

**T. C.  
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**SAPANCA GÖLÜ SU BÜTÇESİ**

**- UZMANLIK TEZİ -**

**HAZIRLAYAN: ERTUĞRUL KAHVECİ**

**ANKARA – 2015**



**T. C.**  
**ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**SAPANCA GÖLÜ SU BÜTÇESİ**

**- UZMANLIK TEZİ -**

**HAZIRLAYAN: ERTUĞRUL KAHVECİ**

**TEZ DANIŐMANI:**  
**PROF. DR. CUMALİ KINACI**

**ANKARA – 2015**

**T.C**  
**ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**HAZIRLAYAN**

**ERTUĞRUL KAHVECİ**

**TEZİN ADI**

**SAPANCA GÖLÜ SU BÜTÇESİ**

**TEZ DANIŐMANI**

**PROF. DR. CUMALİ KINACI**

**BU TEZ ORMAN VE SU İŞLERİ UZMAN YÖNETMELİĞİ GEREĞİ  
HAZIRLANMIŐ OLUP JÜRİMİZ TARAFINDAN UZMANLIK TEZİ  
OLARAK KABUL EDİLMİŞTİR.**

**TEZ JÜRİSİ BAŞKANI: Prof. Dr. CUMALİ KINACI.....**

**ÜYE: Dr. Yakup KARAASLAN.....**

**ÜYE: HÜSEYİN AKBAŐ.....**

**ÜYE: MERTKAN ERDEMLİ.....**

**ÜYE: TANER KİMENÇE.....**

**T.C**  
**ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**  
**SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

Bu belge ile bu uzmanlık tezindeki bütün bilgileri akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak hazırlayıp sunduğumu beyan ederim.

Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim.

Tezi Hazırlayan Uzman Yardımcısı

Ertuğrul Kahveci

İmza

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca anlayıő ve değerlendirmeleriyle katkılarını esirgemeyen Su Yönetimi Genel Müdürü Sn. Prof. Dr. Cumali KINACI'ya;

Tez fikrinin geliştirilmesinde her aşamada katkı sunan Havza Yönetimi Dairesi Başkanı Sn. Taner KİMENÇE'ye;

Çalıőmam süresince gösterdiği anlayıő ve içtenlik dolayısıyla İçme Suyu Havzaları Şube Müdürü Sn. Ercan BAYRAK'a;

Yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Simge TEKİÇ RAHMANLAR'a, Nuray AYTEN'e ve Fatma SAĞDIÇ'a teşekkürü borç bilirim.

Son olarak, büyük manevi desteği için eşim Müge KAHVECİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR .....	ix
ÖZET.....	x
İNGİLİZCE ÖZET (SUMMARY) .....	xi
<b>BÖLÜM 1. SU.....</b>	<b>12</b>
1.1 Ekonomik Açıdan Su .....	12
1.2 Su Arzı ve Talebi .....	13
1.3 Suyun Hukuki Boyutu.....	14
1.4 Hidrolojik Döngü .....	15
<b>BÖLÜM 2. SU BÜTÇESİ.....</b>	<b>18</b>
2.1. Su Bütçesinin Önemi .....	18
2.2. Su Bütçesinin Tanımı.....	18
2.3. Su Bütçesinin Bileşenleri .....	19
2.3.1. Yağış.....	19
2.3.2. Yüzeysel Akış.....	20
2.3.3. Yeraltına Sızma (İnfiltrasyon).....	20
2.3.4. Buharlaşma.....	21
2.3.5. Sistemden Kullanılan Su .....	21
2.4. Dünyada Su Bütçesi .....	21
2.5. Türkiye’de Su Bütçesi.....	22
<b>BÖLÜM 3. SAPANCA GÖLÜ HAVZASI.....</b>	<b>24</b>
3.1. Coğrafi Konum .....	24
3.2. Hidroloji .....	27
3.3. Nüfus ve Yerleşim.....	34
3.4. İklim ve Meteoroloji .....	38
<b>BÖLÜM 4. SAPANCA GÖLÜ HAVZASINDA YAĞIŞLI DÖNEM VE KURAK DÖNEM SU BÜTÇESİ HESAPLAMALARI .....</b>	<b>43</b>
4.1. Yağışlı Dönem Su Bütçesi Hesaplamaları.....	43
4.1.1 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Sapanca Gölü Su Bütçesi .....	43
4.1.1.1 Akışlar .....	43
4.1.1.2. Yağış.....	45
4.1.1.3. Buharlaşma.....	46

4.1.1.4. Hacim Değişimi.....	47
4.1.1.5. Su Bütçesi Hesabı.....	48
4.1.2. 2009 Su Yılı Bütçesi .....	48
4.1.2.1. Akışlar .....	49
4.1.2.2. Yağış.....	51
4.1.2.3. Buharlaştırma.....	51
4.1.2.4. Hacim Değişimi.....	52
4.1.2.5. Su Bütçesi Hesabı.....	54
4.2. Kurak Dönem Su Bütçesi Hesaplamaları.....	55
4.2.1. 1977 Su Yılı Sapanca Gölü Su Bütçesi.....	55
4.2.1.1. c Katsayısı Hesabı ve Akışlar.....	55
4.2.1.2. Yağış.....	55
4.2.1.3. Buharlaştırma.....	56
4.2.1.4. Hacim Değişimi.....	57
4.2.1.5. Su Bütçesi Hesabı.....	59
4.2.2 2014 Su Yılı Sapanca Gölü Su Bütçesi.....	60
4.2.2.1. c Katsayısı Hesabı ve Akışlar.....	60
4.2.2.2. Yağış.....	60
4.2.2.3. Buharlaştırma.....	61
4.2.2.4. Hacim Değişimi.....	62
4.2.2.5. Su Bütçesi Hesabı.....	64
<b>BÖLÜM 5. ÇEŞİTLİ SENARYOLAR IŞIĞINDA SAPANCA GÖLÜ .....</b>	<b>65</b>
<b>BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>67</b>
<b>BÖLÜM 7. ÖNERİLER .....</b>	<b>70</b>
<b>BÖLÜM 8. KAYNAKLAR .....</b>	<b>72</b>
<b>BÖLÜM 9. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>74</b>



## ÇİZELGE LİSTESİ

- Tablo 2.1: Yerkürenin Su Kaynakları  
Tablo 2.2: Yerküredeki Tatlı Suyun Dağılımı  
Tablo 2.3: Türkiye Su Bütçesi Bileşenleri  
Tablo 3.1: Sapanca Gölü'ne Dökülen Bazı Derelerin Uzunlukları  
Tablo 3.2: Sapanca Gölü'nün Genel Özellikleri  
Tablo 3.3: Su Çekim Miktarlarına Göre Göl Seviyesindeki Değişim  
Tablo 3.4: Sapanca Gölü Havzasında Yer Alan İlçe ve Mahalleler  
Tablo 3.5: Kocaeli ve Sakarya İllerinin 2007 – 2014 Yılları Arası Nüfusu  
Tablo 3.6: Kocaeli İli, Sakarya İli ve Sapanca Gölü Havzası İçin Nüfus Projeksiyonları  
Tablo 4.1: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri  
Tablo 4.2: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Yağış  
Tablo 4.3: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Buharlaşma  
Tablo 4.4: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Kot Ölçümleri  
Tablo 4.5: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasındaki Ölçümlere Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri  
Tablo 4.6: 2009 Su Yılı İçin Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri  
Tablo 4.7: 2009 Su Yılı İçin Çark Deresi Çıkış Debileri  
Tablo 4.8: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış  
Tablo 4.9: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma  
Tablo 4.10: 2009 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri  
Tablo 4.11: 2009 Su Yılı Ölçümlerine Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri  
Tablo 4.12: 1977 Su Yılı İçin c Katsayısı Hesabı  
Tablo 4.13: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış  
Tablo 4.14: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma  
Tablo 4.15: 1977 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri  
Tablo 4.16: 1977 Su Yılı Ölçümlerine Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri  
Tablo 4.17: 2014 Su Yılı İçin c Katsayısı Hesabı  
Tablo 4.18: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış  
Tablo 4.19: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma  
Tablo 4.20: 2014 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri  
Tablo 4.21: 2014 Su Yılı Ölçümlerine Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri  
Tablo 5.1: Çeşitli Senaryolar Işığında Sapanca Gölü  
Tablo 6.1: Sapanca Gölü Su Bütçesi Hesaplamaları Özet Tablo

## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.1: Hidrolojik Döngü  
Şekil 3.1: Sakarya Havzası İçinde Sapanca Gölü  
Şekil 3.2: Aşağı Sakarya Alt Havzası İçinde Sapanca Gölü  
Şekil 3.3: Sapanca Gölü Havzasındaki Otoyollar  
Şekil 3.4: Sapanca Gölü Havzası ve Gölü Besleyen Dereler  
Şekil 3.5: Sapanca Gölü Kot - Hacim Grafiği  
Şekil 3.6: Sapanca Gölü Uzun Yıllar Ortalama Kot Grafiği  
Şekil 3.7: Göl Seviyesindeki Azalma - Gölde Çekilen Su Miktarı  
Şekil 3.8: Sapanca Gölü Havzası'ndaki İlçeler  
Şekil 3.9: Kocaeli ve Sakarya İlleri İçin Nüfus Projeksiyonu  
Şekil 3.10: Sapanca Gölü Havzası İçin Nüfus Projeksiyonu  
Şekil 3.11: 1961 – 2014 Yılları Arasında Ortalama Sıcaklık  
Şekil 3.12: 1961 – 2014 Yılları Arasında Aylık Ortalama Yağış  
Şekil 3.13: 1961 – 2014 Yılları Arasında Ortalama Yağış  
Şekil 3.14: Sapanca Gölü Yağış – Göl Seviyesi İlişkisi Grafiği  
Şekil 3.15: 1971 – 2014 Yılları Arasında Aylık Ortalama Buharlaşma  
Şekil 4.1: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri  
Şekil 4.2: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Yağış  
Şekil 4.3: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Buharlaşma  
Şekil 4.4: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Kot Ölçümleri  
Şekil 4.5: 2009 Su Yılı İçin Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri  
Şekil 4.6: 2009 Su Yılı İçin Derelere Ait Aylık Toplam Debi Ölçümleri  
Şekil 4.7: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış  
Şekil 4.8: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma  
Şekil 4.9: 2009 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri  
Şekil 4.10: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış  
Şekil 4.11: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma  
Şekil 4.12: 1977 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri  
Şekil 4.13: 1977 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri  
Şekil 4.14: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış  
Şekil 4.15: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma  
Şekil 4.16: 2014 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri

## KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

BM: Birleşmiş Milletler

CGIAR: Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Danışma Grubu

DPT: Devlet Planlama Teşkilatı

DSİ: Devlet Su İşleri

HABİTAT: Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Programı

İGSAŞ: İstanbul Gübre Sanayii A.Ş.

İPRAŞ: İstanbul Petrol Rafinerisi A.Ş.

PETKİM: Petrokimya Holding A.Ş.

SASKİ: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü

SÇD: Su Çerçeve Direktifi

SEKA: Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları A.Ş.

TMMOB: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

TÜPRAŞ: Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.

UNESCO: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü

YAS: Yeraltı Suyu

## ÖZET

Bu çalışmada Sapanca Gölü'ndeki 2'si kurak dönem, 2'si de yağışlı dönem olmak üzere 4 dönem (1977 su yılı, 1981 Mart – 1982 Şubat dönemi, 2009 su yılı ve 2014 su yılı) için su bütçesi hesaplanmıştır. Bu dönemlerin seçilme sebebi verilerin en ulaşılabilir ve en uygun nitelikteki dönemler olmasıdır.

Bu bağlamda Sapanca Gölü havzasının hidrometeorolojik bilgisi kullanılarak su bütçesi çıkarılmış, göl üzerinde talep odakları analiz edilmiştir. Hidrolojik bütçe bileşenlerini temsil eden değişkenler olarak temel yağış ve akış parametreleri irdelenmiştir. Buna mukabil hâlihazırda ve yakın dönemde su taleplerinin genel bir perspektifini yansıtmak üzere nüfus projeksiyonu, stratejik ehemmiyete sahip tekil sanayi kuruluşlarının su ihtiyaçları tetkik edilmiş; göl su seviyesine muhtemel tesirleri grafik ve tablosal veri olarak derlenmiştir. Akış verilerinin eksik olduğu dönemler için akışlar, akış katsayısı (c) ile hesaplanmış olup, yeterli ve nitelikli literatür çalışması bulunmamasından dolayı Sapanca Gölü'nün yeraltısuyu ile ilgili besleme ve boşalım durumu hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Bu çerçevede özellikle kurak dönemlerde gölün ekosisteminin ihtiyaç duyduğu su miktarı, 2 milyondan fazla nüfusa su temin edilmesi ve bölgedeki sanayi kuruluşlarının talep ettiği proses susyunun karşılanması neticesinde kritik hale gelebilmektedir. Kalkınma politikalarına paralel olarak çevresel ve toplumsal açıdan en yüksek faydanın sağlanması hedefi gereğince göl üzerinde koruma kullanma dengesinin kurulması ihtiyacının hâsıl olduğu görülmektedir. Gölü su kaynağı olarak kullanan tüm paydaşların etkilerinin bütüncül olarak ele alınması gerekliliğine ilaveten uzun erimli sektörel planlamaya esas teşkil edecek çalışmaların güvenilir veriler ışığında kapsamlı olarak ele alınması elzem görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sapanca Gölü, Kurak Dönem Su Bütçesi, Yağışlı Dönem Su Bütçesi, Su Yönetimi

## İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)

In this study, water budget of Sapanca Lake for 2 dry period and 2 wet period (1977 water year, 1981 March – 1982 February, 2009 water year and 2014 water year) is calculated. The cause of choosing these period is the quality of data and accessibility of data.

In this respect, using Sapanca Lake hydrometeorologic information, water budget is determined and demand focuses about lake is analysed. Parameters that stand for Hydrologic budget components are determined as basic fall and flow parameters. On the other hand, population projection and necessities of single industrial foundations with strategic importance are carefully studied in order to reflect a general perspective about water demand in recent times. Possible effects of these necessities and demands on lake's water level are collected graphically and as table datas. When coming up against missing flow data, water budget is calculated by runoff coefficient (c coefficient), and because of lacking adequate studies about relationship between Sapanca Lake and underground water, flow to the Lake from underground water and flow from Lake to underground water are not included to the calculations.

In this frame, especially in dry periods water amount needed for a sustainable ecosystem reaches a critical threshold; because of supplied potable water more than 2 million people and process water usage by industry. In paralel with development policies, for environmental and social reasons, there is a necessity to constitute a protection - usage balance on lake. It seems it's essential to make comprehensive studies in the light of reliable datas which would take all the stakeholders' effects totally and which would constitute a basis for a long haul sectoral planning.

**Keywords:** Lake Sapanca, Dry Period Water Budget, Wet Period Water Budget, Water Management

## BÖLÜM 1. SU

### 1.1. Ekonomik Açıdan Su

Su, doğanın ve insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır. Tarih boyunca su, toplumlar ve devletler için hem ekonomik hem de sosyal bakımdan çok önemli ve vazgeçilmez bir kaynak olmuştur. Ancak bu süreçte hep suyun sosyal yönü ağırlıklı rol oynamışken, özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısı ve 21. yüzyıl itibariyle, suyun ekonomik yönü üzerinde durulmaya başlanmıştır. Bu yüzyıldan itibaren suya sosyal değerinden ziyade ekonomik değeri itibariyle daha yoğun değinilmektedir (Bilgi, 2005). Sürdürülebilir kalkınma terimi günümüzde çok kullanılan bir terim haline gelmiştir. Bu terim ile 1945'ten beri geçerli olan kalkınma iktisadi yaklaşımında değişiklik yapılmıştır. Belirlenen kalkınma hedefi bağımsız bir değişken iken, sürdürülebilir kalkınma terimi ile kalkınma hedefi doğal kaynaklar karşısında bağımlı değişkene dönüştürülmüştür. Ülkelerden beklenen hedeflerini doğal kaynakların varlığına ve bu kaynakların gelecek kuşaklar yararına korunması hedefine göre belirlemeleridir (URL 1). Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma için uygun bir su yönetimi gerçekleştirilmelidir. Etkin ve adil su paylaşımı, başarılı bir su kaynakları yönetimi gerektirir. Dünyada ağırlıklı olarak su kaynakları yönetimi kamu tarafından gerçekleştirilmektedir. Çünkü su tekel bir metadır (Bilgi, 2005). Günümüzde su hizmetinin Asya ülkelerinde %99'u, Afrika'da %97'si, Orta ve Doğu Avrupa ile Güney Amerika'da %96'sı Kuzey Amerika'da %95'i, Batı Avrupa ülkelerinde ise %80'i kamu kurumları tarafından yürütülmektedir. Dünya genelinde "özel su piyasası" son derece dardır; bir başka deyişle insanların çok küçük bir bölümü su hizmetlerini fiilen özel şirketlerden almaktadır (TMMOB, 2009).

Yeni dönemde "su yönetimi" teriminin tanımında da değişiklikler yaşanmıştır. Suyun ekonomik değer olarak lanse edilmesinde, 1992 Dublin Uluslararası Su ve Çevre Konferansı sonucunda ortaya çıkan bildiri önemli bir milat olmuştur. Çünkü ilk olarak bu konferansta, hayatın vazgeçilmez bir kaynağı ve ikamesi mümkün olmayan yani yerine bir başka kaynak kullanımı mümkün olmayan ve tekel bir meta olan suya ekonomik değer olma tanımında bulunulmuştur (Bilgi, 2005).

## 1.2. Su Arzı ve Talebi

Dünyanın dörtte üçü su ile kaplıdır. Ancak dünya yüzeyindeki suyun %97,5'i içilebilecek nitelik taşımamaktadır. %2,5 oranındaki içilebilecek olan suyun %70 gibi önemli bir oranı Antarktika ve Grönland'da buz kütlesi halindedir. Kalan kısmının büyük bölümü ise derin yeraltı akiferlerinde bulunmaktadır.

Nehirlerden, yeraltı sularından ve buzullardan okyanuslara dökülen 47.000 km<sup>3</sup> su, teorik olarak insan kullanımı için mevcut olan miktardır. Sonuçta hidrolojik döngü tahminen 14.000 km<sup>3</sup> suyu insan kullanımına sunmaktadır. (URL 1)

Su tüketimi esasen üç alanda gerçekleşmektedir. Bunlar, evsel, endüstriyel ve tarımsal tüketimdir. Dünya genelindeki su kullanımında, tarımsal tüketim %70 pay ile başı çekmektedir. Bunu %22 ile endüstriyel tüketim, % 8 ile de evsel tüketim izlemektedir. Düşük ve orta gelirli ülkelerle yüksek gelirli ülkelerin su kullanım oranlarını karşılaştırdığımızda ise ortaya farklı sonuçlar çıkmaktadır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarımsal su tüketimi, toplam tüketimin %82'si iken, gelişmiş ülkelerde bu oran %30'dur. Endüstriyel su tüketiminde ise az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde oran %10 iken, gelişmiş ülkelerde %59'dur. Evsel kullanımda ise az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde oran %8 iken, gelişmiş ülkelerde %11'dir (UNESCO, 2004).

Endüstriyel su tüketiminde gelişmiş ülkelerin önde olması doğal karşılanmaktadır. Bununla beraber az gelişmiş ve bilhassa da gelişmekte olan ülkelerde endüstrileşmenin etkisiyle endüstriyel su tüketimi artmaktadır. Dikkat çeken nokta tarımsal üretimdeki durumdur. Gelişmiş ülkelerdeki suyun %30'unun tarımda kullanılmasına karşın, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde %82 gibi suların çok önemli bir kısmını tarımda kullanılmasına rağmen tarımsal verimleri düşük olarak gerçekleşmekte ve bunun yanı sıra gıda güvenliği sıkıntısı yaşanmaktadır. 2025 yılında dünyada endüstriyel su tüketimi payının %24 olacağı tahmin edilmektedir (UNESCO, 2004).

Dünya genelinde temiz suya erişen nüfusun, toplam nüfusa oranı %82'dir; bu oran gelişmiş ülkelerde %99, gelişmekte olan ülkelerde ise %66'dır. Daha ayrıntılı ele alırsak bu oran, Afrika'da %38, Asya ve Pasifik'te %63, Latin Amerika - Karayipler ile Kuzey Afrika ve Ortadoğu'da %77 ve Türkiye'de ise %93'tür.

Tüketilen suyu kentsel tüketim olarak ele aldığımızda ise, endüstrisi gelişmiş ülkelerde günlük kişi başına düşen su tüketimi 266 litre iken, Afrika’da 67, Asya’da 143, Arap ülkelerinde 158, Latin Amerika’da 184 litre olarak gerçekleşmektedir. Türkiye’de ise kişi başına günlük su tüketimi ortalama 111 litredir. Bu oran İstanbul’da 125, Ankara’da ise 141 litredir.

Su ile ilgili sorunlar en çok düşük gelirli ülkeleri etkilemektedir. Gelişmekte olan ülkelerin toplam nüfusunun %34’ü su kıtlığı tehdidi altındadır. BM, 2025 yılında düşük gelirli ülkelerin üçte ikisinin orta ya da şiddetli su kıtlığı ile karşılaşacaklarını, tüketim açısından kıtlık altında olmayan diğer düşük gelirli ülkelerin ise kirlilik ve su kaynaklarının kullanımında kurumsal ve teknolojik kapasitenin yokluğu yüzünden krizle karşılaşacaklarını saptamaktadır (Kartal, 1999).

### **1.3. Suyun Hukuki Boyutu**

Suyun hayat açısından vazgeçilmez ve ikamesi mümkün olmayan bir meta olması dolayısıyla tedariki, paylaşımı ve kullanımında belirli hukuki düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Su insan emeğiyle ve sanayi, tarım ya da hizmet sektörü tarafından üretilen bir ürün değildir.

Esasen uluslararası bazda, yapılan pek çok çalışmaya karşın, halen global çapta geçerli bir hukuki çerçeve ve yaptırım mekanizması oluşmamıştır. Atılan pek çok adım içerisinde bu manada 1997 yılındaki “Uluslararası Su Yollarının Ulaşım Dışı Amaçlarla Kullanımı” konferansı ve antlaşması en önemli olandır. İsminden de anlaşılacağı üzere, bu antlaşma sınıraşan sular ve uluslararası anlaşmazlıklar için yapılmış bir düzenlemedir. Burada en çok öne çıkan husus makul ve hakça kullanımdır ki, su hukukunun en çok üstünde durduğu konudur. Bunun dışında her ülkenin kendi içinde su kullanımıyla ilgili çeşitli kanuni düzenlemeleri bulunmaktadır (Bilgi, 2005).

Su hukukunda en çok öne çıkan kavram makul ve hakça kullanımdır. Bu, hukuki çerçevesiyle, kullanıcılar ve kullanım alanları arası paylaşımında, kurumsal mekanizmaları da saha uygulamalarını da kapsamaktadır. Su hukuku ve su politikaları, insanların suya en etkin ve adil ulaşımını sağlamayı amaçlamakta, ancak her ikisi de bunun için kendi alanlarından yaklaşımlarla konuyu ele



almaktadırlar. Ancak birbiriyle uyumlu olmalıdırlar. Politika, mevcut su kaynaklarının en iyi kullanımını hedeflerken, hukuk düzenleyici ve hedeflere ulaşılmasında gerekli kuralları koyan, düzenleyen, kurumsal ölçüm ve mekanizmaları sağlayandır. Su hukuku ayrıca, devletin su kaynakları yönetimine müdahalesi ve hareketi ile hükümet dışı organizasyonların hareketlerinin çerçevesini belirler (Wouters, 2000).

Uluslararası su hukuku, makul ve hakça kullanım ilkesi ve bunu destekleyen prosedürleri ile beraber, global su problemlerinin çözümünde hayati rol oynamaktadır. Bu yapılırken çok sayıda karışık konunun dikkate alınması ve ekonomist, mühendis, hidrolog ve hukukçu gibi farklı alanların profesyonellerinin uzun vadeli işbirliği ve katılımı sağlanmalıdır (Wouters, 2000).

#### **1.4. Hidrolojik Döngü**

Su doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde sıvı, katı, gaz halinde bulunur ve yer kürenin çeşitli kısımları arasında durmadan bir döngüyü gerçekleştirir. Bu döngüye “hidrolojik döngü” denilmektedir.

Hidrolojik döngüyü atmosferden itibaren inceleyecek olursak, atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla denizlere erişmeden atmosfere geri döner, bir kısmı bitkiler tarafından alıkonur, bir kısmı da zeminden süzülerek yeraltı suyunu besler. Suyun bir kısmı da yerçekimi kuvvetinin etkisiyle akarsulara veya denizlere ulaşır. Bu ulaşmaya yüzeysel akış adı verilmektedir. Yeraltına sızan suyun bir kısmı ise yeryüzüne tekrar çıkarak yüzeysel akışa katılır (Bayazıt, 1999).



Şekil 1.1 Hidrolojik Döngü (URL 2)

Dünyanın su kaynağı değişmemektedir. Artan nüfus, yaşam standartlarındaki yükselme, sanayileşme ve ekonomik büyüme doğal çevre üzerindeki baskıyı artırmaktadır. İnsanoğlunun doğadaki aktiviteleri bir dengesizlik yaratabilir, günümüz ve gelecek nesillerin ihtiyacı olan doğal su kaynaklarının miktarını ve kalitesini etkileyebilir. Nüfus artarken insanoğlunun nehirlerden, göllerden ve akiferlerden alacağı su miktarları da artmaktadır. Bu durum yerel kaynakları ve gelecekteki su kaynaklarını tehdit etmektedir. Tarımsal, endüstriyel kirlilikler su kaynaklarını tehlikeli kimyasal maddelerle kirletmekte ve mevcut olan su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Şehirleşmeye, hızlı su drenajı ve şehir kanalizasyon sistemleri eşlik etmektedir. Bu durum süzülme, buharlaşma ve terleme oranlarını değiştirmektedir. Akiferler beslenmemekte veya çok yavaş bir biçimde beslenmektedirler. Bu değişik etkenler hep birlikte sistemdeki su miktarını belirlemekte ve nehir yataklarında, göllerdeki su seviyelerinde, akiferlerde ve bir bütün olarak tüm çevrede negatif sonuçlar doğurabilmektedir (Yolcubal, 2004).

Bir sistemde mevcut olan toplam su potansiyeli hidrolojik çalışmalarla belirlenir. Bu miktarı insanın ihtiyacıyla karşılaştırarak suyun en ekonomik şekilde kullanımını sağlamak su yönetimini zorunlu kılmıştır. Su yönetiminde dikkate

alınması gereken ana hususlardan birisi planlamanın su potansiyeline göre yapılmasıdır. Havzanın ekonomik, ekolojik ve sosyal dinamikleri ile su kaynakları arasında kullanım dengesinin şekillendirilmesi gerekmektedir (Aytan, 2014).

## BÖLÜM 2. SU BÜTÇESİ

### 2.1. Su Bütçesinin Önemi

Günümüzde su ihtiyacı hızla artarken su arzında çeşitli mekân ve zamanlarda azalma veya artma şeklinde dalgalanmalar görülmektedir. Bu bağlamda bütüncül havza yönetiminde su bütçesinin planlanması ile ilgili detaylar önem kazanmaktadır. Su bütçesinin kontrolü iyi su kalitesinin korunmasında yardımcı bir unsurdur. Türkiye’de 2014 - 2018 yılları arasını kapsayan 10. Kalkınma Planı çerçevesinde hazırlanan Tarımda Su Kullanımının Etkinleştirilmesi Programı Eylem Planı’nın bileşenlerinden birisinin su havzaları bazında su bütçesi çalışmaları olması su bütçesinin önemi açısından örnek bir uygulama olarak gösterilebilir.

### 2.2. Su Bütçesinin Tanımı

Kütlenin korunumu ilkesi hidrolojik döngünün herhangi bir anında suyun ne yok olduğunu, ne de yoktan var edildiğini gösteren denklemi işaret eder. Bu denklemin oluşturulmasına su bütçesi denilmektedir.

$$x-y = ds/dt \quad (2.1)$$

(2.1)’ de x, hidrolojik sisteme birim zamanda giren su miktarı, y birim zamanda sistemden çıkan su miktarı, s ise sistemde birikmiş su miktarıdır. Bu denklem herhangi bir sonlu  $\Delta t$  zaman aralığındaki değerler göz önüne alınarak da yazılabilir.

$$X-Y=\Delta S \quad (2.2)$$

(2.2), belli bir zaman aralığında sisteme giren X su miktarı ile çıkan Y su miktarının farkının birikmiş su miktarındaki  $\Delta S$  değişimine eşit olduğunu işaret eder.

(2.2), hidrolojik döngü ile birlikte ele alındığında bir sisteme giren su miktarı X1 (yağış), X2 (yüzeysel akış1) ve X3 (yeraltına sızma1) bileşenlerinden oluşur.

Sistemden çıkan su miktarı Y1 (buharlaşıma), Y2 (yüzeysel akış2), Y3 (sistemden kullanılan su) ve Y4 (yeraltına sızma2) bileşenlerinden oluşur.

$\Delta S$  ise rezervuardaki suyun hacminde meydana gelen değişimdir. Herhangi bir zaman aralığında rezervuardaki su azalma göstermiş ise  $\Delta S$  eksi işaretli, tam tersine rezervuardaki su artma göstermiş ise  $\Delta S$  pozitif işaretli olarak alınır.

Bu bilgiler ışığında su bütçesi denklemleri aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

$$\text{Yağış} + \text{Yüzeysel Akış1} + \text{Yeraltına Sızma1} - \text{Buharlaşma} - \text{Yüzeysel Akış2} - \text{Sistemden Kullanılan Su} - \text{Yeraltına Sızma2} = \text{Rezervuardaki Değişim} \quad (2.3)$$

$$X1 + X2 + X3 - Y1 - Y2 - Y3 - Y4 = \Delta S \quad (2.4)$$

(2.3) ve (2.4)'ten de anlaşılacağı üzere birçok veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Su bütçesinin doğrulukla hesaplanabilmesi için mevcut verilerin yeterli olması gerekmektedir. (Bayazıt, 1999)

### **2.3. Su Bütçesinin Bileşenleri**

#### **2.3.1. Yağış**

Havanın herhangi bir şekilde yükselmesi ile içindeki nemin soğuması sonucu yoğunlaşır yeryüzüne düşmesi olayına “yağış” denir. Sıvı haldeki yağışa yağmur adı verilir. Katı haldeki yağış ise kar, dolu, çığ veya kırağı şeklinde olabilir. Hidrolojik bakımdan en önemli yağışlar yağmur ve kardır. Yağmur sonucu oluşan sular çok kısa sürede akışa geçerken, kar sularının eriyip akışa geçmesi daha uzun bir sürede olur.

Yağışın oluşması için gerekli şartlardan biri olan havanın soğuması, hava kütlelerinin yukarı doğru hareket etmesiyle olur. Yağışlar, bu yükselmenin nedenlerine göre “konvektif”, “orografik” ve “depresyonik” olmak üzere üç gruba ayrılır.

Yeryüzüne yakın havanın fazla ısınır yükselmesi sonucu soğuması ile oluşan konvektif yağışlar (kısa süreli, şiddetli) özellikle etrafı dağlarla çevrili olan bölgelerde ve daha çok yaz aylarında görülürler.

Bir sıcak hava kütlesi ile bir soğuk hava kütlelerinin düşey bir cephe boyunca karşılaşmaları halinde, sıcak hava yukarıya, soğuk hava da aşağıya doğru hareket

eder. Böylece sıcak havanın yukarıda soğuması ile oluşan depresyonik (siklonik, cephe) yağışlar, orta şiddette ve uzun süreli olup oldukça geniş alanlarda etkili olabilirler.

Nemli hava kütlelerinin dağ dizilerinin aşması sırasında soğuması sonucu olan orografik yağışlar, Türkiye’de, denize paralel dağ sıralarının denize bakan yamaçlarında görülürler.

### **2.3.2. Yüzeysel Akış**

Yüzeysel akış, yağışın belirli kanallar yoluyla denizlere ve göllere dönmesidir. Yağışın, buharlaşmayan ve sızmayan kısmı arazi eğimi boyunca yüzey akışı olarak gerçekleşir. Sızan kısmı ise yeraltına sızmayı oluşturur. Şiddetli yağışlarda; yağış hızı süzülme hızından fazla olduğundan, toprak suyu yeterince hızlı absorbe edemez bu nedenle, toprağın en üst tabakalarının ıslanmaya başladığı ilk anlarından itibaren, toprağın yüzeyinde fazla suyun biriktiği görülür. Bu durum yüzey akışına sebep olur. Toprağın tamamıyla geçirimsiz olduğu durumlarda, yüzey akışı yağmur sularının toprağın gözeneklerini doldurmasının hemen ardından gözlenmektedir. Yüzeysel akışı birçok etmen denetlemekle birlikte en önemlileri;

- a- Coğrafi durum (yükseklik, eğim)
- b- Topoğrafik durum
- c- Jeolojik durum (litoloji, jeolojik yapı)
- d- Meteorolojik durum (yağış şiddeti, süresi, sıcaklık, nem)
- e- Akarsu ağı
- f- Bitki örtüsü ve insan yapılarıdır. (Yolcubal, 2004)

### **2.3.3. Yeraltına Sızma (İnfiltrasyon )**

Yağışın yeryüzeyinden yeraltına doğru hareket ettiği, akiferleri beslediği ve kurak periyotlar boyunca dahi akarsu akışlarını desteklediği sürece yeraltına sızma denilir. Yeraltına sızmanın hızı; bitki örtüsünün büyüklüğü ve türü, yüzeyin durumu, sıcaklık, yağışın şiddeti, toprağın fiziksel özellikleri gibi birçok faktöre bağlıdır (Yolcubal, 2004).

### 2.3.4. Buharlaşma

Doğadaki hidrolojik döngünün önemli bir unsurunu oluşturan buharlaşma, yeryüzünde sıvı ve katı halde farklı şekil ve şartlarda bulunan suyun meteorolojik faktörlerin etkisiyle atmosfere gaz halinde dönüşüne buharlaşma denilir. Buharlaşma, su, nemli toprak, kar, nehir, göl ve deniz yüzeylerinden olabilir.

### 2.3.5. Sistemden Kullanılan Su

Doğrudan ya da dolaylı olarak bir rezervuardan içme, kullanma, tarımsal sulama ya da endüstriyel amaçlı olarak çekilen su miktarı sistemden kullanılan su olarak tanımlanabilir.

## 2.4. Dünyada Su Bütçesi

Dünya, su miktarı açısından dinamik bir denge halindedir. Su tükenmez bir doğal kaynak olup yerküredeki toplam su miktarı zamanla değişmez. Yeterince uzun bir süre dikkate alındığında hidrolojik döngünün herhangi bir anında giren ve çıkan su miktarları birbirine eşittir. Örneğin yerküreye bir yılda düşen yağış, o yıl için buharlaşarak havaya geri dönen su miktarına eşittir. Herhangi bir anda suyun yerkürenin çeşitli kısımlarında dağılımına bakılırsa çok büyük bir kısmının (%97.4) denizlerde bulunduğunu görürüz. (Tablo 2.1) Karalarda ve havada bulunan  $36 \text{ km}^3$  içilebilir suyun kendi içinde dağılımı ise şöyledir: %77.2 kutup buzullarında, %12.3 derin yeraltı suyu halinde, %10'a yakın bir kısmı yüzeye yakın yeraltı suyu halinde, %0.35 göllerde, %0.17 zemin nemi halinde, %0.04 atmosferde, %0.003 akarsularda (Tablo 2.2).

**Tablo 2.1: Yerkürenin Su Kaynakları (Bayazit, 1999)**

<b>Kaynak</b>	<b>Hacim (<math>10^6 \text{ km}^3</math>)</b>	<b>Oran</b>
Denizler	1348	%97.39
Buzullar	27.82	%2.01
Yeraltı Suyu	8.062	%0.58
Göller, Akarsular	0.225	%0.02
Atmosfer	0.0133	%0.001
<b>Toplam</b>	<b>1384.12</b>	<b>100</b>

**Tablo 2.2: Yerküredeki Tatlı Suyun Dağılımı (Bayazit, 1999)**

<b>Kaynak</b>	<b>Oran</b>
Buzullar	%77.23
Yüzeğe Yakın Yeraltı Suyu	%9.86
Derin Yeraltı Suyu	%12.35
Zemin Nemi	%0.17
Göller	%0.35
Akarsular	%0.003
Canlılar	%0.003
Atmosfer	%0.04

## **2.5. Türkiye’de Su Bütçesi**

Türkiye ılıman, yarı-kurak iklim kuşağındadır. Yüzölçümü 783 562 km<sup>2</sup> ve yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 643 mm’dir. Bu miktar, yılda ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m<sup>3</sup>’ü toprak ve su yüzeyi ile bitkilerden buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmektedir. 69 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı ise akışa geçerek denizlere veya göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m<sup>3</sup> suyun 28 milyar m<sup>3</sup>’ü kaynak suyu olarak tekrar yüzey suyuna katılmaktadır. Komşu ülkelerden gelen ortalama 7 milyar m<sup>3</sup> su ile birlikte yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m<sup>3</sup>’tür. 41 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyu da dahil edildiğinde, toplam yenilenebilir su potansiyeli 234 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Ancak teknik ve ekonomik imkânlar çerçevesinde tüketilebilecek yüzey suyu potansiyeli toplamı yaklaşık 98 milyar m<sup>3</sup>/yıl’dır (akarsularımızdan 95 milyar m<sup>3</sup>, komşu ülkelerden 3 milyar m<sup>3</sup> olmak üzere). 14 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyu potansiyeli ile ülkemizde tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli toplamı yaklaşık 112 milyar m<sup>3</sup>/yıl’dır (Tablo 2.3). Türkiye 2023 yılına kadar bu toplam potansiyelin (112 milyar m<sup>3</sup>) tamamını kullanmayı hedeflemektedir (DSİ, 2009).



**Tablo 2.3: Türkiye Su Bütçesi Bileşenleri**

<b>Su Bütçesi Bileşenleri</b>	<b>Miktar</b>
Yıllık Ortalama Yağış Miktarı	643 mm., 501 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık Buharlaşma Miktarı	274 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık Akış Ortalaması	186 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık Akış / Yağış Oranı	0.37
Yıllık Yeraltı Suyu Potansiyeli	41 milyar m <sup>3</sup>
Komşu Ülkelerden Yıllık Gelen Su Potansiyeli	7 milyar m <sup>3</sup>
Yenilenebilir Yıllık Brüt Su Potansiyeli	234 milyar m <sup>3</sup> (186+41+7)
Tüketilebilecek Yıllık Yüzey Suyu Potansiyeli	98 milyar m <sup>3</sup>
Tüketilebilecek Yıllık YAS Potansiyeli	14 milyar m <sup>3</sup>
Tüketilebilecek Yıllık Toplam Su Potansiyeli	112 milyar m <sup>3</sup>

Türkiye hidrolojik olarak 25 nehir havzasına bölünmüş olup bu havzalarda toplam yıllık ortalama akış 186 milyar m<sup>3</sup>'tür. Ancak jeolojik, topoğrafik ve iklim özelliklerinin bölgelere göre farklılık göstermesi nedeniyle, yıllık yağış miktarının dengeli bir dağılım gösterdiği söylenememektedir. Havzalarda yağış, buharlaşma ve yüzeysel su akışında büyük farklılıklar görülmekte; yıllık yağış miktarları ve yıl içi yağış dağılımları değişmektedir. Dolayısıyla her havzanın su verimliliği ve potansiyeli de farklıdır (Ayten, 2014).

DSİ istatistiklerine göre Türkiye'de yıllık kişi başına düşen su miktarı yaklaşık 1500 m<sup>3</sup> olup ülkemiz su varlığı açısından değerlendirildiğinde Falkenmark İndeksine göre su azlığı yaşayan veya su sıkıntısı olan ülke sınıfına girmektedir (Muluk ve ark., 2013). Bilindiği gibi bu indeks ülkelerin su varlığını yıllık kişi başına düşen su miktarı ile değerlendirmektedir. Bu bağlamda su kıtlığı veya stres durumu tayininde kişi başına düşen yıllık su miktarı açısından;

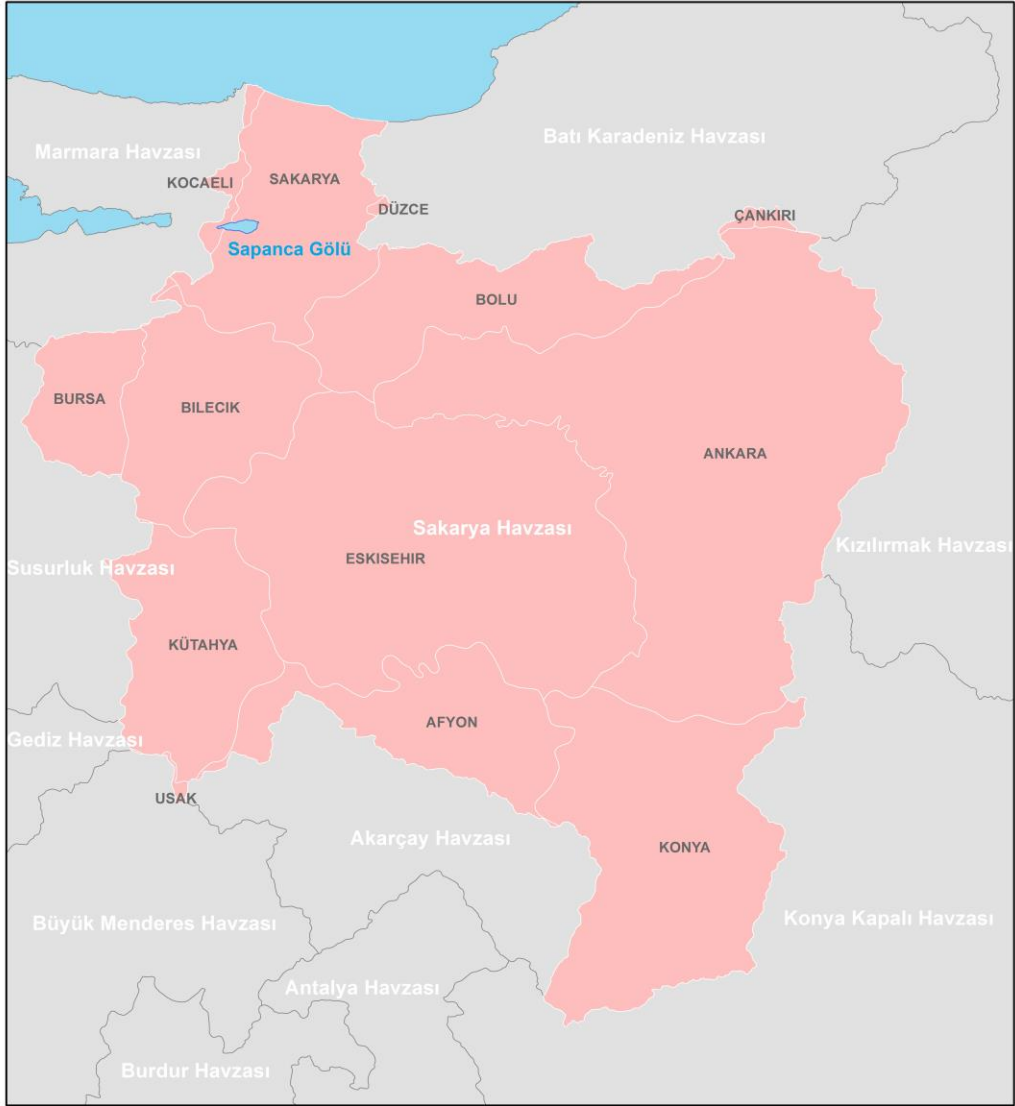
- 1.700 m<sup>3</sup>'ten fazla olması durumunda su sorunu olmayan
- 1.700-1.000 m<sup>3</sup> arasında ise su sıkıntısı olan
- 1.000-500 m<sup>3</sup> arasında ise su kıtlığı olan
- 500 m<sup>3</sup>'ten az olması durumunda ise mutlak su kıtlığı olan ülke veya bölgede olarak tanımlanmaktadır (Falkenmark ve Lindh, 1976).

## BÖLÜM 3. SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

### 3.1. Coğrafi Konum

Sapanca Gölü, Sakarya havzasının Aşağı Sakarya alt havzasında bulunmaktadır. İzmit Körfezi'nin 20 km. doğusunda 40°41' ile 40°44' kuzey enlemleri ve 30°09' ile 30°20' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Göl havzası idari olarak Kocaeli ve Sakarya illeri arasında bölünmüş olup, 39 km. göl kıyı şeridininin 26 km.'si Sakarya, 13 km.'lik kısmı ise Kocaeli il sınırları içerisinde kalmaktadır (Sümer 1980; Gönenç ve ark., 1994). Gölün kuzey bölümünde D-100 karayolu, güney bölümünde ise TEM otoyolu bulunmaktadır (Şekil 3.3). Yüzey alanı yaklaşık 45 km<sup>2</sup>, hacmi 1300 hm<sup>3</sup> olan gölün uzunluğu doğu – batı doğrultusunda 16 km. ve kuzey - güney doğrultusunda 5 km.'dir. Gölün su toplama alanı 300 km<sup>2</sup>'dir. Göl seviyesi kış - ilkbahar mevsiminde yükselirken, yaz – sonbahar mevsimlerinde düşüş gösterir. Göl yüzeyinin denizden yüksekliği 31 m.'dir.

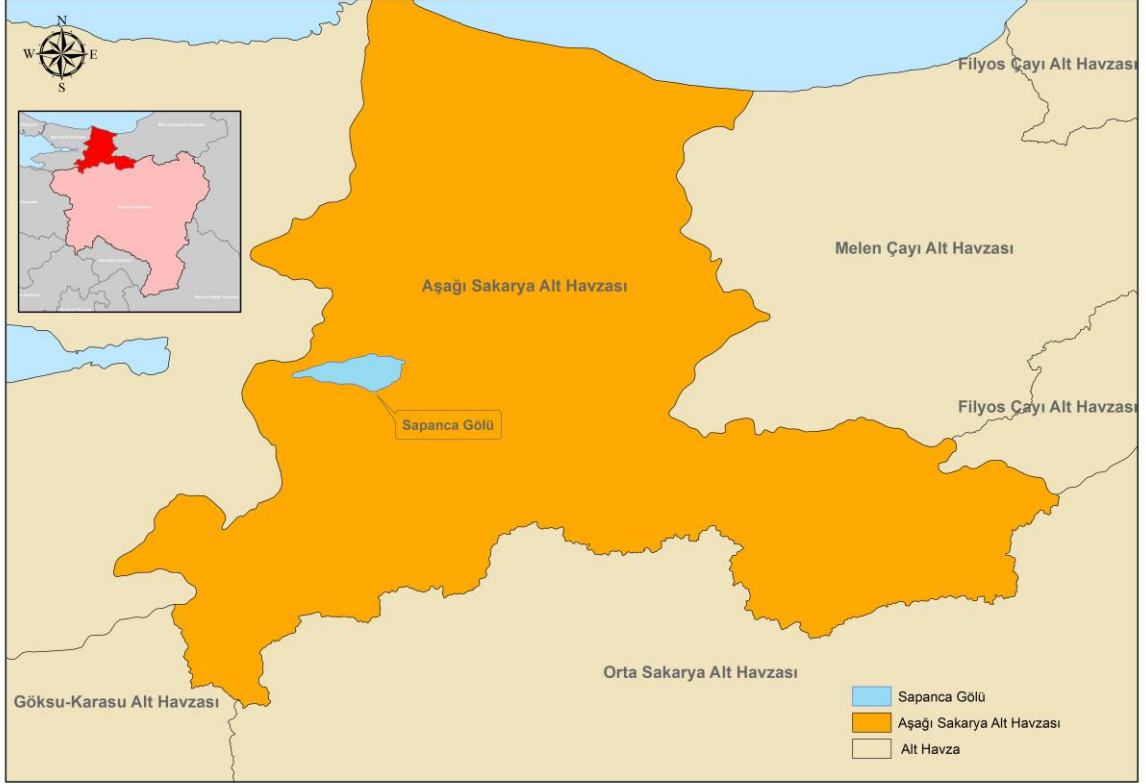
Sapanca Gölü, içme ve kullanma suyu kaynağı olmasının yanı sıra birçok göçmen kuşun konakladığı bir sulak alandır. Gölde 80 civarında kuş türü bulunmaktadır. Göl aynı zamanda yayın, sazan balığı ve turna balığına ev sahipliği yapmaktadır.



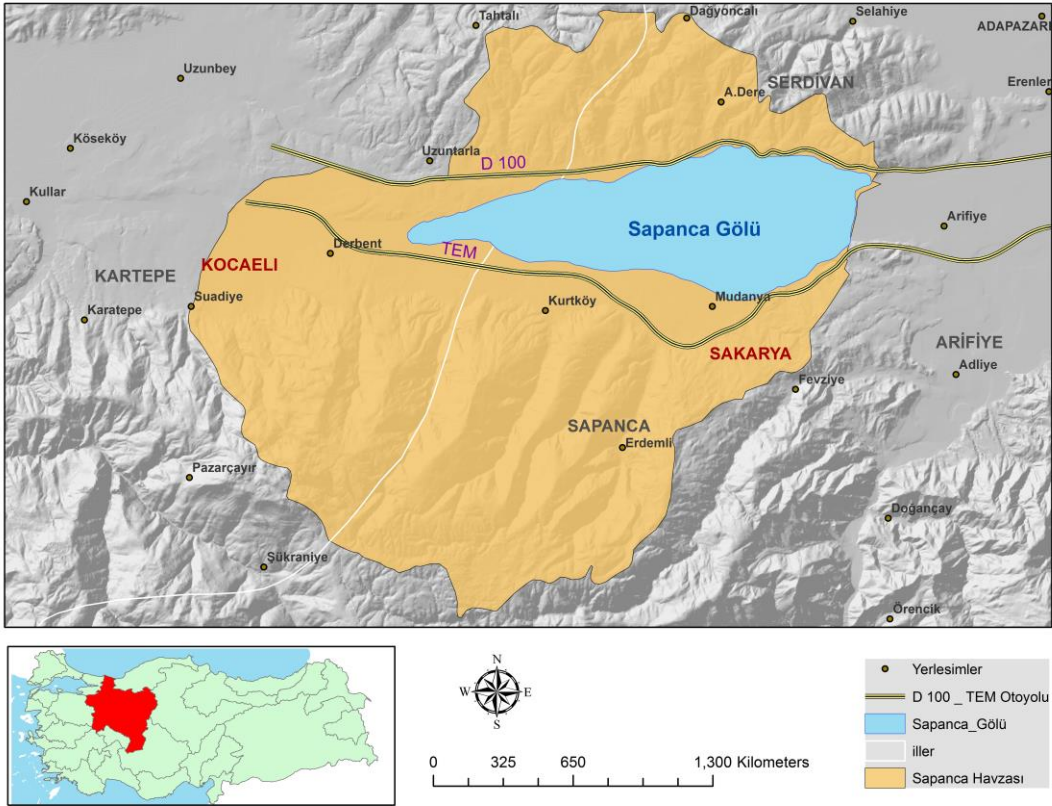
0 12.5 25 50 Kilometers

<span style="color: blue;">■</span>	Sapanca_Gölü
<span style="color: gray;">■</span>	İl Sınırları
<span style="color: red;">■</span>	Sakarya Havzası
<span style="color: gray;">■</span>	Havza Sınırları

**Şekil 3.1: Sakarya Havzası İçinde Sapanca Gölü**



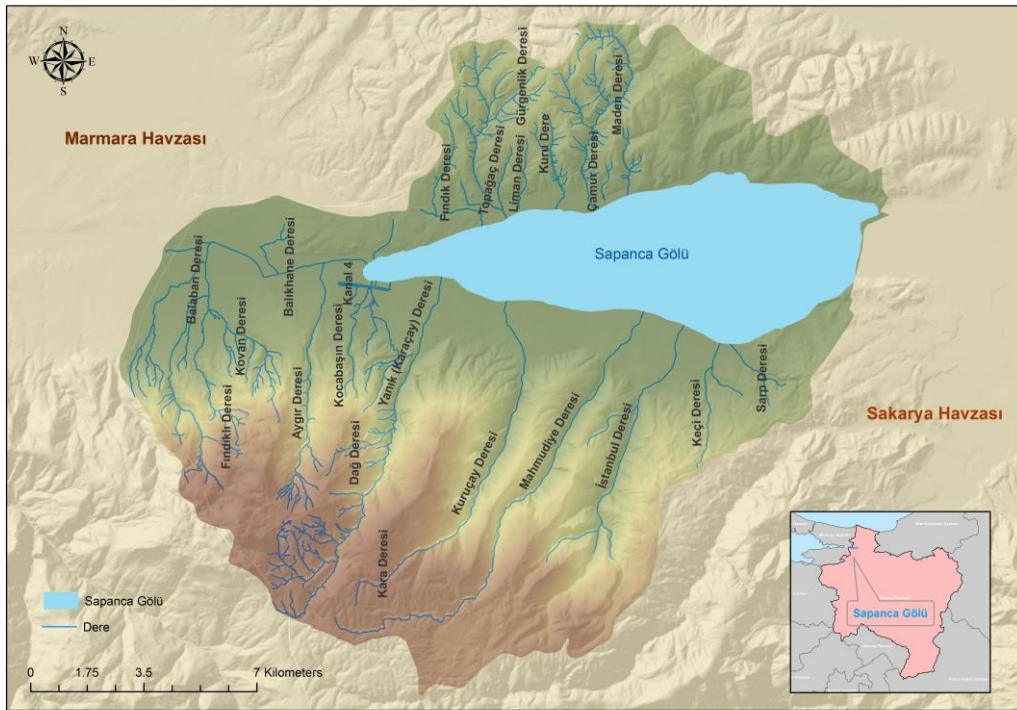
Şekil 3.2: Aşağı Sakarya Alt Havzası İçinde Sapanca Gölü



Şekil 3.3: Sapanca Gölü Havzasındaki Otoyollar

### 3.2. Hidroloji

Sapanca Gölü kuzey ve güneyinde bulunan dereler ile beslenmektedir. Göle giren derelerin debileri genellikle çok düşük olup yaz aylarında kurumaktadır. Göl devamlı olarak yenilenebilen bir hidrolojik rejime sahiptir, bunun başlıca nedeni uzunluğu 45 km. bulan Çark Deresi'nin Sakarya Nehri'ne boşalmasıdır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından 1970 yılında Çark Deresi üzerine yerleştirilen bir regülatör bulunmaktadır. Göl 28 m. - 32 m. kotları arasında işletilmektedir (Gönenç ve ark., 1994). Senenin bol yağışlı zamanlarında Çark Deresi kapakları açılarak bir nevi su tahliyesi sağlanmakta ve gölün seviyesi bu şekilde dengede tutulmaktadır. Gölün ortalama ve maksimum derinlikleri sırasıyla 26 m. ve 55 m.'dir. Gölü besleyen dereler Keçi, İstanbul (Karanlık), Kuruçay (Kurtköy), Mahmudiye, Yanık, Karaçay, Balıkhane, Çiftçınar, Tuzla, Kanlıtarla, Kuru, Maden (Eşme), Çatalölü, Altıkuruş, Harmanlar, aygır, Kasabası, Cehennem, Arifiye ve Sarp dereleridir (Şekil 3.4). Gölün güney kesiminde yer alan önemli dereler Sarp, Keçi, İstanbul, Mahmudiye, Kurtköy (Karaçay), Yanık dereleridir Gölün kuzey kesiminde yer alan en önemli dere ise Maden Deresi'dir. Sapanca Gölü'ne dökülen bazı derelerin uzunlukları Tablo 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4: Sapanca Gölü Havzası ve Gölü Besleyen Dereler

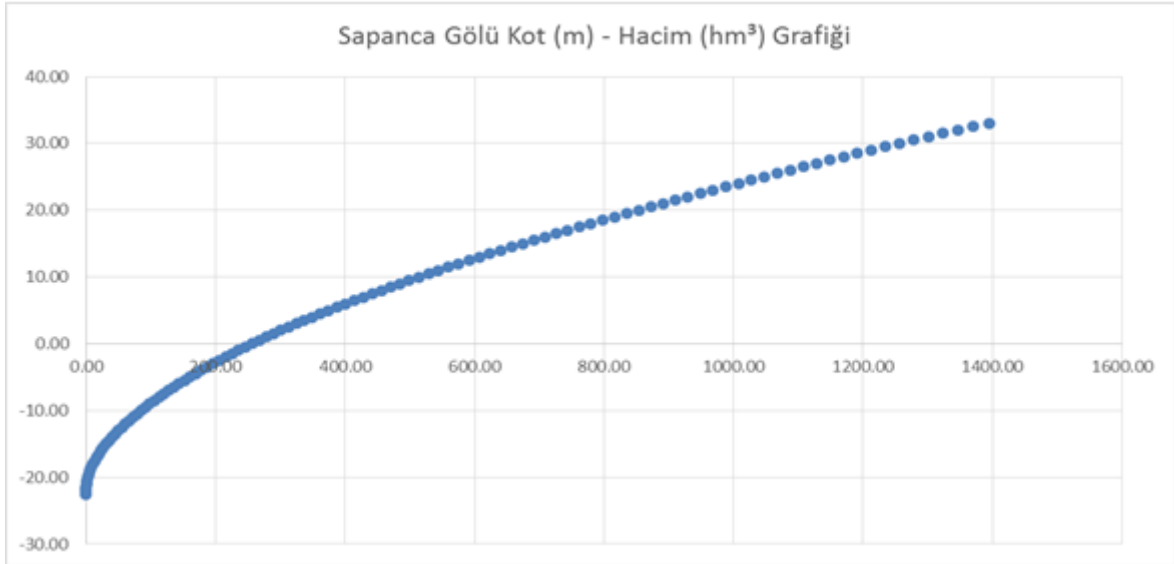
**Tablo 3.1: Sapanca Gölü'ne Dökülen Bazı Derelerin Uzunlukları**

Dere Adı	Uzunluğu (km.)
Sarp	3
Keçi	4,3
İstanbul	12,8
Mahmudiye	12,4
Kuruçay	11,8
Karaçay	14
Balikhane	8,8
Maden	5,2
Harmanlı	2,72
Kuru	2,28
Kasabasın	2,07

**Tablo 3.2: Sapanca Gölü'nün Genel Özellikleri**

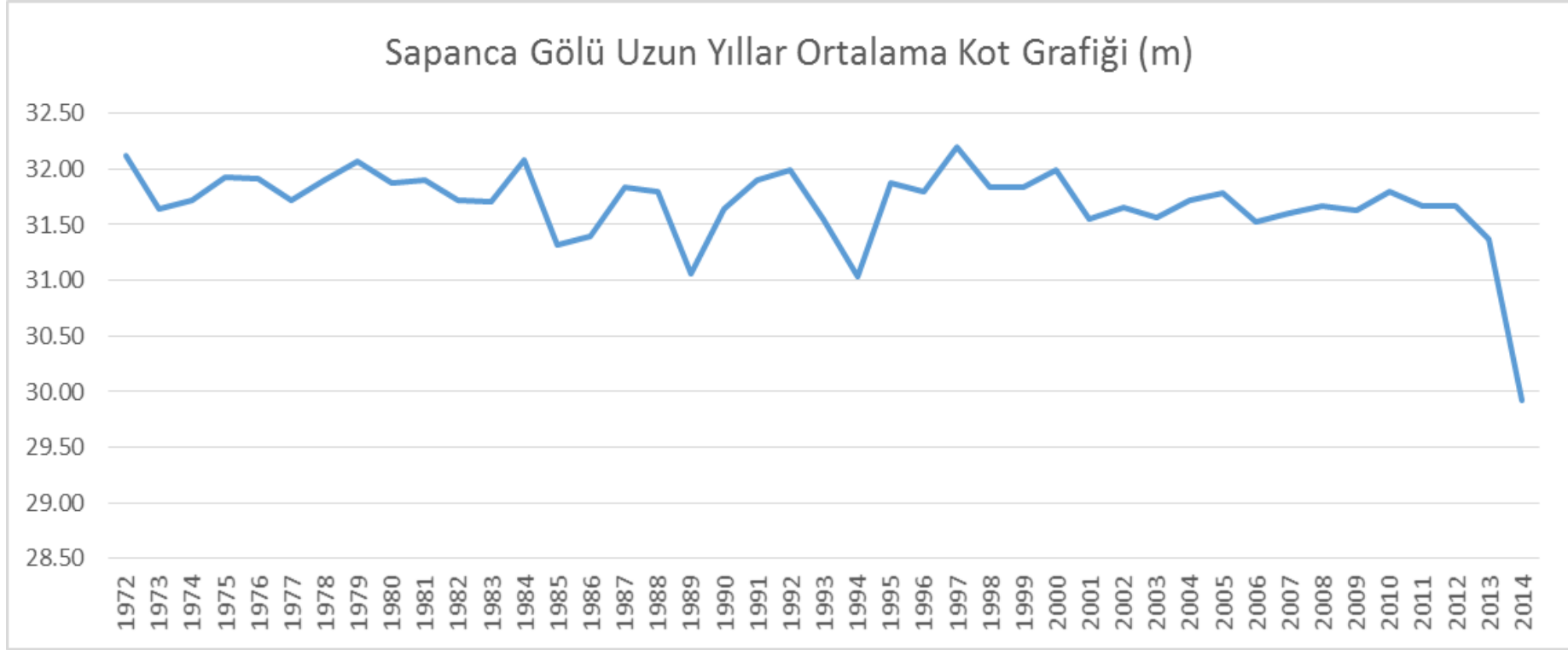
Yüzey Alanı	45 km <sup>2</sup>
Doğu – Batı Doğrultusunda Uzunluğu	16 km.
Kuzey – Güney Doğrultusunda Uzunluğu	5 km.
Ortalama Derinlik	26 m.
Maksimum Derinlik	55 m.
İşletme Kot Aralığı	28 m. – 32 m.

DSİ Genel Müdürlüğünün 2012 yılında hazırlamış olduğu batimetri haritasından faydalanılarak oluşturulan Sapanca Gölü kot - hacim grafiği Şekil 3.5'te verilmektedir.



**Şekil 3.5: Sapanca Gölü Kot - Hacim Grafiği**

Sapanca Gölü'nün uzun yıllar kot ölçümünü gösteren grafik Şekil 3.6'da görülmektedir. Bu grafikten anlaşılacağı üzere zaman zaman göl kotunda ciddi düşüşler görülebilmektedir. Göldeki en düşük kot ise 2014 yılında gözlemlenmiştir.



Şekil 3.6: Sapanca Gölü Uzun Yıllar Ortalama Kot Grafiği

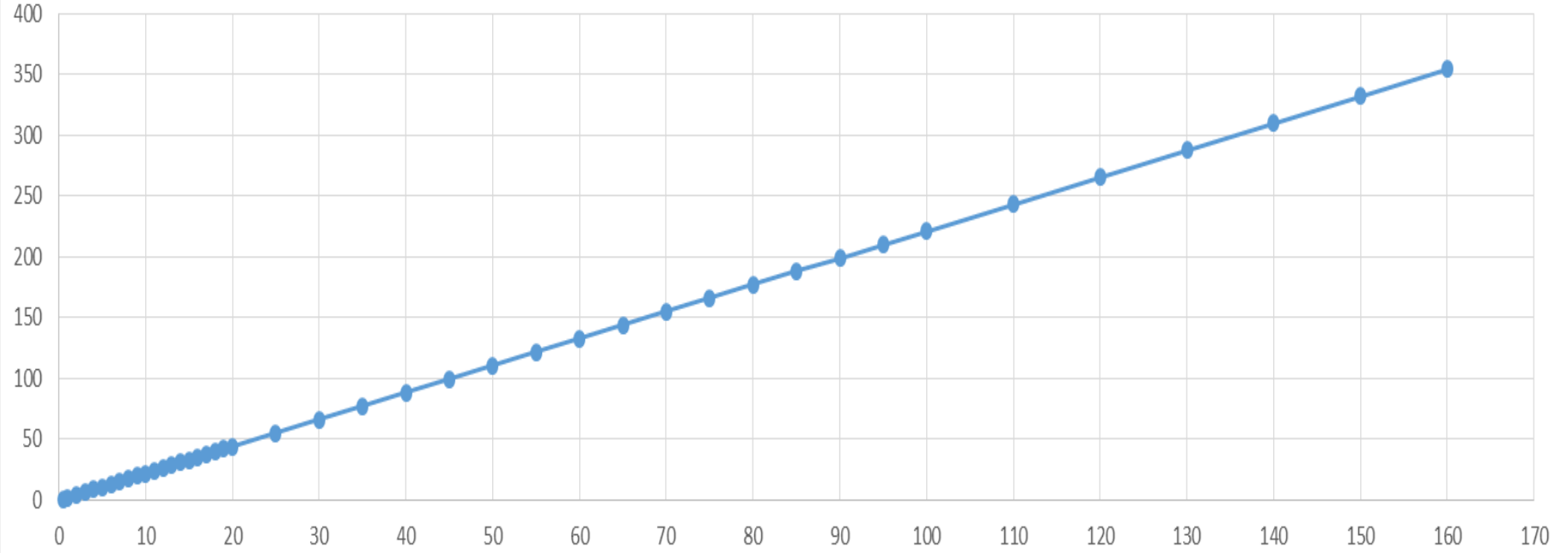
Sapanca Gölü'nden içme ve kullanma suyu amacının yanı sıra endüstriyel amaçlı su çekimi de bulunmaktadır. Söz konusu batimetri çalışmasından faydalanılarak 32.50 m. ve 29.00 m. kotları arasında su çekimlerinin gölün seviyesinde meydana getireceği değişiklikler cm. cinsinden Tablo 3.3'te ve Şekil 3.7'de verilmektedir.



**Tablo 3.3: Su Çekim Miktarlarına Göre Göl Seviyesindeki Değişim**

<b>Gölden Çekilen Su Miktarı</b>	<b>Seviyedeki Azalma Miktarı</b>
500 000 m <sup>3</sup>	1.1 cm
1 milyon m <sup>3</sup>	2.21 cm
2 milyon m <sup>3</sup>	4.42 cm
3 milyon m <sup>3</sup>	6.63 cm
4 milyon m <sup>3</sup>	8.84 cm
5 milyon m <sup>3</sup>	11.06 cm
6 milyon m <sup>3</sup>	13.27 cm
7 milyon m <sup>3</sup>	15.48 cm
8 milyon m <sup>3</sup>	17.69 cm
9 milyon m <sup>3</sup>	19.91 cm
10 milyon m <sup>3</sup>	22.12 cm
11 milyon m <sup>3</sup>	24.33 cm
12 milyon m <sup>3</sup>	26.54 cm
13 milyon m <sup>3</sup>	28.76 cm
14 milyon m <sup>3</sup>	30.97 cm
15 milyon m <sup>3</sup>	33.18 cm
16 milyon m <sup>3</sup>	35.39 cm
17 milyon m <sup>3</sup>	37.61 cm
18 milyon m <sup>3</sup>	39.82 cm
19 milyon m <sup>3</sup>	42.03 cm
20 milyon m <sup>3</sup>	44.24 cm
25 milyon m <sup>3</sup>	55.30 cm
30 milyon m <sup>3</sup>	66.37 cm
35 milyon m <sup>3</sup>	77.43 cm
40 milyon m <sup>3</sup>	88.49 cm
45 milyon m <sup>3</sup>	99.55 cm
50 milyon m <sup>3</sup>	110.61 cm
55 milyon m <sup>3</sup>	121.68 cm
60 milyon m <sup>3</sup>	132.74 cm
65 milyon m <sup>3</sup>	143.80 cm
70 milyon m <sup>3</sup>	154.86 cm
75 milyon m <sup>3</sup>	165.92 cm
80 milyon m <sup>3</sup>	176.99 cm
85 milyon m <sup>3</sup>	188.05 cm
90 milyon m <sup>3</sup>	199.11 cm
95 milyon m <sup>3</sup>	210.17 cm
100 milyon m <sup>3</sup>	221.23 cm
110 milyon m <sup>3</sup>	243.36 cm
120 milyon m <sup>3</sup>	265.48 cm
130 milyon m <sup>3</sup>	287.61 cm
140 milyon m <sup>3</sup>	309.73 cm
150 milyon m <sup>3</sup>	331.85 cm
160 milyon m <sup>3</sup>	353.98 cm

Göl Seviyesindeki Azalma (cm) - Gölden Çekilen Su Miktarı (milyon m<sup>3</sup>)



Şekil 3.7: Göl Seviyesindeki Azalma – Gölden Çekilen Su Miktarı

Sapanca Gölü'nden çekilen veya tahsis edilen su miktarları ile ilgili bir bilgi kirliliği olmasına rağmen yapılan tahsislere ve su çekimlerine ilişkin kısa bir değerlendirme aşağıda yapılmaktadır.

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından havzada 45 yer altı suyu kuyu ruhsatı ile toplamda 4.622.248 m<sup>3</sup>/yıl tahsis bulunmaktadır. 1987 yılında tamamlanan ve DSİ Genel Müdürlüğünce onaylanan "İzmit-Kirazdere Projesi Planlama Raporu"nda SEKA'ya 31,255 milyon m<sup>3</sup>/yıl, İGSAŞ'a 3,504 milyon m<sup>3</sup>/yıl, PETKİM'e 17.52 milyon m<sup>3</sup>/yıl, İPRAŞ'a 5,256 milyon m<sup>3</sup>/yıl, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne 30 milyon m<sup>3</sup>/yıl, Sakarya Büyükşehir Belediyesine 67.32 milyon m<sup>3</sup>/yıl, tahsis yapıldığı bilinmektedir.

Sakarya İl Özel İdaresi tarafından, 3 firmaya toplam 1.133 milyon m<sup>3</sup>/yıl ile doğal mineralli su ruhsatı verilmiştir.

Kocaeli İl Özel İdaresi tarafından 1 firmaya 100.2 ha alan için doğal mineralli su ruhsatı verilmiş olup, 3 firmaya da arama ruhsatı verilmiştir.

SASKİ tarafından 14 firmaya toplam 1.061 milyon m<sup>3</sup>/yıl tahsis yapılmış olup ve 14 derin kuyu ile 11 kaynak suyundan toplam 11.79 milyon m<sup>3</sup>/yıl su SASKİ tarafından kullanılmaktadır.

Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından gölü besleyen dereler üzerinde 3 adet su ürünleri yetiştiriciliği tesisi için toplam 4.73 milyon m<sup>3</sup>/yıl su kullanım izni verilmiştir.

Milli Emlak Genel Müdürlüğü tarafından gölü besleyen çeşitli derelerden toplam 0.7 milyon m<sup>3</sup>/yıl su civar köylere ve Sapanca Belediyesi'ne tahsis edilmiştir.

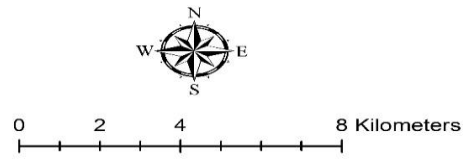
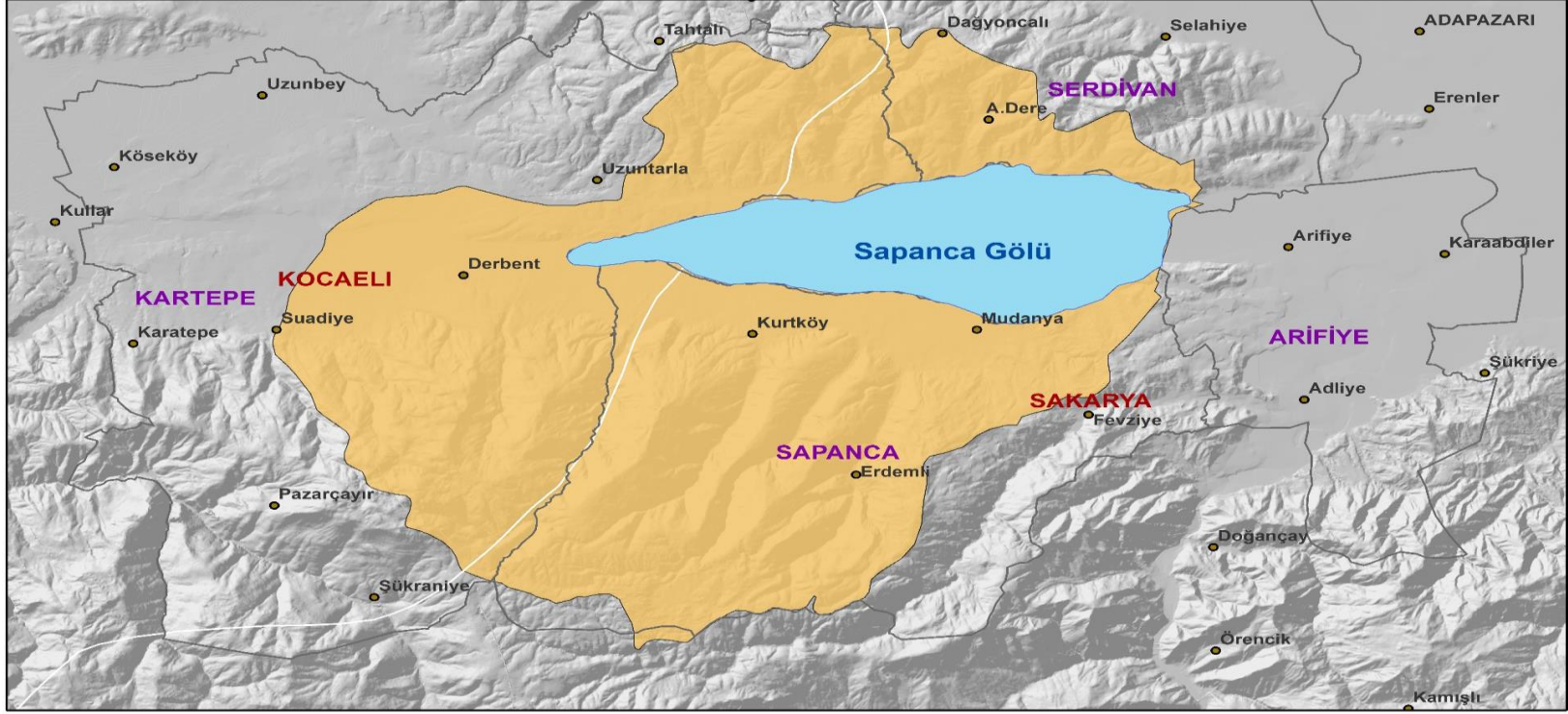
PETKİM ve İPRAŞ'a kamu kuruluşu oldukları dönemde verilmiş olan su kullanım hakkının özelleştirmeye TÜPRAŞ'a devredilmiş olan bu kurumlarla birlikte TÜPRAŞ'a geçtiği savunulmaktadır. TÜPRAŞ Genel Müdürlüğü'nden bildirildiğine göre 2002 - 2012 yılları arasında Sapanca Gölü'nden çektiği su miktarları aşağıdaki gibidir:

2002: 9.7 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2003: 9.8 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2004: 9.9 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2005: 9.4 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2006: 8.3 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2007: 7.7 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2008: 7.6 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2009: 6.8 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2010: 6.4 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2011: 6.8 milyon m<sup>3</sup>/yıl  
2012: 8.2 milyon m<sup>3</sup>/yıl

Sapanca Gölü'nden çekilen su miktarlar tam olarak bilinemediğinden ve su bütçesi hesabının bilimsel manada geçerliliğini etkileyeceğinden dolayı bütçe hesabında herhangi bir tahsis verisi kullanılamamıştır.

### **3.3. Nüfus ve Yerleşim**

Sapanca Gölü havzası Kocaeli ve Sakarya illeri sınırları içinde kalmaktadır. Kocaeli iline bağlı olan Kartepe ilçesi ve Sakarya iline bağlı olan Serdivan, Arifiye ve Sapanca ilçeleri havza içerisinde yer almaktadır (Şekil:3.8). Tablo 3.4'te Sapanca Gölü havzasında yer alan ilçe ve mahalleler gösterilmektedir. 2013 yılında havzanın nüfusu 88.836, 2014 yılında ise 90.385'tir.



<span style="color: blue;">■</span>	Sapanca Gölü
<span style="color: black;">●</span>	Yerleşimler
<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	İlçe Sınır
<span style="border: 1px solid gray; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	İl Sınır
<span style="background-color: orange; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Sapanca Havzası
<span style="background-color: lightgray; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Türkiye Havza Sınırları

Şekil 3.8:Sapanca Gölü Havzası'ndaki İlçeler

**Tablo 3.4: Sapanca Gölü Havzasında Yer Alan İlçe ve Mahalleler**

<b>Mahalle</b>	<b>İlçe</b>	<b>İl</b>
Mahmudiye, Balkaya, Ünlise, Gazipaşa, Yeni, Camicedit, Güldibi, Tepebaşı, Soğuksu, Hasanpaşa, Çayıçi, Yavuz Selim, Yanık, Kurtköy Fatih, Muradiye, Dibektaş, Göl, Rüstempaşa, Uzunkum, Nailiye, İlmiye, Kuruçeşme, Memnuniye, Hacımercan, Şükriye	Sapanca	Sakarya
Fatih, Arifbey	Arifiye	Sakarya
Esentepe, Dağyoncalı, İstanbuldere, Yukarıdereköy, Aşağıdereköy	Serdivan	Sakarya
Körfez, Bağdat, Kazakburun, Kartepe, İbrikdere, Kestanelik, Uzuntarla, Hikmetiye, Marmara, Eski Eşme, Fatih Sultan Mehmet, Selçuklu, Çınarlı, Yavuz Sultan Selim, Suadiye Orta, Yeni Eşme, Emek, Soğuksu, Tepetarla, Balaban, Altıoluk, Üst, Eşme Ahmediye, Şirinsulhiye, Avluburun, Nusretiye	Kartepe	Kocaeli

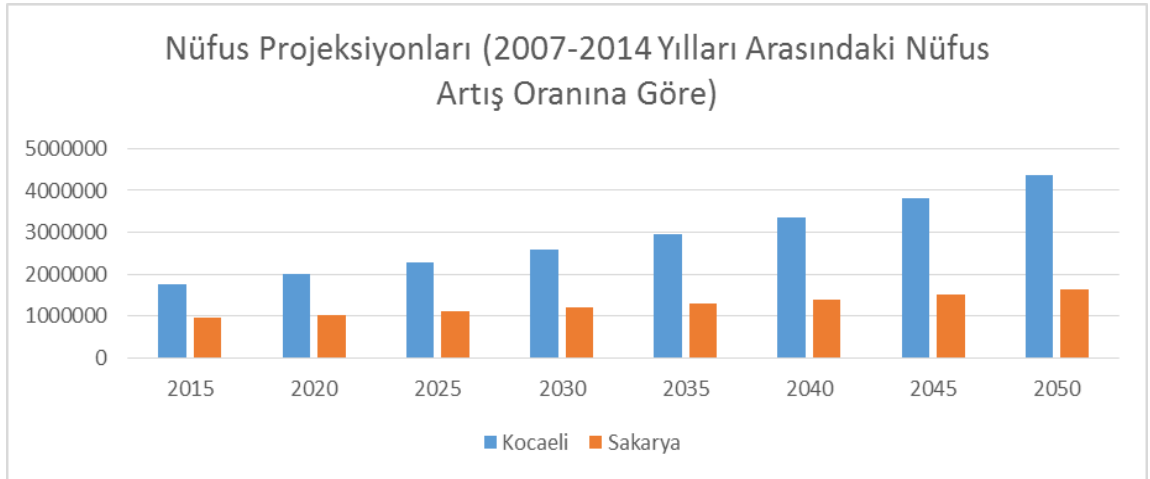
Sapanca Gölü havzasında yer alan mahallelerin 2013 yılından önceki nüfuslarına ulaşamadığı için nüfus projeksiyonu Kocaeli ve Sakarya illerindeki nüfus artış oranlarının ortalaması alınarak yapılmıştır. Nüfus projeksiyonunun gerçekçi olabilmesi adına Türkiye’deki doğum oranının düşüşü göz önüne alınarak söz konusu illerin 2007’den sonraki nüfusları dikkate alınmıştır. Tablo 3.5’te sırasıyla Kocaeli ve Sakarya illerinin 2007 - 2014 arasındaki nüfusları gösterilmektedir. Buna göre Kocaeli ilindeki ortalama nüfus artış oranı 0.0261 ve Sakarya ilindeki ortalama nüfus artışı 0.0158 olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda Sapanca Gölü havzası için öngörülen nüfus artış oranı 0.02095’tir. Tablo 3.6, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 ile sırasıyla Kocaeli ili için, Sakarya ili için ve Sapanca Gölü havzası için 2050 yılına kadar nüfus projeksiyonları verilmektedir.

**Tablo 3.5: Kocaeli ve Sakarya İllerinin 2007 - 2014 Yılları Arası Nüfusu (TÜİK)**

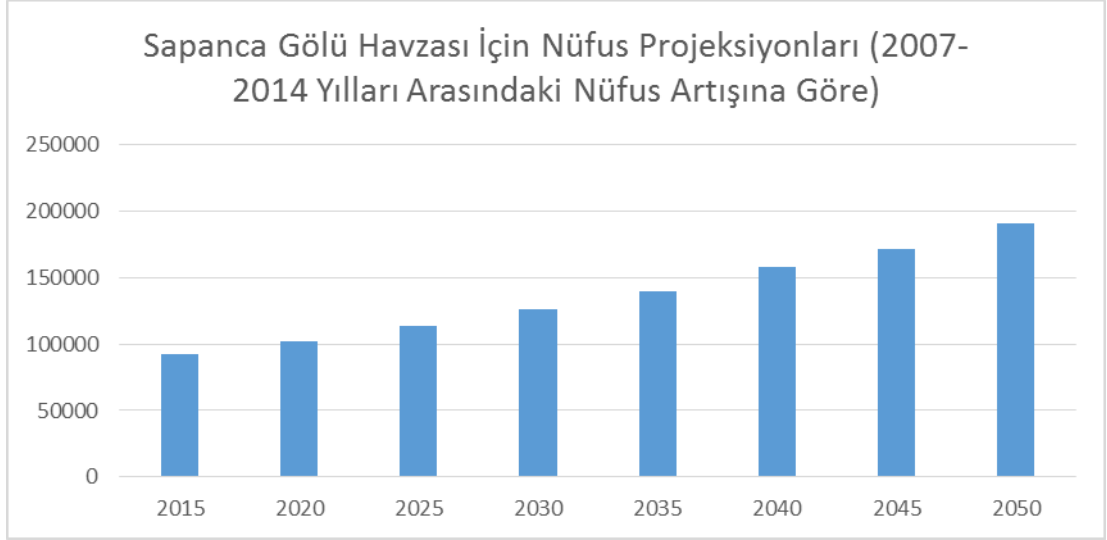
İl	Yıl	Nüfus	İl	Yıl	Nüfus
Kocaeli	2014	1 722 975	Sakarya	2014	932 706
	2013	1 676 202		2013	917 373
	2012	1 634 691		2012	902 267
	2011	1 601 720		2011	888 556
	2010	1 560 138		2010	872 872
	2009	1 522 408		2009	861 570
	2008	1 490 358		2008	851 292
	2007	1 437 926		2007	835 222

**Tablo 3.6: Kocaeli İli, Sakarya İli ve Sapanca Gölü Havzası İçin Nüfus Projeksiyonları**

Yıl	Kocaeli Nüfus Projeksiyonu	Sakarya Nüfus Projeksiyonu	Sapanca Gölü Havzası Nüfus Projeksiyonu
2015	1 767 944	947 442	92 278
2020	2 011 023	1 024 693	102 358
2025	2 287 523	1 108 243	113 539
2030	2 602 040	1 198 605	125 941
2035	2 959 800	1 296 334	139 698
2040	3 366 749	1 402 032	157 957
2045	3 829 651	1 516 349	171 883
2050	4 356 199	1 639 986	190 654



**Şekil 3.9: Kocaeli ve Sakarya İlleri İçin Nüfus Projeksiyonu**



**Şekil 3.10: Sapanca Gölü Havzası İçin Nüfus Projeksiyonu**

Nüfus projeksiyonları sonucunda 2050 yılı için Kocaeli nüfusunun 4.356.199, Sakarya ili nüfusunun 1.639.986 ve Sapanca Gölü havzası nüfusunun da 190.654 olması beklenmektedir.

### **3.4. İklim ve Meteoroloji**

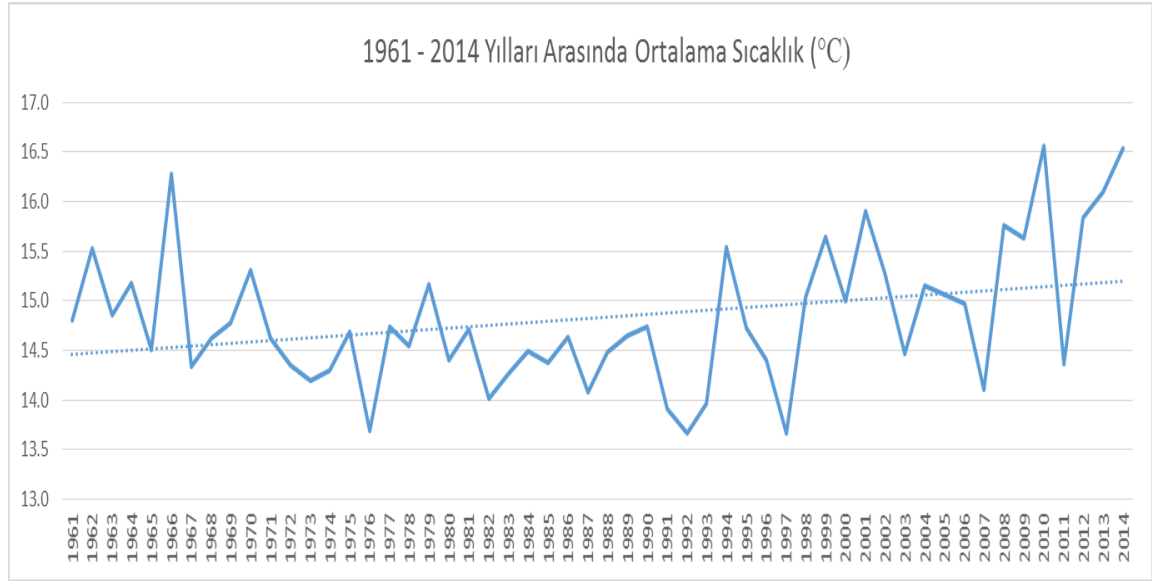
Başta yağış ve buharlaşma olmak üzere, iklim ve meteorolojinin göl su bütçesi üzerinde önemli etkileri vardır. Sapanca Gölü havzasının iklimi karasal Karadeniz iklimi ve Ege ve Akdeniz kıyılarında görülen Akdeniz iklimleri arasında geçiş niteliğindedir, sıcaklık ve yağış rejimi olarak bu iki iklimin de özelliklerini gösterir. Yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir fakat yazları kurak değildir. Kışları Akdeniz ikliminin aksine soğuk geçer. Bitki örtüsü de alçak kesimlerde Akdeniz bitki örtüsü, yükseklerde ise Karadeniz kıyılarımızdaki gibi nemli ormanlar yer alır. Havza nemli veya yarı nemli iklim tipleri arasında yer almaktadır (Şensoy ve ark, 2008).

Havza civarında veri eksikliği en az olan, en uzun süreyle ölçümler yapılmış ve havzayı en iyi şekilde temsil ettiği düşünülen Kocaeli meteoroloji istasyonu verileri üzerinden iklim ve meteoroloji çalışılmıştır.

1961 yılından 2014'e kadar olan süreçte ölçümlerden çıkan ortalama sıcaklık grafiğinde eğilim eğrisi çizildiğinde sıcaklığın bir miktar artma eğilimi görülmektedir (Şekil 3.10). Bu durum küresel iklim değişikliğinin havzaya bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Havzada zaman zaman gerçekleşen taşkınların

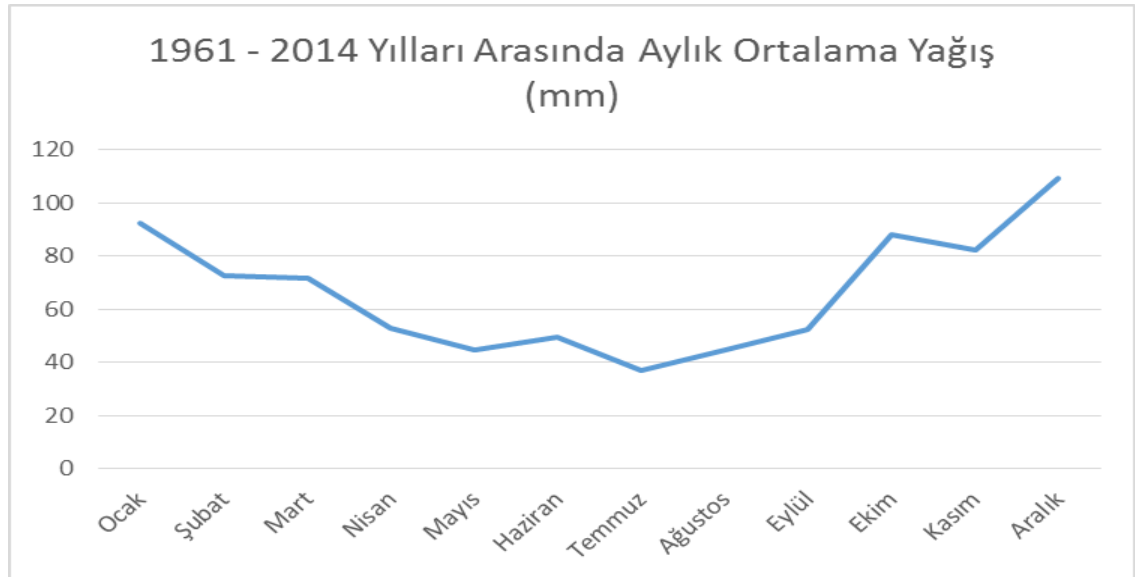


küresel iklim değişikliğine bağlı olarak ileriki yıllarda sayılarında artış görülmesi muhtemeldir.

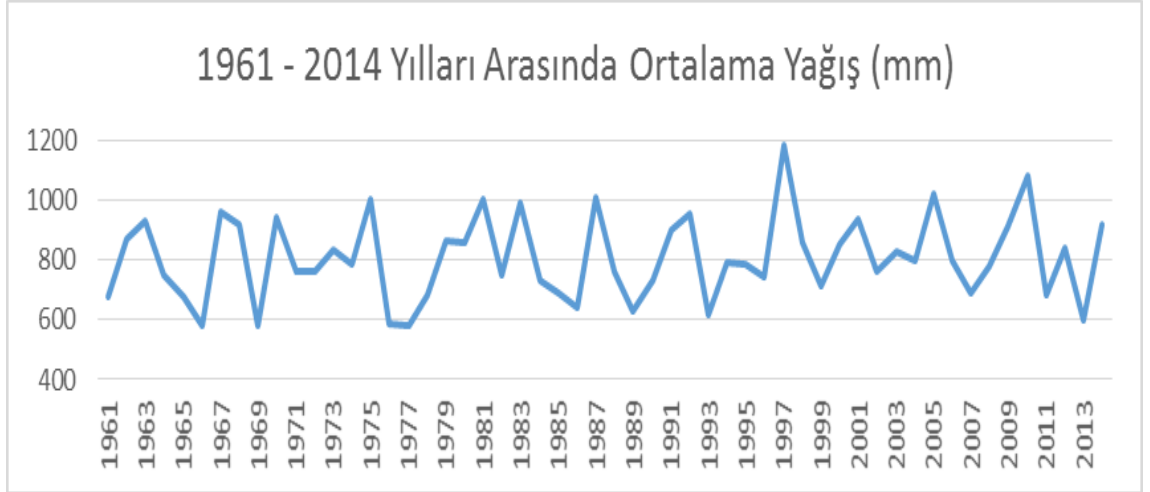


Şekil 3.11: 1961 - 2014 Yılları Arasında Ortalama Sıcaklık

Havzada 1961 - 2014 yılları arasında gerçekleşen ortalama yağış 797.8 mm'dir. Aylık ölçümler incelendiğinde yaz aylarında yağışların azaldığı ve kış aylarında en yüksek seviyelerine ulaştığı görülmektedir (Şekil 3.11). Türkiye yağış ortalamasının 643 mm. olduğu göz önüne alınırsa havza Türkiye ortalamasının 1.25 katı kadar yağış almaktadır.



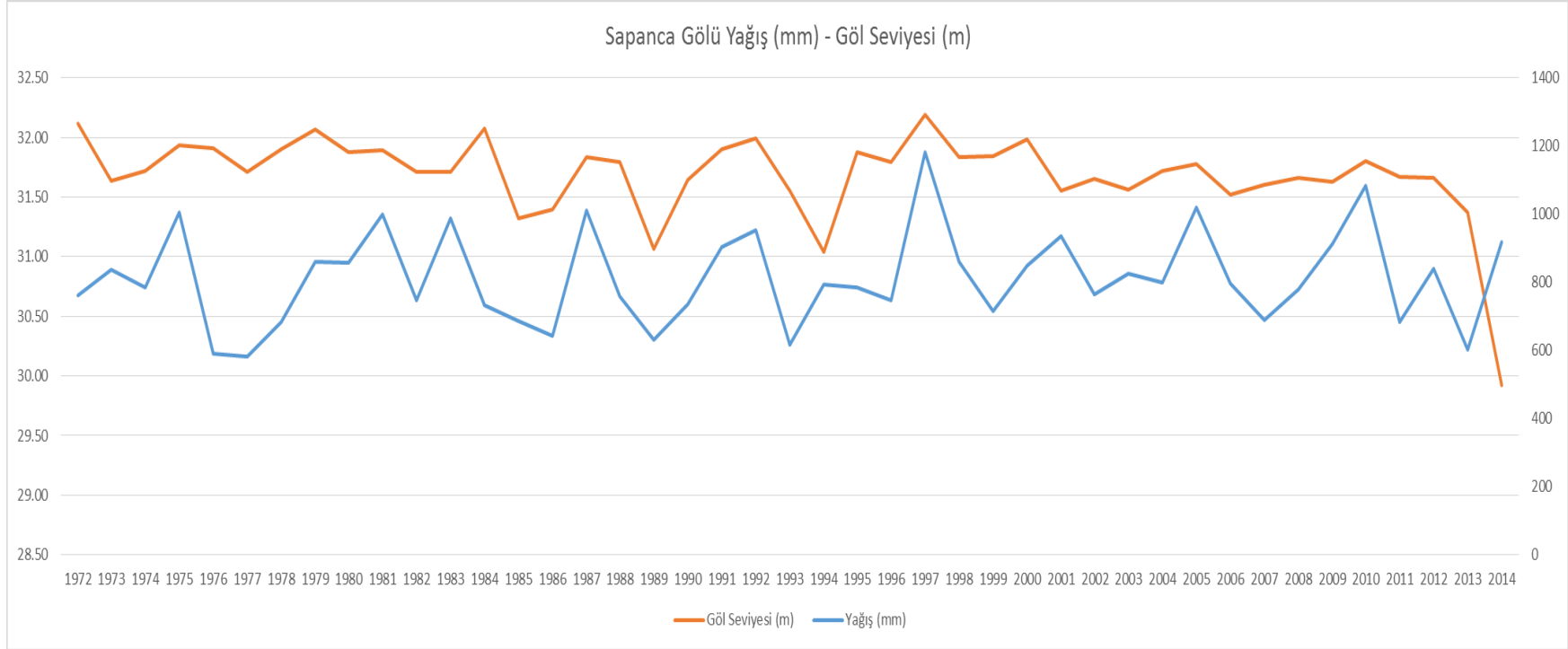
Şekil 3.12: 1961 - 2014 Yılları Arasında Aylık Ortalama Yağış



**Şekil 3.13: 1961 - 2014 Yılları Arasında Ortalama Yağış**

1961 - 2014 yılları arasındaki ortalama yağış grafiğine (Şekil 3.12) bakıldığında en az yağışın 1977 yılında 579.3 mm olarak düştüğü görülmektedir. Son on yıllık süreçte ise en az yağış 2013 yılında 601.1 mm. olarak gerçekleşmiştir. Havzada görülen en fazla yağış ise 1997 yılındaki 1180.8 mm.'lik yağıştır.

1972 yılından itibaren Sapanca Gölü havzasına düşen yağış miktarı ile göl seviyesinin ilişkisi Şekil 3.13'te verilmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere havzaya düşen yağış miktarı ile göl seviyesi arasında bir paralellik görülmektedir.



**Şekil 3.14: Sapanca Gölü Yağış - Göl Seviyesi İlişkisi Grafiği**

1971 - 2014 yılları arasında gerçekleşen yıllık ortalama buharlaşma 905. 3 mm olarak gerçekleşmiştir. Buharlaşmanın en yüksek seviyeleri Haziran - Temmuz - Ağustos aylarındadır (Şekil 3.14).



Şekil 3.15: 1971 - 2014 Yılları Arasında Aylık Ortalama Buharlaşma

## **BÖLÜM 4. SAPANCA GÖLÜ HAVZASINDA YAĞIŞLI DÖNEM VE KURAK DÖNEM SU BÜTÇESİ HESAPLAMALARI**

Sapanca Gölü havzasında su bütçesi hesaplamalarında 1977 su yılının, 1981 Mart - 1982 Şubat arasının, 2009 su yılının ve 2014 su yılının verileri kullanılmıştır. Meteorolojik kuraklık belirli bir zaman periyoduna ait normallerden meydana gelen sapma olarak tanımlanmaktadır. 1981 Mart - 1982 Şubat arasında, ve 2009 su yılında havzadaki ortalama yağış olan 797.8 mm.'den daha fazla yağış meydana geldiği gözlemlendiğinden dolayı söz konusu yıllar için yağışlı dönem su bütçesi hesaplanmıştır. 1977 su yılında ise havzadaki ortalama yağışın çok altında bir yağış gerçekleşmesi sebebiyle ve 2014 yılında ise gölden su çekiminin maksimum seviyelerine ulaştığı görülmesiyle bu yıllar için kurak dönem su bütçesi hesaplanmıştır.

Yeraltı suyunun besleme – boşalım durumu ile ilgili yeterli çalışmalar bulunmadığından dolayı su bütçesi hesapları yapılırken yeraltına sızma miktarının (infiltrasyon) ve yeraltından sızma miktarının toplamının 0 mm. olduğu kabul edilmiştir. Böylelikle yeraltı suyu ile gölün besleme – boşalım ilişkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabul edilmiştir.

Yeterli akış verilerinin olmadığı dönemlerde, akışlar  $Q=c*I*A$  formülasyonu ile hesaplanmıştır. Söz konusu formülasyonda, Q: akış miktarını, c: akış katsayısını, I: yağış şiddetini ve A: havza alanını temsil etmektedir.

### **4.1. Yağışlı Dönem Su Bütçesi Hesaplamaları**

#### **4.1.1. 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Sapanca Gölü Su Bütçesi**

Sapanca Gölü havzasında 1981 Mart - 1982 Şubat arasında gerçekleşen su bütçesi hesabı akışlar, yağış, buharlaşma ve hacim değişimi başlıkları altında incelenmiştir.

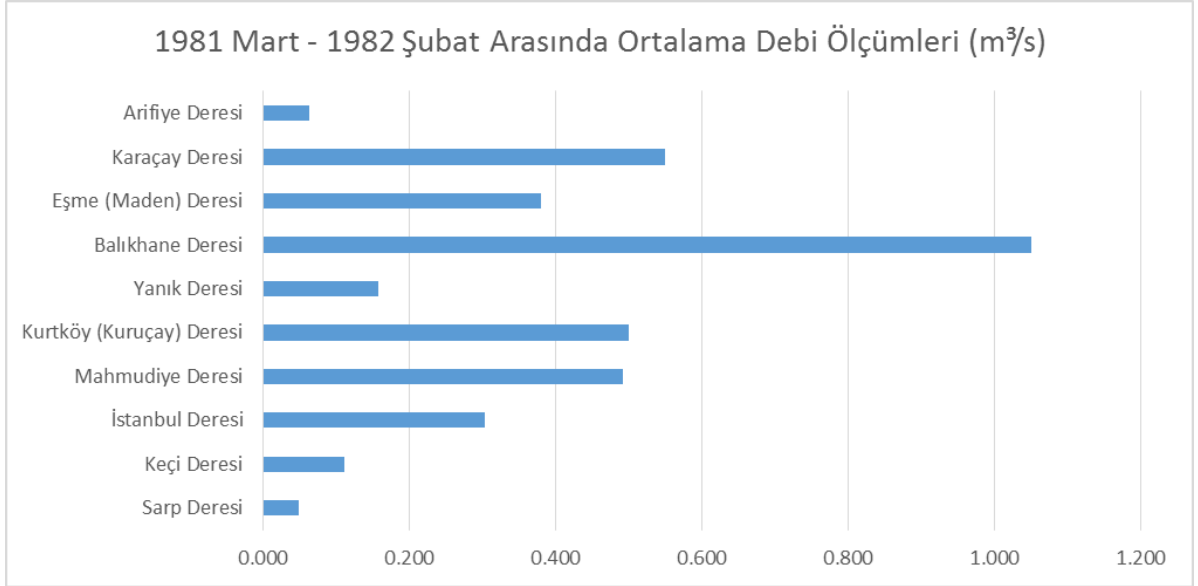
##### **4.1.1.1. Akışlar**

Sapanca Gölü'nü besleyen ana derelere ait (Gönenç ve ark., 1994) debi ölçümleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir. Buna göre Sapanca Gölü'nü 1981 Mart - 1982 Şubat arasında en çok besleyen dere 1.050 m<sup>3</sup>/s'lik ortalama debisiyle Balikhane Deresi'dir. Toplam ortalama debi ise 3.645 m<sup>3</sup>/s olarak gerçekleşmiştir.

Bu ise Sapanca Gölü'ne yılda 115.23 hm<sup>3</sup> su girişi anlamına gelmektedir. Şekil 4.1'de ise derelerin debileri grafik üzerinde gösterilmektedir.

**Tablo 4.1: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri**

<b>Dere Adı</b>	<b>1981 Mart - 1982 Şubat Ortalama Debi (m<sup>3</sup>/s)</b>
Sarp Deresi	0.048
Keçi Deresi	0.111
İstanbul Deresi	0.303
Mahmudiye Deresi	0.492
Kurtköy (Kuruçay) Deresi	0.499
Yanık Deresi	0.158
Balikhane Deresi	1.050
Eşme (Maden) Deresi	0.380
Karaçay Deresi	0.550
Arifiye Deresi	0.063
<b>Toplam</b>	<b>3.654</b>



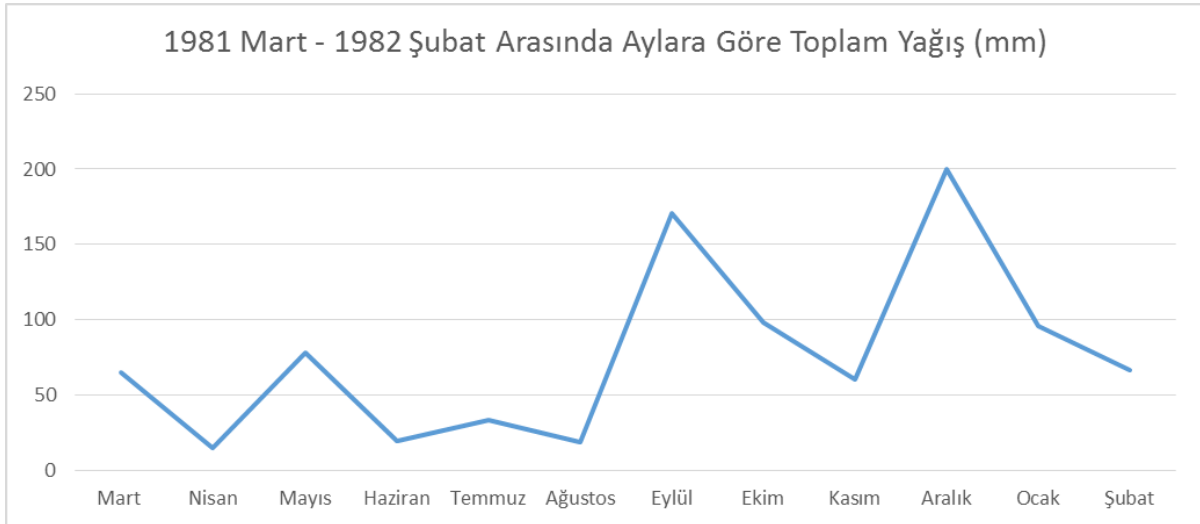
**Şekil 4.1: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri**

#### 4.1.1.2. Yağış

Sapanca Gölü'nün su bütçesi hesabı içerisinde yağış miktarı önemli bir girdiyi oluşturmaktadır. 1981 Mart - 1982 Şubat arasında havzaya düşen yağış 920.8 mm. olarak ölçülmüştür. En fazla yağış 199.6 mm. ile Aralık ayında, en az yağış ise 14.7 mm. ile Nisan ayında gerçekleşmiştir ( Tablo 4.2 ve Şekil 4.2).

**Tablo 4.2: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Yağış**

Ay	Toplam Yağış (mm)
Mart	65.4
Nisan	14.7
Mayıs	78.2
Haziran	19.5
Temmuz	33.3
Ağustos	18.8
Eylül	170.5
Ekim	98.2
Kasım	60.4
Aralık	199.6
Ocak	95.8
Şubat	66.4
<b>Toplam</b>	<b>920.8</b>



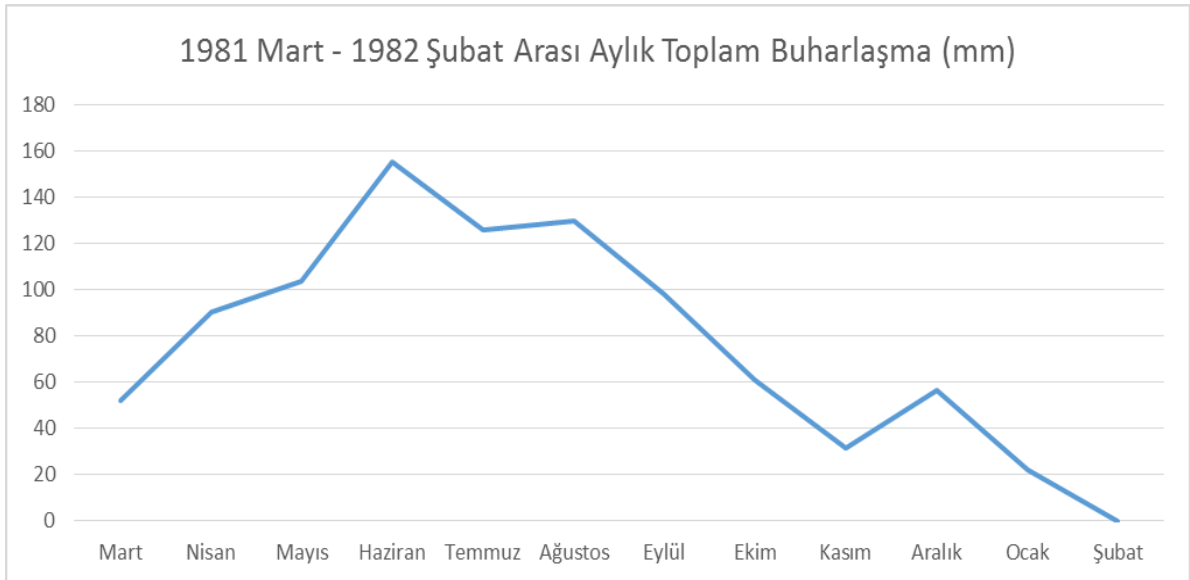
**Şekil 4.2: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Yağış**

#### 4.1.1.3. Buharlaşma

Buharlaşma su bütçesi hesabında önemli bir çıktıyı oluşturmaktadır. 1981 Mart - 1982 Şubat arasında Sapanca Gölü havzasında gerçekleşen toplam buharlaşma miktarı 925.7 mm'dir. En yüksek buharlaşma 155.2 mm. ile Haziran ayında gerçekleşirken en az buharlaşmanın görüldüğü ay 0 mm. ile Şubat ayıdır (Tablo 4.3 ve Şekil 4.3).

**Tablo 4.3: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Buharlaşma**

<b>Ay</b>	<b>Toplam Buharlaşma (mm)</b>
Mart	52.2
Nisan	90.5
Mayıs	103.8
Haziran	155.2
Temmuz	126
Ağustos	129.8
Eylül	97.9
Ekim	60.9
Kasım	31.2
Aralık	56.3
Ocak	21.9
Şubat	0
<b>Toplam</b>	<b>925.7</b>

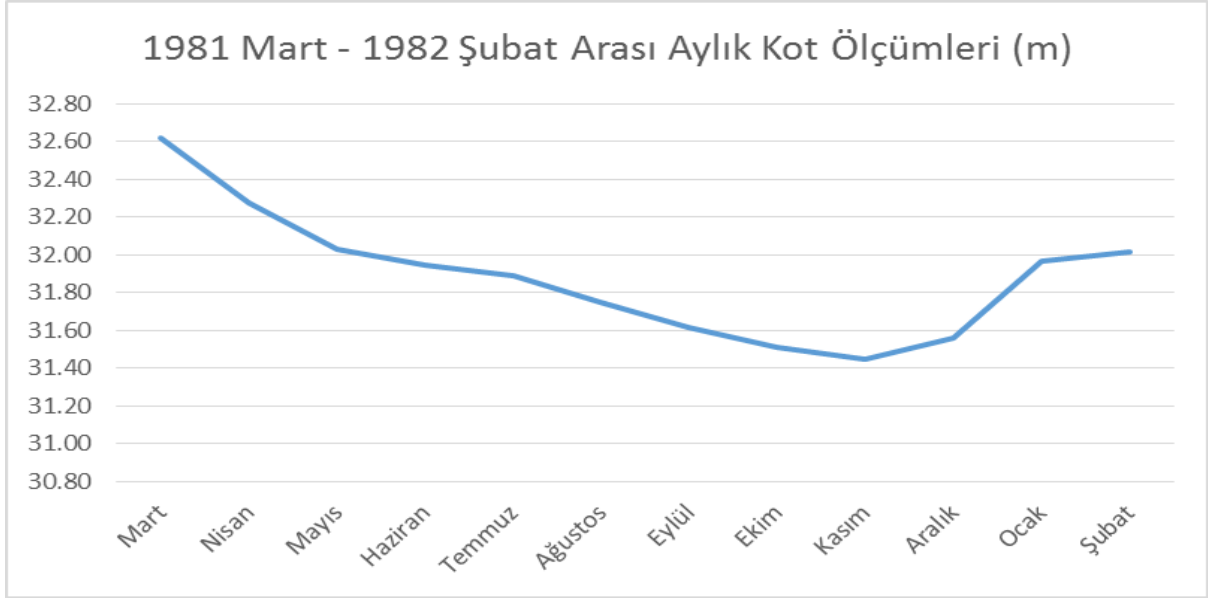


**Şekil 4.3: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Toplam Buharlaşma**



#### 4.1.1.4. Hacim Değişimi

1981 Mart - 1982 Şubat arasında Sapanca Gölü'nün aylık kot ölçümlerine göre ortalama kot 31.88 m. olarak gerçekleşmiştir. Bu sürede en düşük seviye 31.44 m. ile Kasım ayında ve en yüksek seviye 32.62 m. ile Mart ayında gözlemlenmiştir (Şekil 4.4 ve Tablo 4.4).



Şekil 4.4: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Kot Ölçümleri

Tablo 4.4: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Aylık Kot Ölçümleri

Ay	Seviye (m)
Mart	32.62
Nisan	32.27
Mayıs	32.03
Haziran	31.94
Temmuz	31.89
Ağustos	31.75
Eylül	31.61
Ekim	31.51
Kasım	31.44
Aralık	31.56
Ocak	31.97
Şubat	32.02
<b>Ortalama</b>	<b>31.88</b>

Başlangıç kotu yani 1981 Mart ayında ölçülen kot 32.62 m, bitiş kotu yani 1982 Mart ayında ölçülen kot 31.92 m., ve 2012 yılında DSİ tarafından yapılan Sapanca Gölü

batimetri çalışmasından faydalanılarak hacim değişimi  $-33.09 \text{ hm}^3$  ve ortalama yüzey alanı  $46.64 \text{ km}^2$  olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5: 1981 Mart - 1982 Şubat Arasındaki Ölçümlere Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri**

Başlangıç Kotu (m) – 1 Mart 1981	32.62
Bitiş Kotu (m) – 1 Mart 1982	31.92
Başlangıç Yüzey Alanı ( $\text{km}^2$ ) – 1 Mart 1981	47.53
Bitiş Yüzey Alanı ( $\text{km}^2$ ) – 1 Mart 1982	46.69
Başlangıç Hacmi ( $\text{hm}^3$ ) – 1 Mart 1981	1376.65
Bitiş Hacmi ( $\text{hm}^3$ ) – 1 Mart 1982	1343.56
Hacim Değişimi ( $\text{hm}^3$ )	-33.09
Ortalama Seviye (m)	31.88
Ortalama Yüzey alanı ( $\text{km}^2$ )	46.64

#### 4.1.1.5. Su Bütçesi Hesabı

1981 Mart - 1982 Şubat arasında Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi;

$$\text{Akışlardan Göle Gelen Su} + \text{Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su} - \text{Gölden Buharlaşan Su} - \text{Gölden Kullanılan Su} = \text{Hacim Değişimi} \quad (4.1)$$

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Buna göre 1981 Mart - 1982 Şubat arasında Sapanca Gölü'ne akışlardan gelen su miktarı  $115.23 \text{ hm}^3$  olarak hesaplanmıştır. Yağışlardan göl yüzeyine düşen su miktarı ortalama yüzey alanı ve toplam yağış miktarının çarpılmasıyla elde edilebilir. Bu durumda aynı süre zarfında  $920.8 \text{ mm}$ . yağış vasıtasıyla göle yağışlardan gelen katkı  $42.94 \text{ hm}^3$  olarak hesaplanmıştır. Gölden buharlaşmadan dolayı oluşan su kaybı toplam buharlaşma miktarı ve ortalama yüzey alanının tava katsayısı olan  $0.7$  ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buharlaşma miktarı  $925.7 \text{ mm}$ . olan göl yüzeyinden buharlaşan su miktarı  $30.22 \text{ hm}^3$  olarak hesaplanmıştır. Gölde meydana gelen hacim değişimi söz konusu su yılı için  $-33.09 \text{ hm}^3$ 'tür. Tüm girdiler ve çıktılar (4.1) formülünde yerine konulduğunda 1981 Mart - 1982 Şubat arasında gölden kullanılan su miktarı  $161.04 \text{ hm}^3$  olarak gerçekleşmiştir.

#### 4.1.2. 2009 Su Yılı Bütçesi

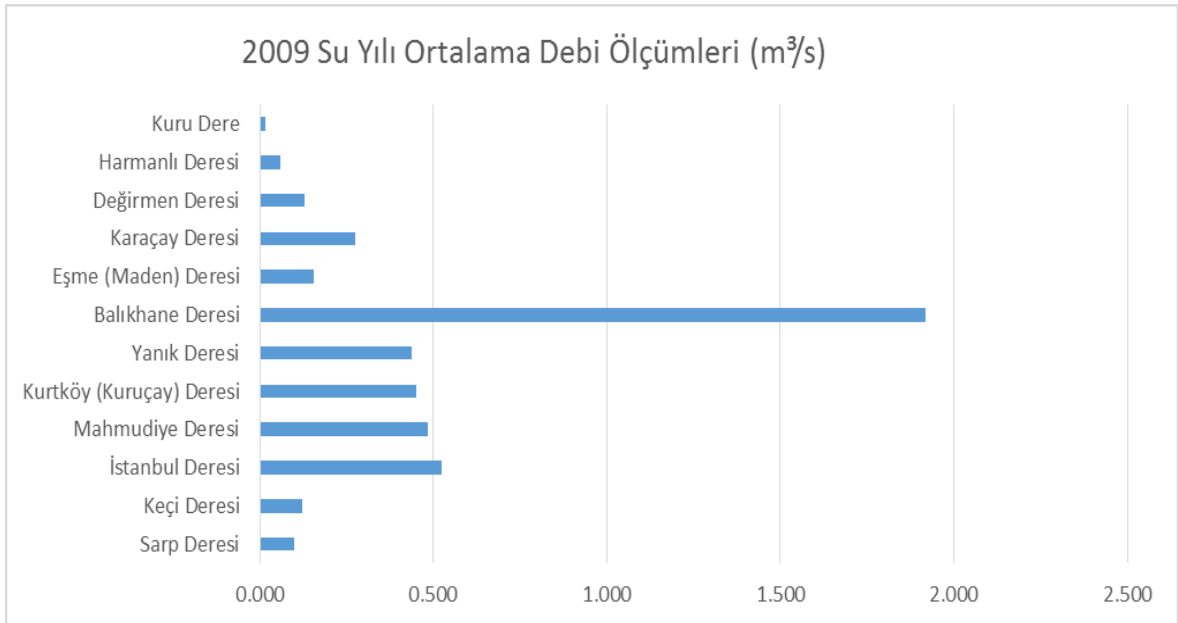
Sapanca Gölü havzasında 2009 su yılı için gerçekleşen su bütçesi hesabı akışlar, yağış, buharlaşma ve hacim değişimi başlıkları altında incelenmiştir.

#### 4.1.2.1. Akışlar

Sapanca Gölü'nü besleyen ana derelere ait (TÜBİTAK, 2010) debi ölçümleri Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Buna göre Sapanca Gölü'nü 2009 su yılı içerisinde en çok besleyen dere 1.920 m<sup>3</sup>/s'lik ortalama debisiyle Balıkhane Deresi'dir (Şekil 4.5). Toplam ortalama debi ise 4.681 m<sup>3</sup>/s olarak gerçekleşmiştir. Bu toplam Sapanca Gölü'ne yılda 147.62 hm<sup>3</sup> su girişi anlamına gelmektedir. Şekil 4.6'da ise derelerin aylık toplam debileri grafik üzerinde gösterilmektedir.

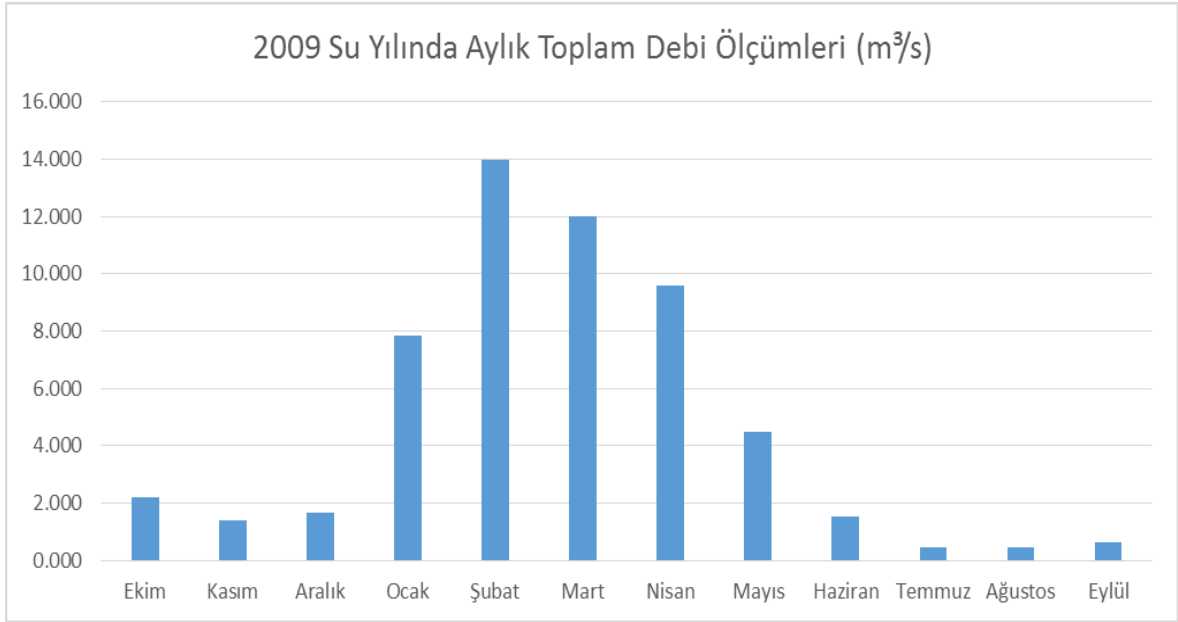
**Tablo 4.6: 2009 Su Yılı İçin Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri**

Dere Adı	2009 Su Yılı Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /s)
Sarp Deresi	0.100
Keçi Deresi	0.124
İstanbul Deresi	0.526
Mahmudiye Deresi	0.485
Kurtköy (Kuruçay) Deresi	0.452
Yanık Deresi	0.437
Balıkhane Deresi	1.920
Eşme (Maden) Deresi	0.155
Karaçay Deresi	0.276
Değirmen Deresi	0.130
Harmanlı Deresi	0.061
Kuru Dere	0.015
<b>Toplam</b>	<b>4.681</b>



**Şekil 4.5: 2009 Su Yılı İçin Derelere Ait Ortalama Debi Ölçümleri**

2009 su yılında Sapanca Gölü en çok Şubat ayında beslenmiştir. Temmuz ayında göle su girişi en düşük miktarda gerçekleşmiştir.



**Şekil 4.6: 2009 Su Yılı İçin Derelere Ait Aylık Toplam Debi Ölçümleri**

Çark deresinden çıkış yapan aylık ortalama debiler Tablo 4.7’de verilmektedir. Buna göre en düşük çıkış debisi Aralık ayındaki 0.033 m<sup>3</sup>/s olurken, en yüksek debi 8.480 m<sup>3</sup>/s ile Mart ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama çıkış debisi ise 1.808 m<sup>3</sup>/s’dir. Bu, yıllık toplam 57.01 hm<sup>3</sup>’lik su çıkışına tekabül etmektedir.

**Tablo 4.7: 2009 Su Yılı İçin Çark Deresi Çıkış Debileri**

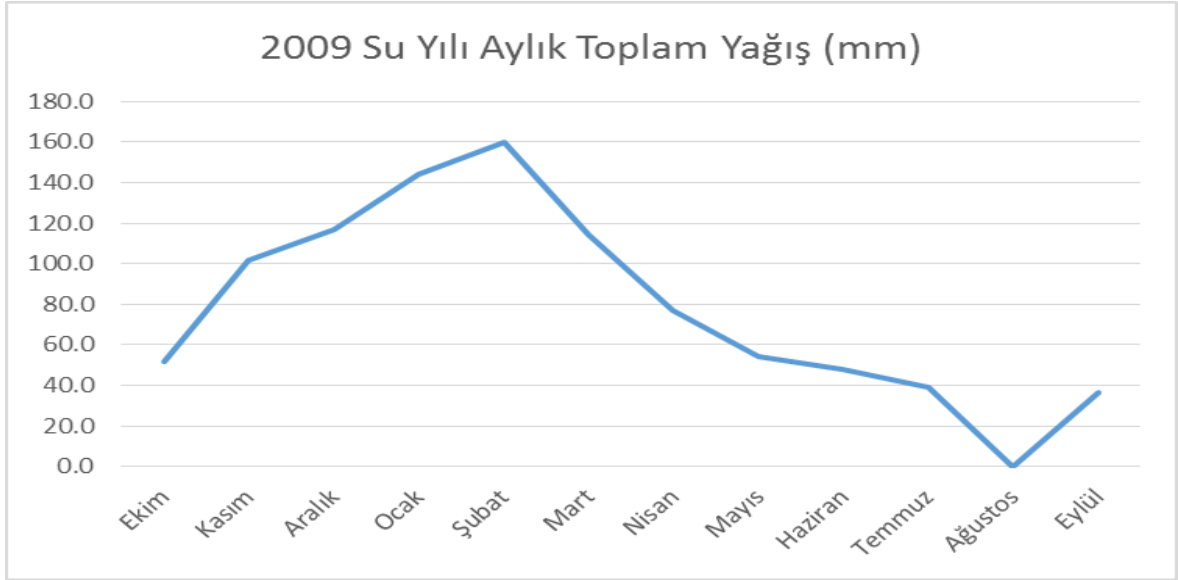
Ay	Çark Deresinden Çıkış Yapan Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /s)
Ekim	0.037
Kasım	0.038
Aralık	0.033
Ocak	0.108
Şubat	0.825
Mart	8.480
Nisan	6.560
Mayıs	2.380
Haziran	0.881
Temmuz	1.200
Ağustos	0.650
Eylül	0.505
<b>Ortalama</b>	<b>1.808</b>

#### 4.1.2.2. Yağış

2009 su yılı içerisinde havzaya düşen yağış 944.0 mm. olarak ölçülmüştür. En fazla yağış 159.7 mm. ile Şubat ayında, en az yağış ise 0 mm. ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir ( Tablo 4.8 ve Şekil 4.7).

**Tablo 4.8: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış**

Ay	Toplam Yağış (mm)
Ekim	51.9
Kasım	101.9
Aralık	116.7
Ocak	144.3
Şubat	159.7
Mart	114.5
Nisan	77.0
Mayıs	54.1
Haziran	48.2
Temmuz	38.9
Ağustos	0.0
Eylül	36.8
<b>Toplam</b>	<b>944.0</b>



**Şekil 4.7: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış (mm)**

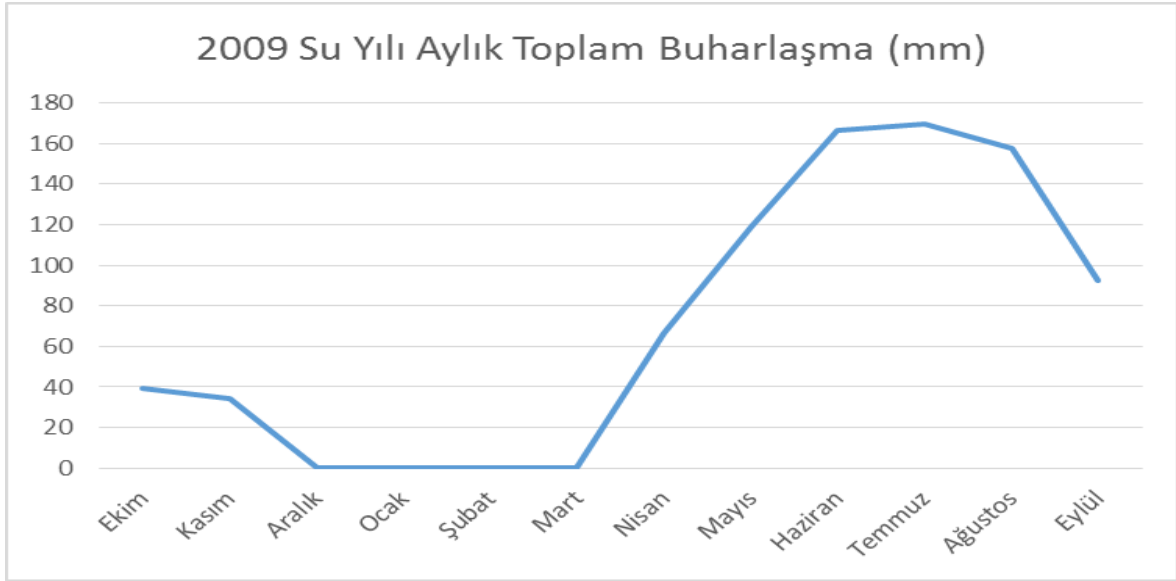
#### 4.1.2.3. Buharlaşma

2009 su yılı için Sapanca Gölü havzasında gerçekleşen toplam buharlaşma miktarı 845.0 mm'dir. En yüksek buharlaşma 169.7 mm. ile Temmuz ayında

gerçekleşirken en az buharlaşmanın görüldüğü aylar 0 mm. ile Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarıdır (Tablo 4.9 ve Şekil 4.8).

**Tablo 4.9: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma**

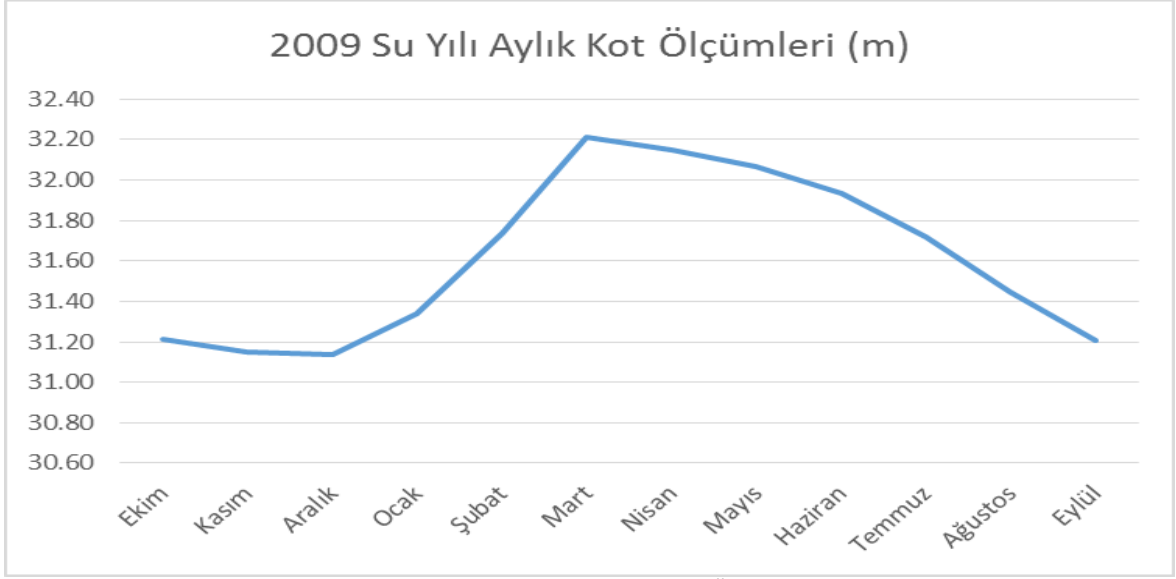
<b>Ay</b>	<b>Toplam Buharlaşma (mm)</b>
Ekim	39.3
Kasım	34.1
Aralık	0
Ocak	0
Şubat	0
Mart	0
Nisan	66.8
Mayıs	119.0
Haziran	166.3
Temmuz	169.7
Ağustos	157.4
Eylül	92.4
<b>Toplam</b>	<b>845.0</b>



**Şekil 4.8: 2009 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma**

#### **4.1.2.4. Hacim Değişimi**

2009 su yılı için Sapanca Gölü'nün aylık kot ölçümlerine göre ortalama kot 31.61 m. olarak gerçekleşmiştir. Yıl içerisinde en düşük seviye 31.14 m. ile Aralık ayında ve en yüksek seviye 32.21 m. ile Mart ayında gözlemlenmiştir (Şekil 4.9 ve Tablo 4.10).



**Şekil 4.9: 2009 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri**

**Tablo 4.10: 2009 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri**

<b>Ay</b>	<b>Seviye (m)</b>
Ekim	31.21
Kasım	31.15
Aralık	31.14
Ocak	31.34
Şubat	31.74
Mart	32.21
Nisan	32.15
Mayıs	32.07
Haziran	31.94
Temmuz	31.72
Ağustos	31.45
Eylül	31.21
<b>Ortalama Seviye (m)</b>	<b>31.61</b>

Başlangıç kotu yani su yılının başlangıcında ölçülen kot 31.21 m., bitiş kotu yani su yılının sonunda ölçülen kot 31.03 m., ve 2012 yılında DSİ tarafından yapılan Sapanca Gölü batimetri çalışmasından faydalanılarak hacim değişimi -8.23 hm<sup>3</sup> ve ortalama yüzey alanı 46.30 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.11).

**Tablo 4.11: 2009 Su Yılı Ölçümlerine Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri**

Başlangıç Kotu (m) – 1 Ekim 2008	30.21
Bitiş Kotu (m) – 1 Ekim 2009	31.03
Başlangıç Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 2008	45.71
Bitiş Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 2009	45.43
Başlangıç Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 2008	1310.77
Bitiş Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 2009	1302.54
Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	-8.23
Ortalama Seviye (m)	31.61
Ortalama Yüzey alanı (km <sup>2</sup> )	46.30

#### **4.1.2.5. Su Bütçesi Hesabı**

2009 su yılı için Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi

$$\text{Akışlardan Göle Gelen Su} + \text{Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su} - \text{Gölden Buharlaştan Su} - \text{Gölden Kullanılan Su} - \text{Çark Deresinden Çıkan Su} = \text{Hacim Değişimi} \quad (4.2)$$

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Buna göre 2009 su yılında göle akışlardan gelen su miktarı 147.62 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Yağışlardan göl yüzeyine düşen su miktarı ortalama yüzey alanı ve toplam yağış miktarının çarpılmasıyla elde edilebilir. Bu durumda 2009 su yılı için 944.0 mm. yağış vasıtasıyla göle yağışlardan gelen katkı 43.70 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Gölden buharlaşmadan dolayı oluşan su kaybı toplam buharlaşma miktarı ve ortalama yüzey alanının tava katsayısı olan 0.7 ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buharlaşma miktarı 845.0 mm. olan göl yüzeyinden buharlaşan su miktarı 2009 su yılı için 27.38 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Çark Deresi'nden 2009 su yılında toplam 57.01 hm<sup>3</sup>'lik su çıkışı gerçekleşmiştir. Gölde meydana gelen hacim değişimi söz konusu su yılı için -8.23 hm<sup>3</sup>'tür. Tüm girdiler ve çıktılar (4.2) formülünde yerine konulduğunda Çark Deresi'nden çıkan ve kullanılan suyun toplamı 172.17 hm<sup>3</sup>'tür. Çark Deresi'nden çıkan toplam su miktarı 57.01 hm<sup>3</sup> göz önüne alındığında gölden direkt olarak kullanılan su miktarı 115.17 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.



## 4.2 Kurak Dönem Su Bütçesi Hesaplamaları

### 4.2.1 1977 Su Yılı Sapanca Gölü Su Bütçesi

Sapanca Gölü havzasında 1977 su yılı için gerçekleşen su bütçesi hesabı c katsayısı hesabı ve akışlar, yağış, buharlaşma ve hacim değişimi başlıkları altında incelenmiştir.

#### 4.2.1.1. c Katsayısı Hesabı ve Akışlar

1977 su yılı için Sapanca Gölü'nü besleyen ana derelere ait debi ölçümleri edinilemediğinden dolayı akışlar  $Q=c.i.A$  formülasyonu ile hesaplanmıştır. Formülasyonda Q yüzeysel akışı, i toplam yağışı, A havzanın yağış toplama alanını, c katsayısı ise yağışın yüzeysel akışa dönüşme oranını ifade etmektedir.

Tablo 4.12: 1977 Su Yılı İçin c Katsayısı Hesabı

Zaman Aralığı	Q (hm <sup>3</sup> )	i (mm)	A (km <sup>2</sup> )	c
1981 Mart - 1982 Şubat	115.23	920.8	300	0.416
2009 Su Yılı	147.62	944	300	0.521
Ortalama				0.473

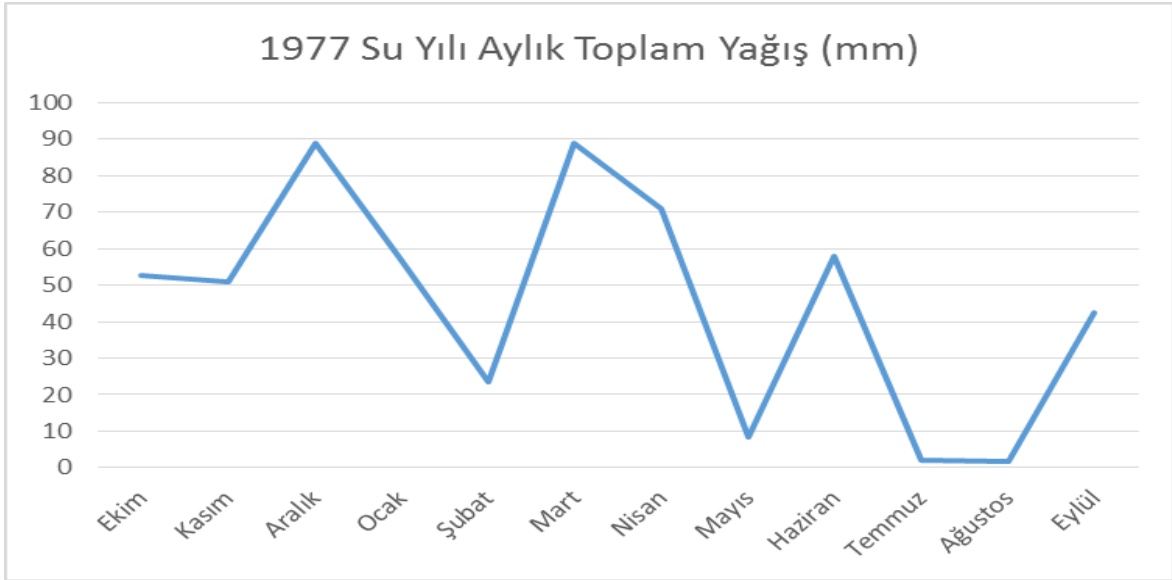
Sapanca Gölü havzasında 1977 su yılı için c katsayısı 1981 Mart - 1982 Şubat ve 2009 su yılı için hesaplanan c katsayılarının ortalaması yani 0.473 olarak kabul edilmiştir. Buna göre  $Q=c.i.A$  formülasyonunda ilgili değerler yerine konulduğunda 77.3 hm<sup>3</sup>'lük bir akış elde edilmiştir (Tablo 4.12).

#### 4.2.1.2. Yağış

1977 su yılı içerisinde havzaya düşen yağış 544.8 mm. olarak ölçülmüştür. En fazla yağış 88.9 mm. ile Mart ayında, en az yağış ise 2 mm. ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir ( Tablo 4.13 ve Şekil 4.10).

**Tablo 4.13: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış (mm)**

Ay	Toplam Yağış (mm)
Ekim	52.5
Kasım	51
Aralık	88.7
Ocak	56.8
Şubat	23.5
Mart	88.9
Nisan	71
Mayıs	8.3
Haziran	58
Temmuz	2
Ağustos	1.7
Eylül	42.4
<b>Toplam</b>	<b>544.8</b>



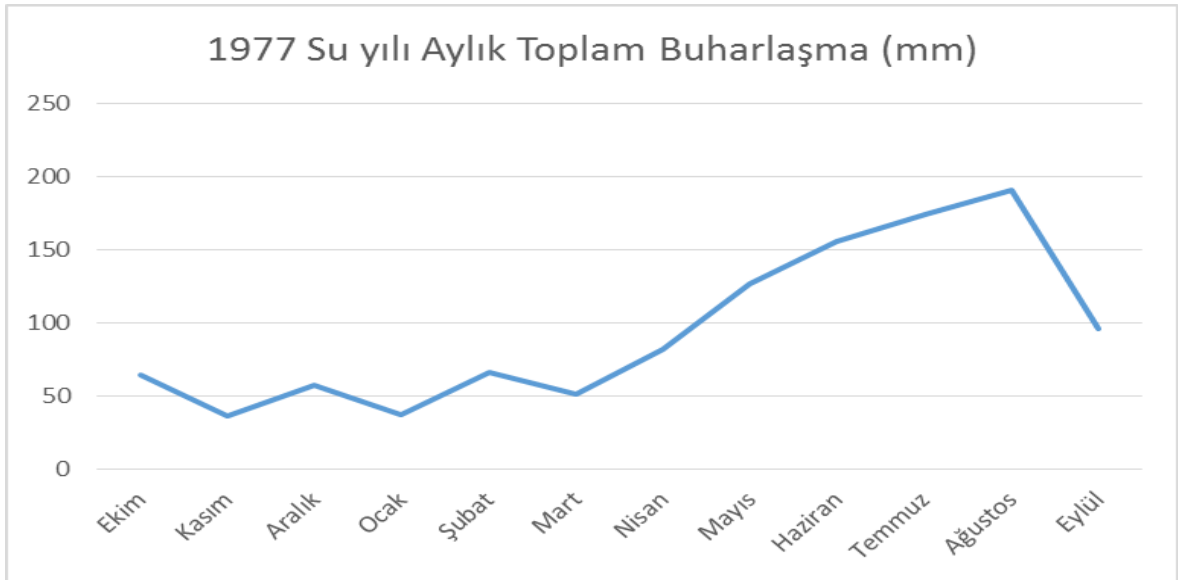
**Şekil 4.10: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış (mm)**

#### **4.2.1.3. Buharlaşma**

1977 su yılı için Sapanca Gölü havzasında gerçekleşen toplam buharlaşma miktarı 1139.6 mm'dir. En yüksek buharlaşma 174.5 mm. ile Temmuz ayında gerçekleşirken en az buharlaşmanın görüldüğü ay 36.2 mm. Kasım ayıdır. (Tablo 4.14 ve Şekil 4.11).

**Tablo 4.14: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma (mm)**

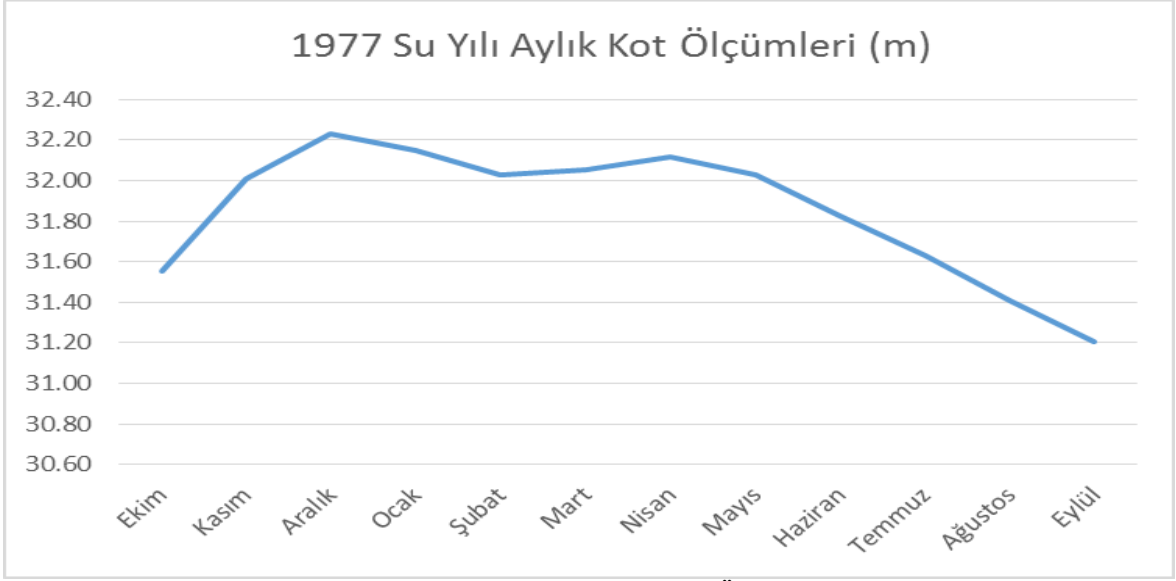
<b>Ay</b>	<b>Toplam Buharlaşma (mm)</b>
Ekim	64.2
Kasım	36.2
Aralık	57.4
Ocak	37
Şubat	66.6
Mart	51.4
Nisan	82.4
Mayıs	127.2
Haziran	155.7
Temmuz	174.5
Ağustos	191
Eylül	96
<b>Toplam</b>	<b>1139.6</b>



**Şekil 4.11: 1977 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma (mm)**

#### **4.2.1.4. Hacim Değişimi**

1977 su yılı için Sapanca Gölü'nün aylık kot ölçümlerine göre ortalama kot 31.85 m. olarak gerçekleşmiştir. Yıl içerisinde en düşük seviye 31.21 m. ile Eylül ayında ve en yüksek seviye 32.23 m. ile Aralık ayında gözlemlenmiştir (Şekil 4.12 ve Tablo 4.15).



Şekil 4.12: 1977 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri

Tablo 4.15: 1977 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri

Ay	Seviye (m)
Ekim	31.55
Kasım	32.01
Aralık	32.23
Ocak	32.15
Şubat	32.03
Mart	32.05
Nisan	32.11
Mayıs	32.03
Haziran	31.82
Temmuz	31.63
Ağustos	31.41
Eylül	31.21
<b>Ortalama Seviye (m)</b>	<b>31.85</b>

Başlangıç kotu yani su yılının başlangıcında ölçülen kot 31.55 m, bitiş kotu yani su yılının sonunda ölçülen kot 31.23 m., ve 2012 yılında DSİ tarafından yapılan Sapanca Gölü batimetri çalışmasından faydalanılarak hacim değişimi - 14.67 hm<sup>3</sup> ve ortalama yüzey alanı 46.60 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.16).

**Tablo 4.16: 1977 Su Yılı Ölçümlerine Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri**

Başlangıç Kotu (m) – 1 Ekim 1976	31.55
Bitiş Kotu (m) – 1 Ekim 1977	31.23
Başlangıç Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 1976	46.22
Bitiş Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 1977	45.74
Başlangıç Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 1976	1326.35
Bitiş Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 1977	1311.68
Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	-14.67
Ortalama Seviye (m)	31.85
Ortalama Yüzey alanı (km <sup>2</sup> )	46.60

#### **4.2.1.5. Su Bütçesi Hesabı**

1977 su yılı için Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi

$$\text{Akışlardan Göle Gelen Su} + \text{Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su} - \text{Gölden Buharlaştıran Su} - \text{Gölden Kullanılan Su} - \text{Çark Deresinden Çıkan Su} = \text{Hacim Değişimi} \quad (4.3)$$

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Buna göre 1977 su yılında göle akışlardan gelen su miktarı 77.3 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Yağışlardan göl yüzeyine düşen su miktarı ortalama yüzey alanı ve toplam yağış miktarının çarpılmasıyla elde edilebilir. Bu durumda 1977 su yılı için 544.8 mm. yağış vasıtasıyla göle yağışlardan gelen katkı 25.38 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Gölden buharlaşmadan dolayı oluşan su kaybı toplam buharlaşma miktarı ve ortalama yüzey alanının tava katsayısı olan 0.7 ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buharlaşma miktarı 1139.6 mm. olan göl yüzeyinden buharlaşan su miktarı 1977 su yılı için 37.17 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Gölde meydana gelen hacim değişimi söz konusu su yılı için -14.67 hm<sup>3</sup>'tür. Tüm girdiler ve çıktılar (4.3) formülünde yerine konulduğunda Çark Deresi'nden çıkan ve kullanılan suyun toplamı 80.18 hm<sup>3</sup>'tür.

#### 4.2.2. 2014 Su Yılı Sapanca Gölü Su Bütçesi

Sapanca Gölü havzasında 2014 su yılı için gerçekleşen su bütçesi hesabı c katsayısı hesabı ve akışlar, yağış, buharlaşma ve hacim değişimi başlıkları altında incelenmiştir.

##### 4.2.2.1. c Katsayısı Hesabı ve Akışlar

2014 su yılı için Sapanca Gölü'nü besleyen ana derelere ait debi ölçümleri edinilemediğinden dolayı akışlar  $Q=c.i.A$  formülasyonu ile hesaplanmıştır. Formülasyonda Q yüzeysel akışı, i toplam yağışı, A havzanın yağış toplama alanını, c katsayısı ise yağışın yüzeysel akışa dönüşme oranını ifade etmektedir.

**Tablo 4.17: 2014 Su Yılı İçin c Katsayısı Hesabı**

Zaman Aralığı	Q (hm <sup>3</sup> )	i (mm)	A (km <sup>2</sup> )	c
1981 Mart - 1982 Şubat	115.23	920.8	300	0.416
2009 Su Yılı	147.62	944	300	0.521
Ortalama				0.473

Sapanca Gölü havzasında 2014 su yılı için c katsayısı 1981 Mart - 1982 Şubat ve 2009 su yılı için hesaplanan c katsayılarının ortalaması yani 0.473 olarak kabul edilmiştir. Buna göre  $Q=c.i.A$  formülasyonunda ilgili değerler yerine konulduğunda 113.43 hm<sup>3</sup>lük bir akış elde edilmiştir (Tablo 4.17).

Bunun yanı sıra 2014 su yılında Çark Deresi'nden herhangi bir su çıkışı gözlenmemiştir.

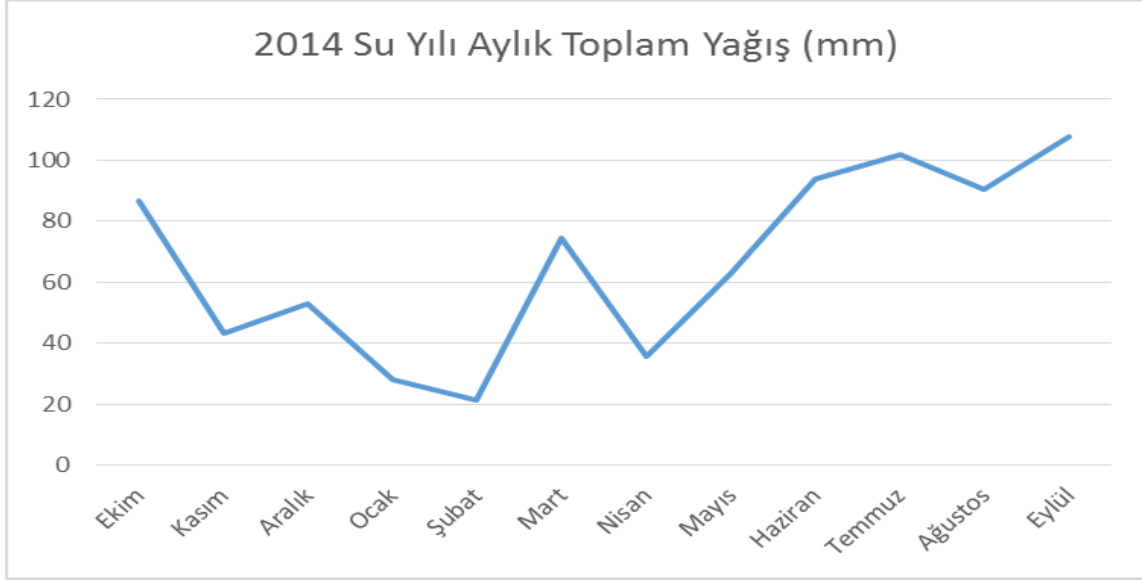
##### 4.2.2.2. Yağış

2014 su yılı içerisinde havzaya düşen yağış 799.4 mm. olarak ölçülmüştür. En fazla yağış 107.6 mm. ile Eylül ayında, en az yağış ise 21.3 mm. ile Şubat ayında gerçekleşmiştir ( Tablo 4.18 ve Şekil 4.14).

**Tablo 4.18: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış**

Ay	Toplam Yağış (mm)
Ekim	86.8
Kasım	43.4
Aralık	53.1
Ocak	28
Şubat	21.3
Mart	74.3

Nisan	35.8
Mayıs	62.7
Haziran	93.9
Temmuz	101.9
Ağustos	90.6
Eylül	107.6
<b>Toplam</b>	<b>799.4</b>



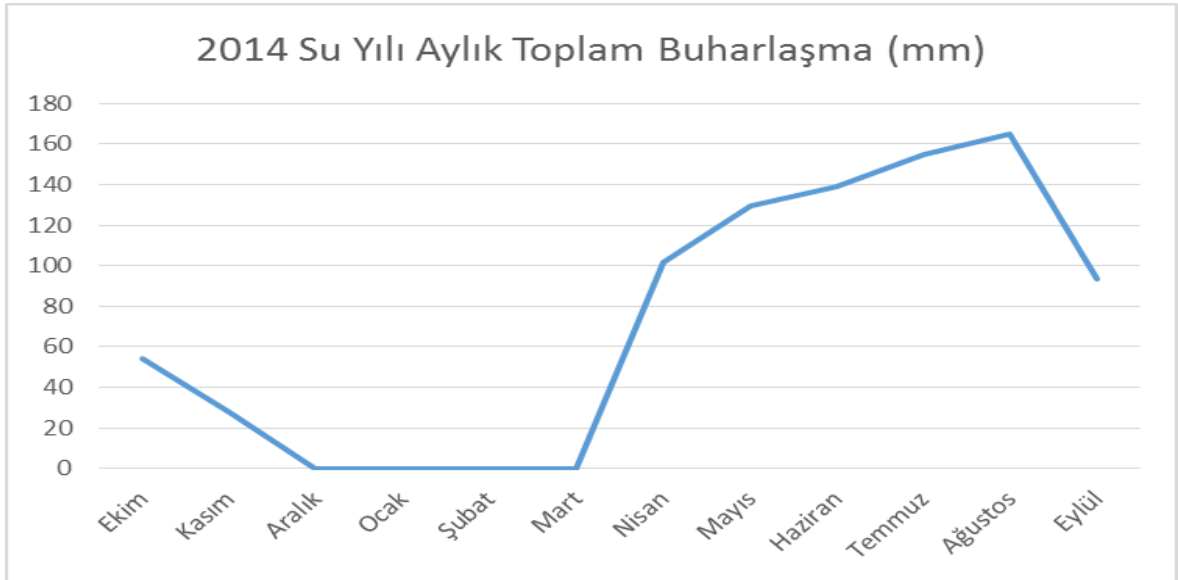
**Şekil 4.14: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Yağış (mm)**

#### **4.2.2.3. Buharlaşma**

2014 su yılı için Sapanca Gölü havzasında gerçekleşen toplam buharlaşma miktarı 865.6 mm'dir. En yüksek buharlaşma 165.2 mm. ile Ağustos ayında gerçekleşirken en az buharlaşmanın görüldüğü aylar ise 0 mm. ile Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarıdır (Tablo 4.19 ve Şekil 4.15).

**Tablo 4.19: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma**

<b>Ay</b>	<b>Toplam Buharlaşma (mm)</b>
Ekim	54.3
Kasım	27.4
Aralık	0
Ocak	0
şubat	0
Mart	0
Nisan	101.9
Mayıs	129.4
Haziran	139.2
Temmuz	154.8
Ağustos	165.2
Eylül	93.4
<b>Toplam</b>	<b>865.6</b>

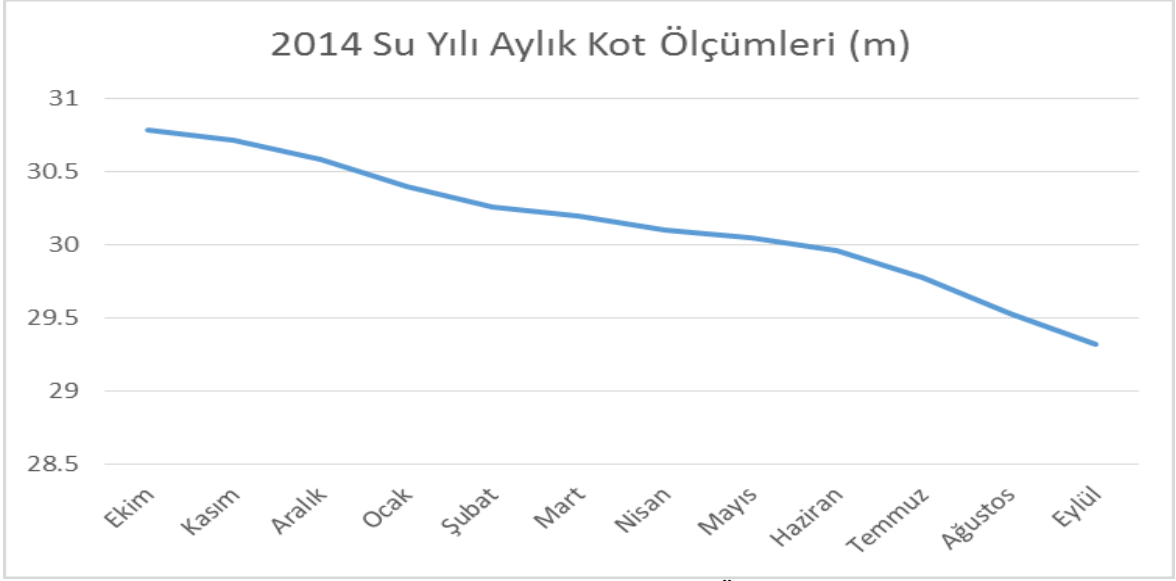


**şekil 4.15: 2014 Su Yılı İçin Aylık Toplam Buharlaşma (mm)**

#### **4.2.2.4. Hacim Değişimi**

2014 su yılı için Sapanca Gölü'nün aylık kot ölçümlerine göre ortalama kot 30.14 m. olarak gerçekteşmiştir. Yıl içerisinde en düşük seviye 29.32 m. ile Eylül ayında ve en yüksek seviye 30.79 m. ile Ekim ayında gözlemlenmiştir (şekil 4.16 ve Tablo 4.20 ).





Şekil 4.16: 2014 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri

Tablo 4.20: 2014 Su Yılı Aylık Kot Ölçümleri

Ay	Seviye (m)
Ekim	30.79
Kasım	30.72
Aralık	30.59
Ocak	30.4
Şubat	30.26
Mart	30.20
Nisan	30.10
Mayıs	30.05
Haziran	29.96
Temmuz	29.78
Ağustos	29.53
Eylül	29.32
<b>Ortalama Seviye (m)</b>	<b>30.14</b>

Başlangıç kotu yani su yılının başlangıcında ölçülen kot 30.79 m, bitiş kotu yani su yılının sonunda ölçülen kot 29.34 m., ve 2012 yılında DSİ tarafından yapılan Sapanca Gölü batimetri çalışmasından faydalanılarak hacim değişimi - 64.21 hm<sup>3</sup> ve ortalama yüzey alanı 44.37 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.21).

**Tablo 4.21: 2014 Su Yılı Ölçümlerine Göre Kot, Yüzey Alanı ve Hacim Değerleri**

Başlangıç Kotu (m) – 1 Ekim 2013	30.79
Bitiş Kotu (m) – 1 Ekim 2014	29.34
Başlangıç Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 2013	45.13
Bitiş Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 2014	43.43
Başlangıç Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 2014	1291.69
Bitiş Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 2014	1227.48
Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	-64.21
Ortalama Seviye (m)	30.14
Ortalama Yüzey alanı (km <sup>2</sup> )	44.37

#### **4.2.2.5. Su Bütçesi Hesabı**

2014 su yılı için Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi

$$\text{Akışlardan Göle Gelen Su} + \text{Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su} - \text{Gölden Buharlaştan Su} - \text{Gölden Kullanılan Su} - \text{Çark Deresinden Çıkan Su} = \text{Hacim Değişimi} \quad (4.4)$$

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Buna göre 2014 su yılında göle akışlardan gelen su miktarı 113.43 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Yağışlardan göl yüzeyine düşen su miktarı ortalama yüzey alanı ve toplam yağış miktarının çarpılmasıyla elde edilebilir. Bu durumda 2014 su yılı için 799.4 mm. yağış vasıtasıyla göle yağışlardan gelen katkı 35.46 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Gölden buharlaşmadan dolayı oluşan su kaybı toplam buharlaşma miktarı ve ortalama yüzey alanının tava katsayısı olan 0.7 ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Buharlaşma miktarı 865.6 mm. olan göl yüzeyinden buharlaşan su miktarı 2014 su yılı için 26.88 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Gölde meydana gelen hacim değişimi söz konusu su yılı için -64.21 hm<sup>3</sup>'tür. Çark Deresi'nden herhangi bir su çıkışı gözlemlenmemiştir. Tüm girdiler ve çıktılar (4.4) formülünde yerine konulduğunda kullanılan suyun toplamı 186.22 hm<sup>3</sup>'tür.

## BÖLÜM 5. ÇEŞİTLİ SENARYOLAR IŞIĞINDA SAPANCA GÖLÜ

Bu bölümde çeşitli senaryolar ışığında Sapanca Gölü'nün hizmet edebileceği maksimum nüfus tespit edilmeye çalışılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü'nün tespitlerine göre Sapanca Gölü'nün yıllık verimi minimum 120.000.000 m<sup>3</sup>/yıl, maksimum verimi ise 136.000.000 m<sup>3</sup>/yıl'dır. Bu verimler ışığında günlük kişi başı su tüketimi, gölden içme ve kullanma suyu amacı dışında çekilen su miktarı, şebekelerdeki kayıp - kaçak oranı dikkate alınmış ve 36 ayrı senaryo üretilmiştir. En iyi ihtimalli senaryoda yani günlük kişi başı tüketim miktarı 150 lt/gün olduğu, içme ve kullanma suyu amacı dışında gölden herhangi bir su çekiminin olmadığı, yıllık verimin maksimum olduğu, şebekedeki kayıp - kaçak oranının %10 olduğu senaryoda gölün hizmet edebileceği nüfus 2.235.616 olarak hesaplanmıştır. En kötü senaryoda ise yani günlük kişi başı tüketim miktarı 200 lt/gün olduğu, içme ve kullanma suyu amacı dışında gölden 30.000.000 m<sup>3</sup>/yıl su çekildiği, yıllık verimin minimum olduğu, şebekedeki kayıp - kaçak oranının %50 olduğu senaryoda gölün hizmet edebileceği nüfus 616.438 olarak hesaplanmıştır. Bölüm 3.3'te verilen nüfus bilgileri ışığında 2014 yılı itibariyle tüm içme ve kullanma suyunu Sapanca Gölü'nden temin eden Sakarya'nın nüfusu 932.706, diğer kaynaklarından yeteri verim alınmadığı yıllarda içme ve kullanma suyunun bir kısmını Sapanca Gölü'nden sağlayan Kocaeli'nin nüfusu ise 1.722.975 olarak gerçekleşmiştir. 2050 yılı için Sakarya nüfus projeksiyonu 1.639.986, Kocaeli'nin nüfus projeksiyonu ise 4.356.199 olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiler vasıtasıyla Göl'den su çekiminin aşırıya kaçmaması için şebekede çeşitli iyileştirmeler yapılması ve alternatif içme suyu kaynaklarının devreye alınması gerektiği sonucuna ulaşılabilir.

Detaylı senaryo çalışması Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.1: Çeşitli Senaryolar Işığında Sapanca Gölü

Senaryo	Günlük Kişi Başı Su Tüketim	İçme ve Kullanma Suyu Amacı Dışında Gölden Çekilen Su Miktarı	Kayıp Kaçak Oranı	Sapanca Gölü'nün Yıllık Verimi	Hizmet Edilebilecek Olan Nüfus
1	150 lt/gün	0	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 095 890
2	150 lt/gün	0	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 643 835
3	150 lt/gün	0	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 972 602
4	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	958 904
5	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 438 356
6	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 726 027
7	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	821 917
8	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 232 876
9	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 479 452
10	200 lt/gün	0	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	821 917
11	200 lt/gün	0	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 232 876
12	200 lt/gün	0	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 479 452
13	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	719 178
14	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 078 767
15	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 294 520
16	<b>200 lt/gün</b>	<b>30 000 000 m<sup>3</sup>/yıl</b>	<b>%50</b>	<b>120 000 000 m<sup>3</sup>/yıl</b>	<b>616 438</b>
17	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	924 657
18	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 109 589
19	150 lt/gün	0	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 242 009
20	150 lt/gün	0	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 863 013
21	<b>150 lt/gün</b>	<b>0</b>	<b>%10</b>	<b>136 000 000 m<sup>3</sup>/yıl</b>	<b>2 235 616</b>
22	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 105 022
23	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 657 534
24	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 989 041
25	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	968 036
26	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 452 054
27	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 742 465
28	200 lt/gün	0	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	931 506
29	200 lt/gün	0	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 397 260
30	200 lt/gün	0	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 676 712
31	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	828 767
32	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 243 150
33	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 491 780
34	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	726 027
35	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 089 041
36	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 306 849

## BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışma çerçevesinde, kullanılabilir iyi nitelikte bir kaynak olarak Sapanca Gölü'nün yersel ve zamansal bilgisine sahip olunması, belirli taleplere yönelik olarak suyun yeterli kalite ve miktarına ilişkin zamansal değişkenliğinin tasavvur edilebilmesi ihtiyacı aşikârdır. Bu nedenle gölü besleyen akım verilerinin bir ölçüm sistemi ile kayıt altına alınmaması temel sıkıntılardan biri olarak göze çarpmaktadır.

Sapanca Gölü havzasında ölçülen sıcaklıkların yükselme eğiliminde oldukları göz önüne alınırsa küresel iklim değişikliğinin etkilerinin havzada ilerleyen zamanlarda artarak devam edebileceği görülmektedir. Buna mukabil olarak gölün işletmesinin yapılacak olan bir modelleme çalışması ile programlanması uygun görünmektedir.

Sapanca Gölü'nün yeraltı suyu beslenimi ve yeraltı suyuna boşalımı hususunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Sağlıklı bir göl su bütçesi çalışması için bu konunun aydınlığa kavuşturulması gerekmektedir.

Bilmukabele bütçe muhasebesi gereği gölden su çekimlerinin sektörel bazda tetkik edilmesi, kullanımların mevsimsel olarak tayini, elde edilen faydanın çevresel ve ekonomik faydalar açısından önceliklendirilmesi de bir diğer ihtiyaçtır. Gerek bu çalışmada gerekse literatürde yer alan benzer çalışmalarda Göl su seviyesini değiştiren etkenlerin takibini yapan sistemlerin yetersizliği veri güvenliğini zayıflatmakta, isabetli tahminleri güçleştirmektedir. Bu durumda gölden yapılan sektörel ve münferit tahsisler de belirsizliğini korumaktadır. Bu belirsizliklerle beraber gölün güvenli su tüketim projeksiyonu bulunmamaktadır.

Yapılan nüfus projeksiyonları gölden yararlanacak olan nüfusun giderek artacağını işaret etmektedir. Bu bağlamda su verimliliği ile ilgili olarak ciddi yatırımlara ihtiyaç olduğu aşikârdır ve bu göle alternatif kaynakların detaylı şekilde araştırılmasını elzem kılmaktadır.

Sapanca Gölü Su Bütçesi Hesaplamaları Özet'inde (Tablo 6.1) görüldüğü üzere akışlarla ( $77.3 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  ile  $147.62 \text{ hm}^3/\text{yıl}$  aralığında) ve göl yüzeyine direkt

olan düşen su miktarı (25.38 hm<sup>3</sup>/yıl ile 43.70 hm<sup>3</sup>/yıl aralığında) yıldan yıla çok büyük farklılıklar göstermektedir. Gerçekçi bir modelleme yaklaşımıyla ilgili veriler göz önüne alınarak meteorolojik tahminler çerçevesinde gölün işletmesi yeniden gözden geçirilebilir. Ayrıca Çark Deresi'nden çıkan su miktarı (0 hm<sup>3</sup>/yıl ile 57.01 hm<sup>3</sup>/yıl aralığında) da yıldan yıla büyük farklılıklar göstermektedir. Havzadaki ekolojik dengeyi sağlamak adına Çark Deresi'nden bırakılması gereken yıllık su miktarının hesaplanması önem arz etmektedir.

Göl yüzeyinden direkt olarak buharlaşma ile çıkan su miktarı yıllık bazda 26.88 hm<sup>3</sup>/yıl ve 37.17 hm<sup>3</sup>/yıl arasında değişmekte olup buharlaşmanın azaltılmasına dair gölde ve havzada çeşitli önlemler alınması önem arz etmektedir. Zira belirtilen miktarlardaki kayıplar şebekedeki kayıplar 0 ve günlük kişi başı tüketim 150 lt. olarak varsayıldığında 490 000 kişi ile 678 000 kişinin su ihtiyacına denk düşmektedir.

Gölden çekilen yıllık su miktarı 80.18 hm<sup>3</sup>/yıl ile 186.22 hm<sup>3</sup>/yıl arasında değişmektedir. Bu büyük farkın oluşmasındaki faktörlerin yani yapılan tahsislerin kontrolünün titizlikle incelenmesi uygun görünmektedir. Su bütçesi hesabı yapılan 2 yağışlı dönemden 2'sinde de göldeki su miktarının azalması gölün işletmesinin bilimsel dayanaklarla, gerçekçi bir modelleme ile yeniden tespit edilmesini elzem kılmaktadır.

Sonuç olarak; doğal hidrolojik süreçleri ve diğer dinamikleri içeren göl su bütçesi çalışması, hassas bir görünümü gözler önüne sermektedir. Gölü besleyen kaynakların korunması, izlenmesi, suyun verimli ve dengeli paylaşımı hususları sürdürülebilir ve güvenli su arzında hayati öneme haizdir. Bahsedilen koruma kullanma dengesinin sağlanması, gölde ekolojik kabiliyetin muhafazası ve hassas idame etme ölçüsünün tutturulması doğrultusunda, farklı amaçlar için gölden su temininde, mevcut durum ve gelecek öngörüler kapsamında tüm faktörlerin analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu itibardır ki göl su muhasebesine tesir eden tüm faktörlerin teknik ölçüm ve hesaplama araçları kullanılarak tekil olarak değil etkileşimli (yersel, mevsimsel, sektörel, hidrometeorolojik koşullar) şekilde analizi elzemdir.

Su Bütçesi Dönemi	Kurak veya Yağışlı Dönem	Akışlarla Gelen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Yağışlarla Direkt Göl Aynasına Düşen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Buharlaşmayla Direkt Göl Aynasından Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Gölden Çekilen Su Miktarı(hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı + Gölden Çekilen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )
1977 Su Yılı	Kurak Dönem	77.3	25.38	37.17	-14.67	-	80.18	<b>80.18</b>
1981 Mart - 1982 Şubat	Yağışlı Dönem	115.23	42.94	30.22	-33.09	-	161.04	<b>161.04</b>
2009 Su yılı	Yağışlı Dönem	147.62	43.70	27.38	-8.23	57.01	115.17	<b>172.18</b>
2014 Su Yılı	Kurak Dönem	113.43	35.46	26.88	-64.21	0	186.22	<b>186.22</b>

**Tablo 6.1: Sapanca Gölü Su Bütçesi Hesaplamaları Özet Tablo**

## BÖLÜM 7. ÖNERİLER

Bu genel değerlendirme ve bilgiler ışığında, Sapanca Gölü'nün hali hazırdaki durumu dikkate alındığında ve gelecekte miktar açısından yaşanılabilecek sıkıntılara çözüm olabilemsi babında su yönetimi sürecine katkı sunması ümit edilen öneriler şunlardır:

- 1-Su bütçesinin ve su yönetiminin düzenli yapılabilmesi için derelerden gelen akımların düzenli olarak ölçülmesi uygun görülmektedir.
- 2-Veri temini hususunda problemlerle karşılaşılmaktadır. Sapanca Gölü havzası için bilgi sistemi kurulma çalışmaları yapılabilir.
- 3-Göl maksimum kotunun yükseltilmesi için çalışmalar yapıp belirlenecek olan yeni maksimum su kotunun uygulanabilirliği araştırılabilir.
- 4-Gölden veya gölü besleyen derelerden çekilen su miktarları net olarak bilinmemektedir, gerçek zamanlı izleme sistemlerinin kurulması uygun görünmektedir.
- 5-Geçmiş veriler incelendiğinde havzada 6-8 yıllık periyotlarla kuraklık meydana geldiği görülmektedir. İklim değişikliğinin etkilerini de içeren göl işletme modeli kurulması ve bu model kullanılarak göl işletme planınının 3'er yıllık periyotlar için oluşturulmasınının faydalı olacağı düşünülmektedir.
- 6-Bu tez kapsamında hesaplanan gölün yıllık veriminin ilgili kurum ve kuruluşlarca gözden geçirilerek bundan sonraki çalışmalarda dikkate alınması faydalı mütalaa edilmektedir.
- 7-Mevcut tahsisler ile gelecek dönemde yapılacak tahsislerin; kurak ve yağışlı dönemler dikkate alınarak yapılmasınının faydalı olacağı düşünülmektedir.
- 8-Havzadaki yer altı suyu ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır, yıllık yer altı suyu verimi hesaplanmalı ve yer altı suyu tahsislerinin buna göre düzenlenmesi önem arz etmektedir.
- 9-Havzada akış katsayısını yükseltecek yani toprağın nem tutma kapasitesini arttıracak teraslama, uygun türde ağaçlandırma vb. önlemler alınabilir.
- 10-Sapanca Gölü'ne alternatif olabilecek içme suyu barajlarınının işletmeye alınması gölün üzerindeki baskıları azaltacaktır.



11-Sapanca Gölü için Türkiye genelindeki diğer göllere örnek oluşturacak biçimde havzadaki üst düzey yöneticilerden oluşan ve sivil toplum kuruluşlarının da temsilcilerinin katılabileceği bir yönetim heyeti kurulabilir.

12-Sapanca Gölü'nden su temin eden sanayi kuruluşlarının alternatif kaynaklara yönlendirilmesi hususu değerlendirilmelidir. Bununla eş zamanlı olarak sanayi kuruluşlarının temiz üretim teknolojilerine geçmesi ve atıksuların yeniden proses suyu olarak kullanımını yönünde tedbirler alınması faydalı mütalaa edilmektedir.

13-Göl yüzeyinden direkt olarak gerçekleşen buharlaşma kayıplarının önlenmesi adına çeşitli önlemler alınması önem arz etmektedir. Göl aynasının uygun bölümlerinde alınabilecek önlemler aşağıda açıklanmaktadır:

- a) Göl yüzeyinin yüzen cisimlerle kaplanması (köpük, plastik top veya levhalarla su yüzeyinin kaplanması).
- b) Gelen güneş enerjisinin göle girmesini tamamen engelleyecek tarzda göl üzerinin örtülmesi (Göl üzerinin çatı formunda örtülmesinde kontrplak, alüminyum ve plastik levhalar kullanılmaktadır).
- c) Göl çevresine rüzgâr kırıcıların yerleştirilmesi (Bu açıdan en uygun yöntem göl çevresinin ağaçlandırılmasıdır).
- d) Gölde suyun öncelikle sıcaklığın nisbeten yüksek olduğu kısımlardan çekilmesi.
- e) İnsan ve canlı hayata zararı olmayan çeşitli kimyasallar kullanılarak buharlaşma kayıplarının azaltılması.

## BÖLÜM 8. KAYNAKLAR

- Ayten, N., 2014. Sektörel Su Tahsisinin Esasları, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi.
- Bayazıt, M., 1999. Hidroloji Ders Kitabı.
- Bayrak, A., 2008. Sapanca Gölü'nün Hidrojeolojik, Hidrolojik ve Hidrolik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Su Bütçesinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bilgi, M., 2005. Su Paylaşımı ve Yönetimi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- DSİ, 2009. Faaliyet Raporu.
- Falkenmark M., Lindh G., 1976. How Can We Cope With The Water Resources Situation By The Year 2015.
- Gönenç, İ.E, Çetiner, A., Eroskay, O., Eruz, E., Baykal, B.B., Öztürk, İ., İncecik, S., Tanık, A., İnce, O., Kefli, E., Öktem, Y., Meriç, M., Doğanlı, E., Gürel, M., 1994. Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Kaynağı Olarak Sapanca Gölünün Korunması Projesi.
- Kartal, F., 1999. Su Yönetimi: Son Dönemde Politika Arayışları, Çağdaş Yerel Yönetimler Cilt 8, Sayı 4.
- Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U., 2013. Türkiye'de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği.
- Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., 2008. Türkiye İklimi Sınıflandırmaları, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Sümer, B., 1980. Sapanca Gölü Su Kalitesi Durumunun Saptanması.
- TMMOB Su Raporu, 2009. Küresel Su Politikaları ve Türkiye.
- TÜBİTAK, 2010. Sapanca Gölü'nün Öncelikli Kirlilik Kaynaklarına Özgü Kontrol Teknolojilerinin Araştırılıp Gelistirilerek Göl Havzası İçin Uyarlanması Projesi Sonuç Raporu.
- UNESCO, 2004. Facts And Figures.
- URL1: [http://eski.yerelnet.org.tr/yerel\\_hizmetler/su\\_atiksu/konuhakkinda.php](http://eski.yerelnet.org.tr/yerel_hizmetler/su_atiksu/konuhakkinda.php)

- URL2: <http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>
- Wouters, P., 2000. Water Law, Achieving Equitable And Sustainable Use Of Water Resources, University Of Dundee Water Law And Policy Seminar.
- Yolcubal, İ., 2004. Hidrojeoloji Ders Notları.

## **BÖLÜM 9. ÖZGEÇMİŞ**

**Adı Soyadı** : Ertuğrul KAHVECİ  
**Doğum Yeri** : Konya  
**Doğum Tarihi** : 17.03.1986

**Lisans** : Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü (2012)

**Yüksek Lisans** : Gazi Üniversitesi  
Çevre Bilimleri Programı (Devam etmekte)