

²⁵ A.g.e.



Görsel 1. Referans Dönemi (a) Toplam Sıcaklık Ortalaması ve RCP4.5 Senaryosu (b) ile RCP8.5 Senaryosu (c) için Projeksiyon Dönemindeki Değişimler²⁶

İstanbul da Türkiye gibi sürekli ısınan bir şehirdir. Betonlaşmanın hızla arttığı İstanbul'da 2000'li yıllarda sıcaklık artışı 2°C'nin üzerindedir.²⁷

İstanbul'un 1929-2019 dönemine ait verilerine göre günlük ortalama sıcaklıklar en yüksek ağustos (23,9 °C), en düşük ocak ve şubat (5,9°C) aylarında olup kentin yıllık ortalama sıcaklığı 14,5°C'dir. Aylık ortalama değerler haziran-eylül arasında 20 °C'nin üstünde ve aralık-mart arasında 10 °C'nin altındadır. Gözlenen ortalama en yüksek günlük sıcaklık ağustos (28,9 °C), günlük en düşük sıcaklık ise ocak (8,8 °C) aylarında gerçekleşmiş olup yıllık ortalama sıcaklık 20,8 °C'dir. Ortalama güneşlenme süreleri günlük olarak 2,4- 10,9 saat arasında değişmekte olup yıllık ortalaması 6,3 saattir. Aylarda gözlenen gün içindeki en yüksek sıcaklıklar temmuz ayında 41,5 °C ve gün içindeki en düşük sıcaklıklar ise -16 °C olarak şubat ayındadır.

Küresel ısınma sonucu Akdeniz Havzası'ndaki sıcaklık artışına bağlı olarak Türkiye'deki her bir havzanın farklı etkileneceği ve bununla beraber İstan-

²⁶ A.g.e.

²⁷ İBB (2018), İklim Değişikliği Eylem Planı Final Raporu 2018. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.

bul'da 40°C üzerindeki sıcaklıklar görülebileceği ön görülmektedir. NASA raporuna göre sıcaklığın 1,5°C artmasıyla dünya nüfusunun yaklaşık %14'ü en az beş yılda bir şiddetli ısı dalgalarına maruz kalacak ve 2°C artışta ise bu sayı %37'ye kadar çıkabilecektir. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak tüm canlıların su ihtiyacında da artış gözlenecektir. Sıcaklık artışı ile birlikte baraj ve göllerden daha fazla su buharlaşmasının yanı sıra enerji giderlerinde de artış gözlemlenecektir.

Toplam Yağış

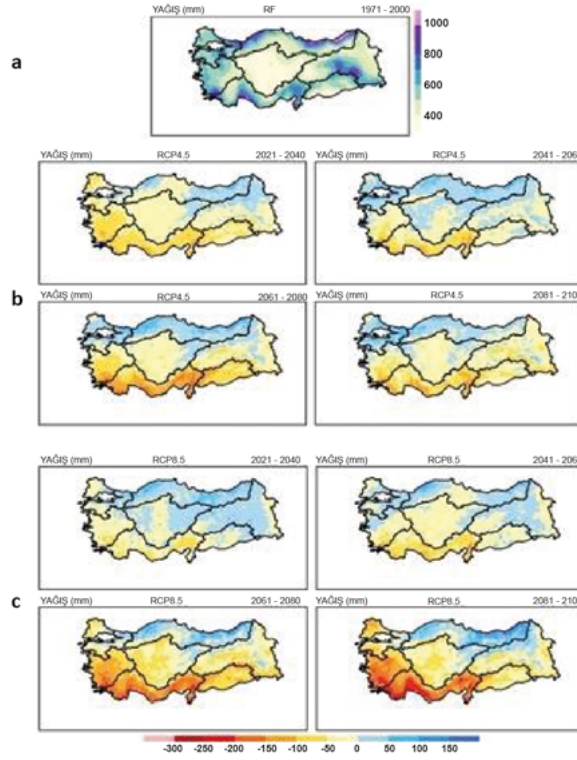
Küresel ısınmada sadece kuraklık değil ısınmaya bağlı sağanak yağışlar da meydana gelmektedir. Su buharı bazı bölgelerde şiddetli şekilde sağanak yağışa sebep olmakla birlikte bazı bölgelerde yağış olmadığı, buharlaşmanın fazla olduğu yerlerde ise kuraklık görülmektedir. Bu düzensizliğin artmasına bağlı olarak yaz kuraklığı da uzamaktadır.

Bu bölgesel azalışlar ülkemizde Akdeniz Havzası'nda görülmektedir. Ortaya çıkan bu değişim İstanbul'da izlenmemekte olup bazı yıllarda kuraklık ortaya çıkarken, bazı yıllarda ise daha fazla yağış gerçekleşmektedir.²⁸ Örneğin yakın zamanlarda 1989, 1994, 2007, 2008, 2014 ve 2020 yılları kurak geçerken, 1981, 1997 ve 2009 yılları ortalamanın üzerinde yağış almıştır.

Projeksiyon dahilinde Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yağışta şiddetli azalma eğilimi bulunurken Türkiye'nin kuzeyinde artma olacağı tahmin edilmektedir. Her iki senaryoda da yağış değişimi dağılımları yakın olsa bile değerleri oldukça farklıdır. RCP4.5 senaryosuna göre 2061-2080 periyodunda yağış değişiminin 50 mm artış ile en çok Marmara ve Karadeniz Bölgesinde ve 200 mm azalış ile Akdeniz Bölgesinde değişim olacağı öngörülmektedir. Projeksiyon döneminin sonlarında ise yağış miktarı referans döneme göre Karadeniz Bölgesinde 150 mm civarında artış ve Akdeniz Bölgesinde 300 mm azalış olacağı tahmin edilmektedir.²⁹

²⁸ A.g.e.

²⁹ İklim Uyum Projesi. (2022). Ulusal Ölçekte Çoklu-Tehlike Değerlendirmesi ve Ekstrem İklim İndisleri. Ankara.



Görsel 2. Referans Dönemi (a) Toplam Yağış Ortalaması ve RCP4.5 Senaryosu (b) ile RCP8.5 Senaryosu (c) için Projeksiyon Dönemindeki Değişimler³⁰

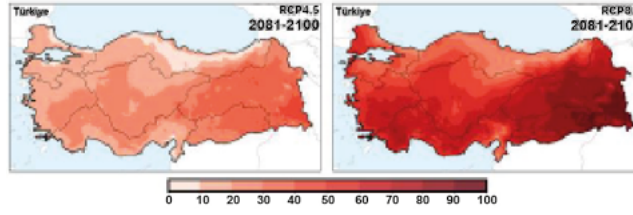
Türkiye geneli yıllık alansal yağış değerleri 2000-2021 yılları arasında 440 mm ile 730 mm arasında değişmektedir. 1991-2020 yılları arası alansal yağış ortalaması ise 573,4 mm'dir. İstanbul'un yıllık toplam yağış değeri 677 mm olup Türkiye geneli ortalama yağış değerinin üzerindedir. En fazla yağış ise aralık ayında (%15,5 oranla) gözlenmektedir.

Sıcak Hava Dalgası İndeksi (HWI)

Projeksiyon dönemi için RCP4.5 ve RCP8.5 olmak üzere her iki senaryoda da yüzyılın son 20 yıllık döneminde ilk 20 yıllık döneme göre sıcak hava dalgasında artış öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre 5 kat artış olacağı tahmin edilmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre 2021-2040 döneminde Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde 10 günlük, 2081-2100 döneminde ise maksimum 50 günlük artış ile daha ılımlı bir artış ön görülürken; RCP8.5 senaryosuna göre 2081-2100 döneminde özellikle Doğu Anadolu Bölgesi'nde en az 90 gün sıcak hava dalgası ile en büyük artışla karşı karşıya kalınacaktır.³¹

³⁰ A.g.e.

³¹ İklim Uyum Projesi. (2022). İklim Projeksiyonlarının Analizleri ve Değerlendirilmesi. Ankara.

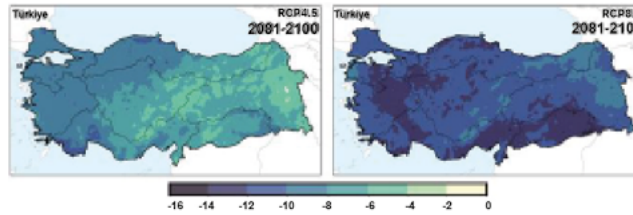


Görsel 3. Projeksiyon Dönemi RCP4.5 ve RCP8.5 için Sıcak Hava Dalgası Değişimi³²

Soğuk Hava Dalgası İndeksi (CWI)

Soğuk hava dalgası 1971-2000 yılları arasında ülke genelinde 5 gün civarında olup Marmara Bölgesi'nde durum bu değer altındadır. Soğuk hava dalgasının en kısa 3 gün sürdüğü düşünüldüğünde referans dönemi için Türkiye genelinde bir yılın en az 15 günü ve Marmara Bölgesinde 12 gün 10. persentil değerinin altında kalmaktadır.³³

Öngörülen her iki emisyon senaryosu da soğuk dalgaların sıklığının gelecekte azalacağını ve düşüşün doğudan batıya doğru olacağını göstermektedir. Ülkenin batısında soğuk hava dalgası ile karşı karşıya kalınacak gün sayısının 8 gün daha azalacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre soğuk hava dalgası gün sayısında en büyük düşüşün 2081-2100 döneminde olacağı ve daha geniş bir alanda gerçekleşeceği öngörülmektedir. Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve İç Ege Bölgeleri başta olmak üzere soğuk hava dalgası gün sayısının referans döneme göre yaklaşık 16 gün azalacağı tahmin edilmektedir.³⁴



Görsel 4. Projeksiyon Dönemi RCP4.5 ve RCP8.5 için Soğuk Hava Dalgası Değişimi³⁵

³² UNFCCC. (2023). European Environment Agency Bölgesel Kuraklık Kestirimleri. Ankara.

³³ A.g.e.

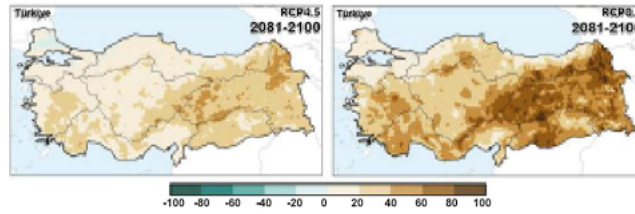
³⁴ CWI indisi, referans dönemindeki günlük minimum sıcaklıklardan elde edilen eşik değerlerin ardışık üç gün boyunca altında kalan gün sayılarından soğuk hava dalgası uzunluğu olarak hesaplanmaktadır. Referans dönemi günlük minimum sıcaklıkları küçükten büyüğe sıralandığında % 10'uncu değere tekabül eden sıcaklık, 10. persentil değeri olarak adlandırılmaktadır.

³⁵ UNFCCC. (2023). European Environment Agency Bölgesel Kuraklık Kestirimleri. Ankara.

Kuraklık

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarında referans döneme göre gelecekte kuraklığın yaygın hale geleceği öngörülmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre beklenen kuraklık frekansı 2021-2060 yılları arasında %30'a, 2061-2080 yılları arasında özellikle Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde bölge bölge %40'a yükseleceği ön görülürken yüzyılın sonlarına doğru ülke geneli kuraklık frekansının %30 olacağı tahmin edilmektedir.³⁶

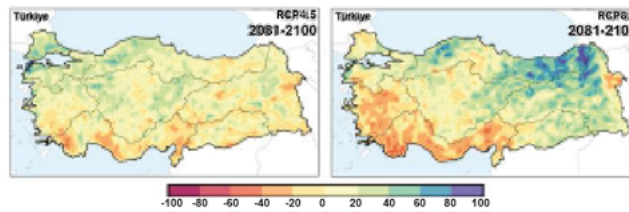
RCP8.5 senaryosunda kuraklığın daha şiddetli hale gelmesi beklenmektedir. 2021-2040 dönemi için kuraklık frekansının %30, 2041-2060 dönemi için %40 seviyesine geleceği tahmin edilmektedir. Senaryoya göre 2060'lı yıllara gelindiğinde, ülkenin doğu ve güneydoğu bölgelerinde kuraklık şiddetinde %80'e yaklaşan artış öngörülmektedir.³⁷



Görsel 5. Projeksiyon Dönemi RCP4.5 ve RCP8.5 için Kuraklık Şiddeti Değişimi³⁸

Aşırı Yağışlı Günler (R95P)

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre Türkiye'nin güneyinde aşırı yağışlarda azalış gerçekleşirken kuzeyinde şiddetli yağışta artış olacağı öngörülmektedir. RCP4.5 senaryosuna göre 2061 -2080 dönemi için şiddetli yağışlarda en büyük düşüşün Akdeniz Bölgesinde olacağı ön görülürken, RCP8.5 senaryosuna göre 2081-2100 dönemi için %40'a ulaşan düşüş öngörülmektedir. Öte yandan, RCP8.5 senaryosuna göre, yüzyılın son döneminde artışın potansiyel olarak %100'e ulaşması ve şiddetli yağışlarda en yüksek artışın Doğu Karadeniz Bölgesi ve Kuzey Doğu Anadolu'da olması tahmin edilmektedir.³⁹



Görsel 6. Projeksiyon Dönemi RCP4.5 ve RCP8.5 için Aşırı Yağışlı Günler Değişimi⁴⁰

³⁶ İklim Uyum Projesi. (2022). Ulusal Ölçekte Çoklu-Tehlike Değerlendirmesi ve Ekstrem İklim İndisleri. Ankara.

³⁷ A.g.e.

³⁸ A.g.e.

³⁹ UNFCCC. (2023). European Environment Agency Bölgesel Kuraklık Kestirimleri. Ankara.

⁴⁰ A.g.e.

Marmara Bölgesi için Değerlendirme

1991-2020 yılları arasında Türkiye’de uzun dönem yıllık ortalama sıcaklık 13,9°C’ye yükselmiş, yıllık ortalama yağış ise 573,4 mm olmuştur. Her iki senaryo için ısı dalgalarının, Türkiye genelinde giderek artan bir frekans artışı göstermesi beklenmektedir. 2 yılda bir meydana gelen sıcak hava dalgası bundan sonra dönemde her yıl görülmesi tahmin edilmekte; aynı zamanda Türkiye genelinde sıcak dalgalarının sıklığı arttıkça, soğuk hava dalgalarının sıklığının azalması öngörülmektedir. Buna bağlı olarak, 21. yüzyılın sonunda özellikle Türkiye’nin güney ve güneydoğusunda kuraklığın artarak daha şiddetli hale geleceği tahmin edilmektedir. Şiddetli yağışların ise ülke genelinde geniş zaman dilimine yayılarak değişiklik göstereceği ve Yüzyılın sonunda, Türkiye’nin güneyinde şiddetli yağış olaylarının daha seyrek, kuzeyde daha sık olacağı öngörülmektedir.⁴¹

Isı değişimi üstünden Marmara Bölgesi incelendiğinde RCP8.5 senaryosuna göre en az 3°C artış olacağı tahmin edilmektedir. Toplam yağış değişimi Türkiye’nin kuzeyinde artış yönündedir. RCP4.5 senaryosuna göre 2061-2080 periyodunda Marmara Bölgesinin yağış değişiminde 50 mm artış öngörülmektedir. Sıcak hava dalgasında RCP4.5 senaryosu göre 2021-2040 döneminde Marmara Bölgesinde 10 günlük, 2081-2100 döneminde ise maksimum 50 günlük artış tahmin edilmektedir. Soğuk hava dalgasının ise ülkenin batısında 8 gün azalacağı öngörülmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre soğuk hava dalgası gün sayısında en büyük düşüş 2081-2100 döneminde olacaktır. RCP8.5 senaryosunda kuraklığın daha şiddetli hale gelmesi beklenmektedir. Her iki senaryoda da aşırı yağışlı günlerin ülke genelinde artacağı tahminine karşı, Marmara Bölgesinde kuraklık artışı ülke ortalamasına göre daha azdır.⁴²

⁴¹ A.g.e.

⁴² A.g.e.

TARİHSEL SU BAĞIMLILIĞI

İstanbul, çok uzun yıllardır önemli imparatorlukların idari kenti ve içinde bulunduğu tarihsel dönemlere göre yüksek nüfuslu bir şehir olarak öne çıkmıştır. Tatlı su kaynakları açısından elverişsiz olan yüksek nüfuslu bu şehir için su her zaman önemli bir ihtiyaç ve gündem olarak yer almaktadır. Tarih boyunca su bağımlılığı olan ve çevre kaynaklarla beslenen İstanbul için birçok su yapısı ve su kaynağı oluşturulduğu hem şehrin farklı noktalarındaki yapıtlardan hem de arşiv kayıtlarından görülebilmekte ve tarihsel olarak değişen kaynaklara, ihtiyaçlara ve teknolojiye göre üretilen farklı alternatifler takip edilebilmektedir. İstanbul'un su ihtiyacını karşılamaya yönelik geçmişten günümüze kadar ortaya çıkan çözümlerin izleri sarnıçlar, su terazileri, su kemerleri ve ayazmalar olarak öne çıkmaktadır. Bu yapıların pek çoğu hala günümüzde kent içerisinde görülmektedir.

İstanbul'un batı yakasında yer alan ve geçmiş dönemlerde şehrin merkezi olan Suriçi'nin, su kaynakları açısından yetersiz olması sebebiyle sur dışındaki kaynaklardan su getirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dönemlerinin iki büyük imparatorluğunun da başında bulunan şehir yöneticilerinin asli görevlerinin başında şehrin su ihtiyaçlarını karşılamak olduğu belirtilmektedir. Fetih öncesi İstanbul'unda şehre bol su geldiği zaman suyun depolanması için açık ve kapalı birçok sarnıç yapılmış, yağmur sularıyla da beslenen bu sarnıçlar sayesinde su hizmeti mahallelere kadar ulaşmıştır. Aynı zamanda sur dışındaki isale hatları tahrip olduğundan da su ihtiyacının sarnıçlar aracılığıyla karşılandığı belirtilmektedir.⁴³ Prof. Dr. Hayriye Eşbah Tunçay, 7. yüzyıldan sonra kentin su ihtiyacını karşılamak için sarnıç kullanımının yaygınlaştığını, İstanbul'a su sağlayan isale hatlarının şehri kuşatmaya çalışan kavimler tarafından tahrip edilmesi nedeniyle sarnıçlarla şehrin suyunun güvenlik altına alındığını belirtmektedir.⁴⁴

Kent içerisinde ihtiyacın 2. yüzyıla kadar su kaynakları, kuyular ve biriktirme suları ile karşılandığı belirtilirken, 2. yüzyıldan itibaren kente su sağlayan isale hatları ile su ihtiyacı giderilmeye başlanmıştır. İstanbul'un 4. yüzyılda Doğu Roma İmparatorluğu'nun başkenti ilan edilmesiyle imar faaliyetleri ve artan nüfus gereksinimlerine bağlı olarak Valens (364-378) ve I. Theodosius (379-395) tarafından yaptırılan yeni isale hatları büyük oranda kentin su ihtiyacını karşılamıştır. 378 yılında Valens tarafından tamamlanan Saraçhane'de bulunan Bozdoğan Kemerleri bu dönemin günümüze ulaşan en eski ve ihtisamlı

⁴³ Pektaş, K. (2022), Halkalı Su Yolları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 134.

⁴⁴ Tunçay, H. E. (2021), Suya Duyarlı Şehirler. İstanbul, 89.

yapılarından biridir. Zaman içerisinde İstanbul'u kuşatan kavimler tarafından isale hatlarının tahribi ve bu hatların kullanılamaz oluşu zamanla kent içerisinde biriktirme su kullanımına ağırlık verilmesini sağlamış ve sarnıç yapımı hız kazanmıştır. Özellikle 6. ve 7. yüzyılda kesintisiz olarak inşa edilen sarnıçların zamanla kentin başlıca su temin unsuru haline geldiği belirtilmektedir.⁴⁵

15. yüzyıla doğru geldiğimizde İstanbul fethedildiğinde kentte büyük bir su sıkıntısı olduğu bilinmektedir. Bu sorunun çözümü olarak Fatih Sultan Mehmet'in eski su yollarının onarılması ve yeni su yollarının yapılmasına yönelik emir verdiği belirtilmektedir. Bozdoğan Kemerinin yeniden işler hale gelmesi, Halkalı'dan gelen suyu başkente taşıyan sistemin parçası olan Mazur Kemerinin inşasının bu dönemde gerçekleştiği düşünülmektedir.⁴⁶ Sonrasında devam eden yüzyılda artan İstanbul nüfusunun su ihtiyacını karşılamak için Mimar Sinan tarafından yapılan Kırkçeşme İsale Hattının ise İstanbulluların uzun süren su kıtlığını gideren önemli bir hat olduğu belirtilmektedir.⁴⁷ Ayrıca mevcut veriler incelendiğinde Bizans ve Osmanlı dönemine ait isale hatlarının güzergâhlarının benzerlik gösterdiği ve iki dönemde de yüksek ve alçak seviye olmak üzere iki farklı seviyedeki kaynaklardan yararlandığı bilinmektedir.⁴⁸

18. yüzyıla gelindiğinde daha önce büyük ölçekli bir su hattına sahip olmayan ve su ihtiyacını büyük oranda kuyulardan ve sarnıçlardan sağlayan Beyoğlu bölgesinde artan nüfusa bağlı olarak su ihtiyacı doğmuştur. Bu bölgedeki nüfus, Osmanlı Devleti tarafından yapılan köşk ve saraylar ve Yeniköy'den Kasımpaşa'ya kadar yeni birçok yerleşim yerinin ortaya çıkması nedeniyle artması su ihtiyacının temelini oluşturmuştur.⁴⁹ Taksim Su Yolu'nun inşası bu ihtiyaca bağlı olarak gerçekleşmiştir ve ihtiyaca bağlı olarak 19. yüzyılın ikinci çeyreğine kadar genişletilmiştir. 19. yüzyılın sonlarına doğru Terkos ve Elmalı gibi modern su yolları yaptırılmış, bu su yollarından sonra yapılan Hamidiye Su Yolu Tesisleri ise Osmanlı Dönemi İstanbulu'nda hayata geçirilen son su yolu sistemi olmuştur.⁵⁰

2. yüzyıldan 20. yüzyıla gelindiğinde 1999 yılında tamamlanan Master Plan kapsamında İstanbul'da, 1990 yılında kişi başına brüt su ihtiyacının günde 238 litre olduğu, bunun 133 litresinin evsel, 20 litresinin endüstriyel, 15 litresinin diğer ve 70 litresinin faturalanamayan kullanımlardan kaynaklandığı hesaplan-

⁴⁵ Altuğ, K. (2022), Bizans Döneminde İstanbul'un Su Yönetimi, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 67 – 84.

⁴⁶ A.g.e.

⁴⁷ Saatçi, S. (2022), Osmanlı Medeniyetinin En Büyük Su Yolları: Kırkçeşme Su Yolları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 130.

⁴⁸ Altuğ, K. (2022), Bizans Döneminde İstanbul'un Su Yönetimi, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 73.

⁴⁹ Aygün, A. (2022), İstanbul'un Tarihi Su Sistemlerinden Bir Kesit: Taksim Suyolu ve Yapıları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 164.

⁵⁰ Aygün, A. (2022), Sultan II. Abdülhamid'in İstanbul'u Suyla Buluşturan Tesisleri: Hamidiye Suyolu ve Yapıları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 204.

miştir. Bu yıldaki nüfus dikkate alındığında toplam brüt su ihtiyacı 524 milyon m³ olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada 2010 ve 2020 yılları için yapılan tahminler evsel su tüketiminin sırasıyla kişi başına günde 153 litre ve 171 litreye yükseldiğini, diğer kullanımlarla birlikte brüt su ihtiyacının sırasıyla kişi başına günde 233 litre ve 250 litre olacağını göstermiştir. Nüfusun ve kişi başına su kullanımının artması neticesinde brüt yıllık su ihtiyacı 2010 yılı için 1.298 milyon m³, 2020 yılı için 1.556 milyon m³ olmuştur. Bu öngörüler 1990 yılından 2010 ve 2020 yıllarına gelindiğinde yıllık su ihtiyacının 2,5-3 kat artacağını ortaya koymuştur. 2025 yılı için benzer yaklaşımla, yıllık su ihtiyacının 1.663 milyon m³'e yükseleceği öngörülmüştür.⁵¹

İstanbul'daki nüfus dağılımının yüzde 65'inin Avrupa Yakası'nda, yüzde 35'inin ise Asya Yakası'nda olmasına karşın mevcut su kaynaklarının dağılımı tam tersi durumdadır. Su kaynaklarının %75'i Asya Yakası'nda, %25'i ise Avrupa Yakası'nda bulunmaktadır. Bu durum, su kaynakları açısından denge-sizliğe neden olmakta ve etkin su yönetimi sağlanarak, nüfusun yoğun olduğu Avrupa Yakası'nın su stresi yaşamaması adına Asya Yakası'ndan Avrupa Ya-kası'na su transferi gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla, İstanbul Boğazı altın-dan borularla arıtılmış su taşınmaktadır. Bu yöntem, şehrin su kaynaklarına daha dengeli ve sürdürülebilir bir erişim sağlamayı hedeflenmektedir.

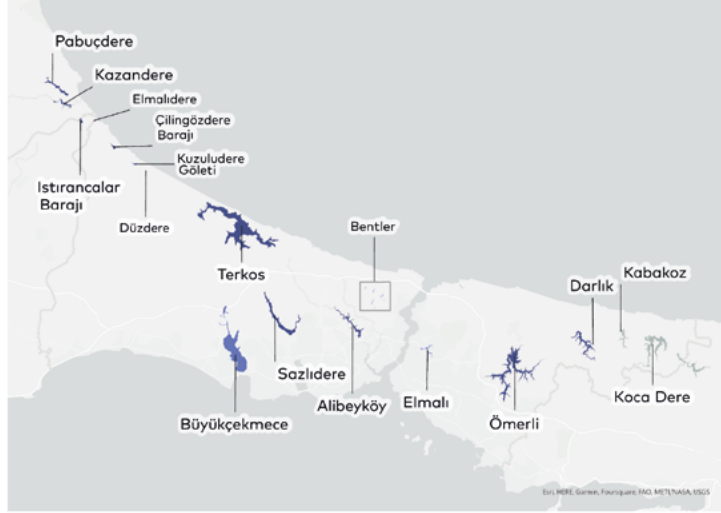
Su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımı da oldukça önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır. Su miktarı, kalitesi, yerel özelliği, zorunlu ihtiyaçlar ve şartlar başka türlü bir çözüm yolu gerektirmedikçe su kaynaklarından faydalanma ve kullanma hakkının belirlenmesinde öncelik sırası uygulanması önemli görülmektedir: (i) İçme ve kullanma suyu ihtiyaçları, (ii) ekosistem hizmetleri (doğal hayat) için gerekli su ihtiyaçları, (iii) tarımsal sulama suyu ihtiyaçları, (iv) enerji ve endüstri suyu ihtiyaçları, (v) ticaret, turizm, taşıma, ulaşım, rekreasyon, projeye dayalı su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığı ile sair su ihtiyaçları.

Prof. Dr. Ayşegül Tanık

⁵¹ IMC (1999), İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atık su Arıtma ve Uzaklaştırma Master Plan Etüdü, İstanbul: İSKİ.

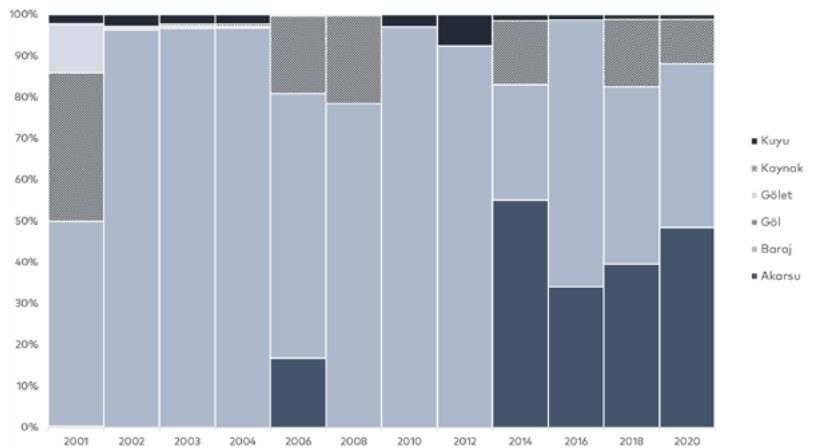
SUYUN MEVCUT DURUMU

İstanbul'un su kaynakları, il sınırlarının batı ve doğusunda olmak üzere kuzey kesimlerinde geniş bir alana yayılmaktadır. İstanbul'da giderek büyüyen talebi karşılamak adına baraj, göl, gölet, bentler ve akarsu kolektörleri gibi farklı kaynaklar kullanılmaktadır.



Görsel 7. İstanbul'un su kaynakları

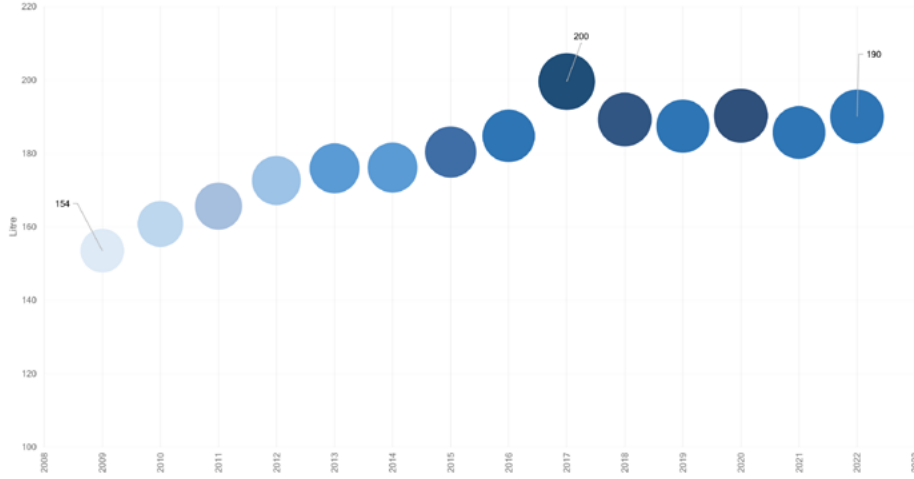
2001-2020 yılları arasında içme ve kullanma suyu şebekesi için çekilen toplam suyun kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde 2014 yılına kadar barajların temel su kaynağı olmasına karşın 2014 yılından sonra akarsuların öne çıktığı görülmektedir.



Görsel 8. İçme ve kullanma suyu şebekesi için çekilen toplam suyun kaynaklara göre dağılımı, 2001-2020⁵²

⁵² TÜİK (2021). Belediye Su İstatistikleri.

İstanbul'un giderek büyüyen su talebi 2009 yılında 154 litre olan günlük kişi başı su tüketiminin %23,8 artarak 2022 yılında 190 litreye yükselmesi ile kendini göstermektedir.



Görsel 9. İstanbul'da günlük kişi başı su tüketimi, 2008-2022⁵³

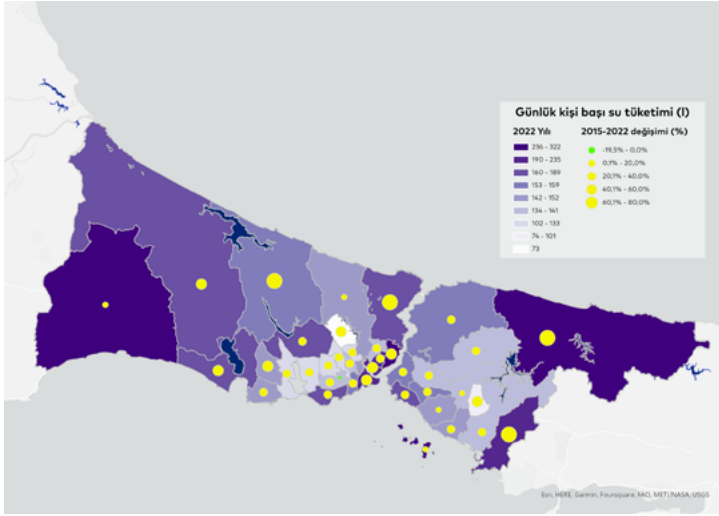
Su stresini azaltmak, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımını sağlamak adına yerleşimlerde etkin su kullanımı için gerekenleri şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Özellikle değişik bina tipolojilerinde kullanılan sifon, duş ve lavabo gibi aksamaların suyu tasarruflu kullanan yeni armatürlerle değişimi,
- Su iletiminde kayıp ve kaçakların önlenmesi ve asgariye indirilebilmesi için altyapı yenileme çalışmalarının hızlandırılması,
- Bina içi kayıp ve kaçakların izlenebilmesine olanak sağlayan su sayaçlarının her binaya hatta mümkünse her bağımsız üniteye (daire) konularak kullanımın kayıt altına alınması,
- Kıyı şeridindeki yerleşimlerde kullanılmak üzere denizden su çekilerek desalinasyon (tuzsuzlaştırma) ünitelerinden geçirilerek tatlısu eldesi ile de su teminin sağlanması,
- Evsel kullanımlarda bina çatılarında toplanabilecek yağmur suyunun gri su olarak kullanılması, bu alternatif su kaynağının da zorunlu hale getirilmesi ve bina içi kullanımının özendirilmesi ile önemli tasarruf sağlanması,
- Evsel kullanımlarda su tasarrufu amaçlı olarak özellikle tuvalet sifonlarında, bahçe sulama ve bina içi temizlikte, araba yıkama gibibamaçlarla İSKİ'den sağlanan suyun yerine gri su kullanımının özendirilmesi, böylelikle gri suyun geri kullanımı ile yaklaşık %30 su tasarrufu sağlanması.

Prof. Dr. Ayşegül Tanık

⁵³ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

İlçelerdeki günlük kişi başı su tüketimi değerleri incelendiğinde 2022 yılında en yüksek günlük kişi başı su tüketiminin Sarıyer (322 l), Şile (268 l), Adalar (253 l) ve Beşiktaş (250 l) ilçelerinde olduğu görülmektedir. Günlük kişi başı su tüketimi en düşük olan ilçeler ise Sultanbeyli (73 l), Silivri (101 l) ve Gaziosmanpaşa (120 l) olmuştur. İlçelerin günlük kişi başı su tüketimleri 2015-2022 yılları arasında karşılaştırıldığında ise tüm ilçelerin günlük kişi başı su tüketim değerlerinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Söz konusu 8 yıllık dönemdeki artış oranları değerlendirildiğinde en yüksek artışın %78 ile Şile’de, sonrasında ise Sancaktepe (%75), Tuzla (%74) ve Arnavutköy’de (%71) gerçekleştiği görülmektedir.



Görsel.10 İlçelerde günlük kişi başı su tüketimi⁵⁴

Suyun bir insan hakkı olduğunu vurgulayarak her haneye o hanede yaşayan insan sayısı kadar makul miktarda temiz suyun çok ucuza verilmesi gerekir. Aynı zamanda karşı karşıya olduğumuz su problemini halletmek talebi düşürmek ve kayıp-kaçakları azaltmak ile mümkündür, dolayısıyla bu konuya eğilmek gerekmektedir. Talebi kısmının ilk yolu olarak dışarıya göçün hızlandırılması ve İstanbul nüfusunun azaltılması konusu ortaya çıkmaktadır. Ancak bu yöntem oldukça uzun süreçlere yayılabilecek bir çözüm önerisidir. Bu nedenle talebi düşürmenin diğer yolları tartışılmaktadır.

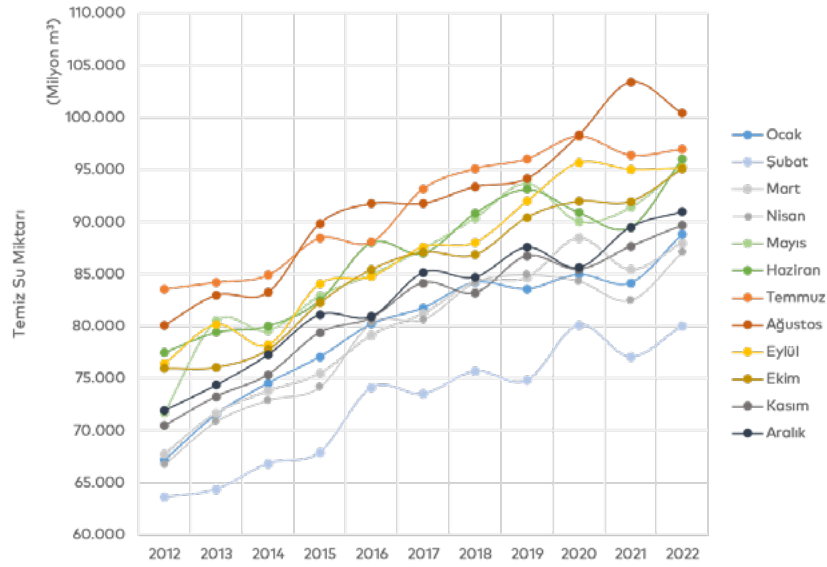
“2019 yılında yaptığımız 25 Litre belgesine konuk olan Güney Afrikalı Gerald Clark Cape Town’daki insanlar gerçekten kişi başı 25 litre su ile yaşamak zorunda kaldıklarında gerçekleşen bir değişimden bahsetmişti. Clark “Artık temiz bir araba gördüğümüz zaman yadırgamaya ve ayıplamaya başladık.” diyordu. Biz hala arabası kirli olan insanları yadırgıyoruz. Su talebini düşürmek ancak bu tür davranış değişiklikleri ile mümkündür. İnsanlar bu kıymetli kaynağı lüzumsuz yere harcadıkça su talebini azaltmamız neredeyse imkansızdır.”

Aynı zamanda, İstanbul’da su problemini hafifletmek adına harcamanın şu anda olduğundan çok daha yüksek bedelle fiyatlandırılması gerekmektedir. Yüksek bedelli fiyatlandırma gibi uygulamalarla talebi azaltma yönünde ilerleme kaydetmek mümkün olabilir.

Prof. Dr. Levent Kurnaz

⁵⁴ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

Su tüketimi verilen temiz su miktarları kapsamında aylara göre incelendiğinde ise en yüksek tüketimlerin Temmuz ve Ağustos ayları ile Mayıs ve Eylül aylarında gerçekleştiği görülmektedir. Bununla birlikte 2012 ve 2022 yılları karşılaştırıldığında kişi başına düşen aylık tüketimdeki en yüksek artışın %15,8 ile Mayıs ayında gerçekleştiği, sonrasında ise Ocak (%15,2), Nisan (%13,7) ve Mart (%13,1) aylarında olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum doğrudan bir nedensellik teşkil etmemekle birlikte, değişen mevsim normallerinin tüketimdeki olası etkilerine işaret etmektedir.



İstanbul'un barajlarının kapasiteleri ele alındığında en yüksek kapasitenin sırasıyla Ömerli, Terkos ve Büyükçekmece Barajlarında olduğu görülmektedir.

BARAJ	KAPASİTE (m ³)
Alibeyköy	34.143.000
Büyükçekmece	148.943.000
Darlık	107.500.000
Elmalı	9.600.000
Istrancalar-Pabuçdere-Kazandere	82.155.000
Ömerli	235.371.000
Sazlıdere	88.730.000
Terkos	162.241.000

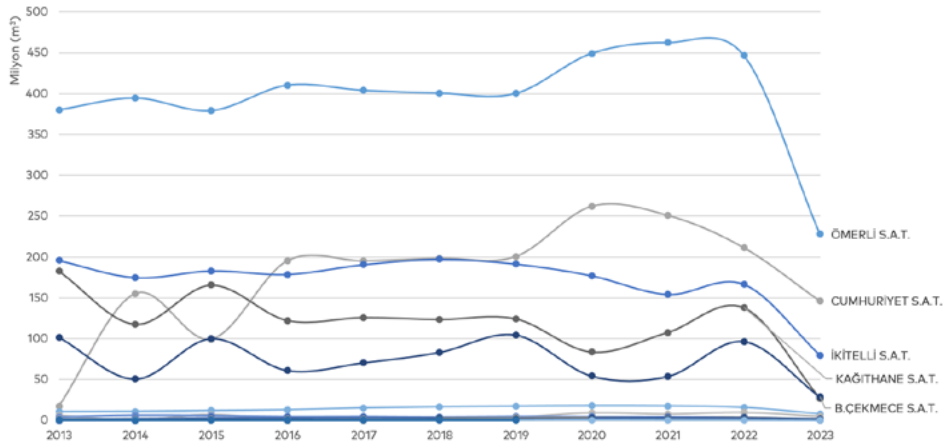
Tablo 1. Barajların kapasiteleri, 2023 ⁵⁶

⁵⁵ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

⁵⁶ İSKİ.

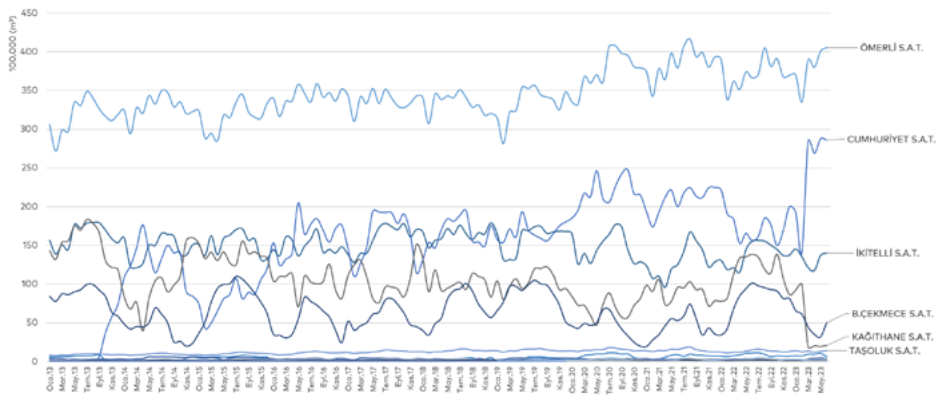
İstanbul'da, farklı kaynaklardan gelen suları arıtmak için 16 farklı kapasitede su arıtma tesisi yer almaktadır. Farklı su kaynaklarından gelen suları, içme ve kullanma suyu olarak dönüştürmek amacı ile tesislerde, havalandırma, kimyasal arıtma, hızlı kum filtrasyonu ve dezenfeksiyon gibi konvansiyonel arıtma işlemleri kullanılmaktadır.

Son 10 yılda İstanbul'a en çok temiz su veren ilk 5 tesis sırası ile Ömerli S.A.T., Cumhuriyet S.A.T., İkitelli S.A.T. (FSM S.A.T.+II. BAYEZİD S.A.T.), Kağıthane S.A.T. ve Büyükçekmece S.A.T.'dir. Bu 5 tesis son 10 yılda İstanbul'a verilen suyun %96'sını karşılamaktadır.



Görsel 12. İçme suyu tesislerinden verilen yıllık su miktarı, 2013 - Haziran 2023⁵⁷

İçme suyu tesislerinden verilen suyun miktar/aylık olarak incelendiğinde İstanbul'da su talebinin mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiği, kış aylarında görece daha az, yaz aylarında ise daha çok tüketim olduğu görülmektedir. Mevsimsel değişimlerin en fazla olduğu tesis ise Cumhuriyet S.A.T. olmuştur.



Görsel 13. İçme suyu tesislerinden verilen aylık su miktarı, 2013 - Haziran 2023 Haziran⁵⁸

⁵⁷ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

⁵⁸ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

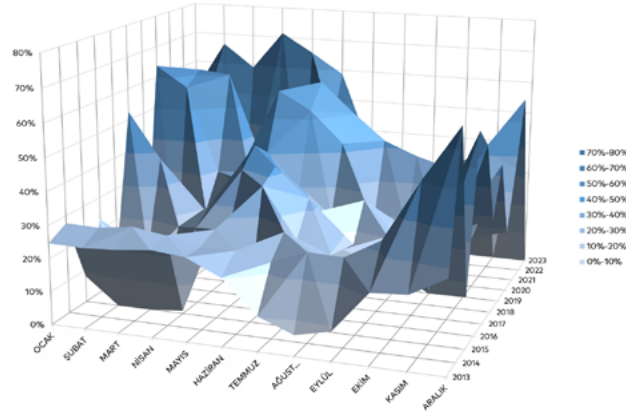
Prof. Dr. Ayşegül Tanık, İstanbul'un mevcut nüfusunun sürekli artmasına bağlı olarak kentsel gelişimin hızlandığını, ancak megakentin içme-kullanma suyu temininde yerüstü su kaynaklarının barajlarla kısıtlı olduğuna dikkat çekmektedir. İhtiyacın karşılanması için havzalar arası su transferi ile Melen Regülâtöründen de su beslenmesi sağlanmaktadır. Dolayısıyla İstanbul'a sağlanan suyun en büyük kaynaklarından birinin Melen olduğunu söylemek mümkündür. Son 10 yılda İstanbul'a verilen suyun %29'u, 2023 (Ocak-Haziran) yılında ise verilen suyun %62'si Melen'den karşılanmıştır. Aylık bazda bakıldığında özellikle kış ve ilkbahar yıl içindeki ortalamanın üstündedir.

Prof. Dr. Levent Kurnaz, su problemini hafifletmenin arzı artırmak, talebi düşürmek ve kayıp-kaçakları azaltmak olmak üzere üç yolunun olduğunu belirtmektedir. Bu noktada günümüzdeki ve geçmişteki neredeyse tüm belediyelerin ilk çözüm yolunu seçmiş olduğuna dikkat çekmektedir. Ancak ilk çözüm yolunun çözümler arasında en az sürdürülebilir olanı olduğunu vurgulamaktadır. Ona göre, su ihtiyacı arttıkça Melen hattına bir boru daha eklemek, düzenli akışı sağlayabilmek için Melen Barajı'nın tamamlanmasından medet ummak kalıcı bir çözüm değildir ve sadece problemi biraz daha öteler. Ayrıca su arzını artırma konusunda tüm siyasetçiler sorunu ustaca bir biçimde birbirlerinin üzerine attıklarından, ciddi bir sorunla karşılaşıldığında problemin asıl sorumlusunun kim olduğu konusunda da fikir birliğine varmak mümkün olmamaktadır.

"2023 yılında şu ana kadar Melen ve Yeşilçay regülâtörlerinden alınan su miktarı 451 milyon m³, İstanbul'a verilen su miktarı da 581 milyon m³'tür. Kabaca bir hesapla, Melen ve Yeşilçay'dan su almayacak olsak İstanbul'un kendi havzalarından verilen su miktarı 130 milyon m³'tür. Bu su miktarı ise gene basit bir hesapla sadece 4 milyon kişinin temiz su ihtiyacını karşılar. İstanbul'un su havzaları üzerindeki yapılaşma elbette önemli bir sorundur ama planlı kentleşme ile su havzalarındaki yapılaşma 50 sene önce önlenmiş olsa bile bugün havzalarda toplanan su miktarı ancak 6 - 7 milyon kişiye yetecek miktarda olurdu. Dolayısıyla, en başta ana sorunumuzu görmemiz gerekiyor. İstanbul kendi kaynaklarının besleyemeyeceği kadar büyük bir şehir. Bu nedenle de uzun vadede şehrin sürdürülebilirliği için yapılması gereken başlıca şey kentten dışarıya göçün özendirilmesi ve artırılmasıdır. Bugün için Melen ve Yeşilçay'dan su alarak problemlerimize geçici bir çözüm üretiliyor olsak da kafamızın arkasında hep "Ya Melen'in de suyu azalır ne yaparız?" sorusunun bulunması gerekmektedir."

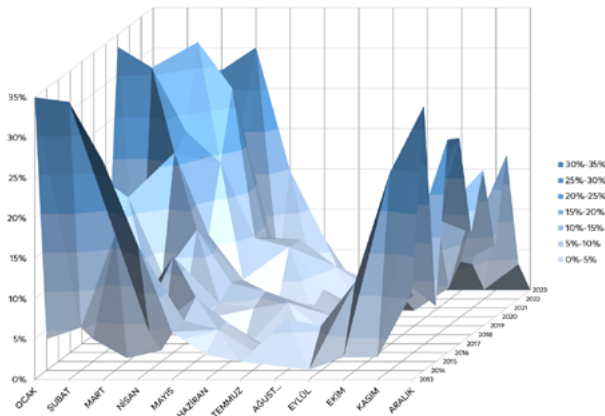
Prof. Dr. Levent Kurnaz

DSİ tarafından yürütülen Melen Projesi kapsamında Sakarya Kocaeli’de bulunan Melen Çayı üzerinde baraj yapımı devam etmektedir. Ömrünün 50 yıl olması beklenen barajın İstanbul’a yılda 1.1 milyar ton su verilmesi planlanmaktadır. Ayrıca Melen projesi baraj ve üç su isale hattından oluşmaktadır. Barajda toplanan su, üç isale hattı ile İstanbul’a taşınacaktır. Barajda toplanan su, üç isale hattı ile İstanbul’a taşınacaktır. Fakat suyun barajda toplanmamasından dolayı Melen Çayı’ndan çekilen su, isale hatları ile doğrudan İstanbul’a verilmektedir. Bu da mevcut süreçte önemli bir elektrik maliyetini ortaya çıkarmaktadır.



Görsel 14. Melen Regülatöründen alınan suyun İstanbul’a verilen toplam su miktarındaki payı, 2013 - Haziran 2023⁵⁹

İstanbul’a su sağlayan önemli kaynakların diğeri ise Yeşilçay’dır. Son 10 yılda İstanbul’a verilen suyun %9’u Yeşilçay tarafından karşılanmaktadır. Özellikle son 4 yılda ortalamanın üstüne çıkmış, 2023 yılında verilen suyun %18’i Yeşilçay Regülatöründen karşılanmıştır. Yeşilçay’dan özellikle kış aylarında su alınmaktadır. En yüksek miktarda su alınan ay ise 2023 Nisan olmuştur.

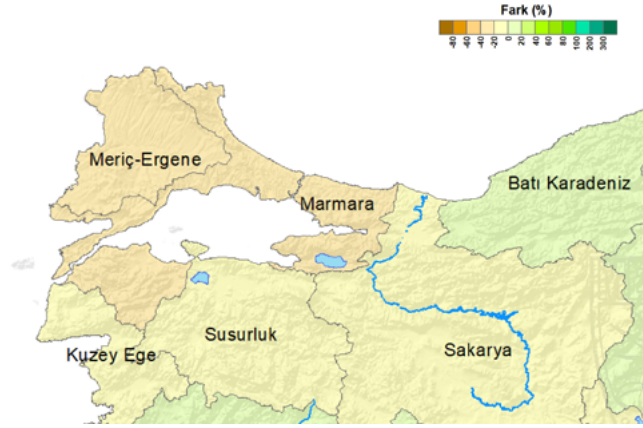


Görsel 15. Yeşilçay Regülatöründen alınan suyun İstanbul’a verilen toplam su miktarındaki payı, 2013 - Haziran 2023⁶⁰

⁵⁹ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

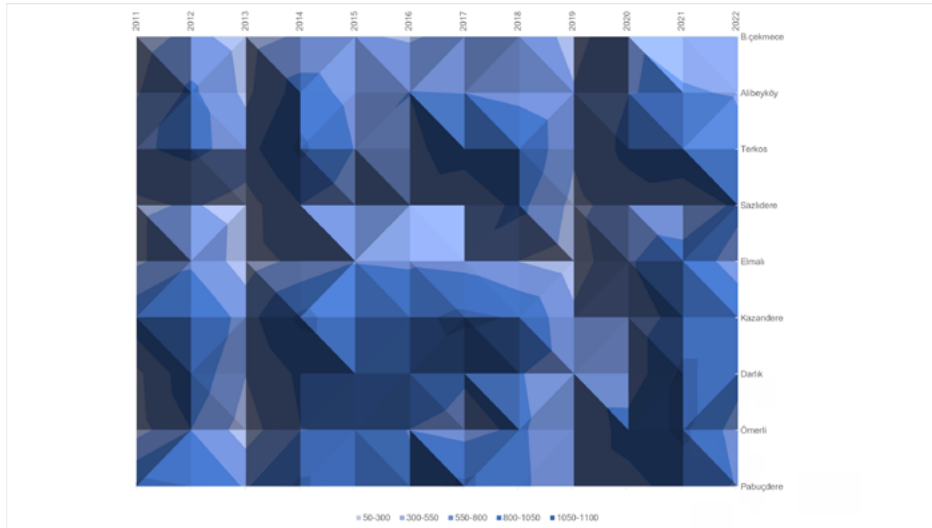
⁶⁰ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

İklim krizinin önemli etkilerinden yağış rejiminin değişmesi, havzalardaki alansal yağışları ve İstanbul barajlarına düşen yağış miktarlarını da etkilemektedir. Ekim 2022 ile Haziran 2023 arası 9 aylık dönemde, havzalardaki yağış değişimi %20 artış ile %60 azalma arasında değişkenlik göstermektedir. İstanbul'un su kaynaklarının büyük bölümünün yer aldığı Marmara Havzasında yağışlar %20-40 arası azalma göstermiştir.⁶¹



Görsel 16. Havzalara göre alansal yağışların normalleri ile karşılaştırması, 1 Ekim 2022-30 Haziran 2023 ⁶²

Yağışlar barajlara göre değerlendirildiğinde ise 2011-2022 yılları arasında barajlara düşen toplam yağışın (kg/m²) en çok Pabuçdere, Kazandere ve Terkos Barajlarında gerçekleştiği görülmektedir.



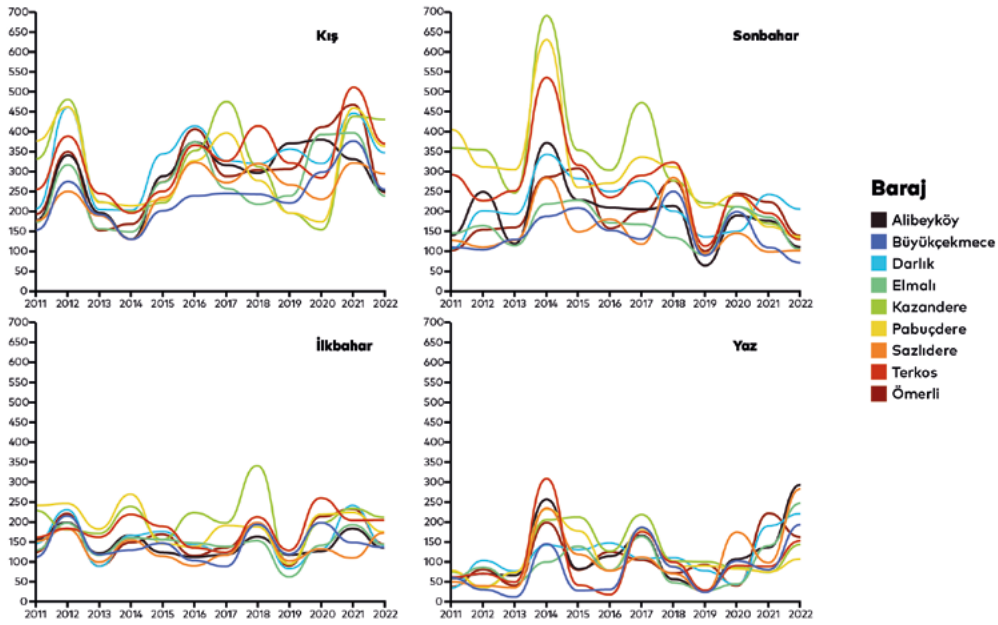
Görsel 17. Barajlardaki yıllık toplam yağış miktarı, 2011-2022 (kg/m²)⁶³

⁶¹ M Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). Havzalara Göre Alansal Yağış Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 21.07.2023, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/havzalara-gore-yagis.aspx?y=k>

⁶² A.g.e.

⁶³ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

Barajlara düşen mevsimlik toplam yağış miktarı incelendiğinde sonbahar aylarındaki yağışlarda önemli azalmalar öne çıkmakta ve 2013 ve 2019 yıllarındaki önemli kırılmalar göze çarpmaktadır. Avrupa Yakasının kuzeyinde yer alan Terkos, Elmalı, Kazandere ve Pabuçdere Barajları ile Ömerli ve Darlık Barajları gibi Anadolu Yakasının kuzeyinde yer alan barajların İstanbul'un güney kıyısı ve yerleşim yerlerine görece yakın olan Büyükçekmece Gölü, Sazlıdere ve Alibeyköy Barajlarına kıyasla aldıkları toplam yağışların daha fazla olduğu görülmektedir. Yaz ve kış aylarında alınan yağışlarda yıllar arasında artış eğilimi görülürken, sonbahar aylarında alınan yağışlarda azalmalar tespit edilmiştir.

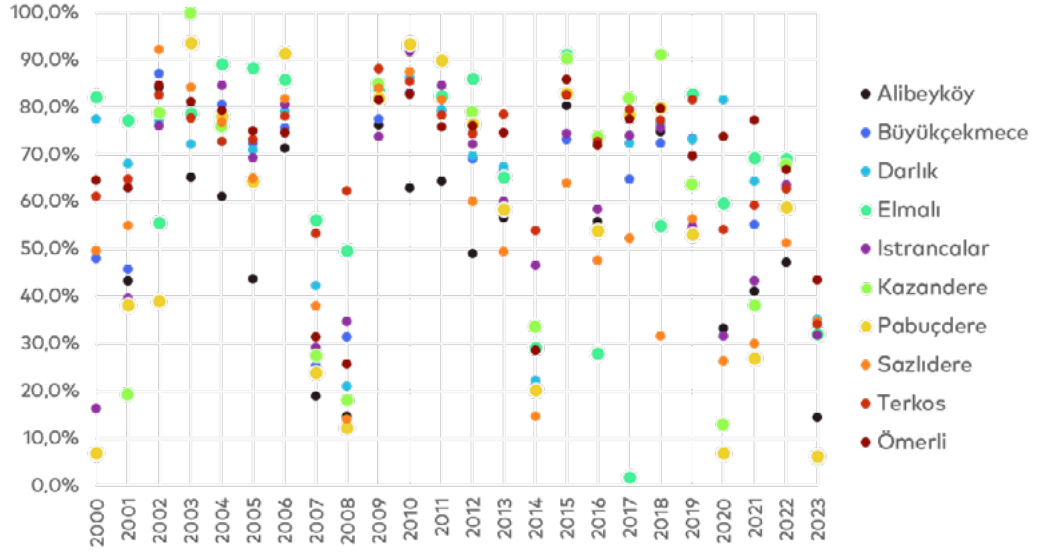


Görsel 18. Barajlardaki mevsimsel toplam yağış miktarı, 2011-2022 (kg/m²)⁶⁴

Barajların yıllık ortalama doluluk oranları değerlendirildiğinde 2000-2023 yılları arasındaki görece en yüksek doluluk oranlarının Ömerli, Darlık, Elmalı ve Terkos barajlarında olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu 24 yıllık dönemin en yüksek doluluk ortalamaları Terkos (%70,4), Ömerli (68,6), Darlık (%67,4) ve Elmalı (%66,3) Barajlarında gerçekleşmiştir.

Birlikte yaşadığımız bu megapolün oldukça ciddi sorunları var. Altyapı ve su bu sorunların oldukça önemlilerinden. Her ne kadar bu sorun bizim aklımıza barajların doluluk seviyesi düştüğü zaman geliyor olsa da gelecekteki iklim değişikliği ile birlikte susuzluk da artarak gündemimizde olacak. Önemli olan o noktaya gelmeden el birliği ile su sorununa çözümler bulabilmektir.

Prof. Dr. Levent Kurnaz

Görsel 19. Barajların yıllık ortalama doluluk oranları, 2000-2023⁶⁵

Barajların doluluk tahminleri incelendiğinde 2023 Ağustos-Aralık döneminde yaklaşık %0 ila %54 arasında değişkenlik gösterdiği, en yüksek doluluk tahminlerinin Anadolu Yakasının önemli barajları olan Ömerli ve Darlık'ta olmasına karşın, Avrupa Yakasının barajlarında görece daha düşük doluluk oranlarının olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte 2024 yılının Ocak-Ağustos aylarında Büyükçekmece ve Sazlıdere hariç barajların %80 ve üzeri doluluk oranında olacağı tahmin edilmektedir.

BARAJ	2023 TAHMİNİ (Ortalama Doluluk) (Ağustos-Aralık)	2024 TAHMİNİ (Ortalama Doluluk) (Ocak-Ağustos)
Alibeyköy	17,2%	85,7%
Büyükçekmece	12,8%	54,8%
Ömerli	53,9%	87,3%
Darlık	40,5%	84,7%
Istrancalar-Pabuçdere- Kazandere	20,1%	91,3%
Elmalı	0,3%	95,7%
Terkos	15,8%	85,1%
Sazlıdere	10,5%	32,9%

Tablo 2. Barajların doluluk tahminleri, 2023-2024⁶⁶⁶⁵ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.⁶⁶ İSKİ Kurum Görüşü.

Meteorolojik, coğrafi ve topografik faktörler ile şekillenen buharlaşma döngüsü, iklim krizinin etkileri ile özellikle yüzeysel su kaynaklarında aşırı buharlaşma nedeniyle önemli kayıplara neden olabilmektedir. 2022 Mayıs ve Ekim ayları arasında gerçekleşen açık yüzey buharlaşması 1991-2020 arası mevsim normalleri ile karşılaştırıldığında İstanbul çevresinde %15'e varan artış gösterirken, İstanbul yapılı çevresinde %15'e varan azalma ortaya çıkmaktadır.⁶⁷



Görsel 20. 2022 (Mayıs-Ekim) ayları açık yüzey buharlaşmanın mevsim normalleriyle karşılaştırılması⁶⁸

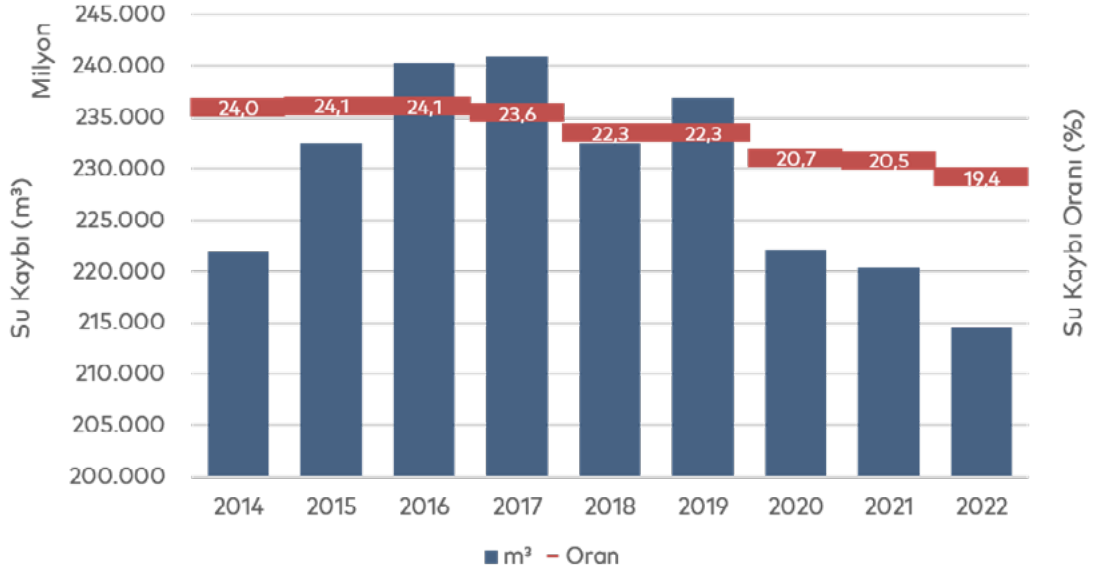
İstanbul'un su tüketiminde önemli bir sorun da su iletim ve dağıtım süreçlerinde yaşanan sızıntı, patlama ve taşma gibi nedenlerden ortaya çıkan su kayıplarıdır.⁶⁹ İstanbul'un su tüketiminde önemli bir paya sahip olan su kaybı, 2014 yılında %24 iken, 2022 yılında %19,4'e gerilemiştir. Bununla birlikte yaşanan su kayıpları 2019 yılı sonrası düzenli azalmış, 2014 ve 2022 yılları arasında toplamda %3,3 oranında azalmıştır.

İSKİ tarafından Anadolu ve Asya yakasında muhtelif cadde ve sokaklarda eski olan hatlar iptal edilerek yerine yeni içme suyu hatları döşenmektedir. Bu sayede su kayıp ve kaçaklarının önlenmesi, kaliteli ve kesintisiz içme suyu sağlanması hedeflenmektedir.

⁶⁷ Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (n.d.). 2022 Yılı Açık Yüzey Buharlaşma Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 21.07.2023, <https://www.mgm.gov.tr/arastirma/buharlasma.aspx?s=2022>

⁶⁸ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

⁶⁹ İSKİ Kurum Görüşü.

Görsel 21. Yıllık su kayıpları, 2014-2022 ⁷⁰

Güncel meteorolojik kuraklık verileri 24 aylık süreçte Türkiye ve İstanbul'u önemli bir kuraklığın beklediği yönündedir ve bu durum İstanbul'da su bağımlılığının artması olasılığını artırmaktadır.

Buna ek olarak İstanbul'un kuzeyinde yer alan büyük ölçekli projelerin özellikle kuzeyde yer alan orman ve tarım alanları ile havzalara olumsuz etkileri olması beklenmektedir.⁷¹

⁷⁰ İSKİ Kurum Görüşü doğrultusunda İPA tarafından görselleştirilmiştir.

⁷¹ Cuthbert, B. A., & Aybar Artar, N. (2013). Kuzey Marmara Otoyolu (3.Boğaz Köprüsü dâhil) Projesi için Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi. https://www.3kopru.com/content/pdf/15112013140523cevresel%7B%5C_%7Dve%7B%5C_%7Dsosyal%7B%5C_%7Ddeki%7B%5C_%7Ddegerlendirmesi%7B%5C_%7Draporu.pdf Gürçay, M. (2018). Impacts of mega projects on the resilience of İstanbul city-region. Middle East Technical University.

KRİZİN KÖSTEKLERİ: MEGA PROJELER

1950'lerden günümüze hızlı bir kentleşme süreci yaşayan İstanbul'da yerleşim dokusu tarım ve orman arazileri ile su havzaları gibi ekolojik nitelikli alanlara doğru yayılmıştır. Her ne kadar 1980 sonrası hazırlanan üst ölçekli planlarda İstanbul yerleşim lekesinin doğu-batı yönünde gelişmesi yaklaşımı esas alınsa da büyük ölçekli ulaşım yatırımları başta olmak üzere çeşitli uygulamalar sonucu İstanbul kuzey yönünde yayılmasını sürdürmüştür. Bu ulaşım yatırımlarına ek olarak 2010 sonrası "mega projeler" kentsel yapılı çevrenin kuzeye yayılma ve doğal alanların tahribat ve kaybolma riskini ortaya çıkaran temel faktörler olmuştur.

İstanbul'un yüzölçümü yaklaşık 540 bin hektardır. Bunun yaklaşık 240 bin hektarını kaplayan orman alanları kentin kuzeyinde yer alırken, mega projelerin tamamı kentin bu kısmında yer almayı hedeflemektedir. Bölgedeki ormanlar, aynı zamanda kentin temiz su kaynaklarını barındırırken aynı zamanda mega projelerin tehdidi altındadır.

2010 sonrasında Kanal İstanbul ve 3. Havalimanı gibi mega projeler, yerleşim bölgesinin arazi kullanımını değiştirerek orta ve uzun vadede hem iklim krizine olumsuz etkisi olacak hem de iklim krizinin olumsuz etkilerinin daha sert hissedilmesine neden olacak projeler olarak İstanbul'un gündeminde yer almaktadır. Bu kapsamda mega projelerin kapladığı alanın ve yakın çevresinin yüzey özelliklerindeki değişikliklerin yöre iklimini nasıl değiştireceği, bölgedeki yeni arazi kullanımı, sanayi, yerleşme ve su varlıkları kullanımı potansiyelinin ve gelecekteki kullanım politikasının belirlenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Mega projelerin yarattığı arazi kullanım değişikliği ile gelen ek yerleşimler, nüfus artışı, yeni beton alanlar bölgenin iklimini bozmakta ve su havzalarını geri dönüşü mümkün olmayacak şekilde etkilemektedir. Azalan bitki örtüsü ile ısı ve nem dengesi bozulmakta bu da uzun vadede bölgesel iklimin değişmesine ve halihazırda değişen yağış rejimi, buharlaşma ve kuraklık gibi farklı faktörlerin derinleşmesine yol açmaktadır.

3. Havalimanı Projesi adına meydana getirilen orman tahribatına ek olarak 2014 Haziran ayında Arnavutköy Tayakadın ve Akpınar köylerinde bulunan göller havalimanı arazi çalışmaları için kurutulmuştur.

Havalimanının ilk etapta yayınlanan Çevre Etkileşim Değerlendirme (ÇED) raporunda projenin gerçekleştirileceği alanda 70 göl, gölet ve gölcük olduğu belirtilirken, nihai raporda tüm bu alanlar 'büyük küçüklü su birikintisi' olarak yer almıştır. İlk raporda 660 hektarı kapsayan göl alanlarıyla ilgili detaylı bilgiler verilmiş; bu göllerin en büyüğünün Kulakçayırı olduğu bilgisi yer alırken nihai ÇED raporunda bu gölün adı hiç yer almamış; 70 adet büyük küçüklü su birikintisinin ise inşaat aşamasında kullanılacağı, hafriyatın da yine buralara doldurulacağı, bu alanlardaki sucul ve canlı yaşamlarının da yok olacağı belirtilmiştir.

Proje alanı yaklaşık 7.650 hektar olan İstanbul Havalimanı alanının 6.173 hektarı orman, 1.180 hektarı madencilik ve diğer kullanım, 660 hektarı göl, 236 hektarı mera, 60 hektarı tarım, 2 hektarı fundalıktı. İstanbul Havalimanı proje sahasının kuzeybatısında, 2,5 km mesafede yer alan Terkos Barajı, bu raporun önceki bölümlerinde de aktarıldığı üzere İstanbul'un hayati su kaynaklarından biridir. Söz konusu proje sahası Terkos Barajının orta mesafe koruma alanı ve uzun mesafe koruma alanı içinde kalmıştır. İstanbul Havalimanı işletmesinden kaynaklanan kirleticilerin (ÇED raporunda belirtilen miktarlar Kurşun 4667 kg/gün, Çinko 4.667 kg/gün, Bakır 7.889 kg/gün) Terkos Gölü ve su toplama havzasında önemli bir baskı oluşturacağı belirtilmiştir.

Bölgede mega projeler kaynaklı talep artışını karşılamak amacıyla İSKİ tarafından Terkos-Taşoluk İçme Suyu Arıtma Tesisleri ve Arnavutköy- Çanta-Erguvankent-3 İçme Suyu Depo İnşaatları 30 Nisan 2023 yılında başlamıştır. İstanbul Havalimanı'nın, ilk etapta 17.500 m³/gün 1-2 yıl içerisinde de 35.000 m³/gün, nihai hedefte ise 85.000 m³/gün olan içme suyu ihtiyacını karşılamak, ayrıca Arnavutköy ilçesi Tayakadın, Durusu, Boyalık, Baklalı, Yeniköy ve Karaburun yerleşim yerlerinin içme suyu ihtiyacının karşılanması hedeflenmektedir. Çalışmanın %69,7'si tamamlanmıştır. Projenin 2024'te tamamlanması hedeflenmektedir.⁷²

Kanal İstanbul, Yenişehir Yapı Alanları ve İstanbul Havalimanı; kenti, su kaynaklarının yok edilmesi, kirlenmesi ve kullanılmaz hale gelmesi ile karşı karşıya getirmektedir. Kanal İstanbul Projesi İstanbul İçin Ölümcül Etkileri Olabilecek Niteliktedir.

İstanbul'un Avrupa Yakasında yer alması düşünülen Kanal İstanbul Projesi kenti boydan boya keserek, ikinci Boğaz olacak 45 km uzunluğundaki bir kandan ibarettir. Kanal İstanbul güzergâhının Küçükçekmece Gölünden başlayıp Sazlıdere Barajı mevkiinden geçerek Karadeniz'e bağlanması tasarlanmıştır.

⁷² İSKİ, Devam Eden Yatırımlar, Erişim Tarihi: 21.07.2023, <https://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/terkos-tasoluk-icme-suyu-aritma-tesisleri-ve-arnavutkoy-canta-erguvankent-3-icme-suyu-depo-insaatlari2>

Kanal İstanbul ile İstanbul'un su biriktirme hacminin %10,2'sini karşılayan Sazlıdere Barajı yok olacak, yine su biriktirme hacminin %18,7'sini karşılayan Terkos Barajı havzasında yaklaşık 20 km²'lik bir alanda önemli kayıplar yaşanacaktır. İnşası bittikten sonra Kanal, Küçükçekmece Gölü ile birleşmektedir ki bunun etkilerini şimdiden kestirmek oldukça zor görünmektedir. Proje aynı zamanda tarihi Terkos Alibey Barajı, onlarca önemli su isale hattı, Ataköy atıksu kollektörü gibi çeşitli su yapılarının da yerinin değişmesi anlamına gelmektedir. Bununla birlikte açılacak kanalın kotunun deniz seviyesinin altında olması, tuzlu suyun yeraltı suyuna karışması ve dolayısıyla baraj sularının tuzlanması risklerini ortaya çıkarmaktadır. Bu riskin gerçekleşmesi durumunda İstanbul'a su sağlayan barajların %28,9'u yok olma tehlikesi bulunmaktadır.

Söz konusu mega projelerin direkt etkilerinin yanı sıra dolaylı etkileri de önemli risk faktörleridir. İstanbul'a eklenecek yeni yerleşim yerleri ile birlikte artacak olan nüfus, insan faaliyetleri ve ekonomik faaliyetlerin artıracığı su talebi ve olası kirlilik etkileri uzun vadede İstanbul bütününde önemli sorunlar yaratacaktır.

Projenin ÇED raporunun su kaynakları bölümünde DSİ'nin sunduğu görüşte projenin Terkos gölü havzasını besleyen büyük bir alanı etkileyeceği ve Sazlıdere Barajının tamamının yok olacağı belirtilmiştir. Kanalın taşıyacağı tuzlu suyun oluşacak aşırı yağış kaynaklı taşkın ya da deprem gibi bir olay durumunda bölge genelinde tuzlanmaya sebebiyet vereceği ortaya konmuştur. Bu olasılığın gerçekleşmesi durumunda kısa ve uzun vadede su kaynaklarının kullanılamaz hale gelmesi olasıdır. Proje alanının büyük bir kısmının su havzası olması, Trakya bölgesinin yeraltı sularının da geri dönüşü olmayan bir tuzlanma riski ile karşı karşıya kalması ve bu kaynakların kullanılamaz hale gelmesi anlamına gelirken, söz konusu afetin sonucu sadece İstanbul için değil Batı Marmara Bölgesi için de ölümcül bir risk anlamına gelmektedir.

Proje alanında bulunan 66 farklı alt havzanın sularının kanala dökülmesi ve bu kaynaklardan ikisinin kanala doğrudan bağlanması nedeni ile içme suyu olarak kullanılmaları mümkün olmayacaktır. Bu kaynakların sadece içme suyu niteliği değil bölge habitatı ve tarım vb. kullanımlar da işlevsiz hale gelecektir. Söz konusu su kayıpları ve olası riskler halihazırda kendine yetemeyen bir İstanbul'un geleceğinin yok olması demektir.

Kanal İstanbul inşaatı 73 bölgede mevcut su kaynaklarını ve altyapı/üstyapı tesislerini de etkileyecektir.⁷³ İSKİ'nin bu nedenle yapmak zorunda kalacağı 4 adet baraj, 8 büyük içme suyu isale hattı ve arıtma tesisleri ve bunlarla ilgili kamulaştırma bedelleri kamuya toplam olarak 1,9 milyar dolar maliyet yükleyecek. Kanal'ın gerekli bölgelerinde İSKİ tarafından yapılacak sızdırmazlık yatırımının da 270 milyon dolar bir maliyeti olacağı hesaplanıyor. Böylece, Kanal İstanbul Projesinin İSKİ'ye yükleyeceği maliyet 3,3 milyar dolar çıkmaktadır.

İstanbul nüfusunun yarısından fazlasının yaşadığı Avrupa Yakasında Terkos Gölü, Büyükçekmece Gölü ve Alibey baraj havzaları üzerinde uzun süredir yapılaşma baskısı bulunmaktadır. Hızlı nüfus artışı, tarımsal faaliyetler ve sanayiden dolayı bu su kaynakları kirlenmekte ve tehdit sürekli artmaktadır. Ek olarak Kanal İstanbul projesinin getireceği yapılaşma baskısı bölgedeki betonlaşma ile havzalarda geçirgenlik azalacak, havzalardaki olası işgaller kaynaklardaki kirlenmeyi arttıracaktır.

İklim krizi kaynaklı su döngüsünün değişmesi, akış rejimindeki değişimler ile Kanal İstanbul Projesi sonrası havzaların, dere yataklarının yok olması sonucu iklim krizlerinin etkilerinin çarpan etkisi İstanbul'da daha fazla olacaktır.

İklim krizi karşısında giderek artan kırılganlıklar Kanal İstanbul Projesi ile daha da artacaktır. Bunlardan biri Avrupa Yakasının bir kısmının ana karadan koparılmasıyla yaratılacak yeni adada kuraklık, sel ve sıcak dalgaları gibi iklim krizi etkilerinin artmasıdır.

Sonuç olarak Kanal İstanbul Projesinin hayat bulması durumunda, inşaat süreci öncesi mevcut altyapının yüksek maliyetlerle taşınması gerekecek, inşaat süreci sonrası ise mevcut kaynaklar yok olacak, havzalardaki baskı artacak ve yeni su kaynaklarına ihtiyaç duyulacaktır. Bu da Marmara Bölgesindeki mevcut baskının artması ve proje etkilerinin azaltımı, giderilmesi ya da sübvansede edilmesi adına maliyetleri yüksek projelerin geliştirilmesi anlamına gelmektedir.

SONUÇ

Paris Anlaşması'nda 2030 yılı sıcaklık artışı hedefi 2°C'nin altında tutulup, sera gazı emisyonlarının yarı yarıya azaltılması amaçlanmaktadır. 2050 yılında da karbon nötr CO₂ emisyonu olarak adlandırılan emisyonlarla atmosfere verilen CO₂ miktarı ile yutak alanlarca atmosferden alınan CO₂ miktarını eşitlemek gerekmektedir. Fakat küresel ölçekte emisyon azaltımı hedefi henüz gerçekleşmemiştir.

Küresel ölçekteki hedeflerin gerçekleşmemesi iklim krizinin etkilerinin derinleşeceğinin ve geri döndürülemez boyutlara ulaşacağına önemli bir göstergesidir. Bu durumda mevcut doğal kaynakların korunması ve geliştirilmesinin önemi daha da artmaktadır.

Bu doğrultuda İklim Değişikliği Eylem Planında da yer aldığı üzere yıllık yağış su potansiyelinin belirlenmesi ve kullanım senaryolarının oluşturulması, yer altı ve yer üstü tüm su potansiyelinin kullanım veya biriktirme anlamında değerlendirilmesine yönelik çalışmalar kritik öneme sahiptir.

"Yapmamız gereken tüm bu altyapının toptan baştan düzenlenmesidir. O zaman da caddeler uzun bir süre kazılır, herkes şikayet eder, çekilen ızdıraptan sonra da üstyapıda bir değişiklik olmadığı için herkes caddesinin kazılmış olmasından şikayetçi olur. Bu nedenle de belediyeler altyapı çalışmaları yerine sonucu kolay anlaşılacak üstyapı projelerine ağırlık verirler. Ama en son Kahramanmaraş depremleri bize bir şey öğrettiyse o da sorunlu altyapının beklenen İstanbul depremi ardından çok daha büyük sağlık sorunları yaratacağıdır. Bunu unutmamalıyız."

Prof. Dr. Levent Kurnaz

İSKİ'nin Stratejik Planında yer aldığı şekilde; kentin su sisteminin iyileştirilmesi ve su kayıplarının önlenmesi, verimliliğin sağlanması açısından önemli etmenler olmaktadır. Bununla birlikte verimliliğin sağlandığı bir su sistemi için altyapı ile birlikte doğal su sisteminin (dereler, havzalar ve yeraltı suları) gözetilmesi de en kritik eylem alanlarından olmaktadır.

İstanbul Vizyon 2050 Strateji Belgesi kapsamında sunulan yapılaşmış çevrenin genişlemesinin kontrol altında tutulması, su havzalarının, yer üstü ve yer altı su kaynaklarının korunması ve tahrip olmuş dere, göl gibi sulak alanların yeniden ekosisteme kazandırılması hedefleri, uzun vadede su krizinin önlenmesi ve olası su krizinin azaltılması adına öncelikli hedefler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Suyun insan yaşamı, ekosistemler ve insan faaliyetlerinin sürekliliği açısından önemi tüm kurumlar adına ortak politika ve eylem ihtiyacını ortaya çıkarmakta, kentleşme politikalarında suyun öncelikli bir öge olarak ele alınmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Altuğ, K. (2022). Bizans Döneminde İstanbul'un Su Yönetimi, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 67 – 84.
- Avrupa Çevre Ajansı (1999). Environment in the European Union at the turn of the century.
- Aygün, A. (2022). İstanbul'un Tarihi Su Sistemlerinden Bir Kesit: Taksim Suyolu ve Yapıları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 164.
- Aygün, A. (2022). Sultan II. Abdülhamid'in İstanbul'u Suyla Buluşturan Tesisleri: Hamidiye Suyolu ve Yapıları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 204.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Solazzo, E., Muntean, ve diğ. (2021). GHG emissions of all world countries - 2021 Report. EUR 30831 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021.
- Cuthbert, B. A., & Aybar Artar, N. (2013). Kuzey Marmara Otoyolu (3.Boğaz Köprüsü dâhil) Projesi için Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi. https://www.3kopru.com/content/pdf/15112013140523cevresel%7B%5C_%7Dve%7B%5C_%7Dsosyal%7B%5C_%7Ddeki%7B%5C_%7Ddegerlendirmesi%7B%5C_%7Draporu.pdf
- Dağlar, Veysel & Çelik, Veysi & Gök, Merve & Kayalı, Nihal. (2017). İstanbul Su ve Kanalizasyon İdar-esi Kayıp Kaçak Yönetim Sistemi ve Kayıp Kaçak Azaltma Pilot Çalışması.
- Doğru, A.Ö., Göksel, Ç., David, R.M, Tolunay, D., Sözen, S., Orhon, D. (2020). Detrimental environmental impact of large scale land use through deforestation and deterioration of carbon balance in Istanbul Northern Forest Area," Environmental Earth Sciences, 79:270, 13.
- Dünya Bankası (2021). <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM>.
- Gürçay, M. (2018). Impacts of mega projects on the resilience of İstanbul city-region. Middle East Technical University.
- Hofste, R. W., Reig, P., & Schleifer, L. (2019). 17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress>
- IMC (1999). İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atık su Arıtma ve Uzaklaştırma Master Plan Etüdü, İstanbul: İSKİ.
- IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.
- IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- İBB (2021). İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 109.
- İBB (2018). İklim Değişikliği Eylem Planı Final Raporu 2018, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 135.
- İklim Uyum Projesi. (2022). İklim Projeksiyonlarının Analizleri ve Değerlendirilmesi. Ankara.
- İklim Uyum Projesi. (2022). Ulusal Ölçekte Çoklu-Tehlike Değerlendirmesi ve Ekstrem İklim İndisleri. Ankara.
- İSKİ (n.d). Devam Eden Yatırımlar, Erişim Tarihi: 21.07.2023, <https://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/terkos-tasoluk-icme-suyu-aritma-tesisleri-ve-arnavutkoy-canta-erguvankent-3-icme-suyu-depo-insaatlari2>

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (n.d.). 2022 Yılı Açık Yüzey Buharlaşma Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 21.07.2023, <https://www.mgm.gov.tr/arastirma/buharlasma.aspx?s=2022>

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (n.d.). Havzalara Göre Alansal Yağış Değerlendirmesi. Erişim Tarihi: 21.07.2023, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/havzalara-gore-yagis.aspx?y=k>

NOAA (2022). Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. National Oceanic and Atmospheric.

Pektaş, K. (2022). Halkalı Su Yolları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 134.

Saatçi, S. (2022). Osmanlı Medeniyetinin En Büyük Su Yolları: Kırkçeşme Su Yolları, İstanbul Su Kültürü. İstanbul, 130.

Spano D. ve diğ. (2021). G20 Climate Risk Atlas. Impacts, policy and economics in the G20. DOI: 10.25424/cmcc/g20_climaterisk

Tunçay, H. E. (2021). Suya Duyarlı Şehirler. İstanbul, 89 .

TÜİK (2021). Belediye Su İstatistikleri.

UNDRR (2023). GAR Special Report: Measuring Resilience for the Sustainable Development Goals. Geneva.

UNEP (2016). A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. 162.

UNFCCC (2023). European Environment Agency Bölgesel Kuraklık Kestirimleri. Ankara.

World Bank Group. (2018). CityStrength Diagnostic Methodological Guidebook. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/996471525721935888/pdf/125991-WP-P150083-PUBLIC-CityStrength-Guidebook-2018.pdf>

World Economic Forum (2021). The Global Risks Report 2021 16th Edition. http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

WWAP (2016). The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs. Paris, UNESCO.

Yannopoulos, S., Yapijakis, C., Kaiafa-Saropoulou, A., Antoniou, G., & Angelakis, A. N. (2017) History of sanitation and hygiene technologies in the Hellenic world, Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development, 7(2), 163-180.

