İstanbul Üniversitesi Yayın No: 5255
Edebiyat Fakültesi Yayın No: 3465
e-ISBN: 978-605-07-0714-4

1ST ISTANBUL INTERNATIONAL GEOGRAPHY CONGRESS PROCEEDINGS BOOK

June 20-22, 2019

1. İSTANBUL ULUSLARARASI COĞRAFYA KONGRESİ BİLDİRİ KİTABI

20-22 Haziran, 2019

İSTANBUL UNIVERSITY PRESS



e-ISBN: 978-605-07-0714-4
DOI: 10.26650/PB/PS12.2019.002

Istanbul University Publication No: 5255
Faculty of Economics Publication No: 3465

This work is published online under the terms of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

This work is copyrighted. Except for the Creative Commons version published online, the legal exceptions and the terms of the applicable license agreements shall be taken into account.

This publication has been peer reviewed.

PROCEEDING PAPER / KONGRE BİLDİRİSİ

1st ISTANBUL INTERNATIONAL GEOGRAPHY CONGRESS PROCEEDINGS BOOK
1. İSTANBUL ULUSLARARASI COĞRAFYA KONGRESİ BİLDİRİ KİTABI

İSTANBUL UNIVERSITY PRESS

DOI: 10.26650/PB/PS12.2019.002.052

İstanbul'un Su Yönetimi Riskleri

Istanbul's Water Management Risks

Hüseyin TUROĞLU[1]

[1]İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye

ORCID: 0000-0003-0173-6995

ÖZ

Su yönetimi planlarında, su talebi ve su potansiyeli tespit ve tahminlerinin doğru olarak yapılması çok önemli bir konudur. Bu çalışmada; İstanbul'un su talebi ve su potansiyeli konularının bileşenleri ana hatları ile ele alınarak, eğilim analizlerine dayanan su yönetimi amaçlı öngörülerin yapılması hedeflenmiştir. İstanbul, sadece Türkiye'nin değil, dünyanın önemli megaşehirlerinden biridir. Megeşehirlerin yapısal özellikleri ve farklılıkları nedeni ile su yönetimi stratejileri daha karmaşık problemlere sahiptir. İstanbul için de geçerli olan, bu problemlerden biri megaşehirlerin yıllık su ihtiyacının doğru olarak tahmin edilme zorluğudur. Hızlı ve kontrol edilemez nüfus değişkenliği, kayıtdışı ekonomik faaliyetlerin su tüketimi İstanbul'un yıllık su talebinin tahmin edilmesindeki önemli belirsizliklerdir. Yağış ve sıcaklık değerlerinin yıllık değişim özellikleri de İstanbul'un su potansiyeli üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Sarıyer (17061) ve Florya (17636) Meteoroloji İstasyonlarının 1950-2015 yıllarına ait sıcaklık ve yağış rasat verileri, bu verilerin eğilim analizleri; küresel iklim değişikliğinin İstanbul'daki etkilerini açıkça göstermektedir. Melen Çayı Projesi, İstanbul'un su yönetimi planlarında bir çözüm projesi olarak kabul edilmektedir. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri Melen Çayı su potansiyeli üzerinde de görülmektedir. Analiz sonuçları; İstanbul'un adrese dayalı nüfusu, su abonesi sayısı ve İstanbul'a verilen yıllık su miktarı dikkate alındığında suya olan ihtiyacın gelecek her yıl artarak devam edeceğini göstermektedir. Buna karşın, Sarıyer ve Florya Meteoroloji istasyonu verilerine göre yağış ve sıcaklıklardaki değişiklikler; İstanbul'un su potansiyelinde gelecek her yıl azalma olacağına işaret etmektedir. Melen Projesinin ise İstanbul'un olası su sıkıntısına çözüm olması şüpheli görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Su Yönetimi, İstanbul.

ABSTRACT

The accurate estimation of water demand and the continuous review of the water supply are the most critical aspects of all water management plans. This study investigates the components of Istanbul's water management plan and will identify potential issues in the underlying assumptions. Trend analysis' will explain the variance of the actual water supply water potential versus currently estimated and allow for better water supply predictions. As with many other of the world's megacitys, Istanbul's water management strategies are complicated by the difficulty to accurately estimate future water demand. Rapid and unmanaged population increases, water consumption of unrecorded economic activities are important uncertainties in estimating Istanbul's annual water demand. Furthermore, year over year changes in precipitation and temperature values also have had a direct effect on Istanbul's water potential. Trend analyses of these data from the Sarıyer (17061) and Florya (17636) Meteorological Stations between 1950-2015 clearly show the impacts of global climate change in terms of temperature increases and decrease of precipitation. The Melen Project, bringing water to Istanbul from the Melen river is considered to be main pillar of Istanbul's water management plans. Unfortunately, the negative effects of climate change are also manifesting themselves negatively on the water potential of Melen Stream and thus Istanbul's water supply. Data presented in this study shows a steady increase in the address-based population of water subscribers and the annual amount of water provided to Istanbul. The trends clearly indicate that the need for water will continue to increase year over year. On the other hand, the analysis of the supply data, according to the data the Sarıyer and Florya Meteorological stations, indicate that the water potential of Istanbul is steadily decreasing. The data presented shows that it is doubtful that the Melen Project can be the only solution to an upcoming water shortage in Istanbul and that the water management plan must be updated.

Keywords: Climate Change, Water Management, Istanbul.

Başvuru/Submitted: 20.03.2019 **Kabul/Accepted:** 08.05.2019

Sorumlu yazar/Corresponding author: Hüseyin TUROĞLU / turogluh@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Su yönetimi, en basit haliyle; su kaynaklarının en iyi şekilde kullanımını planlama, geliştirme, dağıtma ve yönetme faaliyeti şeklinde tanımlanabilir. Bu tanım üç temel bileşene sahiptir. Bu bileşenleri; (a) İhtiyaçlar, (b) Su potansiyeli, (c)İdari imkân ve mekanizmalar, başlıkları altında sınıflamak mümkündür. Doğru ve sürdürülebilir bir su yönetimi için bu üç bileşenin mevcut durum ve geleceğe yönelik değişim özellikleri ile birlikte, bileşenlerin değişimlerinde rol oynayan faktörlerinde dâhil edildiği bir kapsamda ele alınma ve değerlendirilme zorunluluğu vardır (Biswas, vd. 2005; Biswas, 2006; Varis, vd. 2006).

2018 yılsonu itibarıyla İstanbul 15.067.724 nüfuslu (TUİK, 2019a) dünyadaki megaşehirlerden biridir. 2007-2018 yılları periyodunda adrese dayalı yıllık nüfus sayısında, her yıl sürekli bir artış olmasına karşın, bu süre için yıllık artış oranında bir dengesizlik dikkati çeker. 2007-2018 yılları döneminde nüfus artış oranı ‰ 26,0-2,6 arasında değişiklik göstermiştir (TUİK 2019a). İstanbul; düzenli su dağıtılan 6.464.296 kayıtlı su abonesine sahip olup, şehre verilen günlük ortalama (2019 Yılı ilk 4 aylık ortalaması) su miktarı 2.733.388 m^3/gün dür (İSKİ, 2019a). İstanbul'un su kaynaklarının %98'i yüzeysel su kaynağı niteliğindedir. Yeraltı su kaynakları İstanbul'un su kaynağının sadece %2 sini temsil etmektedir. Yağışlarla gelen ve şehir dışından taşınan sular baraj ve doğal göllerde biriktirilmekte, regülatörlerle toplanarak içmesuyu arıtma tesislerine ulaştırılmaktadır. İstanbul'a su sağlayan 1 doğal göl, 8 baraj, 8 regülatör ve bentler olmak üzere muhtelif kapasitede toplam 18 adet yüzeysel su kaynağı bulunmaktadır (İSKİ, 2019a; İSKİ, 2019b). Su kaynakları; yağış ve sıcaklık iklim elemanları ile çok ilişkisel etkileşim içindedir. Yağış miktarındaki artış; şehre dağıtılmak üzere barajlar ve diğer su rezervuarlarında toplanan su miktarını pozitif yönde etkilerken, sıcaklıklardaki artış ise normal kullanım ile ihtiyacın karşılanması dışında, doğal yollarla su kaybının artmasına neden olarak negatif bir etki yaratır (Danilenko, vd. 2010; Turoğlu, 2013; Georgakakos, vd. 2014; Turoğlu, 2014a; Kara vd. 2016; Turoğlu, 2016a). Uzun yıllar için yapılan yağış ve sıcaklık iklim elemanlarına ait araştırmalar; İstanbul için iklim değişikliğinin giderek daha belirgin olarak kendini hissettirdiğini, yakın gelecekte yağış ve sıcaklık özelliklerinin daha da değişeceğine işaret etmektedir (Şen, 2012; Türkeş, 2013; Turoğlu, 2014b; Turoğlu, 2016a; Yurtseven ve Serengil, 2017).

Yukarıdaki tespit ve kısa açıklamalar; İstanbul şehrinin sağlıklı ve revize edilmeye ihtiyaç göstermeden, sürdürülebilir bir su yönetimi planına ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Bu çalışma; İstanbul su yönetimi planlamasına katkı vermek amacıyla hazırlanmış olup, yağış ve sıcaklık iklim elemanları, nüfus, su kullanımı, Melen Çayı akım ölçüm verilerinin istatistiksel analizine dayalı olarak, İstanbul için Su Potansiyeli çalışmaları, Su Yönetimi planlarına ait bileşenlerin eğilimleri, geleceğe yönelik çıkarımların yapılması amaçlanmıştır.

Bu amaç için Sarıyer (17061), Florya (17636) M.İ., 1950-2015 yılları (66 yıllık dönem). Düzce (17072) M.İ. 1963-2014 yılları yağış ve sıcaklık günlük rasatları (MGM, 2016) temel ham veri seti olarak kullanılmıştır. Günlük toplam yağış ve günlük ortalama sıcaklık verilerinden aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık verileri üretilmiştir. Ayrıca, İstanbul'un 2007-2018 yılları dönemi için adrese dayalı nüfus verileri, nüfus artış hızı ve projejsiyon verileri TUİK'dan (TUİK, 2019a), su abone sayısı ve dağıtılan su miktarı (m^3/yıl), barajların doluluk verileri ile Melen projesi kapsamındaki su transfer verileri İSKİ Genel müdürlüğünden (İSKİ, 2019a, 2019b) temin edilmiştir. Ayrıca B. Melen, Uğurlu Köyü ölçüm istasyonu (İstasyon no: D13A059) akım verileri DSİ etüt planlama ve tahsisler dairesi başkanlığı rasatlar şube müdürlüğünden temin edilmiştir.

İklim tipindeki değişim; iklim değişikliğinin coğrafi göstergesi olarak kabul edilebilir (EPA, 2019). Ayrıca, su yönetimi için çok önemli olan; su bilançosundaki değişim özellikleri, suyun hidrolojik sistem bileşenleri arasındaki dolaşım, depolanma ve değişim özelliklerinin tespiti ve ileriye yönelik eğilimlerin belirlenmesi de bu çalışmanın analitik içeriğini oluşturmuştur. Her iki tespit ve eğilim belirlemeler için "Thornthwaite Su Bilançosu analiz yöntemi (Thornthwaite, 1948) kullanılmış olup, Su fazlası, Biriken su değişimi, Su yetersizliği, Potansiyel Evapotranspirasyon çıktıları alınmıştır. Bu veriler İstanbul ve yakın çevresi için su dengesi, su dengesindeki zamana bağlı değişim özellikleri hakkında çıkarım yapılmasında kullanılmıştır. Aylık sıcaklık ve yağış verilerine ait trend analizleri de yapılarak bu iklim elemanlarının yıllara bağlı, yıllık ve mevsimlik değişim eğilimleri belirlenmiştir.

Melen Projesi, İstanbul'un su yönetimi planının önemli bir unsuru olarak dikkati çekmektedir (DSİ, 2012; Saatçi, 2013; DSİ, 2014; Eroğlu, 2017a; Acu, 2018). Melen Çayı havzası sularının İstanbul'a transferi ile İstanbul'un su probleminin 2071 yılına kadar çözüldüğü (Eroğlu, 2017a; Eroğlu, 2017b; Acu, 2018), İstanbul'un gelecek 50 yıl için su problemi olmayacağı en yetkili kurum ve yöneticileri tarafından ifade edilmiştir (Saatçi, 2013; DSİ, 2014; Eroğlu, 2017a; Acu, 2018). Melen Çayı havzası su potansiyelinin gerçekten İstanbul'un su problemine çare olup olmayacağı, karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır.

2. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Su talebi ve Su potansiyeli dengesi, su yönetiminin temel bileşenlerinden olduğu gerçeğinden hareketle, bu bilanço İstanbul için kontrol edilmek üzere aşağıdaki analiziler yapılmıştır.

Megaşehir olarak İstanbul

Mega şehirler; hızlı şehirleşme ve kontrolsüz nüfus artışının ortaya çıkarttığı şehirlerdir. Genel anlamda nüfusu 5 milyondan fazla olan şehirler için "Megaşehir" tanımlaması yapılmaktadır (Lundqvist, 2005; United Nations, 2016). İstanbul; sahip olduğu nüfus sayısı ve nüfus artış hızı itibarıyla dünyadaki sayılı megaşehirlerden birisidir (Tablo 1) (Şekil 1). Şehirler büyüdükçe, nüfus sayıları artar ve aynı zamanda mecburen ekonomik faaliyet boyutları da nüfus artışı ile uyumlu olarak büyür. Bu gelişimin doğal sonucu olarak hem temiz suya olan ihtiyaç ve aynı zamanda atık su miktarı da artar.

Megaşehirlerin su yönetiminin temel zorluğu, su ihtiyaçlarını kendi su kaynaklarının imkânları ile karşılayamıyor olmalarıdır. Bu yüzden şehir dışındaki diğer farklı su kaynaklarından su transfer ederek su ihtiyaçlarını karşılama projeleri üretilir (Biswas, vd.,2005; Biswas, 2006; Lundqvist, 2005; United Nations, 2016). Megaşehirlerin su yönetimi için bu yaklaşımın; sürdürülebilir, sağlıklı ve ekonomik bir çözüm yolu olup olmayacağı ise suyun taşınacağı uzak su kaynaklarının su potansiyel analizlerinin doğru yapılması, sonuçlarının güvenilir olması gerekmektedir. Bunun koşulu ise taşınan su kaynağının potansiyeli, verimliliği, sürdürülebilir faydalanma ve hatta ekonomik perspektifteki analizlerinin hatasız yapılmasıdır.

Tablo 1: İstanbul'un adrese dayalı nüfusu ve nüfus projeksiyonu (TUİK, 2019a).

Yıllar	İl nüfusu	Projeksiyon
2007	11.174.257	
2008	12.569.041	
2009	12.782.960	
2010	13.120.596	
2011	13.483.052	
2012	13.710.512	
2013	14.160.467	
2014	14.377.018	
2015	14.657.434	
2016	14.804.116	
2017	15.029.231	15.029.231
2018	15.067.724	15.254.231
2019		15.468.919
2020		15.682.267
2021		15.893.822
2022		16.103.390
2023		16.310.652
2024		16.512.489
2025		16.708.850

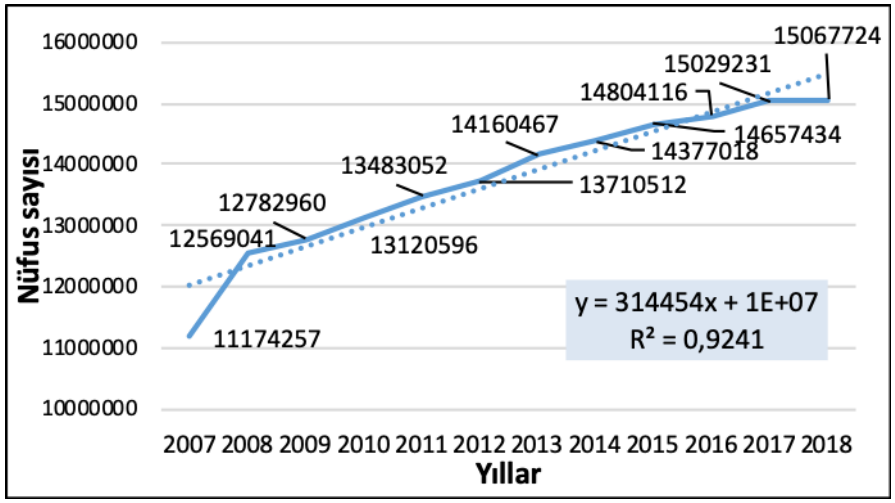
Bir megaşehir olarak İstanbul için de bu genel karakterin aynen geçerli olduğu görülmektedir. İstanbul'un hızlı nüfus artışı ve büyüyen ekonomik faaliyetleri; geçen her yıl daha fazla su ihtiyacına neden olmuştur (Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3). Artan su talebinin karşılanması için ise dünyadaki diğer megaşehirlerde de uygulanan yöntem olan şehir dışı su kaynaklarından su taşınması projeleri uygulamaya konulmuştur. Istranca dereleri projesi, Yeşilçay projesi ve Büyük Melen projesi İstanbul'un su ihtiyacını karşılamak üzere uygulanan şehir dışı su kaynaklarındandır (Altınbilek, 2006; Çodur, vd., 2007; İSKİ, 2011; Saatçi, 2013; İSKİ, 2015; İSKİ, 2016).

Su tüketimi ve öngörüler

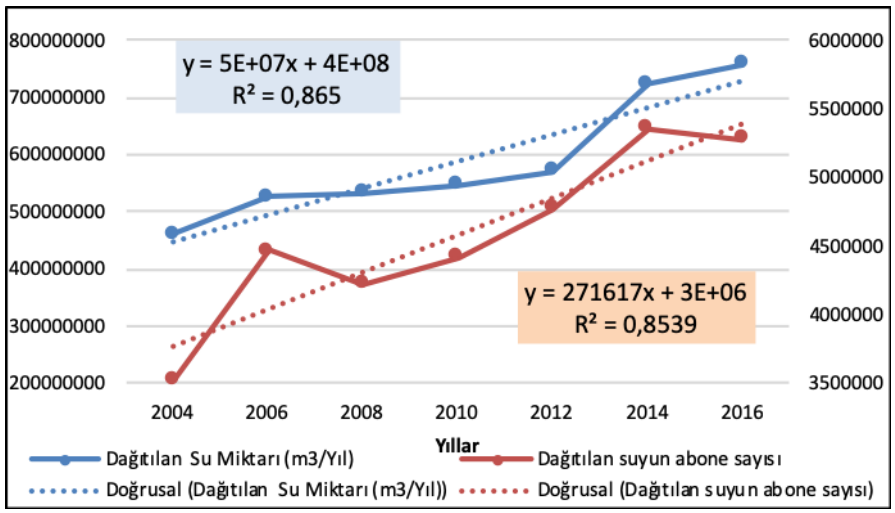
Yapılan araştırmalarda (Altınbilek, 2006) İstanbul için 2010 yılında 12,10 milyon nüfus ve 913 milyon m^3/yıl su talebi, 2020 yılında 13,60 milyon nüfus ve 1059 milyon m^3/yıl su talebi, 2030 yılında 14,60 milyon nüfus ve 1241 milyon m^3/yıl su talebi, 2040 yılında 15,50 milyon nüfus ve 1387 milyon m^3/yıl su talebi olacağı öngörülmüştür. Ancak Tablo 1, Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3'te de görüleceği üzere gerçek değerler öngörülerin çok üzerine çıkmıştır.

Megaşehirler için yapılan nüfus artış hızı öngörüleri ve nüfus projeksiyonlarının isabet oranı genellikle çok düşüktür. Zira megaşehirler, nüfus hareketliliği konusunda; sosyal, ekonomik, politik, vd. sebeplere karşı çok yüksek bir duyarlılığa sahiptir. Bu yüzden, özellikle orta ve uzun vadeli istatistiksel projeksiyonlar çoğu kez tutarlı olmaktan uzak kalır.

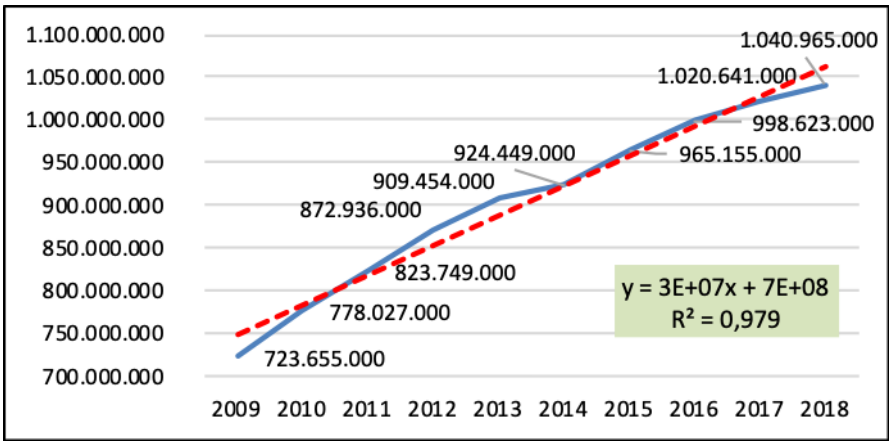
İstanbul'un 2007-2018 yılları, adrese dayalı nüfus verilerine (TUİK, 2019a) lineer regresyon analizi uygulanmıştır (Şekil 1). R^2 değerinin 0,92 olması; İstanbul'un yıllık nüfus miktarının azalan ve artan önemli değişiklikler yaşanmadan, istikrarlı bir artış eğilimine işaret etmektedir. Regresyon denklemi eğilimdeki artış istikameti ile birlikte aynı zamanda ileriye dönük nüfus miktarına ait hesaplama yapma fırsatı vermektedir. Regresyon denklemine göre (Şekil 1), Y eşitliğini oluşturan mevcut koşulların aynen devam etmesi halinde, İstanbul'un nüfusunun 30 yıl sonra 19 milyonu, 50 yıl sonra ise 25 milyonu geçmesi mümkün görünüyor. İstanbul'a dağıtılan su miktarı ve su abonesi sayısı ile şehre verilen yıllık su miktarının son 10 yıllık eğilimi, R^2 değerleri ve Y eşitliği göstergeleri İstanbul'un nüfus artış özelliklerine ait eğilimler ile tam bir uyumluluk göstermektedir (Şekil 1, 2, Şekil 3).



Şekil 1: İstanbul'un adrese dayalı nüfus verileri (TUİK 2019a).



Şekil 2: İstanbul'da su arz-talep eğilimi (veriler TUİK (2019b) dan temin edilmiştir).

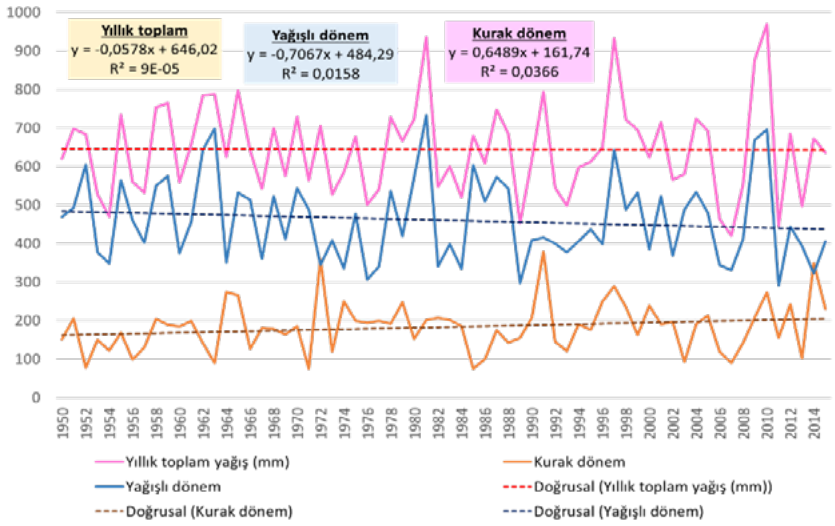


Şekil 3: İstanbul'a verilen yıllık toplam su miktarları (veriler İSKİ (2019b) dan temin edilmiştir).

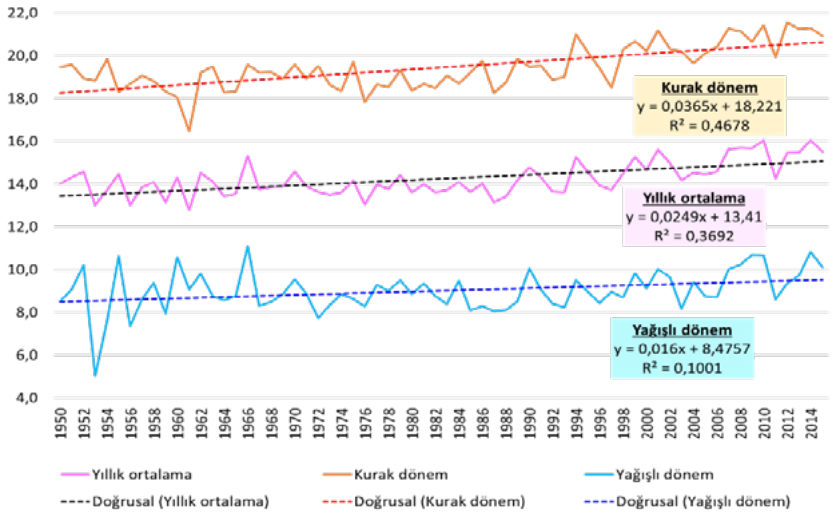
Sıcaklık ve yağış değişim eğilimleri

İstanbul'un su talebinin, son 10 yıllık dönemdeki dikkat çekici artış eğilimine karşın, sahip olduğu su potansiyeli; su yönetimindeki stratejilerin belirlenmesinde yönlendirici temel faktördür. Bu amaçla, Florya (17061) ve Sarıyer (17636) Meteoroloji İstasyonlarının 1950-2015 yıllarına ait günlük sıcaklık ve yağış rasatları (MGM, 2016) kullanılarak, sıcaklık ve yağış değerlerinin yıllık, mevsimlik (yağışlı dönem (Ekim-Mart) ve kurak dönem (Nisan-Eylül)) doğrusal eğilim analizleri, Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon analizleri ve hem karşılaştırmalı grafikleri ve hem de 65 yıllık eğilim belirlemesi yapılmıştır (Şekil 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

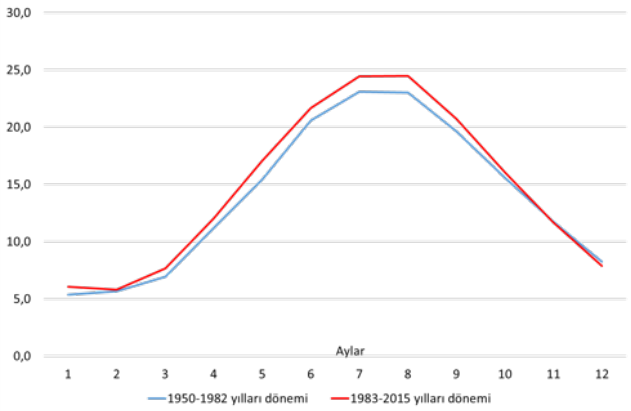
Florya istasyonunun Marmara Denizi aklanı ve Sarıyer istasyonunun Karadeniz aklanı klimatik etkisi altında olması ve ilaveten diğer coğrafi koşulların da sıcaklık ve yağış koşulları üzerindeki lokal etkileri nedeni ile her iki istasyonu rasatları arasında bazı farklılıkların görülmesi normaldir. Önemli olan ve dikkat çekici husus; her iki istasyona ait sıcaklık ve yağış özelliklerindeki 1950-2015 dönemine ait yıllık ve mevsimlik yağış değişkenliği eğimleridir.



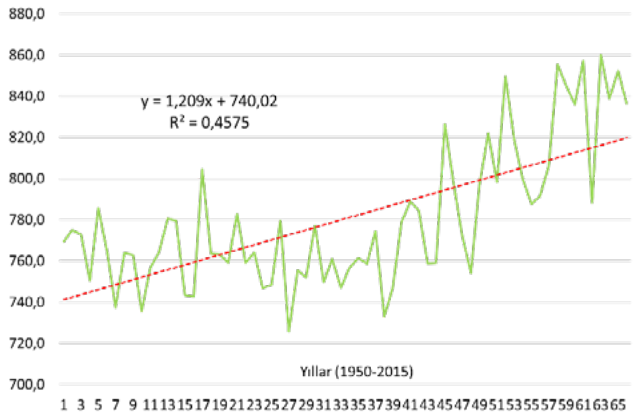
Şekil 4: Florya Meteoroloji istasyonu 1950-2015 dönemi yıllık ve mevsimlik yağış eğilimleri.



Şekil 5: Florya Meteoroloji istasyonu 1950-2015 dönemi yıllık ve mevsimlik sıcaklık eğilimleri.



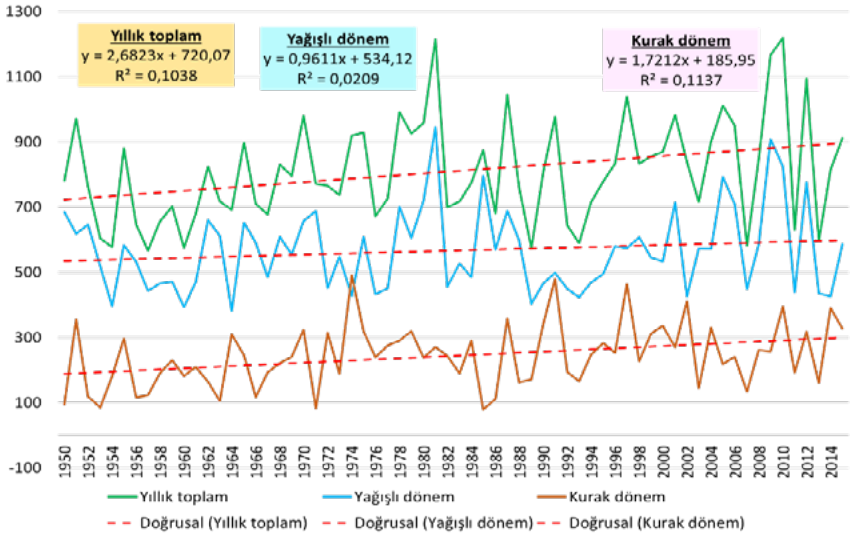
Şekil 6: Florya Meteoroloji istasyonu (17636) sıcaklık ve yağış verilerine göre; 1950-1982 ve 1983-2015 yılları ortalamaları, aylık Düzeltilmiş PE grafiği.



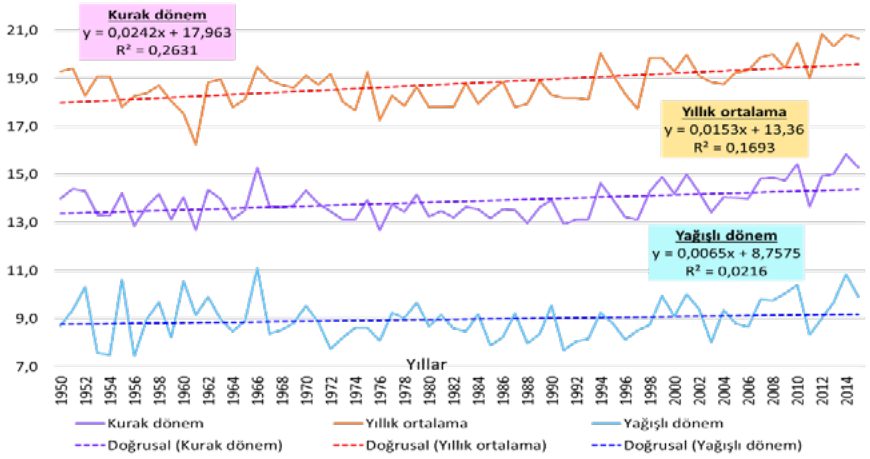
Şekil 7: Florya Meteoroloji istasyonu (17636) sıcaklık ve yağış verilerine göre; 1950-2015 yılları Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon doğrusal eğilim grafiği.

Florya meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık yağış değerlerinde çok az bir azalma eğilimi görülmektedir (Şekil 4). Ancak, yağışlı dönem ve kurak dönem yağış eğilimleri incelendiğinde ve yıllık toplam yağış verilerinin Y eşitliği ve R^2 değerleri ile karşılaştırıldığında; yağışlı dönem Y eşitliğinin çarpıcı şekilde azalmaya, R^2 değerinin ise yağışlardaki düzensizliğe işaret ettiği anlaşılmaktadır. Kurak dönem göstergelerinde ise yağışın çarpıcı şekilde artış içinde olduğu, bu artışın da düzensiz bir şekilde geliştiği anlaşılmaktadır (Şekil 4). Sıcaklık değerlerinin ise tüm yıl içinde ama özellikle de kurak dönem içinde belirgin bir atış içinde olduğu görülmektedir (Şekil 5).

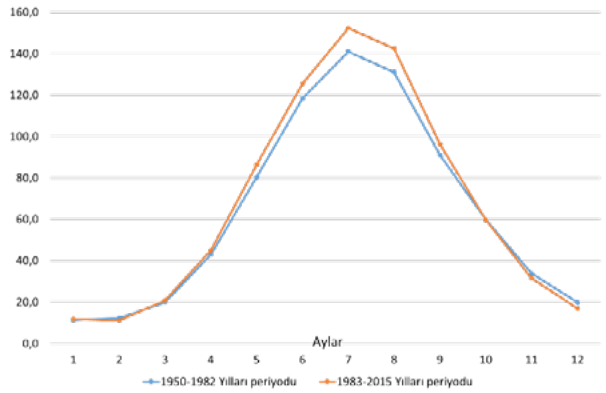
Sarıyer meteoroloji istasyonu verilerine göre ise aynı döneme ait yağış ve sıcaklık değerlerinin artış içinde olduğu görülmektedir (Şekil 8 ve 9).



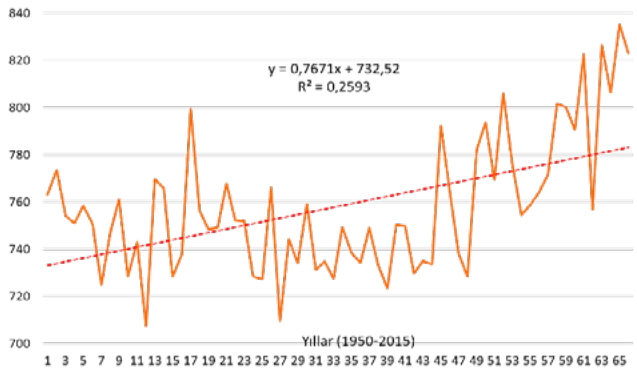
Şekil 8: Sarıyer Meteoroloji istasyonu 1950-2015 dönemi yıllık ve mevsimlik yağış eğilimleri.



Şekil 9: Sarıyer Meteoroloji istasyonu 1950-2015 dönemi yıllık ve mevsimlik sıcaklık eğilimleri.



Şekil 10: Sarıyer Meteoroloji istasyonu (17636) sıcaklık ve yağış verilerine göre; 1950-1982 ve 1983-2015 yılları ortalama Düzeltilmiş PE grafiği.



Şekil 11: Sarıyer Meteoroloji istasyonu (17636) sıcaklık ve yağış verilerine göre; 1950-2015 yılları Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon doğrusal eğilim grafiği.

Su yönetiminde, su potansiyelinin doğru şekilde anlaşılabilmesi ve buna göre su yönetimi stratejilerinin geliştirilebilmesi için "Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon" analizlerinin yapılması ve yıllık Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon değerlerinin hesaplanması gerekir. Zira bu değerler gizli ve açık su kayıplarını temsi ederler. Dolayısıyla, su potansiyeli hesaplarında Düzeltilmiş PE değerlerinin göz ardı edilmesi, hesaba katılmaması önemli bir hata olup, su yönetiminde başarısızlığın önemli sebebi olacaktır. Florya ve Sarıyer meteoroloji istasyonuna ait yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak "Thornthwaite Su Bilançosu" analizi (Thornthwaite, 1948) yapılmıştır. Bu analiz kapsamında, her iki istasyon verilerine ait 1950-2015 yıllarına ait her yıl için Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon değeri mm cinsinden hesaplanmıştır. Sonuçlar; hem 32 şer yıllık dönemlerin (1950-1982 ve 1983-2015 yılları) karşılaştırması (Şekil 6 ve 10) ve hem de 65 yıllık doğrusal eğilim grafiği (Şekil 7 ve 11) ile görselleştirilmiştir. Şekil 6 ve 10'da da görüleceği üzere, 2. Dönem (1983-2015 dönemi) Düzeltilmiş PE değerleri özellikle kurak dönem içinde çok daha şiddetli olmak üzere yıl içinde belirgin bir artış göstermektedir. 1950-2015 yılları dönemi için ise Düzeltilmiş PE değerlerinin artış eğilimi içinde olduğu, artış oranının Florya verilerinde İstanbul'un kuzeyindeki ve Karadeniz klimatik koşulları altındaki Sarıyer meteoroloji istasyonu verilerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 7 ve 11).

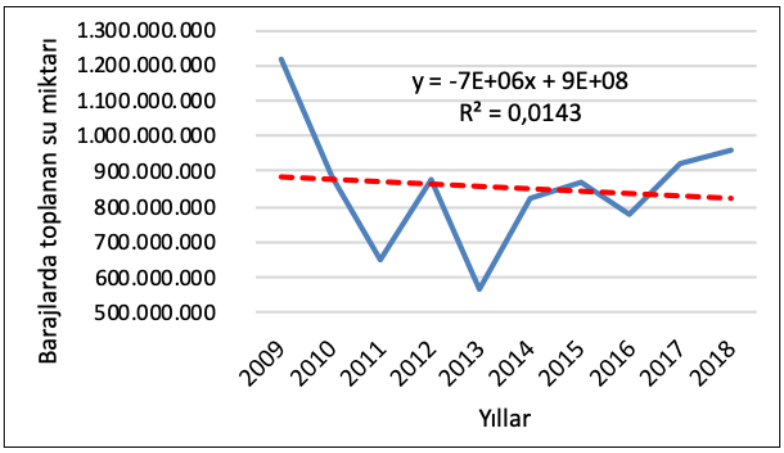
Sıcaklık ve yağışa bağlı su potansiyeli

Su potansiyeli; temiz su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılabilir nitelikteki yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına ait faydalanılabilir su imkânlarını temsil eder. Su potansiyeli sadece yağışlarla gelen su miktarı değildir. Ayrıca su potansiyeli sadece depolanan su miktarını da tanımlamaz. Su yönetimi stratejilerinin oluşturulmasında; doğrudan, yıllık yağış miktarlarını ve şehir dışından uzak havzalardan taşınarak şehre dağıtılmak üzere barajlarda ya da göletlerde depolanan su miktarının esas alınması da çok büyük bir hatadır. Bu hata; su yönetimi stratejilerinin, yapılan yatırım ve planlamaların sürdürülebilir olmasını engelleyecektir. Zira tüm bu su kaynakları; gizli su kayıplarına ve hesaplama handikaplarına sahiptir.

İstanbul için yapılan su yönetimi planlarında "Yıllık Toplam Yağış" miktarları esas alınmıştır (İSKİ, 2016). Su potansiyelini olumlu anlamda etkileyen yağışlar; yağışlı dönem olarak nitelendirilen, Anadolu için uygun olarak kabul edilebilir yıl içi periyod Ekim-Mart dönemi yağışlarıdır (Turoğlu, 2014a; Turoğlu, 2016a). Bu dönemdeki yağışların günlük 25mm den az olması tercih edilir. Zira 25 mm den fazla olan yağışlar sağanak karakterli olup (Turoğlu, 2014a; Turoğlu, 2016a), hem sızma ile bu suyun tutulması giderek zorlaşır ve hem de sel karakterli yüzeysel akış özelliği nedeni ile su kalitesinde de bozulmalar olur. Günlük 25 mm den fazla olan sağanak karakterli yağışlar genellikle sel şeklindeki yüzeysel akışa geçtiklerinden genellikle depolanmaları zordur. Yağışların; kurak dönem olarak tanımlanan, yılın Nisan-Eylül aylarına kayması ve günlük 25 mm den fazla olması, "Kurak Yarıkurak İklim Tipi" nin karakteristik özelliklerinden olup, su potansiyeli anlamında bu dönemdeki yağışların faydalı yağışlar olarak kabul edilmesi mümkün değildir. 25 mm nin üstündeki yaz sağanak yağışları sel karakterli yüzeysel akışla çoğu kez afetlere neden olurlar. Oysa bu kurak dönem sağanak yağışlarıyla gelen ve tutulamayan, faydalanılamayan su; genellikle yıllık toplam yağış miktarının içinde hesaplanır. Su potansiyeli çalışmalarında; yıllık toplam yağış miktarlarını esas alarak yapılan planlamalar, işte bu sebepten dolayı güvenilir olmaktan uzaktır. Florya ve Sarıyer meteoroloji istasyonları yağış verilerine göre, yağışın kurak döneme (Nisan-Eylül) kayma göstermesi (Şekil 4 ve 8) çok anlamlıdır. Florya'da yıllık toplam yağışlarda ve yağışlı dönem yağışlarında azalma olurken, kurak dönem (Nisan-Eylül) yağışlarındaki artış (Şekil 4) su potansiyeli açısından dikkat edilmesi gereken bir göstergedir. Sarıyer'de yıllık toplam yağışların artış içinde olduğu görülmesine karşın, bu artışın, aslında kurak dönem yaz yağışlarındaki düzensiz artışlardan kaynaklandığı, sıcaklıklarda ise özellikle kurak dönemdeki artış dikkat çekicidir (Şekil 8). Günlük 25 mm ve üstündeki yağışlarını tekrar sıklıkların 2000 yılından bu yana giderek artış eğiliminde olması ve kurak dönemde (Nisan-Eylül) gerçekleşme sayılarının giderek artması (Turoğlu, 2014a; Turoğlu, 2014b; Turoğlu, 2016a); İstanbul'un su potansiyelini olumsuz etkileyecek klimatik faktörlerdir ve su yönetiminde mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon; buharlaşma ile su kayıplarını temsil eden rakamsal bir değerdir. Düzeltilmiş PE ile su kayıpları hem baraj ve göletler gibi şehre dağıtılmak üzere depolanmış su rezervuarlarında su yüzeylerinden meydana gelen su kayıplarını ve ayrıca zeminden ve bitki örtüsünden transpirasyon ile meydana gelen su kayıplarını tanımlar. Transpirasyon ile gerçekleşen su kayıpları ise toprak suyunun azalmasına ve yeraltı suyunun dolayısıyla yeraltı su tablasının alçalmasına neden olur. Bu durumda baraj ve göletlerdeki depolanmış sular, yüzeysel su kaynağı olarak hesaba katılan diğer su rezervlerinden yer altına su transferi gerçekleşir. Düzeltilmiş PE değerleri (Şekil 6, 7, 10, 11); İstanbul'un su potansiyeli için hesapta olmayan ciddi su kayıpları tehlikesine işaret etmektedir. Su potansiyelinin göstergeleri olarak kullanılabilir olan aylık Su fazlası, Biriken su değişimi, Su yetersizliği, Potansiyel Evapotranspirasyon değerleri (Turoğlu, 2014a; Turoğlu, 2014b; Turoğlu, 2016a) ve bu değerlerin yıllık değişim eğilimleri de İstanbul'un su potansiyeli üzerindeki risklerin göstergeleri olarak kabul edilebilir.

İstanbul'un su kaynaklarının %98'i yüzeysel sular olup, bunların hemen tamamı yağışlarla gelen ve uzak mesafelerden taşınan sulardır ve bu sular barajlarda depolanarak dağıtımları yapılmaktadır. Her iki şekilde İstanbul barajlarına gelen su miktarlarında, son 10 yıllık dönem için azalma eğilimi görülmektedir. Doğrusal eğilim eşitliği (Y) belirgin bir azalmaya işaret ederken, R^2 değerinden barajlara gelen su miktarlarının yıldan yıla önemli değişiklikler gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12: İstanbul barajlarına gelen su miktarları (İSKİ, 2019b).

Melen Çayı Projesi ve su potansiyeli

İstanbul'un nüfusu hızlı bir şekilde artmaktadır (Tablo 1). Yapılan öngörüler de bu artışın devam edeceği yönündedir. (Tablo 1 ve 2). Nüfus artışı doğal olarak su talebini de arttıracaktır (Şekil 1, 2, 3). İSKİ (2011) verileri de bu öngörüyü desteklemektedir (Tablo 2). Klimatik analizler ise gelen ve toplanan su miktarının azalma eğiliminde olduğunu ve bu trendin geleceğe yönelik olarak artarak devam edeceğine işaret etmektedir. Bir başka ifadeyle; su talebi artarken, su potansiyelinin azalacağı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla İstanbul yeni su kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır.

Her megaşehir gibi İstanbul'un da su kaynaklarının önemli kısmı il sınırları dışındaki akarsulardan taşınan sulardan oluşmaktadır. Bu su kaynaklarının bir kısmı Istranca dereleridir. Ancak en önde gelen proje; Büyük Melen Projesidir. Bu proje kapsamında, Melen barajının tamamlanmasıyla birlikte Megaşehir İstanbul'a yılda 1 milyar 77 milyon metreküp içmesuyu sağlanacağı kabul edilmektedir (DSİ, 2018a). Yüzde 95 seviyesindeki Melen Barajı inşaatının tamamlanmasıyla birlikte, İstanbul'un 2071 yılına kadar içme suyu probleminin kalmayacağı (Saatci, 2013; İSKİ, 2016; Acu, 2018; DSİ, 2018b), hatta Melen Barajı'nın tek başına İstanbul'un su ihtiyacını karşılayacağı belirtilerek, iki yıl kuraklık olsa dahi İstanbul'un su sıkıntısının olmayacağı ifade edilmektedir (Eroğlu, 2017a; Eroğlu, 2017b).

Acaba gerçekten Melen Çayı Projesi İstanbul'un yakın ve orta vadede oluşabilecek su problemlerine tek başına çare olabilecek mi? İSKİ (2019b) verilerine göre Melen Çayı havzasının suları, İstanbul barajlarına, inşa edilen boru hatları aracılığı ile taşınmaktadır. 2013-2018 yılları itibarıyla (2019 yılı tamamlanmadığı için ilave edilmemiştir) taşınan su miktarları; 2014 ve 2015 te çok önemli farklılıklar göstermekle birlikte, genel anlamda bir atış eğilimi içindedir (Şekil 13).

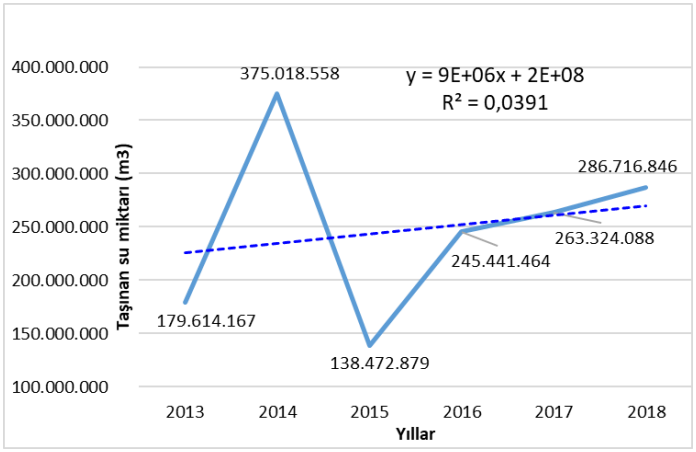
Tablo 2: İstanbul için nüfus değişimi ve su ihtiyacı projeksiyonu (İSKİ, 2011).

Yıllar	Nüfus (Milyon)	Yıllık Su ihtiyacı (Milyon m3/Yıl)	Günlük Su ihtiyacı (Milyon m3/Yıl)
2007	12,6	714	1,9
2010	13,3	753	2,1
2020	17,7	1066	2,9
2030	20,9	1373	3,8
2040	23,6	1723	4,7

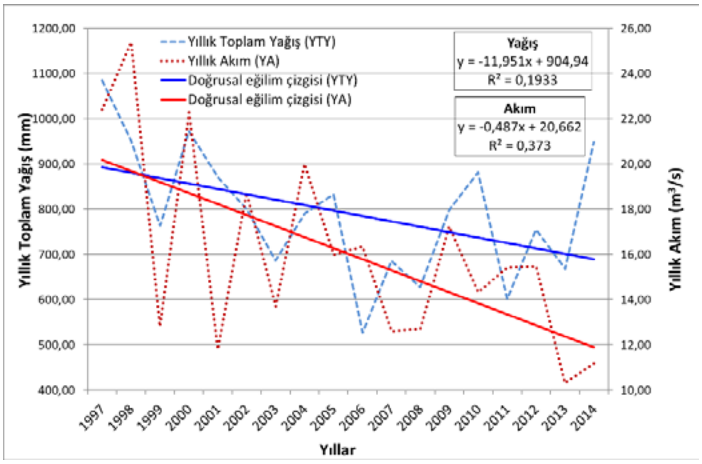
Tablo 1 ve 2, Şekil 1, 2 ve 3; İstanbul'un hızla artan nüfusuna uyumlu olarak su ihtiyacının da artacağı açıktır. Bunun anlamı; Melen Çayı'ndan geçen her yıl daha fazla suyun taşınması gerekecektir. 2013-2018 dönemi içinde Melen Çayı havzasından taşınan suyun eğilim grafiği (Şekil 13) iki konuyu vurgulamaktadır. (Y) denklemi taşınan suyun artış eğilimini doğrulamaktadır. Ancak $R^2 = 0,0391$ değeri ise şekilde de görüleceği üzere, yıllık su miktarlarının, doğrusal eğilim değerinden artan ve azalan yönde uzak kaldığının ifadesidir. Değerlendirmeye alınan yıl sayısının çok az olması; (Y) denklemi ve R^2 değerini güvensizleştirmekte olduğunu kabul etmek gerekir.

Önceki çalışmalarda, Melen Çayının iklim değişikliğine karşı belirgin bir duyarlık gösterdiği ifade edilmiştir (Turoğlu, 2016b; Turoğlu, 2016c). Melen Çayı suyunun İstanbul'un su ihtiyacına çözüm, İstanbul'un gelecek 50 yıllık su ihtiyacını karşılayacak bir proje olup olmayacağı; klimatik veriler ve su potansiyeli parametrelerinin birbiri ile ilişkilendirilerek çıkarım yapılması ile araştırılmıştır (Şekil 14, 15, 16, 17). Bu amaç için Düzce (17072) Meteoroloji İstasyonu 1963-2014 yılları yağış ve sıcaklık günlük rasatları ve DSİ etüt planlama ve tahsisler dairesi başkanlığı rasatlar şube müdürlüğünden temin edilen B. Melen, Uğurlu Köyü ölçüm istasyonu (İstasyon no: D13A059) 1997-2014 yıllarına ait akım rasatları kullanılmıştır.

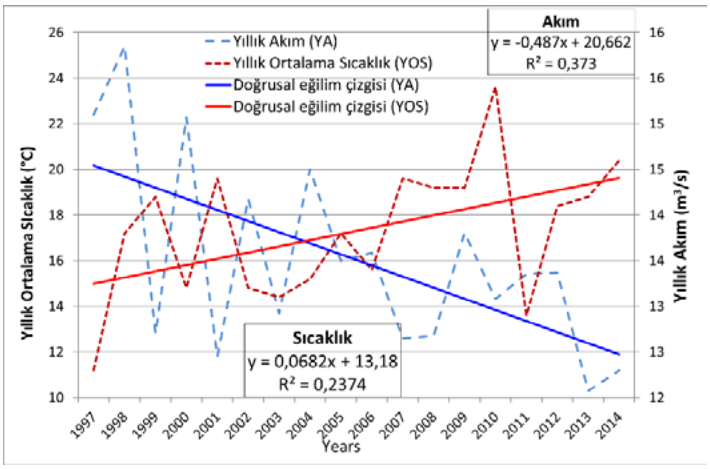
Düzce (17072) Meteoroloji İstasyonu, 1963-2014 yılları günlük topla yağış verilerinden üretilen doğrusal eğilim analizi sonuçları yağışların azalma eğilimi içinde olduğuna ($Y= -2,2014x+877,86$ ve $R^2= 0,0602$) işaret etmektedir (Turoğlu, 2016b; Turoğlu, 2016c). Aynı dönem için yıllık ortalama sıcaklıklara ait doğrusal eğilim analizi sonuçları sıcaklıkların artış eğilimi içinde olduğuna ($Y= 0,0209x+12,727$ ve $R^2= 0,169$) işaret etmektedir (Turoğlu, 2016b; Turoğlu, 2016c).



Şekil 13: Melen regülatöründen İstanbul barajlarına taşınan su miktarları (İSKİ, 2019b).

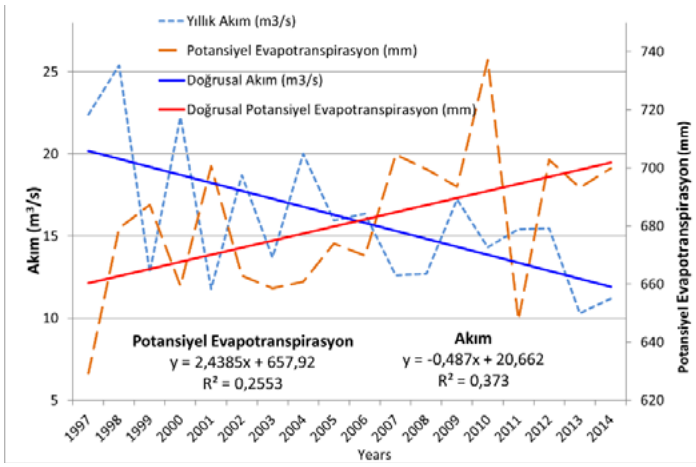


Şekil 14: Melen Çayı için yıllık toplam yağış ve akım rasat grafiği.

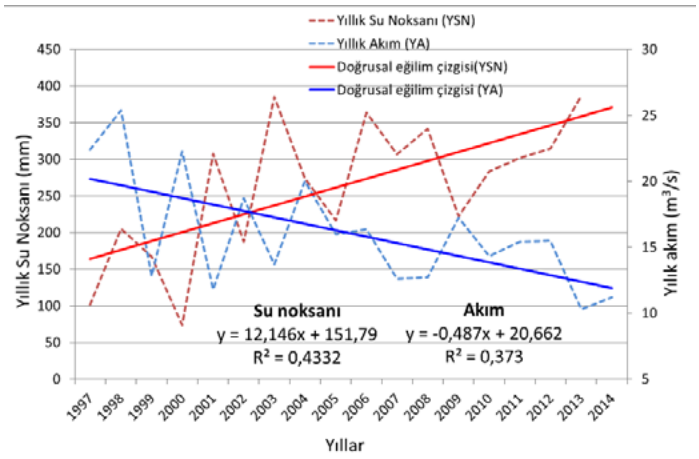


Şekil 15: Melen Çayı havzası için yıllık ortalama sıcaklık ve akım rasat grafiği.

Melen Çayı havzasında yıllık toplam yağışlar azalırken Melen Çayının akım değerlerinin de azaldığı, Akımdaki azalmanın yağışlarda azalma oranından daha fazla olduğu ve R^2 değerlerinden akım değerlerinin doğrusal eğilim çizgisi değerlerine daha yakın ve düzenli bir eğilim gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 14). Yıllık ortalama sıcaklıklarla akım değerlerinin doğrusal eğilim özellikleri karşılaştırıldığında ise sıcaklıklardaki artışlara karşın akım değerlerindeki azalma oldukça keskin olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 15). Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon ne kadar yüksek çıkarsa su kaybı o oranda artacağından su yönetimi ve su potansiyeli açısından evapotranspirasyonun yükselmesi istenmeyen bir gelişmedir. Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon yükselme eğilimi içindeyse, bu durum; su potansiyelini o oranda azaltacak, su yönetimi planlarında problemlere neden olacaktır. Melen Çayı Yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon değerlerindeki eğilim çok net bir artış karakteri göstermektedir (Şekil 16). Thornthwait su bilançosu analizinde elde edilen "Yıllık Su noksanı" değerleri de su potansiyeli için çok önemli bir göstergedir. Yıllık Su noksanı değerlerindeki artış eğilimi, o havza için geleceğe yönelik ciddi su problemlerine işaret eder. Melen Çayı'nda havzası yıllık su noksanı değerlerinde dikkate alınması gereken bir artış gözlenmiştir (Şekil 17).



Şekil 16: Melen Çayı havzası için yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon ve akım rasat grafiği.



Şekil 17: Melen Çayı havzası için yıllık Su noksanı ve akım rasat grafiği.

3. SONUÇ

Megaşehirler için su yönetiminin üç temel unsuru, İstanbul hakkındaki yukarıda yapılan kısa açıklamalar ışığında değerlendirilirse çok çarpıcı sonuçlara ulaşılır. Bu sonuçları şu şekilde maddeleyebiliriz: İstanbul'un nüfusu giderek hızla ve kontrolsüz şekilde artıyor. Buna karşın, temiz su imkânları kısıtlıdır. Gelecek her yıl daha fazla suya ihtiyaç duyulacak ve bu ihtiyacın boyutları konusunda da öngörüler yapmak oldukça zordur. Yağış ve sıcaklık iklim elemanlarındaki değişim giderek su potansiyelini ve depolanan suyu olumsuz etkileyecektir. Zira Düzeltilmiş Potansiyel Evapotranspirasyon değerlerinin yüksek olması; İstanbul şehrine dağıtılmak üzere depolanmış suyun durduğu yerde gerçekleşen kayıplarının gizli sebebi olarak dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Bir başka ifadeyle temiz su talebi giderek artacak ve İstanbul'un kendi su kaynakları ise giderek azalma eğilimi içinde olacaktır. Dünyadaki diğer megaşehirlerde olduğu gibi İstanbul'un su yönetiminde de İstanbul dışındaki akarsu havzalarından su taşınması bir çözüm olarak kabul edilmiş ve uygulamaya konulmuştur. İstanbul'un su yönetiminde belirleyici rol oynayan kurumlar olan DSİ ve İSKİ raporları ve bu kurumların yetkililerinin; İstanbul'un 2071 yılına kadar su sıkıntısı çekmeyeceği, İstanbul'un gelecek 50 yıl için su problemi yaşamayacağı şeklindeki beyanları çok çarpıcıdır. Büyük Melen Projesi İstanbul için gerçekten önemlidir. Ancak bu proje sahip olduğu handikapları ile birlikte değerlendirilmeli ve temkinli, alternatifli yaklaşımlarla takip edilmelidir. Zira Melen Çayı havzası da küresel iklim değişikliğinden etkilenecek, sıcaklık ve yağış özelliklerinde önemli değişiklikler gerçekleşecektir. Bu değişiklikler Melen Çayının su potansiyelini doğrudan olumsuz şekilde etkileyecektir. Bu etkilenmenin sonuçlarının zaman içinde görülmesi beklenmelidir. Melen Çayı'nın akım değerlerindeki azalma sadece yağışların azalmasına bağlı bir beslenme problemi değil, aynı zamanda evapotranspirasyon ile su kayıpları, kuraklık ve yeraltı su tablasının alçalmasına bağlı su kayıpları ile de ilgili olacağı dikkate alınmalıdır. Bu etkileşim Melen Çayı su potansiyeline olumsuz olarak yansıması ise yağışlardaki azalma ile eş zamanlı olmayacaktır. Melen Çayı su potansiyeli ve İstanbul'un su yönetimi planlarında bu hususların mutlaka dikkate alınması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Acu, M. (2018). *İstanbul'un su sorunu olmayacak*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Basında DSİ. http://www.dsi.gov.tr/dsi-bilgi-edinme/basindadsi/2018/06/21/i-stanbul'un-su-sorunu-olmayacak.

Altinbilek, D. (2006). Water Management in Istanbul. *International Journal of Water Resources Development*, 22(2), 241-243.

Biswas, A. K. (2006). Water Management for Major Urban Centres. *International Journal of Water Resources Development*, 22(2), 183-197.

Biswas, A. K., Lundqvist, J., Tortajada, C., Varis, O. (2005). Water Management for Megacities. A*MBIO A Journal of the Human Environment,* 34(3), 1-4.

Çodur, D. A., Patan, M., Uyaroğlu, N., Göktaş, O. C., Aydın, D., (2007). Istanbul Water Basin Management and European Union Water Framework Directive, In International Congress on River Basin Management, Basin Resources Protection, 183-199.

Danilenko, A., Dickson, E., Jacobsen, M. (2010). *Climate Change and Urban Water Utilities: Challenges & Opportunities*. Water Sector Board of the Sustainable Development Network of the World Bank Group, Water Working Notes 4, http://documents.worldbank.org/curated/en/628561468174918089/Climate-change-and-urban-water-utilities-challenges-and-opportunities.

DSİ, (2012). Melen'de sona geliniyor. Devlet Su İşleri, Haberler, 10.04.2012. http://web.archive.org/web/20150524145817/http:/www.dsi.gov.tr:80/haberler/2012/04/10/melendesonageliniyor

DSİ, (2014). Melen Barajı ile İstanbul'un Suyu Garanti Altında. Devlet Su İşleri, Haberler, 06.03.2014. http://www.dsi.gov.tr/haberler/2014/03/06/melenbarajiilesugarantialtinda

DSİ, (2018a). DSİ Haberler, Melen Barajı'nda Gelinen Seviye Masaya Yatırıldı. http://www.dsi.gov.tr/haberler/2018/07/16/melen-baraj%C4%B1'nda-gelinen-seviye-masaya-yat%C4%B1r%C4%B1ld%C4%B1

DSİ, (2018b). DSİ Haberler, Melen'de Mutlu Sona Az Kaldı. http://dsi.gov.tr/haberler/2018/06/25/melen-de-mutlu-sona-az-kald%C4%B1

EPA (2019). Climate Change Indicators: Weather and Climate. https://www.epa.gov/climate-indicators/weather-climate . (En son erişim 30 Ağustos 2019).

Eroğlu, V. (2017a). İstanbullular merak etmesin, 2071'e kadar su sıkıntısı olmayacak. (16.11.2017) https://tr.sputniknews.com/turkiye/201711161031021698-bakan-eroglu-istanbullular-merak-etmesin-2071e-kadar-su-sikintisi-olmayacak/

Eroğlu, V. (2017b). İstanbul'da su sıkıntısı olmayacak. https://www.trthaber.com/haber/gundem/orman-ve-su-isleri-bakani-veysel-eroglu-melen-baraji-istanbulun-su-ihtiyacini-karsilayacak-kapasitede-344714.html

Georgakakos, A., Fleming, P., Dettinger, M., Peters-Lidard, C., Richmond, T. (T.C.), Reckhow, K., White, K., Yates, D. (2014). Ch. 3: Water Resources. Climate Change Impacts in the United States, The Third National Climate Assessment, J. Eds: M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, *U.S. Global Change Research Program*, 69-112.

İSKİ (2011) İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Stratejik Planı 2011-2015. http://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/faaliyetraporlari/faaliyetraporu/pdf/stratejik_plan_2011_2015.pdf

İSKİ, (2015). 2014 Annual Report. Istanbul Water and Sewage Administration, Istanbul. http://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/faaliyetraporlari/faaliyetraporu2008/faaliyet_raporu2014.pdf

İSKİ (2016) İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Stratejik Planı 2016-2020. http://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/faaliyetraporlari/faaliyetraporu/pdf/stratejik_plan_2016_2020.pdf

İSKİ (2019a). İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kurumsal. https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal

İSKİ (2019b). İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, Baraj Doluluk Oranları. http://www.iski.istanbul/web/tr-TR/baraj-doluluk

İSKİ (2019c). İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, 2018 Faaliyet Raporu. http://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/faaliyetraporlari/faaliyetraporu/pdf/2018%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU%20(1).pdf

Kara, F., Yücel, İ., Akyürek, Z. (2016). Climate change impacts on extreme precipitation of water supply area in Istanbul: use of ensemble climate modelling and geo-statistical downscaling, *Hydrological Sciences Journal*, 61(14), 2481-2495,

Lundqvist, J., Tortajada, C., Varis, O., Biswas, A. K. (2005). Water Management in Megacities. Ambio 34(3), 267-268. http://www.jstor.org/stable/4315596

MGM (2016). Florya (17061) ve Sarıyer (17636) Meteoroloji İstasyonları, 1950-2015 tarihleri sıcaklık ve yağış rasatları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

Saatci, A. M. (2013). Solving Water Problems of a Metropolis. *Journal Water Resources Protection*, 5, 7-10. http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2013.54A002

Şen, B., Topcu, S., Türkeş, M., Şen, B. and Warner, J. F. (2012). Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Climate Research*, 52, 175–191.

Thornthwaite, C. W. (1948) An Approach toward a Rational Classification of Climate. Geographical Review, 38, 55-94. http://www.unc.edu/courses/2007fall/geog/801/001/www/ET/Thornthwaite48-GeogrRev.pdf. http://dx.doi.org/10.2307/210739

TUİK (2019a). Temel İstatistikler, Nüfus ve Demografi, Nüfus istatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist

TUİK (2019b). Veri Tabanları, Belediye Su istatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=121&locale=tr

Turoğlu, H. (2013). Possible Effects of Climate Change on Water Management in Istanbul. *The Conference on Global Climate Change, Conference Proceedings,* 82-92.

Turoğlu, H. (2014a). İklim değişikliği bağlamında İstanbul'un su yönetimi problemleri (In the context of climate change, water management problems of Istanbul). *TÜCAUM VIII, Coğrafya Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 97-108.

Turoğlu, H. (2014b). Detection of Changes on Temperature and Precipitation Features in Istanbul (Turkey). *Atmospheric and Climate Sciences*, 4, 549-562.

Turoğlu, H. (2016a). Drought hazard and water shortages in Istanbul, Turkey. *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, Conference Proceedings*, 3(1), 259-266.

Turoğlu, H. (2016b). Sensitivity of streamflow to climate change in Melen River basin (NW Turkey). *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, Conference Proceedings*, 3(1), 645-652.

Turoğlu, H. (2016c). Climatic Assessment of Sustainable Water Management in Melen River Basin (NW Turkey). *4th International Geography Symposium, Conference Proceedings*, 164-173.

Türkeş, M. 2013. Observed and projected climate change, drought and desertification in Turkey. A*nkara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi,* 4 (2): 1-32,

United Nations, (2016). The World's Cities in 2016. Data Booklet. https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf

Varis, O., Biswas, A. K., Cecilia Tortajada, C., Lundqvist, J. (2006). Megacities and Water Management. *International Journal of Water Resources Development*, 22(2), 377-394.

Yurtseven, İ., Serengil, Y. (2017). Changes and trends of seasonal total rainfall in the province of Istanbul, Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University,* 67(1): 1-12