

## Impact of Climate Change on Yalova Gokce Dam Water Level

\*<sup>1</sup>Osman Sonmez <sup>1</sup>Fatma Demir and <sup>1</sup>Emrah Dogan

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

### Abstract

Climate change is increasing the its impact on management and distribution of water resources as day pass. In many parts of the world occurred variations in the behavior of water resources have begun to differ. The limited water resources and increasing of water demand with a growing population are updated water topics on efficient use and saving plan. For this reason, the effects of global climate change should be considered in researches and management plans of water resources.

In this study, water level changes of Yalova Gokce Dam were investigated with using meteorological data. The impact of climate change on the water level of reservoir was evaluated by daily rainfall, daily evaporation, daily reservoir water level, inflow and outflow datasets from DSI (State Hydraulic Works) and MGM(Turkish State Meteorological Service). The population and water use percentage on 2023 were estimated by using Iller Bank Methods for Yalova City where supplies drinking and industrial water from Yalova Gokce Dam.

**Key words:** Yalova Gokce Dam, rainfall, evaporation, climate change

## İklim Değişikliğinin Yalova Gökçe Barajı Su Seviyesine Etkisi

### Özet

İklim değişikliği, gün geçtikçe su kaynaklarının yönetimi ve dağıtımını üzerindeki etkisini arttırmaktadır. Dünyanın birçok yerinde su kaynaklarının davranışlarında meydana gelen değişimler farklılık göstermeye başlamıştır. Su kaynaklarının kısıtlı olması ve suya olan ihtiyacın nüfus artıkça artması, suyun verimli kullanılması ve tasarrufu konularını güncel hale getirmiştir. Bu sebeple su kaynaklarının incelenmesinde ve yönetiminde küresel iklim değişikliği etkilerinin de ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Yalova Gökçe Barajı su seviyesi değişimleri, meteorolojik veriler yardımıyla incelenmiştir. Devlet Su İşleri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan; günlük yağış, günlük buharlaşma, günlük göl su seviyesi kotları, baraj gölüne giren debi ve barajdan çıkan debi verileri ile aylık ve yıllık değişimler irdelenerek, küresel ısınmanın gölün su seviyesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. İçme ve sanayi suyunu Yalova Gökçe Barajından temin eden Yalova ili için İller Bankası Yöntemi kullanılarak 2023 yılı nüfusu tahmin edilmiş ve kişi başı kullanılan su miktarı hesabı yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yalova Gökçe Barajı, yağış, buharlaşma, iklim değişimi

## 1. Giriş

Türkiye küresel ısınmaya maruz kalan ülkeler arasında yer almaktadır. Su insanların yaşamını sürdürebilmesi için en önemli kaynaklardan biridir. Su kaynaklarının kısıtlı olması ve suya olan ihtiyacın artan nüfus ile daha da kısıtlı hale gelmesi suyun verimli kullanılması ve tasarrufu konusunu günümüzün en güncel konusu haline getirmiştir. Suyun öneminin arttığı şu günlerde ciddi derece kuraklık meydana gelmesi içme, kullanma ve tarımsal faaliyetler için hayati önemi olan suyun geleceğini tehlike altına atmaktadır

Günümüzün en önemli çevre sorunlarının başında küresel ısınma ve iklim değişikliği gelmektedir. İklim değişikliğinin etkileri şimdiden gözlenmekte ve gelecekte daha da etkin bir hal alacağı kestirilmektedir [1].

İklim değişmesinin etkisiyle su yönetim uygulamalarındaki değişimler, su sektörünü nasıl etkileyeceğini göstermektedir [2]. Küresel ısınmanın su kaynakları üzerine etkileri ve kısıtlı su kaynaklarının artan nüfusa göre planlanması üzerine birçok çalışma yapılmıştır [3,4,5,6].

Yalova Gökçe Barajı da ülkemizde Marmara bölgesi için önemli su kaynaklarından biridir. Etrafındaki yerleşim bölgelerine sağladığı içme ve kullanma suyu bakımından önem arz etmektedir [7]. Yuvacık Barajı, küresel ısınma sonucu oluşan iklim değişikliğiyle olumsuz etkilenmektedir [8]. Yapılan çalışma sonucunda bölgedeki iklim değişikliğine bağlı olarak Yalova Gökçe Barajının göl su seviyesindeki değişimler gözlemlenmiş ve gelecekteki (2023) nüfus ve kişi başına düşen su miktarını belirleyerek bölgede su kullanım stratejisinin belirlenmesine katkı sağlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

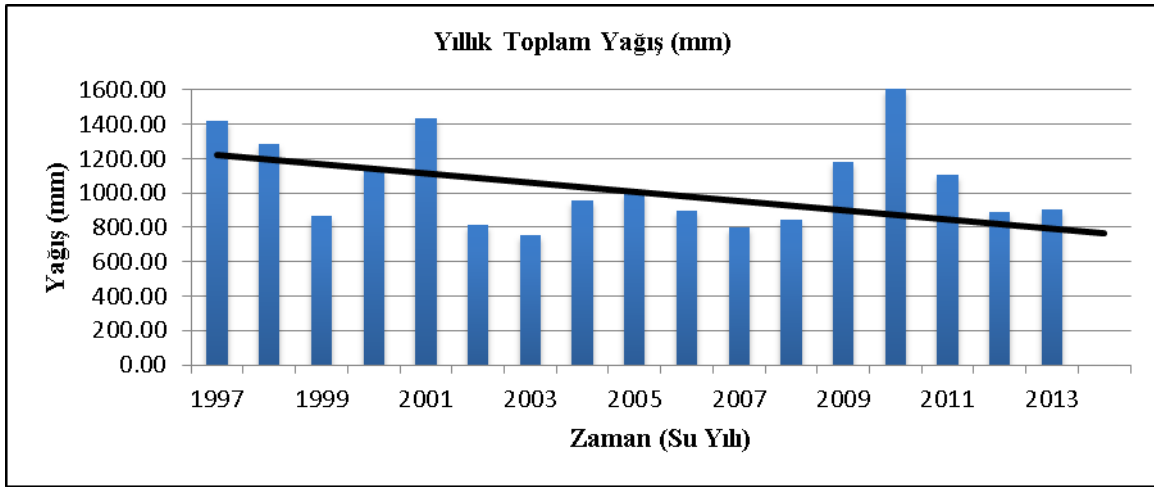
İklim değişikliğinin Yalova Gökçe Barajı su seviyesine etkisinin incelenmesi için Devlet Su İşleri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1997-2014 yılları arası günlük yağış, buharlaşma, göl su seviyesi kotları, baraj gölüne giren debi ve barajdan çıkan debi verileri kullanılmıştır. Bu veriler ile baraj rezervuar seviyelerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Yalova ili için İller Bankası Yöntemi kullanılarak 2023 yılı nüfusu tahmin edilmiş ve kişi başı kullanılan su miktarı hesabı yapılmıştır.

### 2.1. Yağış Etkisi

Zaman içerisinde yağışta meydana gelecek değişiklikler hidrolojik çevrim ve su kaynakları açısından büyük önem arz etmektedir. Çalışma konusu olan Yalova Gökçe Barajı Havzası orta yağışlı bir iklim kuşağına sahiptir. Ortalama yıllık 600-1000 arası yağış almaktadır.

Yalova Gökçe Barajı için 1997-2014 yılları arası ele alınan yağış verileriyle oluşturulan yıllık toplam yağış grafiğine bakıldığında giderek azalan bir eğri görülmektedir. (Şekil 1) 1997 su yılında yağış miktarı 1423 mm iken 2014 su yılında bu değer 902 mm'ye kadar düşmüştür. Maksimum yağışın 2010 su yılında alındığı görülmektedir. 2002 kurak yılında ise yağış

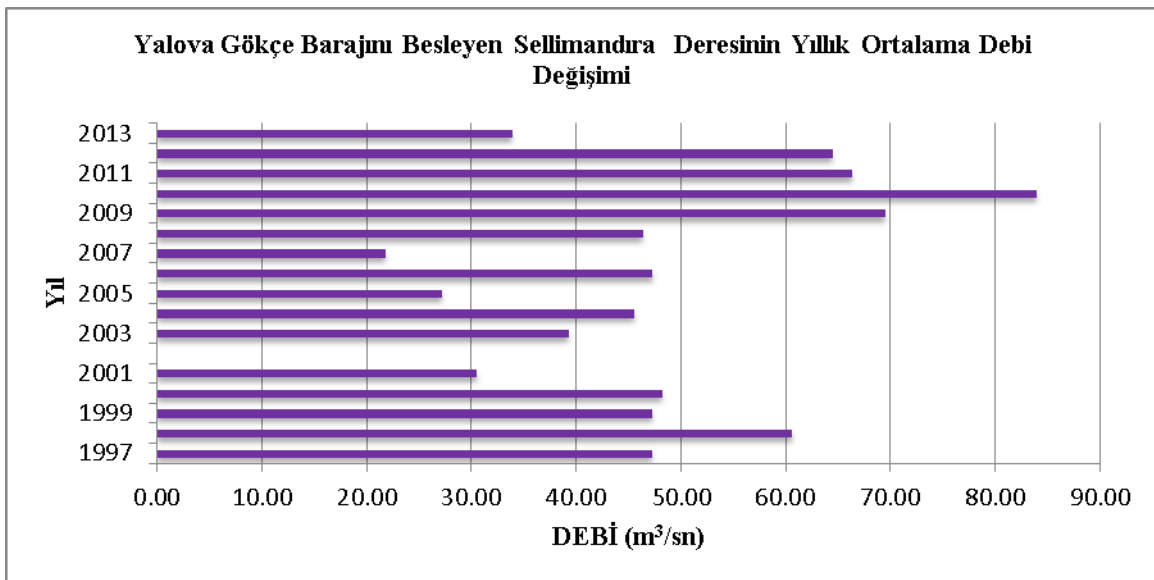
miktarının en az olduğu görülmüştür. 1997-2014 su yılları arasında belirli yıllarda artış olsa da azalan bir yağış trendi görülmektedir.



Şekil 1. Yıllık toplam yağış (mm)

## 2.2. Yalova Gökçe Barajını Besleyen Derenin Yıllık Ortalama Debi Değişimi

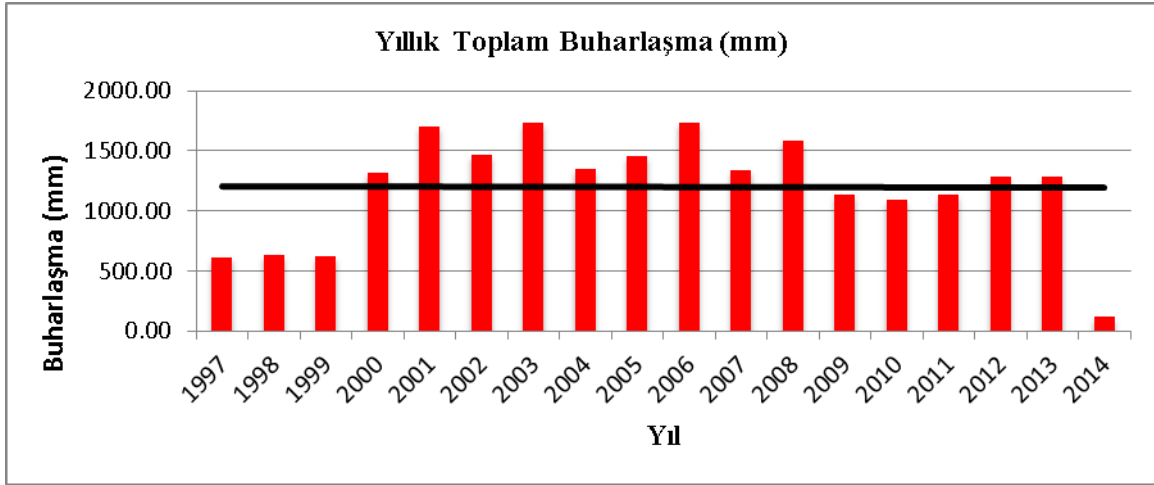
Yalova Gökçe Barajı'nı besleyen Sellimandıra deresinin yıllık ortalama debi değişimi incelendiğinde 2001-2005-2007 su yıllarında derenin debi değerlerinin 20-30 m<sup>3</sup>/sn arasında değiştiği ve bu değerlerin derenin sahip olduğu en düşük debi değerleri olduğu görülmektedir. (Şekil 2) 2009 – 2012 su yılları arasında yüksek debi değerleri gözlenmiştir. En yüksek debi değerinin gözlemlendiği su yılı 2011 olup bu değer 83,98 m<sup>3</sup>/sn olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Yalova Gökçe Barajını besleyen derenin yıllık ortalama debi değişimi

### 2.3. Buharlaşma Etkisi

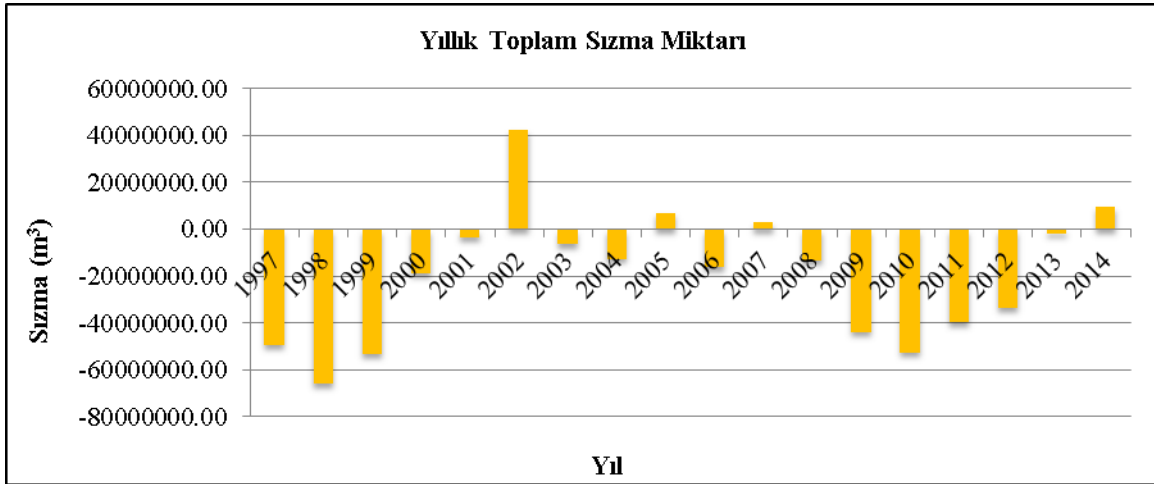
Buharlaşma açık yüzeyden, topraktan, bitkiden, depolana sudan ve bitkilerdeki terlemeden meydana gelmektedir. Buharlaşma miktarı Buharlaşmanın meydana geldiği yüzey ile hava arasındaki buhar basıncı farklılığı, Sıcaklık, Rüzgar hızı ve Atmosferik basınç gibi meteorolojik koşullara bağlıdır. Yalova Gökçe Barajını yıllık toplam buharlaşma miktarına bakıldığında sabit gözüktüğü de min. seviyede azalan bir eğri görülmektedir. 1999 su yılından sonra artış gösteren buharlaşmada 2009 su yılında sonra azalmalar görülmüştür (Şekil 3). En fazla buharlaşma 1734 mm ile 2006 su yılında olmuştur. Mevsimsel olarak baktığımızda kış aylarında azalan sıcaklık nedeniyle buharlaşmanın azaldığını ve minimum düzeyde olduğu söylenebilir. İlkbaharla birlikte artan sıcaklık sebebiyle buharlaşma miktarı artmaya başlar ve yaz aylarında maksimum seviyeye ulaşır. Maksimum buharlaşma temmuz aylarında, minimum buharlaşma ise ocak aylarında gözlenmiştir. Mayıs ve Haziran aylarında buharlaşmada artış meydana gelse de bu aylarda yağışın artması göl su seviyesinde ufakta olsa artışa neden olmuştur.



Şekil 3. Yıllık toplam buharlaşma (mm)

### 2.4. Sızma Etkisi

Yıllık toplam sızma miktarı grafiği incelendiğinde sızma miktarlarının yıllara göre değişen toplam yağış ve buharlaşma miktarlarına göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Yağış hacminin buharlaşma hacminden fazla olduğu yıllarda sızma miktarının arttığını; buharlaşma hacminin yağış hacminden fazla olduğu yıllarda ise sızma miktarının azaldığını hatta pozitif değerler aldığı görülür. Yağış miktarının fazla, buharlaşmanın yağışa göre az olduğu 1998 su yılında sızma miktarının maksimum değerini aldığı tespit edilmiştir. Benzer olarak 2010 su yılında da sızma miktarında yüksek değerler ölçülmüştür. Kurak geçen 2002 – 2008 su yılları aralığında ve 2014 su yılında ise buharlaşmanın da fazla olmasının etkisiyle sızma değerleri azalmıştır. Minimum değer 2013 su yılında ölçülmüştür. (Şekil 4)



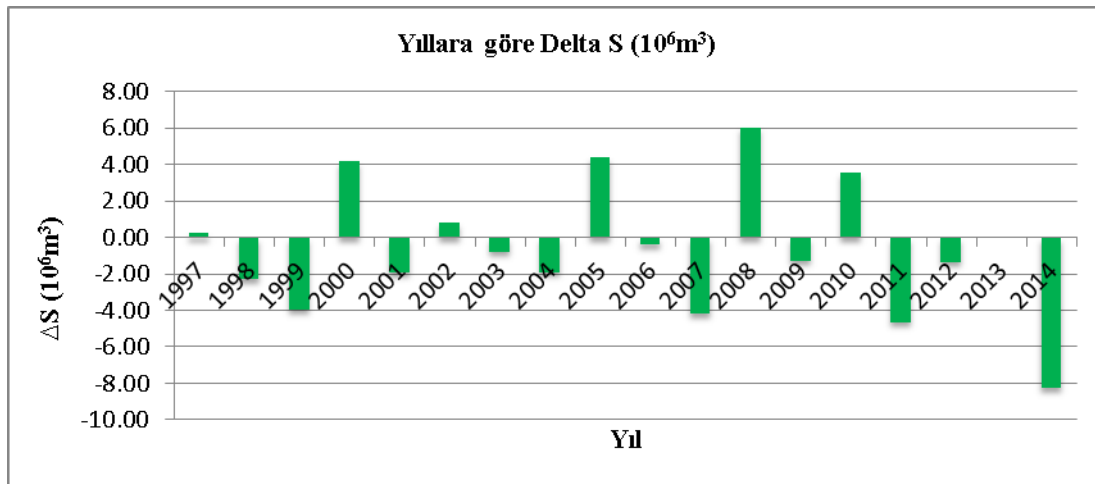
Şekil 4. Yıllık toplam sızma miktarı

## 2.5. Kütlenin Korunumu

Hidrolojik çevrimin herhangi bir parçasında suyun kaybolmadığını gösteren süreklilik denkleminde götürür. Bu denklemde, X ele alınan hidrolojik sisteme birim zamanda giren su miktarı, Y birim zamanda sistemden çıkan su miktarı, S ise sistemde birikmiş su miktarıdır.

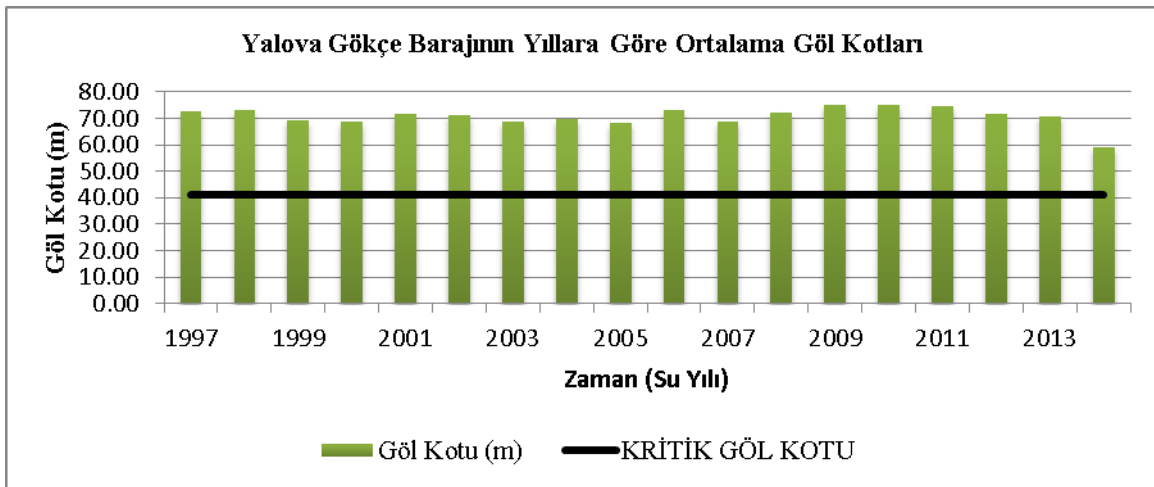
$$X - Y = \Delta S \quad (1)$$

$\Delta S$  değişimin pozitif işaretli olması rezervuarda suyun arttığını, negatif işaretli olması ise suyun azaldığını göstermektedir

Şekil 5. Yıllara göre Delta S Değişimi ( $10^6 m^3$ )

Şekil 2 ve Şekil 3 incelendiğinde 2000–2002–2005–2008 ve 2010 su yıllarında buharlaşma miktarının artmasına rağmen yağışta da artışın olması  $\Delta S$  de artış meydana geldiği görülmektedir. Geri kalan yıllarda ise göl kotunda düşüşler gözlenmiştir. Grafiğin genelinde azalan bir trend olmuştur. Göl kotundaki en büyük artış 2008 su yılında en büyük azalmanın ise 2014 yılında olduğu görülmüştür. Bunun nedeni 2014 yılındaki azalan yağışlar ve artan buharlaşma değerleridir.

Gökçe Barajı'nın kritik göl kotu 41 m olup Şekil 6'daki grafikte ölçülmüş tüm yıllarda yıllık ortalama göl kotları kritik göl kotunun üzerinde olduğu görülmektedir. Kurak geçen 2014 su yılında, ki bu yılda ortalama göl kotu değeri 59,17 m'dir ve kritik seviyesinin üzerindedir. Yıllık buharlaşma ve yıllık yağış grafikleriyle beraber bu grafik incelendiğinde düşük göl kotuna azalan yağış ve yüksek buharlaşma değerlerinin sebep olduğu; yüksek göl kotuna ise fazla yağış ve düşük buharlaşmanın sebep olduğu görülmektedir. Göl kotunun en yüksek olduğu 2010 su yılı dikkate alındığında yıllık toplam yağışın en fazla bu yılda olduğu (1605,01 mm) ve yıllık toplam buharlaşmanın düşük olduğu (1088,56 mm) gözlenmektedir.



Şekil 6. Yalova Gökçe Barajının yıllara göre ortalama göl kotu

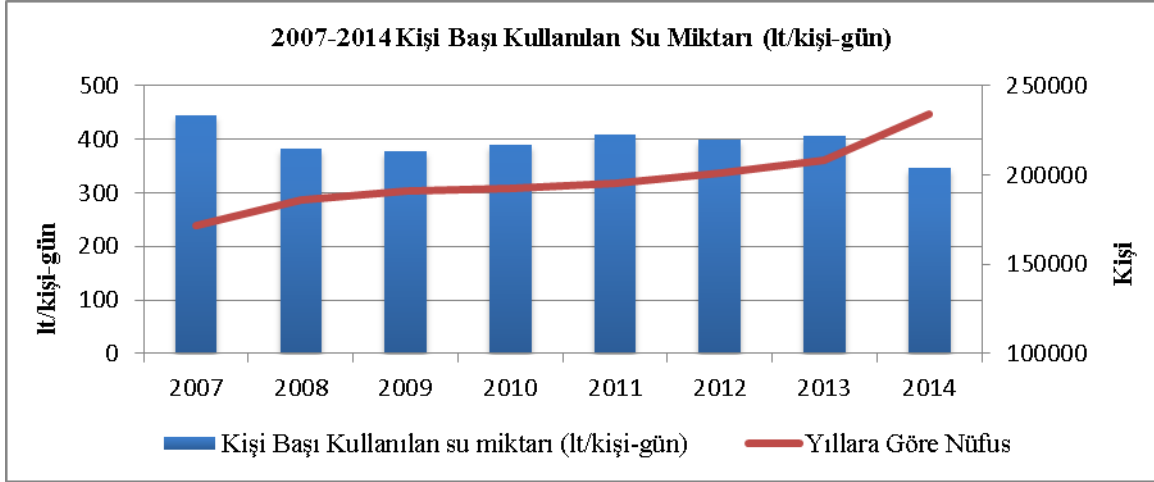
## 2.6. İller Bankası Yöntemine Göre 2023 yılı nüfus ve kişi başı kullanılan su miktarı tahmini

Yürürlükte olan iller bankası içme suyu talimatnamesine göre yerleşim merkezlerinin içme suyu ve kanalizasyon projelerinin hazırlanmasında esas olan gelecekteki nüfusları şu şekilde hesap edilir:

$$N_y = N_e * \left(1 + \frac{\bar{C}}{100}\right)^n \quad (2)$$

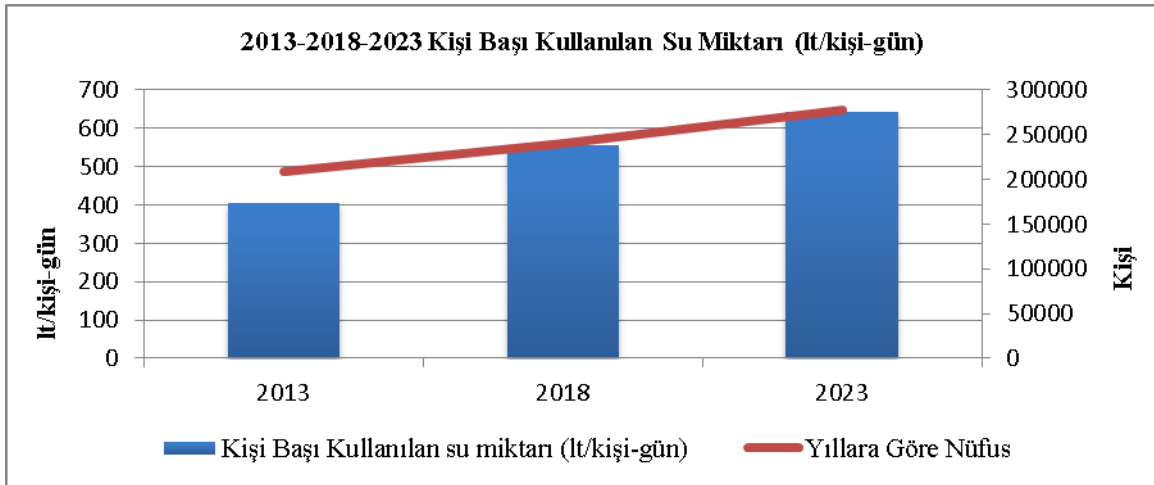
$N_y$  = Beldenin yeni nüfus sayım değeri  
 $N_e$  = Beldenin eski nüfus sayım değeri  
 $\text{Ç}$  = Çoğalma Katsayısını ifade eder [8].

Yalova ili nüfusunun 2007–2014 su yılları arasında sürekli olarak artış gösterdiği, buna bağlı olarak da kişi başı kullanılan su miktarının 2008 yılından sonra nüfusla doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Kişi başı kullanılan su miktarı en fazla 2007 su yılında, en az ise 2009 su yılında gözlemlenmiştir.(Şekil 7)



Şekil 7. 2007-2014 Kişi Başı Kullanılan su miktarı (lt/kişi-gün)

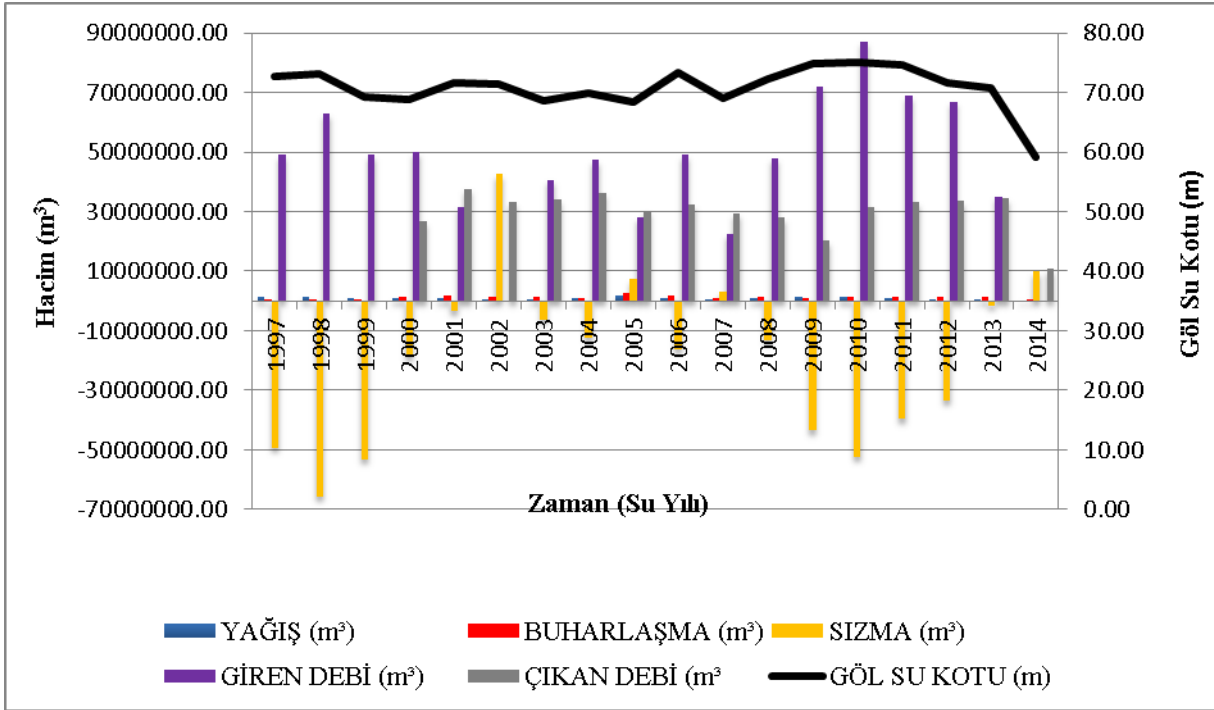
Grafikler incelendiğinde 2013'den 2023 yılına kadar Yalova'nın nüfusunda büyük bir artış olduğu görülmektedir. Artan nüfusla birlikte kişi başı kullanılan su miktarında da artış görülmektedir.(Şekil 8) Ancak araştırmalara ve sonuçlara göre Yalova'da kişi kullanılan su miktarı diğer illerde kullanılan su miktarından çok fazladır. Diğer illere göre neredeyse 2-2.5 katı fazla su tüketimi olan Yalova Türkiye'de su tüketimi konusunda 1. konumdadır.



Şekil 8. 2007-2014 Kişi Başı Kullanılan su miktarı (lt/kişi-gün)

### 3. Sonuç

Türkiye için büyük önemi olan Yalova Gökçe Barajının göl su seviyesi ve sızma hesabı meteorolojik veriler yardımıyla hesaplanmıştır. İncelemeler sonucunda Gökçe Barajının su seviyesinde ciddi azalmalar gözlemlenmiştir. 1997'den 2014 yılına kadar bakıldığında 2014 yılında göl su seviyesinin 60 metrenin altına düştüğü görülmektedir. Bu o yıllar arasındaki en düşük seviyesidir ve seviyede giderek düşüş gözlemlenmektedir. Gökçe barajını besleyen Sellimandıra deresinin de 2011 yılından itibaren debi değerlerindeki düşüş göl su seviyesindeki azalmaya neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 2023 yılı için yapılan nüfus hesabında Yalova ilinin giderek nüfusunda büyük artış olduğu görülmektedir. 2013 yılında yaklaşık 200000 olan Yalova nüfusunun 2023 yılında 800000 kişi artış göstererek 2800000 ulaşacağı tahmin edilmektedir. TÜİK raporu verilerine göre yapılan incelemelerde Yalova ili Türkiye'de kişi başı su kullanımında ilk sırada yer almakta olup, 2023 yılı için Yalova'da kişi başı su kullanımı 641 lt/kişi-gün olarak hesap edilmektedir. Yalova ilinde beklenen kişi başı su kullanımı 200 lt/kişi-gün'dür. Yalova ili neredeyse beklenenin 3 katı fazla su sarfiyatı gerçekleştirmektedir.



Şekil 9. Yalova Gökçe Barajının Yıllara Göre Ortalama Göl Kotları



#### 4. Değerlendirme

Yapılan çalışmalar ve incelemeler gerekli önlemler alınmaması durumunda bölge için önemli bir kaynak olan Yalova Gökçe Barajının plansız kullanım ve artan nüfus etkisiyle de yetersiz kalacağını göstermektedir. Bunun için iyi ve doğru bir şekilde havza yönetimi yapılmalıdır. İçme suyu dışındaki üretim ve sanayi kuruluşlarındaki su ihtiyacı deniz suyu arıtılarak karşılanabilir. Barajın korunması açısından barajın çevresinde yerleşime izin verilmemelidir. Tarım amaçlı kullanacak su tarım alanlarının çevresine kuyu ya da benzeri sistemler oluşturularak sağlanmalıdır. Su denetimi doğru bir şekilde yapılmalı, sayaçlar düzenli olarak kontrol edilmeli ve kaçak su kullanımı engellenmelidir. Ülke için önem arz eden bir su kaynağı olan Gökçe barajı için en kısa zamanda gerekli önlemlerin ele alınması gerekmektedir.

#### Kaynakça

- [1] Kanber, R., Baştuğ, R., Büyüктаş, D., Ünlü, M., ve Kapur, B. Küresel iklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi.
- [2] Şen, Z. "İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi", 22 Mart Dünya Su Günü, İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi Paneli 2005.
- [3] Çelik, H., Kanıt, R., Öztürk, Y. Kahramanmaraş İlinde İçme Ve Kullanma Suyu İhtiyacının Tespiti. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1998. 4(3), 749-757.
- [4] Sağlam, N. E., Düzgüneş, E., Balık, İ. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2008,25, 89-94.
- [5] Öztürk, K. "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri." Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 2002, 22.1
- [6] Doğan, S., & Tüzer, M., Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. CÜ İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2011,12(1), 21-34
- [7] Dogan, E., Gumrukcuoglu, M., Sandalci, M., & Opan, M. Modelling of evaporation from the reservoir of Yuvacik dam using adaptive neuro-fuzzy inference systems. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2010, 23(6), 961-967.
- [8] Yüksel, İ., Sandalcı, M., Çeribaşı, G. ve Yüksek, Ö., Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri, Ulusal 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 21-23 Kasım, Trabzon, Türkiye. 2011
- [9] Samsunlu, A., "Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.