



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ HIDROLOJİK MODELİ

**İnşaat Müh. Yashar ALFARS
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN**

Aralık, 2011

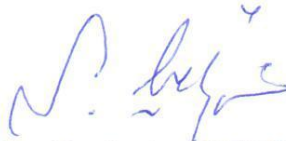
İSTANBUL

Bu çalışma 23/12/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Doç. Dr. Cevza Melek
KAZEZYILMAZ ALHAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. İlknur BOZBEY
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Şevket ÇOKGÖR
İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi


Yard. Doç. Dr. Erdem DAMCI
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Yrd. Doç. Dr. M. Kubilay KELEŞOĞLU
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi birikimi, deneyimi ile bana yol gösteren ve yardımcı olan değerli hocam Doç. Dr. Cevza Melek KAZEZYILMAZ ALHAN'a tüm çalışmalarındaki disiplin, anlayış, sabır ve hoşgörüsü için çok büyük saygılarımı ve derin teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu tezin hazırlanmasına büyük katkı veren ve bana her türlü yardımda bulunan Uğur BOYRAZ 'a teşekkür ederim. Son olarak da benim bu zor dönemde yanımda oldukları, her zaman beni destekledikleri için değerli aileme teşekkür ederim.

Aralık, 2011

Yashar ALFARS

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
TABLO LİSTESİ	VIII
SEMBOL LİSTESİ	IX
ÖZET.....	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1.GÖLLER.....	4
2.2.GÖLLERİN ÖZELLİKLERİ.....	4
2.3.GÖLLERİN OLUŞUMU	5
2.3.1. Set Gölleri	5
2.3.1.1.Volkanik set gölü.....	5
2.3.1.2.Alüvyal set gölü.....	5
2.3.1.3.Kıyı set gölü	6
2.3.1.4.Moren set gölü	6
2.3.1.5.Heyelan set gölü.....	6
2.3.1.6.Suni set gölleri	6
2.3.2.Çanak Gölleri	6
2.3.2.1.Buzul gölleri.....	6
2.3.2.2.Tektonik göller	6
2.3.2.3.Krater ve Maar gölleri.....	6
2.3.2.4.Karstik göller	6
2.4.GÖLLERİN BESLENMESİ.....	7
2.5.GÖL SUYUNUN KAYBI.....	7
2.6.GÖLLERİN İŞLEVLERİ	8

2.7. GÖLLERDEKİ SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ.....	8
2.7.1. Göllerdeki Su Seviyesi Değişimlerinin Sebepleri.....	8
2.7.2. Göllerdeki Su Seviyesi Değişimlerinin Sebep Olduğu Problemler	9
2.8. SIZMA	9
2.8.1. Sızma Kapasitesi.....	9
2.8.2. Sızma Modelleri.....	10
2.9. BUHARLAŞMA İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	11
2.10. BAZI GÖLLER ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
3. GÖL HİDROLOJİSİ	16
3.1. GENEL HİDROLOJİ	16
3.2. HİDROLOJİK ÇEVİRİM.....	17
3.3. SU GİRİŞ VE ÇIKIŞLARI.....	17
3.4. GÖL TABAKALAŞMASI VE TABAKALAŞMAYA GÖRE SINIFLAMA.....	18
3.4.1. Gölde Tabakalaşma.....	18
3.4.2. Tabakalaşmaya Göre Sınıflama.....	20
3.4.2.1. Dimiktik göller	20
3.4.2.2. Monomiktik göller.....	20
3.4.2.3. Polimiktik göller.....	20
3.4.2.4. Oligomiktik göller	21
3.4.2.5. Meromiktik göller.....	21
3.4.2.6. Amiktik göller.....	21
3.5. GÖLLERDEKİ SU DENGESİ.....	21
3.6. İKLİMSEL ÖZELLİKLERİN SU KAYNAKLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ	22
3.7. AKARSULAR.....	23
3.8. YAĞIŞ VE YAĞIŞLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	25
3.8.1. Yağış	25
3.8.2. Yağışların Sınıflandırılması	25
3.9. BUHARLAŞMA	25
3.10. YERALTI SUYU VE YERALTINDAKİ SUYUN BÖLGELERİ	26
3.10.1. Yeraltı Suyu	26
3.10.2. Yeraltındaki Suyun Bölgeleri.....	26
3.10.2.1. Doymamış Bölge	27
3.10.2.2. Doymuş Bölge	27

4. TÜRKİYE'NİN ÖNEMLİ GÖLLERİ İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER VE BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ	28
4.1. TÜRKİYE'NİN ÖNEMLİ GÖLLERİ İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER.....	28
4.1.1. Van Gölü İle İlgili Değerlendirme	28
4.1.2. Tuz Gölü İle İlgili Değerlendirme.....	28
4.1.3. Eğirdir Gölü İle İlgili Değerlendirme.....	29
4.1.4. Acıgöl İle İlgili Değerlendirme	30
4.1.5. Kuş Gölü İle İlgili Değerlendirme.....	30
4.1.6. Çıldır Gölü İle İlgili Değerlendirme	31
4.1.7. Erçek Gölü İle İlgili Değerlendirme	31
4.1.8. Akyatan Gölü İle İlgili Değerlendirme.....	31
4.1.9. Sapanca Gölü İle İlgili Değerlendirme	32
4.1.10. Küçükçekmece Gölü ile İlgili Değerlendirme	32
4.1.11. Burdur Gölü İle İlgili Değerlendirme.....	33
4.1.12. Eber Gölü İle İlgili Değerlendirme	33
4.1.13. Seyfe Gölü İle İlgili Değerlendirme	33
4.2. BÜYÜKÇEKMECE HAVZASI VE BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ.....	35
5. HİDROLOJİK MODELLEME.....	39
5.1 YAĞMUR SUYU YÖNETİM MODELİ (EPA SWMM) PROGRAMI.....	39
5.2 HİDROLOJİK ÖTELEME	41
6. BÜYÜKÇEKMECE HAVZASI VE BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NÜN EPA SWMM VE MATLAB İLE MODELLENMESİ	44
6.1. SU TOPLAMA HAVZALARININ OLUŞTURULMASI.....	45
6.2. BİRLEŞİM NOKTALARININ YERLEŞTİRİLMESİ.....	47
6.3. KANALLARIN YERLEŞTİRİLMESİ.....	47
6.4. YAĞIŞ ÖLÇERİN TANIMLANMASI	49
6.5. HİDROLOJİK GÖL MODELİNİN OLUŞTURULMASI	51
7. BULGULAR VE YORUMLAR	53
7.1. 2000 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	54
7.2 2000 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	55
7.3. 2001 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	56
7.4 2001 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	58
7.5. 2002 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	59

7.6. 2002 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	60
7.7. 2003 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	61
7.8. 2003 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	63
7.9. 2004 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	64
7.10. 2004 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	65
7.11. 2005 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	66
7.12. 2005 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	68
7.13. 2006 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	69
7.14. 2006 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	70
7.15. 2007 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	71
7.16. 2007 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	73
7.17. 2008 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	74
7.18. 2008 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	75
7.19. 2009 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	76
7.20. 2009 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	78
7.21. 2010 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ	79
7.22. 2010 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ.....	80
8. SONUÇLAR	82
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ.....	87

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Gölde Tabakalaşma (Mercan, 2006).....	19
Şekil 3.2. Yeraltı Suyunun Bulunduğu Çeşitli Bölgeler (Yenigün, 2009)	27
Şekil 4.1. Büyükçekmece Gölü.....	38
Şekil 6.1. Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü (Google Earth).	44
Şekil 6.2. Büyükçekmece Havzası'nda oluşturulan su toplama havzaları.....	45
Şekil 6.3. 1 no'lu su toplama havzası	46
Şekil 6.4. J-1 noktası.....	47
Şekil 6.5. 1 no'lu kanal özellikleri	48
Şekil 6.6. Trapez Kesitli Kanal	49
Şekil 6.7. Açık Dikdörtgen Kesitli Kanal	49
Şekil 6.8. Yağış Ölçer 1	50
Şekil 6.9. Büyükçekmece Gölü'ne ait göl yüzey alanı-su seviyesi ilişkisi	51
Şekil 6.10. Büyükçekmece Gölü'ne ait göl su hacim-su seviyesi ilişkisi	52
Şekil 7.1. 2010 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	53
Şekil 7.2.(a) 2000 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	54
Şekil 7.3. 2000 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	56
Şekil 7.4.(a) 2001 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	57
Şekil 7.4.(b) 2001 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	57
Şekil 7.5. 2001 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	58
Şekil 7.6.(a) 2002 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	59
Şekil 7.6.(b) 2002 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	60
Şekil 7.8.(a) 2003 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	62
Şekil 7.8.(b) 2003 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	62
Şekil 7.9. 2003 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	63
Şekil 7.10.(a) 2004 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	64
Şekil 7.10.(b) 2004 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	65
Şekil 7.11. 2004 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	66
Şekil 7.12.(a) 2005 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	67
Şekil 7.12.(b) 2005 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	67
Şekil 7.13. 2005 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	68
Şekil 7.14.(a) 2006 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	69
Şekil 7.14.(b) 2006 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	70
Şekil 7.15. 2006 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	71
Şekil 7.16.(a) 2007 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	72
Şekil 7.17. 2007 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	73
Şekil 7.18.(a) 2008 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	74
Şekil 7.18.(b) 2008 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	75
Şekil 7.19. 2008 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	76
Şekil 7.20.(a) 2009 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	77
Şekil 7.20.(b) 2009 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	77
Şekil 7.21. 2009 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	78

Şekil 7.22.(a) 2010 yılına ait yağışın zamana göre değişimi	79
Şekil 7.22.(b) 2010 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi.....	80
Şekil 7.23. 2010 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi	81

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1. Dünyadaki başlıca göller (Grolier International Americana, 1993).....	34
Tablo 4.2. Türkiye'deki başlıca göller (Temel Britannica, 1992).....	34
Tablo 4.3. Büyükçekmece gölü karakteristik özellikleri (Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi, İSKİ).....	37

SEMBOL LİSTESİ

Q	: Debi (m ³ /s)
A	: Göl yüzey alanı (km ²)
t	: Zaman (gün)
EP	: Evaporasyon
I	: Akış miktarı
SSD	: Su Seviyesi Değişimi
YY	: Yağış Yüksekliği
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

ÖZET

BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ HİDROLOJİK MODELİ

Günümüzde artan nüfusla birlikte su ihtiyacı da her geçen gün artmakta ve bu sebeple mevcut su kaynaklarını korumak ve geliştirmek büyük önem kazanmaktadır. Bu sebeple akarsu, göl, bataklık ve yeraltı suyu gibi önemli su kaynaklarının doğru bir şekilde kullanılabilmesi için pekçok hidrolojik model geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin en önemli su kaynaklarından biri olan Büyükçekmece Gölü'ne ait hidrolojik veriler kullanılarak bu bölgenin uzun süreli su bütçesi analizi yapılmıştır. Yapılan modelleme ile göldeki yıllık su seviyesi değişimleri incelenmiştir. Göle ait su bütçesi kapsamında yağış, buharlaşma ve gölü besleyen akarsular dikkate alınmıştır. Göle ulaşan toplam yüzeysel akışı hesaplamak üzere EPA SWMM ile Büyükçekmece Havzası'na ait bir hidrolojik model oluşturulmuştur. EPA SWMM ile oluşturulan modelin sürekli yağış altında simülasyonu yapılarak göle ulaşan yıllık yüzeysel akış hidrografi elde edilmiş ve Büyükçekmece Gölü için oluşturulan hidrolojik modelin girdisi olarak kullanılmıştır. Yapılmış olan sayısal modelleme ile gölün uzun süreli hidrolojik davranışına açıklık getirilmiş ve göl su seviyesi ölçümlerinin bulunmadığı 2000-2009 yıllarına ait su seviyeleri hesaplanmıştır.

SUMMARY

A HYDROLOGICAL MODEL FOR BÜYÜKÇEKMECE LAKE

Nowadays, there is an increase in water demand with the population increase and therefore, it is important to protect and develop existing water resources. For this reason, many hydrological models have been developed in order to efficiently use water resources such as streams , lakes , wetlands and ground water.

In this study, the longterm water budget of Büyükçekmece Lake, which is one of the most important water resources of Turkey, is analyzed using hydrological data. The annual water level changes are investigated with the hydrological model. Rainfall, evapotranspiration and streams feeding the lake are taken into account in lake water budget. A hydrological model for Büyükçekmece Watershed is developed by using EPA SWMM in order to calculate the total runoff developed over the catchment that reaches the lake. The annual surface runoff hydrograph is obtained by continuous simulation of the hydrological model developed by EPA SWMM. Then, the output of EPA SWMM, i.e. surface runoff, is used as input of the hydrological model of Büyükçekmece Lake. With the numerical model, the long term hydrological behavior of the lake is understood and the annual water levels during 2000-2009, of which no data exists, are obtained.

1. GİRİŞ

Yerküre üzerinde alan ve zaman içindeki dağılımı düzgün olmayan su, insan ve tüm canlıların yaşayabilmesi için gerekli olan en önemli doğal kaynaklardan birisidir. Toplumların gelişme sürecinde suya önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple su kaynaklarını koruma geliştirme ve kontrol etme konusunda hidroloji ve hidrolik alanında birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda, hidrolik yapılar inşa edilmektedir. Daha sonra bu yapıların işletme aşamalarında suyun alan ve zaman içindeki dağılımı ile fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve su ile çevre ilişkilerinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

Su kaynaklarının önemli bir parçasını oluşturan göller, karalar üzerindeki çukur alanlarda birikmiş ve denizle bağlantısı olmayan durgun su kütleleridir. Bir gölün oluşabilmesi için öncelikle bir çanağa ihtiyaç vardır. Göller yeryüzündeki tatlı suların %87'sini oluştururken, göllerin karalar üzerindeki kapladığı alan %2'dir (Koç , 2008) .

İnsan hayatının zorunlu bir maddesi olduğu için su temininde içme ve kullanma sularına öncelik verilmesi gerekir. Ancak su kaynaklarının miktarı yağışlara bağlı olarak değişiklik gösterdiği için içme ve kullanma suyu talebinin her zaman bütünüyle karşılanacağı söylenmez. Bu bakımdan özellikle yerleşim bölgelerinin belirlenmesinde, su kaynaklarından elde edilecek faydanın gözönüne alınması çok önemlidir.

Hidrolojide yağış, buharlaşma, yüzeysel akış ve toprak nemi gibi bireysel olayların önemli olması yanısıra, bunların su dengesine yaptığı etki de gözönüne alınır. Örneğin yer altı sularının tamamen kullanılması ile bitki varlığı değişir. Bu durum topraktan olan buharlaşma ile akarsuların debisine etki eder. Bu bakımdan su kaynaklarının ekonomik ve teknik yönlerden tutarlı biçimde planlanmasında, bu hususların gözönünde bulundurulması gerekir (Esendal, 2007).

Büyükçekmece Havzası, Trakya yarımadasının güneyinde, Marmara Denizi kıyısında yer almaktadır. Doğusunda Küçükçekmece Gölü, kuzeyinde Terkos İçme Suyu Havzası, batısında Tekirdağ ili ve güneyinde Marmara Denizi bulunmaktadır. Havza içinde Silivri, Büyükçekmece ve Çatalca ilçelerine ait yerleşim yerleri olup havzanın İstanbul merkezine uzaklığı 50 km.dir.

Büyükçekmece Havzası içerisinde toplam 31 adet yerleşim alanı bulunmaktadır. Bu yerleşim yerlerinin toplam nüfusu 1985 yılı nüfus sayımına göre 47.236 iken 2000 yılı nüfus sayımına göre %14.7 oranında bir artışla 54.231'e yükselmiştir. Yerleşim yerlerinin üçü mutlak koruma alanında, altısı orta mesafeli koruma alanında, yirmi ikisi ise uzak mesafeli koruma alanında bulunmaktadır. Büyük yerleşim yerleri havza için tehdit oluşturmaktadır (Koç, 2008).

Büyükçekmece Gölü Büyükçekmece Havzası'nın çıkış noktasında yer almaktadır. Göl, İstanbul'un içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. 16 km²'ye yakın Küçükçekmece Gölü'nden daha küçüktür. Göl çoğu yerde sığ, bataklık ve deniz seviyesindedir. Göl, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan yapılarla derinleştirilmiştir. Gölün deniz ayağına bir baraj yapılmıştır. Büyükçekmece gölü doğuda Kaldırım Burnu, batıda Bababurun arasında kalan incecik ve sığ bir kanalla bağlıdır. Gölün önüne yapılan baraj, gölle deniz arasındaki bağlantıyı tamamen kesmiştir. Büyükçekmece gölü denizin istilasına uğrayarak önce koy haline gelmiş, sonra lagün özelliği kazanmış eski bir vadi ağzıdır (Vikipedi, 2011).

Bu çalışmada, Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü'nün, hidrolojik modellenmesi yapılmıştır. Büyükçekmece Havzası üzerinde yağış sırasında oluşan ve göle ulaşan yüzeysel akış, Environmental Protection Agency Storm Water Management Model (EPA SWMM) (Çevre Koruma Teşkilatı Yağmur Suyu Yönetim Modeli) bilgisayar programı kullanılarak modellenmiştir. Daha sonra EPA SWMM ile oluşturulmuş model çıktıları MATLAB ile yapılmış olan göl hidrolojik modelinde girdi olarak kullanılmış ve 3. dereceden Runge Kutta yöntemiyle çözülen hidrolojik öteleme ile göldeki yıllık su seviyesi değişimleri elde edilmiştir. Modelleme aşamasında çeşitli kurum ve kuruluşlardan alınan veriler kullanılmış, daha önce yapılan çalışmalardan

faýdalanılmıştır. Modelleme sonuçlarını değerlendirilerek göldeki yıllık su seviyesi salınımları ve gölün hidrolojik davranışı incelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde; göllerin özellikleri, oluşumları ve işlevleri, göllerdeki su seviyesi değişimleri, sızma kapasitesi ve sızma modelleri, buharlaşma ile ilgili çalışmalar, göl sularının korunmasına ait yönetmelik ve dünyada bazı göller üzerinde yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

2.1.GÖLLER

Göl, karalar üzerindeki çanakları doldurmuş tatlı veya tuzlu su kütlelerine göl denir. Göller, kapalı havzaları dolduran geniş, durgun su kütlesi olarak da tanımlanmaktadır. Göller, yeryüzündeki tatlı suların %87'sini oluştururken göllerin karalar üzerinde kapladığı alan %2'dir. Göller, yeryüzünde 1 700 000 kilometre karelik bir alan kaplarlar.

Göller, yer altı ve yer üstü sularıyla beslenmektedir. Göl suları acı, tatlı, sodalı ve tuzlu olabilmektedirler. Bu farklılığın nedenleri; iklim koşulları, beslenme kaynakları, gölün bulunduğu arazinin yapısı, gölün büyüklüğü, derinliği ve gideğenin (göl ayağı) olup olmamasıdır (Vikipedi, 2010).

2.2.GÖLLERİN ÖZELLİKLERİ

Göllerin buldukları bölgenin iklimi, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri gölün özelliğini belirler (<http://www.dunyamizitaniyalim.com/goller.htm>).

- Gölün Büyüklüğü: Dünya üzerindeki göllerin büyüklükleri değişkendir. Hazar Gölü Dünya'nın en büyük gölüdür. (424, 000 km kare)
- Gölün Beslenmesi: Göller, yağış suları, akarsular ve kaynaklar tarafından beslenir. Göllerin su seviyeleri beslenmeye bağlı olarak değişir. Bazı göller fazla sularını bir akarsu ile denize boşaltır. Bu akarsulara göl ayağı ya da gideğen denir. Göle su taşıyan

akarsulara ise geleğen denir. Örneğın Manyas ve Ulubat gölleri bir akarsu ile sularını Marmara Denizi'ne boşaltır.

- Gölün Derinliğı: Tektonik ve krater göllerinin derinlikleri genellikle fazladır. Dünya'nın en derin gölü tektonik bir göl olan Baykal Gölü'dür.
- Göl Suyunun Tuzluluğı: Göl sularının içinde çözünmüş halde madensel tuzlar bulunmaktadır. Buharlaşma nedeniyle göl suyunun tuz yoğunluğı artar. Özellikle kapalı havzalarda yüzeyden akış olmadığı için göl suları tuzludur. Örneğın Türkiye'deki Burdur Gölü ve Tuz Gölü'nün suları tuzludur. Açık havza göllerinde ise, sular yüzeyden boşaldığı için madensel tuz oranı düşük, buna bağılı olarak suları tuzludur.
- Göl Suyunun Sıcaklığı: Göl suyunun sıcaklığı, gölün bulunduğu enleme, iklim koşullarına ve mevsime göre değışir. Ayrıca gölün derinliğı, gölün bulunduğu yükselti ve gölü besleyen sular da göl suyunun sıcaklığı üzerinde etkilidir.
- Göl Suyunun Hareketliliğı: Göl suyunun hareketliliğı üç nedene bağılıdır :
 - 1.Gölün beslenmesine ve havzadaki iklim koşullarına bağılı oluşan seviye farkı nedeniyle su seviyesinde değışiklik olur.
 2. Göl yüzeyinde rüzgârların etkisiyle dalgacıklar oluşur.
 3. Göl yüzeyinin bir bölümündeki basınç değışmeleri alçalma ve yükselme şeklindeki ritmik hareketlere neden olur. Bunlara duran dalga ya da seiches (seş) dalgaları denir.

2.3.GÖLLERİN OLUŞUMU

Göller, oluşumlarına yol çukurlukların meydana gelişine göre iki grupta incelenir.

2.3.1. Set Gölleri

Bu göller, uzunca bir çukurluğun önünün herhangi bir kütleyle kapanması ve geride kalan çukurluğun su ile dolması sonucu oluşur.

2.3.1.1.Vulkanik set gölü

Volkan lavları ve tüfleri bir çukurluğı tıkarsa yine orada bir çanak oluşur, bunun gerisinde sular toplanarak göl meydana gelir. Türkiye'nin en büyük gölü olan Van gölü bu şekilde oluşmuştur.

2.3.1.2.Alüvyal set gölü

Akarsu vadilerinin Alüvyal birikintilerle kapanması sonucu oluşur bunlar küçük alanlı sığ göllerdir.

2.3.1.3.Kıyı set gölü

Deniz kıyılarında kıyı okları ve kıyı kordonlarının gerisinde oluşan sığ göllerdir.

2.3.1.4.Moren set gölü

Buzul bölgelerinde buzulların biriktirdiği moren dizilerinin gerisinde de moren set gölleri meydana gelir.

2.3.1.5.Heyelan set gölü

Heyelanla gelen kütlelerin akarsu vadilerini kapatması ile oluşur.

2.3.1.6.Suni set gölleri

İnsanların yaptığı barajlarda da çanak şekli doğar ve barajın gerisinde baraj gölü denilen bir teşekkül etmiş olur.

Atatürk, Keban, Sarıyar, Hirfanlı, Adıgüzel, Demirköprü önemli baraj göllerindedir.

2.3.2.Çanak Gölleri

Bunlar daha önce çeşitli iç ve dış olaylar tarafından oluşturulmuş çanakların sularla dolması sonucu oluşur.

2.3.2.1.Buzul gölleri

Buzulların yapmış olduğu çanakların bazıları sularla dolmuştur. Bu gibi göllere buzul gölleri denir.

2.3.2.2.Tektonik göller

Bunlar yer kabuğu hareketleri sırasındaki kırılmalardan, bükülmelerden, kıvrılmalardan, epirojenik çökmelerden, volkanik olaylardan ileri gelen çukurların sularla dolması sonucu oluşan göllerdir.

2.3.2.3.Krater ve Maar gölleri

Volkan konilerinin tepesinde bulunan krater veya kaldera gibi çukurlara suların dolmasıyla oluşan göllere krater gölleri denir.

Volkanik patlamalarla oluşan maarların su ile dolmasıyla maar gölleri oluşur.

2.3.2.4.Karstik göller

Kimi yerde taşlar sert olduğu halde yağmur sularıyla eridiğinden oralarda da birçok çanak şekilleri oluşmuştur. Bu çanakların sularla dolmasıyla da karstik göller oluşur.

2.4.GÖLLERİN BESLENMESİ

Gölün suyu, geniş ölçüde yağışlardan gelir.

Yağışlardan inen sular doğruca gölün üzerine düşer ve suları göle yönelen alandan selintiler ve akarsular olarak göl çanağına ulaşırlar. Bundan başka göle gerek taban suyundan ve gerekse kaynaklardan gelen sular da karışır, gölü beslerler. Ancak, göle karışan suların büyük bir kısmı buharlaşmalar yüzünden kaybolduğundan mevsimlere ve bununla ilgili olarak buharlaşmalara bağlı şekilde besleniş olur. Bunun için yağışlı ve yağmurlu devrelerde göl daha fazla su kazanır.

Bir gölün taban suyu veya daha geniş anlamıyla yeraltı suyuyla beslenmesi, o göl çanağının çevresindeki taban suyu seviyesinden daha aşağıda bulunması ile oluşur. Göl seviyesinin değişmesinde taban suyu seviyesi önemli rol oynar. Bazı göllerin, dibinden çıkan kaynaklarla beslendiği de tespit edilmiştir. Birtakım sığ göllerde bu dipten çıkan kaynaklar görülmüştür. Bu durum o yerlerden fışkıran kaynakların, bu birikmeleri engellediği şeklinde açıklanmıştır.

Bunlardan başka suyun sıcaklık, sıcaklık derecesi de göl dibi kaynaklarıyla gölün beslendiğini ortaya koyan delillerden biri olarak görülmüştür: Kaynak suyu, bilhassa kışın gölün dibindeki sudan sıcakça bulunmuştur.

2.5.GÖL SUYUNUN KAYBI

Göl suyunun kaybı buharlaşma ile göl ayağının boşalttığı sulardan ileri gelmektedir. Gölün ayağı diye o gölün fazla sularını boşaltan akarsulara denir. Göllerin kimisi de dipten olan sızmalarla suyu başka yerlere sızar.

Göllerde su kaybına yol açan buharlaşma iklime bağlıdır ve bu yolla olan su kaybı iklim özelliklerine göre türlü değerlerdedir. Kurak bölgelerde yağıştan gelen suyun pek çoğu buharlaşma yüzünden kaybolur.

2.6.GÖLLERİN İŞLEVLERİ

Okyanuslar gibi göllerin de iklimi yumuşatıcı bir etkisi vardır. Göller insan coğrafyasında önemli rol oynarlar. İçme suyu deposu sayılırlar, ayrıca beyaz kömür depoları da oluşturan göller, ırmakları düzenleyen öğelerden biridir. Ulaşım alanında da yararlanılan göller aynı zamanda balıkçılık merkezleri sayılır ve çevreleri genellikle dinlenme yerlerinin kurulmasına elverişlidir. Az derin ve durgun suludur. Çevrebilimsel önemi çoktur. Bir gölcüğün çevrebilimsel önemini kavrayabilmek için, nasıl oluştuğunu ve ne gibi bir evrim geçirdiğini incelemek gerekir. Kil ya da başka bir geçirimsiz kayaç, bir arazi engebesi nedeniyle kendisine kadar ulaşan sellenme suyunu tutar. Bu su, humustan aldığı organik maddelerle dolar, bir başka deyişle; yaşam için vazgeçilmez olan öğelerle donanır. Üstelik oluşmakta olan bir gölcüğün, çok derin olmaması, güneş ışınlarını kolayca almasına neden olur.

2.7. GÖLLERDEKİ SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ

Göllerdeki su seviyesi değişimi, mutlak koruma alanları açısından önem taşımaktadır. Bu sebepten dolayı bu çalışmada göldeki su seviyesi değişikliğine bakılacaktır. Aşağıda su seviyesi değişiminin sebepleri ve alınabilecek önlemler incelenmiştir.

2.7.1. Göllerdeki Su Seviyesi Değişimlerinin Sebepleri

Tüm dünyada göl ve denizlerin su seviyelerinde zaman zaman büyük değişiklikler gözlenir. Göller üzerinde yapılan bilimsel araştırmalara ait literatür incelendiğinde genelde göllerin su seviye değişimlerinin meteorolojik nedenlerden meydana geldiği görülür. Genellikle göl ve deniz kıyılarında yaşayanlar yazın en yüksek ve kışın en düşük olan su seviyelerinde yıldan yıla ortaya çıkan değişimleri gözlerler. Bu salınımlar genel olarak gölün, yağış, akış ve buharlaşma gibi klimatolojik faktörlerin karmaşık etkileşimine tepki göstermesinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Kadıoğlu, 1995).

Göl veya baraj kıyılarında inşa edilecek kıyı yapılarının fonksiyon ve stabilitesine etkisi büyük olduğundan su seviyesi değişimleri, mühendisler tarafından göz önünde tutulması gereken önemli bir parametredir. Yağış, akarsu ve yüzey sularının beslemesi ile yeraltı sularının yükselmesi göl su seviyesinde yükselmeye; buharlaşma, yeraltına sızma, sulama ve şebeke suyu olarak kullanımı gibi faktörler ise göl su seviyesinde alçalmaya

neden olmaktadır. Bu değişimler göl kıyısında bulunan yol ve tesisleri, yerleşim ve tarım alanlarını direkt olarak etkilemektedir. Kıyıda bulunan iskele, rıhtım ve dalgakıran gibi yapılar suların yükselmesiyle su altında kalabilmekte ve işlevsiz hale gelmektedir. Bu tür yapıların seviye değişimlerinden en az şekilde etkilenmesini sağlamak kıyı mühendisliğinin önemli hedeflerinden biridir (Kadıoğlu, 1995).

2.7.2. Göllerdeki Su Seviyesi Değişimlerinin Sebep Olduğu Problemler

Dünyada ve Türkiye'de denizlere oranla çok daha az olmakla birlikte yolcu ve yük taşımacılığı, balıkçılık, turizm vb. sebeplerle göllerde çeşitli gemi işletmeciliği yapılmaktadır. Bunun sonucunda gemi, feribot ve teknelerin yanaşabilmeleri için rıhtım, iskele ve liman gibi kıyı yapılarına ihtiyaç vardır. Ancak bu kıyı yapılarının değişen göl su seviyesi karşısında verimli çalışabilmesi, bunların projelendirme esnasında su seviyesi değişimleri miktarının iyi bir şekilde tahmini ve buna göre güvenli bir yapı kret kotu seçimiyle mümkündür. Çünkü göldeki taşıtların bu kıyı yapılarına güvenle yanaşabilmeleri için gerekli minimum su derinliğinin (draft) kıyı yapısının rıhtımında daima sağlanması gereklidir. Düşen su seviyesiyle birlikte yüksekte kalan yanaşma yeri indirme bindirme ve bağlanma işlerini zorlaştırır ve kıyıda görünüm olarak çirkinlik arz eder. Artan su seviyesi ise yanaşma yerini su altında bırakarak yapıyı tamamen işlevsiz hale getirebilir (Adıgüzel, 2002).

2.8. SIZMA

Sızma kapasitesi ve sızma modelleri göl su seviyesi değişimlerini etkilemektedir. Sızma kapasitesi ve sızma modellerini oluşturan fiziksel koşullar aşağıda incelenmiştir.

2.8.1. Sızma Kapasitesi

Sızma kapasitesi; birim zamanda, zemine sızabilecek maksimum su miktarıdır. Birimi genellikle mm/saat veya cm/saat olarak alınır (Bayazıt, 1998).

Sızma kapasitesi, yağışlardan kaynaklanan, yüzeysel akış miktarının hesaplanmasında, sulama yöntemlerinin seçimi ve projelendirilmesinde kullanılan önemli bir toprak özelliğidir. Toprakta sızma kapasitesinin düşük oluşu, yüzey sulama yöntemlerinde akış uzunluğunun artmasına ve ekonomik bir sulama yapılmasına olanak sağlar. Sızma

kapasitesi yüksek olan topraklarda ise akış uzunluğunun azalması nedeni ile yüzey sulama ekonomik olmadığından, yağmurlama sulama yöntemi ve diğer sulama yöntemleri uygulanmalıdır. Yağmurlama sulama yönteminde, suyun toprağa uygulanış hızı sızma kapasitesinden yüksek olmamalıdır (Korukçu ve Yıldırım, 1981). Aksi halde yüzeyde su göllenmeleri ve arkasından yüzey akışı başlar (Delibaş, 1994). Yağmurlama sulama yöntemlerinde göllenme ve erozyona neden olmayacak başlık debisinin ve tertip aralıklarının saptanmasında limit (en düşük) sızma kapasitesi büyük önem taşır.

Sızma kapasitesinin saptanmasında, sızma kapasitesine etki eden faktörler dikkate alınmalıdır. Sızma kapasitesini etkileyen en önemli faktörler; toprağın yapısı, bünyesi, porozitesi, nem içeriği, organik madde miktarı, başlangıç nemliliği gibi fiziksel özellikler ile tuzluluk ve alkalilik gibi kimyasal özelliklerdir. Ayrıca toprak yüzeyinin meyil derecesi, topoğrafik yapısı, bitki örtüsü, toprak işleme durumu, otlama durumu, su uygulama süresi ve yağış şiddeti de sızma kapasitesi üzerinde etkilidir (Delibaş, 1994).

Toprak yüzeyi, bitki veya bitki artıkları ile örtülü olduğu zaman sızma kapasitesi artar, yüzey akışı azalır. Bitki örtüsünün bulunmadığı topraklara, sulama veya yağışlar yoluyla su verildiği zaman, üst toprak gevşek ise başlangıçta sızma kapasitesi yüksektir, fakat kısa bir süre sonra toprak yüzeyinde ince materyalin parçalanarak çatlak ve yarık gibi açıklıkları tıkanması yüzünden, sızma kapasitesi düşmeye başlar (Delibaş, 1994).

Bu faktörlerin yanı sıra bütün topraklarda (çok kumlu topraklar hariç) sızma kapasitesi zamanın bir fonksiyonudur. Su, toprakla ilk defa temas geçtiğinde, sızma kapasitesi yüksektir. Temas süresi uzadıkça sızma kapasitesi giderek azalmaya başlar. Bu azalma, kapasite sabit bir değere düşüncüye kadar devam eder. Sızma kapasitesinin sabitleşmesi için gereken süre, toprak çeşidine bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişiklik gösterebilir (Delibaş, 1994).

2.8.2. Sızma Modelleri

Yüzeysel akış açısından bir kayıp oluşturmasına karşın, yeraltı suyunun en önemli kaynağı olan sızma için çeşitli modeller geliştirilmiştir (Chow ve diğ., 1988).

Yağış şiddetinin o andaki zeminin sızma kapasitesinden büyük olması halinde, zemine birim zamanda sızan su miktarı (sızma hızı), sızma kapasitesine eşit olacaktır. Aksi halde sızma hızı, yağış şiddeti ile sınırlı olur (Bayazıt, 1998).

2.9. BUHARLAŞMA İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Göllerde buharlaşma sonucu oluşan su seviyesi değişimlerinin etkilerini araştırmak için çeşitli ölçüm metotları geliştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Morton (1974), önerdiği bir modelle meteorolojik veriler kullanarak buharlaşma ve terlemeyi tahmin etmiştir. Kanada, İrlanda ve Güney Amerika'da bulunan 118 akarsu havzası için yapılan su bütçesi sonuçları ile model sonuçlarını karşılaştırmış ve sonuçların iyi fakat modelde bazı eksikliklerin olduğunu belirtmiştir. Karşılaştırma sonucunda, modeldeki bu eksiklikleri, hassas nem değerleri ölçümlerine, deniz ve okyanus gibi süreksiz kıyıların bulunmasına, kısa zaman periyotlarına, derin göllere ve zemin-bitki sistemlerine bağlanmıştır.

Stewart ve Rouse (1976), Hudson Bay ovalarındaki sığ bir gölden yaz aylarında meydana gelen buharlaşmayı tahmin etmek için enerji, bütçe ve denge model yaklaşımlarını kullanmışlardır. Priestley-Taylor metodunu kullanarak göldeki yarım saatlik ve günlük buharlaşma değerlerini tahmin etmişlerdir. Hava sıcaklığına ve güneş radyasyonuna bağlı olan basit bir model geliştirmişlerdir. Bu modelin sonuçları ile gerçek buharlaşma değerleri arasında % 10'luk bir fark olduğunu belirlemişlerdir.

Coleman ve DeCoursey (1976), altı adet buharlaşma ve evapotranspirasyon modelinin değişken duyarlılığını ve hata varyansını belirlemişlerdir. Modelleri karşılaştırmak için, birim değişkenindeki birim değişimle buharlaşmadaki yüzde değişim olarak belirlenen nispi duyarlılığı hesaplamışlardır. Modelin eğilimini veya tahmin doğruluğunu belirlemek için hiçbir test yapılmamasına rağmen, bütün sistem varyansını belirlemek için cihaz hata varyansının tahmin hata varyansına nasıl ilave edilebileceğini göstermek amacıyla bir teknik önermişlerdir. Model geliştirmede eğer tahmin eğilimi yok ise bu iki varyansların toplamının minimum olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Phillips (1978), Ontario Gölü'ndeki günlük buharlaşmayı, değiştirilmiş kütle transfer tekniğini kullanarak hesaplamıştır. Günlük, aylık ve yıllık buharlaşma miktarlarını, kütle transfer, enerji dengesi ve su bütçesi metotlarının sonuçları ile karşılaştırmıştır ve sonuçlar arasındaki farklılıkları göstermiştir.

De Bruin (1978), sığ bir gölden buharlaşmanın hesaplanması için Priestley-Taylor ve Penman denklemlerini birleştirerek basit bir model elde etmiştir. Hollanda'daki büyük bir gölde bu modelle tahmin edilen 1, 5, 10 ve 20 günlük buharlaşma değerlerini enerji bütçe ölçümleriyle karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda 10 gün ve daha fazla periyotlar için modelin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Morton (1979), aylık sıcaklık, nem ve güneşlenme süresi gözlemlerinden yıllık göl buharlaşmasının tahmini için bir model geliştirmiştir. Model tahminleri ıslak alanlarda yüksek, kurak alanlarda ise düşük değerler vermiştir. Model sonuçlarını su bütçesi tahminleri ile karşılaştırmış ve sonuçların uyum içerisinde olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda, giriş akım ısısını göz önüne almış ve buharlaşmanın enerji bütçesi tahminleri ile uygun sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Mevcut verilerle, geniş bir bölgede gerçek sonuçlar veren modelin su kaynakları ve çevresel etki çalışmalarında oldukça kullanışlı olduğunu belirtmiştir.

Hostetler ve Bartlein (1990), göl sıcaklığı ve buharlaşmadaki mevsimsel değişimi benzeştirmek için eddy difüzyon modelinin geçerliliğini test etmişlerdir. İklimsel değişimlerin sebep olduğu Harney-Malheur Gölü seviyesindeki dalgalanmaları düzenlemek için uygulanan basit bir göl seviye modeline buharlaşmanın benzeşimi için eddy difüzyon modelini girdi olarak kullanmışlardır.

Vardavas ve Fountoulakis (1996), Avustralya'da bulunan dört göl için, standart meteorolojik verilerle Penman formülünü kullanarak aylık göl buharlaşma tahmini için basit bir net ısı modeli sunmuşlardır. Model tahminleri dört göl için ortalama aylık buharlaşma ölçümleri ile iyi bir yaklaşım göstermiştir. Net ısı modelini, rüzgar ölçümleri gerektirmeyen Priestley-Taylor ile kullanmışlar ve sonuçların gözlem sonuçları ile uyum içerisinde olduğunu belirtmişlerdir.

Biftu ve Gan (2000), 1996-1997 yaz aylarına ait meteorolojik veriler kullanarak Paddle akarsu havzasındaki farklı bölgelerdeki saatlik evapotranspirasyonun (ET) tahmini için Penman-Monteith, değiştirilmiş Penman ve iki-kaynaklı (two source) modelleri kullanmışlardır. Orman ve ziraat alanlarındaki ET nin hesaplanması için Penman-Monteith modelinin uygun olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte Penman-Monteith modelinin örtülü alanlarda meydana gelen toplam ET değerlerinin kısmen altında değerler verdiğini söylemişlerdir. Değiştirilmiş Penman modeli, gün esnasında saatlik ET nin altında değerler verirken sabah erken saatlerde ve öğleden sonra geç saatlerde üzerinde değerler verdiğini ve iki kaynaklı modelin havza su dengesinden elde edilen ET ile uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Şorman (2002), Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) teşkilatlarının katılımları ile tamamlanmış olan Tübitak (INTAG 830) tarafından desteklenen projede, Van Gölü su bütçesi oluşturulurken Van Gölü kıyısında kurulan meteorolojik rasat parkından elde edilen verileri kullanmıştır. Enerji denklemlerini kullanarak göldeki buharlaşma değerlerini 1999 ve 2000 yılları için hesaplamış ve tava buharlaşma değerleri ile karşılaştırmıştır. Ayrıca, göle karışan nehir akımları, göl hacmindeki değişiklikler ve göl aynasına düşen ortalama yağışların katılması ile su bütçesinin oluşmasını sağlamıştır. 1993 yılında göl seviyesinde 68.7 cm'lik bir su yüzeyi artışı görülmesine karşın 2000 yılında 50 cm'lik bir azalma olduğunu ifade etmiştir. 1996 yılından sonra yağış ve akış değerlerinde azalmaların olduğu, bunların yanısıra göl buharlaşma değerlerinde % 45'lere varan artışlar nedeni ile göl seviyesinde düşmeler gözlemlendiğini belirtmiştir.

2.10. BAZI GÖLLER ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Holdren ve Turner (2010), Colorado Nehri üzerinde yer alan ve Amerika Birleşik Devletleri'nin en büyük rezervuarı olan Mead Gölü'nün su seviyesi değişimini hesaplamışlardır. Mead Gölü, 1934 yılında doldurulmaya başlamış ve günlük ortalama su yüksekliği 1 Şubat 1935' de izlenmiştir. Rezervuardaki su yüksekliği, 1 Mart 1937 'ye kadar 318,5 m'ye ulaşmış. Ancak bu yükseklik 1941 yılında 366 m 'ye ulaşmış ve 1960'ların başında 332 m'ye düşmüştür. Mead Gölü'nün su yüksekliği 1980 'lerde düşüş

yapmış ve tekrar 1999 yılında 370 m üzerine yükselmiştir. Göldeki su seviyesi 1999 yılından bu yana, uzun kuraklık ve nüfus artışı sebebiyle 40 m'ye kadar düşmüştür.

Guyer ve İlhan (2010), Türkiye'de Marmara Denizinin kuzeyinde yer alan Büyükçekmece Gölü su kalitesi değişikliklerinin incelenmesi ve Türk Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine uygun olarak sınıflandırılması ve arazi kullanım uygulamaları, nüfus yoğunluğu ve Büyükçekmece havza yerleşim etkilerinin değerlendirilmesini yapmışlardır. Bunun için Aralık 2007 ve Temmuz 2008 ayları arasında, Büyükçekmece Gölü'nün ham su ve gölü besleyen dört tane kaynaktan su örnekleri toplanmıştır. Su kalitesi, deneysel çalışmalar ile belirlenmiş ve sonuçlar (Turkish Water Pollution Control Regulation) (Türk Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği) (TWPCR)'ye uygun olarak değerlendirilmiştir. Bu deneysel çalışmaların sonucunda Büyükçekmece Gölü'nün su kalitesi ikinci sınıftan olduğu tespit edilmiş ve nüfus artışı ve yerleşim etkilerinden dolayı üçüncü sınıfa doğru hareket etmekte olduğu anlaşılmıştır.

Yıldırım ve diğ. (2010), Akşehir ve Eber Gölü kıyıları ve su seviyesi arasındaki değişiklikleri ve bu göllerde su seviyesi değişikliklerini araştırmışlardır. 1975 yılından 2004 yılına kadar zemin göl seviyesi verilerine dayanarak, Akşehir Gölü'ndeki su seviyesi 953,35m 'den 956,02 m 'ye yani 2.67 m artmış ve Eber Gölü'ndeki su seviyesi 966,75 m 'den 964,72 m 'ye yani 2.03 m azalmıştır. 1965-2005 yılları arasında Akşehir Gölü'ndeki ortalama yıllık yağışın 417 mm, göle akan yüzeysel akış su miktarının 59 m³, göldeki buharlaşmanın 1116 mm ve göldeki su seviyesi değişiminin 1 mm olduğu ispat edilmiştir. 1965-2001 yılları arasında Eber Gölü'ndeki ortalama yıllık yağışın 345 mm, göle akan yüzeysel akış su miktarının 73 m³, göldeki buharlaşmanın 987 mm ve göldeki su seviyesi değişiminin 0 mm olduğu ispat edilmiştir.

Chebud ve Melesse (2009), Etiyopya'nın kuzeybatı kısmında yer alan Tana Gölü'nün su bütçesini tahmin etmişlerdir. Etiyopya'da yağış değişiminden dolayı, Tana Gölü'ndeki su seviyesi, yıllık ve mevsimsel olarak değişiklik göstermiştir. Tana Gölü'nün, iklim değişikliklerine karşı çok az duyarlı olduğunu bildirmişlerdir, yağışın %50 azalmasına rağmen göl su seviyesi % 10 düşüş göstermiştir.

Lenters ve diğ. (2004), Amerika Birleşik Devletleri'nin Kuzey Wisconsin bölgesinde bulunan Sparkling Gölü'nün buharlaşma oranının 10 yıllık (1989 yılından 1998 yılına kadar) mevsimsel değişikliklerinin analizini yapmışlardır. Buharlaşma oranını hesaplamak için, enerji bütçesi yöntemini kullanmışlardır. Çalışma dönemi boyunca Sparkling Gölü'nün ortalama buharlaşma oranının 3.1 mm /gün, değişim katsayısının % 25 ve standart sapmanın 0.8 mm /gün olduğunu ispat etmişlerdir.

Meless ve diğ. (2006), Kanada'da Dakota bölgesinin kuzeydoğusunda yer alan Devils Gölü'nün su bütçesi ve göldeki su seviyesi değişimini hesaplamışlardır. Kullanılan metodoloji tahminlerine göre gölde ortalama 0.12 m su artışı gözlenmiştir. 1997 yılında göle yağın yağış miktarı 472 mm iken 2003 yılında 481 mm olarak bulunmuştur. Göl su seviyesi değişimi ise, 1991 yılında -0.27 m, 1994 yılında 1.52 m, 1997 yılında 1.29 m, 2000 yılında 0.06 m ve 2003 yılında 0.01 m olarak tespit edilmiştir.

3. GÖL HİDROLOJİSİ

3.1. GENEL HİDROLOJİ

Yeryüzünde canlıların yaşamını devam ettirmek için suyu kullanmak ve kontrol altına almak istemesi gerektiğinden insanlar tarihin başlangıcından beri su ile ilgilenmişler, suyun her türlü özelliklerini tanımaya, hareketini yöneten kuramları belirlemeye, oluşturabileceği tehlikeleri belirlemeye, önlemeye ve sudan en iyi şekilde yararlanmaya çalışmışlardır. Suyun hareketini inceleyen bilim hidromekanik, bu bilimin teknikteki uygulamasına hidrolik denir. Hidroloji ise suyun dünyadaki dağılımını ve özelliklerini inceler. Hidrolojinin en geniş tanımı, 1962 tarihinde A.B.D. Bilim ve Teknoloji Federal Konseyi Bilimsel Hidroloji Komisyonu tarafından önerilmiştir. Hidroloji, yer küresinde (yani yeryüzünde, yer altında ve atmosferde) suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilimdir.

Bu tanımıyla hidroloji diğer birçok bilimlerin alanlarına da girmektedir. Disiplinler arası bir niteliği olan Hidroloji bilimi matematik, fizik ve kimya gibi bilimlerle çok yakın bir ilişki içindedir. Hidroloji ile diğer bilimler arasındaki sınırları kesin olarak belirginleştirmek çok güçtür. Ancak atmosferdeki su ile daha çok meteorolojinin, denizlerdeki su ile oşinografinin, yerin derinliklerindeki su ile de jeoloji ve zemin fiziğinin uğraştıkları söylenebilir.

Atmosfer biriktirme sisteminden yüzeysel biriktirme sistemine düşen yağışın bir kısmı sızma yoluyla zemin nemi biriktirme sistemine, oradan da perkolasyon yoluyla yer altı biriktirme sistemine geçmektedir. Her üç sistemin de buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfer ile ilişkileri bulunduğu gibi yüzeysel biriktirme sistemine düşen yağış eklenip buharlaşma kayıpları çıktıktan sonra geriye kalan su akarsularda akış şeklinde denizlere veya göllere ulaşmakta, oradan buharlaşma ile atmosfere geri dönmektedir. Hidrolojik çevrim sırasında su aynı zamanda yer yüzeyinden söktüğü katı taneleri akarsular yoluyla

göl ve denizlere taşıyarak yerkabuğunun biçim değiştirmesine sebep olur (Bayrak, 2008).

3.2. HİDROLOJİK ÇEVİRİM

Su doğada çeşitli hallerde (sıvı, katı, gaz) olarak bulunmakta ve yer küresinin çeşitli kısımları arasında durmadan dönüp durmaktadır. Suyun doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden hidrolojik çevrim denir. Hidrolojik çevrimi gözden geçirmeye her hangi bir noktadan başlayabiliriz. Atmosferden başlayacak olursak, atmosferde buhar halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış şeklinde yeryüzüne düşer. Karalar üzerine düşen suyun büyük bir kısmı (%60-75 kadarı) zeminden ve su yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerden terleme yoluyla (tutma) , bir kısmı zeminden süzülerek yeraltına geçer (sızma). Geriye kalan su ise yerçekimi etkisi ile hareket ederek akarsulara ve onlar yoluyla denize ulaşır (yüzeysel akışa) katılır. Yeraltına sızan su ise yer altı akışı yoluyla sonunda yeryüzüne çıkarak yüzeysel akışa katılır. Denizlere ulaşan su da buharlaşarak atmosfere geri döner. Görüldüğü gibi su, katı, sıvı ve gaz hallerinde doğanın çeşitli kısımları arasında ve çeşitli yollar izleyerek dönüp durmaktadır. Bu çevrim için gerekli enerji güneşten ve yerçekiminden sağlanır. Yerküresinin iklim sistemi ile yakından ilişkili olan hidrolojik çevrim günlük ve yıllık periyotları olan bir süreçtir (Beyazıt, 1995).

3.3. SU GİRİŞ VE ÇIKIŞLARI

Akarsuların giriş/çıkışları göle mekanik ve termodinamik enerjinin giriş/çıkışına neden olur. Eğer giren suyun sıcaklığı göl suyunun sıcaklığından daha fazla ise giren su göl yüzeyinde yüzecektir, fakat eğer daha soğuk ise daha yoğun olacağından dibe doğru batacak ve akarsuyun su sıcaklığı ile göl su sıcaklığı aynı değere geldiği derinlikte karışma sebep olacaktır. Daha önce yapılmış çalışmalarda; su giriş ve çıkışının sadece lokal alanı etkilediği görülmüştür, tüm gölde etkili değildir. Bu yüzden pek çok eski hidrodinamik modelleme çalışmalarında; göle su giriş ve çıkışları modele dahil edilmemiştir (Mercan, 2006).

3.4. GÖL TABAKALAŞMASI VE TABAKALAŞMAYA GÖRE SINIFLAMA

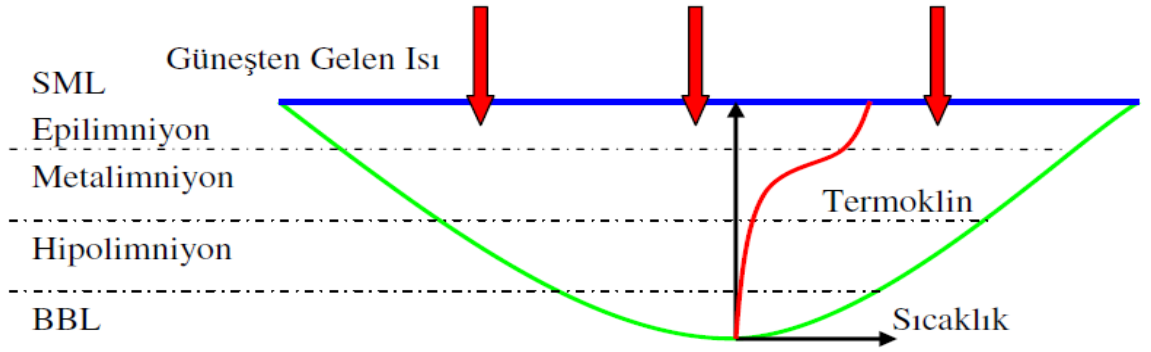
3.4.1. Gölde Tabakalaşma

Göl ve rezervuarlarda; hidrodinamik model çalışmaları açısından en önemli fiziksel/kimyasal/biyolojik parametre su sıcaklığıdır. Suyun özgül kütlesi sıcaklıkla değişir ve en yoğun olduğu sıcaklık +4 °C'dir, yani su sıcaklığı +4 °C'den daha büyük veya küçük olduğunda suyun özgül kütlesi azalmaktadır. Bu özellik; göl ve denizlerde dipteki suyun donmasını önlemektedir.

Her gölde her zaman gözle görülecek kadar belirgin olmasa bile gölde üç ayrı tabakadan söz edilir. En üstte tüm dış etkilere açık “epilimniyon (epilimnion)”, en altta “hipolimniyon (hypolimnion)” ve ortada suyun sıcaklığının değişiminin büyük olduğu yer olan “metalimniyon (metalimnion)” tabakası vardır. Bu tabakalar sıcaklığa bağlı olarak değişen göl suyunun özgül kütlesine göre şekillenir. En alttaki su kütlesi olan hipolimniyonda sıcaklık değişimi ihmal edilebilir. Metalimniyon kısmında ise göl suyunun sıcaklık değişimi büyüktür (Mercan, 2006).

Gölün tüm zeminle temas ettiği yerde su ile toprak birleşiminin olduğu, ince tabakaya bentik sınır tabakası (Bentic Boundary Layer, BBL) denir. En üstte en fazla etkiye açık olan kısım ise yüzey karışım tabakası (Surface Mixing Layer, SML) olarak tanımlanır.

Göllerdeki tabakalaşma mekanizmasının en önemli sebebi; suyun sıcaklığına bağlı olarak özgül kütlesinin değişmesidir. Bu değişim düşeyde yazın ve kışın tabakalaşmaya sebep olur. Tabakalaşma belirgin ise gölde rüzgar veya debi girişlerinden meydana gelen türbülans, tabakaların birbirine karışması için yeterli olmaz ve düşeydeki madde alışverişi de o ölçüde sınırlandırılmış olur. Düşeydeki tabakalaşma ne kadar belirgin ise göl o kadar kararludur, dış etkilerden o kadar az etkilenir. Kararlılık günden güne ve yıldan yıla da değişim gösterir (Mercan, 2006). Göldeki tabakalaşma Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Gölde Tabakalaşma (Mercan, 2006)

Güneş ışınları göl suyunun sıcaklığını değiştirir. Işınan göl suyu, rüzgarın etkisiyle oluşan türbülans ile aşağıya doğru karışarak gölün sıcaklığının değişmesine sebep olur. Bununla beraber bu karışım sadece sığ göllerde etkilidir. Diğer göllerde bu karışım sınırlıdır ve karışımın olduğu kısım epilimniyon tabakasıdır. Yaz aylarında epilimniyon tabakasındaki su sıcaklığı yükselir ve rüzgar hızı düşük olduğundan karışım azdır (Octavio ve diğ., 1977).

Tabakalaşma; yaz ayları boyunca (ısınma periyodunda) güneşin göldeki üst tabakayı ısıtmasıyla meydana gelir. Yazın göl yüzeyindeki su güneşten dolayı daha fazla ısınır ve sıcaklık arttıkça suyun özgül kütlesi azaldığı için daha hafif olur. Böylece üstteki su daha fazla ısınarak alttaki su soğuk kalacaktır. Böylece tabakalaşma daha belirgin hale gelir. Yaz aylarının sonunda göl yüzeyindeki su soğur ve ağırlaşarak dibeye doğru hareket eder ve karışımına sebep olur.

Yaz aylarının sonunda göl yüzeyindeki toplam net enerji dengesi negatif olur yani göl soğumaya başlar. Buharlaşma ve güneş ışınlarının azalmasından dolayı göl yüzeyi soğur ve epilimniyon tabakasının geri kalan kısmı soğumaya başlar. Bu soğuma, üstteki su kütlesinin batma ve yüzme durumlarını değiştirir. Yüzey soğur, daha yoğun hale gelir ve batar. Bu işleme ters ısı yayılımı denir. Isı yayılımı, göl eşit sıcaklığa ulaşınca kadar devam eder. Eğer su soğumaya devam ederse üstteki tabaka gölün en soğuk ve en hafif tabakası olacaktır. Göl tabakalaşması açısından suyun bu özelliği, kışın ters tabakalaşma olarak adlandırılmaktadır.

Göle ulaşan akarsuların momentumu ile oluşan kayma kuvveti türbülans meydana getirir. Göle ulaşan akarsu akımlarının sıcaklığı, eğer gölün yüzeyindeki su sıcaklığından daha büyükse, tatlısu yüzeyde batmadan hareket eder ve göldeki derinlik boyunca mevcut tabakalaşmayı daha da kararlı hale getirir. Eğer akarsuyun su sıcaklığı gölün su sıcaklığından daha küçükse; akarsuyun taşıdığı su gölün dibine doğru batar ve göl suyu ile karışır. Göle ulaşan akarsuların su sıcaklığı, aynı derecedeki göl suyunun bulunduğu derinliğe kadar tabandan akar. Belli bir derinlikte de aynı sıcaklığa ulaşır ve akarsudan gelen su yatay olarak ilerler ve sular birbiriyle karışır.

3.4.2. Tabakalaşmaya Göre Sınıflama

Tabakalaşmayı oluşturan en önemli etkiler; suyun termodinamik özelliği, rüzgar, giriş ve çıkış debileridir. Göller tabakalaşma özelliklerine göre; dimiktik, monomiktik, polimiktik, oligomiktik, meromiktik ve amiktik olmak üzere altı gruba ayrılır (Lewis, 1983).

3.4.2.1. Dimiktik göller

Bir gölde iki döngü varsa bu göle “dimiktik (dimictic)” denir. Ilıman bölge gölleridir, ilkbahar ve sonbaharda karışım vardır.

3.4.2.2. Monomiktik göller

Ekvator ve kutuptaki göller monomiktik göllere örnek oluştururlar.

a. Soğuk Monomiktik göller: Tüm yıl boyunca göldeki su sıcaklığı $+4^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerine çıkmıyorsa tek döngü vardır ve bu göllere “soğuk monomiktik (cold monomictic)” göl denir. Bu tip göller; soğuk iklime sahip yerlerde bulunurlar ve yazın zayıf bir karışıma sahiptirler.

b. Sıcak Monomiktik göller: Kış ayları boyunca göldeki su sıcaklığı $+4^{\circ}\text{C}$ 'nin altına inmiyorsa bu gölde tek döngü vardır ve bu göle “sıcak monomiktik (warm monomictic)” göl denir. Sıcak ılıman veya subtropik iklime sahip göllerdir ve sadece kışın karışım vardır.

3.4.2.3. Polimiktik göller

“Polimiktik (Polymictic)” göller, düzenli ve devamlı çevrime sahiptirler (yılda ikiden fazla döngüye sahiptirler) yüksek rüzgar ve hava sıcaklığında küçük sezonluk değişimler mevcuttur. Yüksek enlemlerde ya da ekvatorunda bulunan göllerdir. Mevsime bağlı olmayan, küçük sıcaklık değişimlerine bağlı olarak sürekli karışım vardır.

3.4.2.4. Oligomiktik göller

“Oligomiktik (Oligomictic)” göller nadir çevrimlere sahiptir, genelde yüksek hava sıcaklığına sahip yani tropik iklimi olan bölgedeki göllerdir. Sıcaklık zayıf karışıma sebep olur.

3.4.2.5. Meromiktik göller

“Meromiktik (Meromictic)” göller karışmadan dururlar, ya da çok nadir karışırlar. Buna en iyi örnek çok tuzlu göllerdir. Bu tip göllerde tam karışım yoktur. Genelde gölün su sıcaklığında değişim olduğunda karışım meydana gelmez.

3.4.2.6. Amiktik göller

Hiç bir döngüsü olmayan yüzeyi buzla kaplı göllerdir.

3.5. GÖLLERDEKİ SU DENGESİ

Özellikle yağmur ve ısı etkisi gibi mevsimsel değişikliklerin sonucunda, su dengesindeki su seviyelerinde değişiklikler olur. Bu değişiklikler su kullanımına etki eder. Birçok gölde yıl boyu su kullanımını ayarlamak ve su kullanımındaki değişiklikleri kontrol etmek için insan yapımı kontrol mekanizmaları bulunmaktadır. Uzun süreli sıcaklık değişiklikleri yani kurak veya yağışlı geçen yıllar da su seviyesine büyük ölçüde etki etmektedir. Ayrıca taşımacılık, kıyı erozyonu, biyolojik habitattaki değişiklikler, su taşkınları ve arazi kaybı da sudan faydalanmamızı engelleyen önemli sebeplerdir.

Suyun devir süresi kavramı çok önemlidir. Suyun devir süresi teorik olarak göldeki su hacminin gölden çıkan toplam su hacmine oranıdır. Normal göllerde birkaç günden onlarca yıla kadar hatta yüzyıla kadar değişebilir. Bununla birlikte teorik olarak hesaplanan devir süresi, göl sularında homojen karışım olduğu için nadiren görülür.

Termal yapı, dip sularının karışımına ve su sirkülasyonu karakteristiklerine bağlıdır. Göllerin çoğu su kütlelerinin değişim süresine göre karakterize edilir. Yazın epilimniondaki sıcak su kütlesi daha soğuk olan hipolimniondaki soğuk su kütlesi ile kısa sürede yer değiştirir. Buna karşın dip sularının sirkülasyonu daha uzun zaman alır (Bayraktar, 2004).

3.6. İKLİMSEL ÖZELLİKLERİN SU KAYNAKLARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRMESİ

Su kaynaklarının en uygun şekilde planlanması ve akılcı yönetimi için suyun kalitesi ve miktarı, meteorolojik verilerin yeterli miktarda ve güvenilir olarak gözlenmesine ihtiyaç vardır. Türkiye'de iklimsel koşullar zamansal ve uzaysal olarak oldukça değişkenlik göstermektedir. Kuraklık ve taşkın olayları sık sık yaşanan olaylardır. Bu nedenle, su gereksinimlerinin karşılanabilmesi için suyun yönetimi önem kazanmaktadır. Diğer yandan, Türkiye hızlı bir kalkınma süreci içinde olup, kırsal kesimden şehirlere göç sorunu devam etmektedir. Nüfus artışı oranı yüksektir. Bu nedenlerle, suya olan artan talebin, yeni su kaynakları projeleri geliştirmek yoluyla karşılanması konusunda çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Bu durum, su kaynakları yönetiminde yeni tekniklerin ve stratejilerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sistem performansının artırılması ve verimliliğin sağlanması için su kaynakları projelerin işletilmesi ve yönetiminde uygulamanın transferi günümüzde benimsenen bir husustur. Yağışların düzensiz karakteri sulamayı zorunlu kılmaktadır. Suyun evsel, tarımsal ve endüstriyel kullanımı ülkelerin kalkınması ve insan faaliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sulamanın su tüketiminde % 75'lik bir paya sahip olduğu günümüzde, sulama projeleri kalkınma faaliyetlerinde önemli bir paya sahiptir. Diğer yandan, su ekonomik bir varlık olup, çeşitli sektörlerin gereksinimleri arasında geçiş yapma özelliğine sahiptir. Suyun kıt bir kaynak oluşu nedeniyle, tarıma ayrılan su, nüfus artışı ile sanayileşmenin artmasına paralel olarak azalma gösterdiğinden ve bu eğilimin giderek artacağından dolayı daha etkili sulama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sulama suyunun verimli kullanılabilmesi için çalışmaların havza bazında ele alınması, havza su verim ve tüketim dengesinin yeni teknolojik bilgilerin çerçevesinde kurulması, yasal altyapının oluşturulması gerekir. Bu çerçevede, suyun planlanması, yönetilmesi uygulamaları sürdürülebilir, katılımcı ve demokratik yapıya uygun politikalar geliştirilerek etkinleştirilebilir. Yarı-kurak bir iklime sahip Türkiye'de sulamanın önemi büyüktür. Bilimsel değerlendirmeler, önümüzdeki yıllarda dünyada ve özellikle Akdeniz çevresinde toprak verimliliğinin kuraklık nedeniyle giderek azalacağını ve çöl alanlarının genişleyeceğini ortaya koymaktadır. Bu olumsuz etkileri en aza indirgeyebilmek için, su kaynaklarının düzenlenerek, depolama tesislerine ve sulama yatırımlarına ihtiyaç vardır. Ancak bu yatırımların havza bazında belirli bir bütünlük

içinde ve sektörel gereksinimler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Bazı durumlarda havza ile sınırlı kalmak da yeterli olmamaktadır. Mevcut su kaynaklarının düzenlenirken, havza bazında su gereksinimleri ele alındığında, bazı havzalarda su fazlası varken, bazı havzalarda da su yetersizliği bulunmaktadır. Bu durum havzalar arası su taşınımını gündeme getirmektedir. Bu gibi durumlar, bölgesel ölçekte planlamayı ve dolayısıyla merkezi planlamayı zorunlu kılmaktadır (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, Basın Bülteni, Aralık 2007).

3.7. AKARSULAR

Akarsular, yağmur, kar, kaynak ve göl ayaklarından beslenirler. Bütün akarsular meyil ve yerçekimi sebebiyle devamlı iniş aşağı akarlar. Akarsuların hızı; taşıdığı suya, yatağın eğimine, daralıp genişlemesine göre farklıdır. Yatak daraldıkça su çoğalır ve hız artar. Hız, kıyılarda ve suyun dibine yakın yerlerde daha az, yatağın yüzüne doğru olan kısımda ise daha fazladır. Akarsular ilk başlangıç yerlerinde hızlı akarlar. Denize, koya ve göle döküldükleri yerlerde ise hızları yavaşlar.

Akarsuların beslenen havzalarına yakın olan yerlerine akarsu yukarı yatağı denir. Bu bölgelerde suyun az, hızın fazla, derinliğine oyma çok olduğundan büyük kazanlar, çavlanlar, çağlayanlar meydana gelir (Beyazıt, 1995).

Akarsuların, ortalarında kalan yerlerine orta yatak ismi verilir. Bu bölümün şekli tekneye ve U harfine benzer. Yeni karışan su kollarıyla bu alanda su fazlalaşır, meyl azalır. Bunun için de suyun hızı buralarda düşer. Tortulaşma başlar. Suların en hızlı aktığı noktaların birleştirilmesiyle ortaya çıkan çizgiye akarsu hız çizgisi denir. Hız çizgisi akarsuyun ortasında olduğu gibi bazen sağa ve sola saptığı da görülür. Bu durum suyun orta yatağında meydana gelir, nehir ağızlarında birikir ve deltalar meydana gelir. Akarsuların hızı ve aşındırması bu yatakta azaldığı için, sular sert bölgelere rastlayınca, akım yönünü değiştirirler ve yumuşak bölgelere doğru akarak kıvrımlar ve dirsekler meydana getirirler. Bu dirsek ve kıvrımlara Menderes adı verilir. Menderesler, akarsuların uzamasına ve yatakların genişlemesine sebep olur. Bazen iki menderes arasında kalan kısımlar aşınarak birleşirler ve akarsuların ortasında adacıklar meydana gelir.

Akarsuların döküldükleri deniz ve göllere yakın olan yerlere aşağı yatak denir. Bu kısımlarda su fazla, hız az, yığın biriktirme oldukça kuvvetli, taşıma ve aşındırma ise azdır. Yukarı yataktan gelen çakıl, kum ve alüvyonlar burada çökelirler. Bu sebepten akarsuların aşağı yatakları yükselir, yollarını değiştirirler. Akarsuların döküldükleri denizler sakinse, sürükledikleri, kum, çakıl, alüvyon gibi maddeler nehir ağızlarında birikir ve deltalar meydana gelir. Suların döküldüğü denizler hareketli ise, sürüklenen maddeler birikmez ve gitgide akarsuyun ağızı oyulur. Bu oyulmalara haliç denir (Beyazıt, 1995).

Bir akarsuyun herhangi bir noktasından bir saniyede geçen suyun miktarına (m^3 olarak) o akarsuyun debisi; debinin bir yıl içindeki sürekli değişmelerine de akarsu rejimi denir.

En küçük akarsuya dere, derelerin birleşmesiyle çay, çayların ve derelerin birleşmesiyle ırmaklar, nehirler meydana gelir. Bu ırmak ve nehirlerin bir çoğu okyanuslara ve onların kolu olan denizlere dökülerek kaybolup giderler. Bazıları da okyanus ve denizlere değil, göllere dökülerek yok olurlar.

Kıyı akarsuları en kısa yoldan denize dökülürler. Step ve çöl gibi kurak yerlerdeki akarsular çoğu zaman sızma ve buharlaşma ile sularını kaybederek denize ulaşırlar. Bazıları ise buharlaşmalar ile veya suyu emen yatak içinde sızmalarla sularını kaybederler veyahutta yeraltına dalarak bir zaman orada akarlar.

Bütün akarsuların akımı, yağışlara, sızma ve buharlaşmaya, kar ve buzların erimesine göre değişir. Bu değişim iklimle sıkı sıkıya ilgilidir. Akarsuyun havzasındaki suyun çok bulunmasına akarsuyun kabarık hali, az bulunmasına ise çekik hali denir. Akarsuyun aktığı yere yatak, kenarlarına akarsu kıyısı, akarsuyun sularının toplandığı alana da akarsu beslenme havzası (çevriği) adı verilir. Türkiye'deki akarsular, yapısı itibariyle çok sık yön değiştirirler ve kesin dirsekler meydana getirirler.

3.8. YAĞIŞ VE YAĞIŞLARIN SINIFLANDIRILMASI

3.8.1. Yağış

Havanın herhangi bir şekilde yükselmesi ile içindeki nemin soğuması sonucu yoğunlaşıp 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.

3.8.2. Yağışların Sınıflandırılması

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 ısınıp yükselmesi sonucu soğuması ile oluşan konvektif yağışlar (kısa süreli, şiddetli ve yersel), 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 havada 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 (Beyazıt, 1995).

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

3.9. BUHARLAŞMA

Buharlaşma, suyun sıvı halden gaz haline geçmesi olayıdır. Su yüzeyindeki moleküller yeterli bir kinetik enerjiye sahip olduklarında, kendilerini tutmaya çalışan diğer moleküllerin çekim etkisinden kurtularak sudan havaya fırlarlar. Su yüzeyi civarında

sudan havaya ve havadan suya doğru sürekli bir moleköl akımı vardır. Sudan havaya geçen moleküllerin fazla olması olayına "buharlaşıma" adı verilir.

Buharlaşıma, su, ıslak toprak, kar, nehir, göl ve deniz yüzeylerinden olabilir. Bitkiler üzerine düşen yağışın burada kalması olayına "tutma", bitkiler üzerinden suyun havaya çıkmasına da "terleme" (transpirasyon) denir. Buharlaşıma ve terleme olaylarının ikisine birden "evapotranspirasyon" denir.

Buharlaşıma, su mühendisliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Özellikle baraj göllerinde (rezervuarlarda) biriken suyun önemli bir kısmı buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmekte ve bu sudan yararlanılamamaktadır. Örneğin, tüm barajlardan bir yılda buharlaşan su miktarı, Seyhan Nehri'nin aynı sürede getirdiği suya eşittir. Buharlaşıma mekanizmasını bilmek ve buharlaşmayı azaltıcı önlemler almak, su potansiyelinden yararlanma açısından büyük bir önem taşımaktadır (Beyazıt, 1995).

3.10. YERALTI SUYU VE YERALTINDAKİ SUYUN BÖLGELERİ

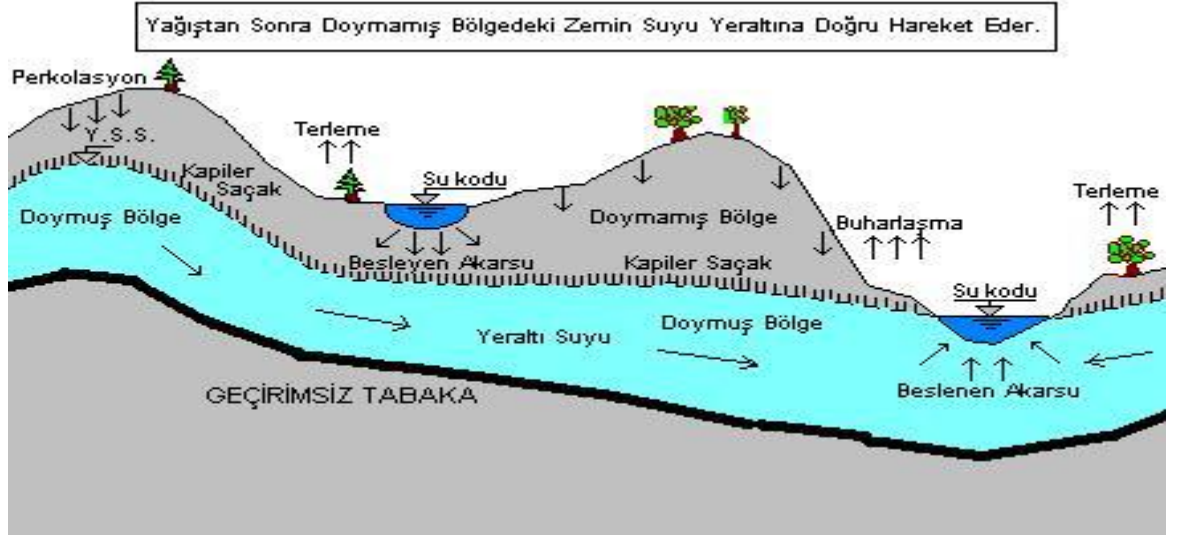
3.10.1.Yeraltı Suyu

Yer küresindeki tatlı suyun büyük bir kısmı yeraltında bulunur. Yeraltındaki su, yeryüzünde akarsularda bulunan suyun 7500 katı kadardır. Akarsulardaki toplam akımın yaklaşık %30'u yeraltından beslenir. Kuyularla yeraltındaki haznedeki çıkarılan su insanlar tarafından geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yeraltından elde edilen suyun iyi bir özelliği de tabii bir şekilde *Filtrelenmiş* olduğundan genellikle bakterilerden, organik maddelerden, koku ve tatlardan arınmış, kimyasal bileşimi, ve sıcaklık derecesi fazla değişmeyen, iyi kalitede olmasıdır. Kurak mevsimlerde insanlar su ihtiyacını kuyularla yeraltında sağlayabilirler. Bugün yeryüzünde kullanılan suyun %40'ı kadarı yeraltından sağlanmaktadır. Hidrolojinin yeraltı suyu hidrolojisi (*Jeohidroloji*) denen kolu yeraltındaki suyun bulunuş şekillerini, özelliklerini ve hareketini inceler (Yenigün, 2009).

3.10.2.Yeraltındaki Suyun Bölgeleri

Yağışlardan sonra yeryüzünden sızan su önce doymamış bölgeye gelir. Bu bölgede zeminin boşluklarında hava ve su birlikte bulunur. Sonra aşağıya doğru hareketine

devam eden su doymuş bölgeye (yer altı suyu) erişir. Yeraltı suyu alt taraftan suyu geçirmeyen bir tabaka ile sınırlanmıştır. Boşluklarda suyun hava ile birlikte bulunduğu doymamış bölgedeki suya vadoz (askıda) su denir. Yeraltı suyunun bölgeleri Şekil 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Yeraltı Suyunun Bulunduğu Çeşitli Bölgeler (Yenigün, 2009)

3.10.2.1. Doymamış Bölge

Bu bölgenin derinliği çeşitli değerler alabilir. Bataklıklarda yeraltı su yüzeyi zemin yüzeyine kadar çıkar, doymamış bölge bulunmaz. Çok kurak bölgelerde ise doymamış bölgenin derinliği 300 metreye kadar çıkabilir. Doymamış bölgede bulunan su zemin tanelerinin çevresinde moleküler ve kapiler gerilmelerle tutulmaktadır. Suyun moleküler adezyon kuvvetleriyle taneye yapışan ve yerçekimi etkisiyle taneden ayrılmayan kısmına Peliküler su denir. Tanelerin çapı küçüldükçe yüzey alanlarının oranı arttığından peliküler suyun oranı da büyür. Zemindeki su miktarının ölçülmesi oldukça güçtür. Laboratuarda zemin numunesinin tartılması ve sonra etüvde kurutulup tekrar tartılarak aradaki farkın bulunmasıyla zemin nemi belirlenebilir (Yenigün, 2009).

3.10.2.2. Doymuş Bölge

Boşlukları tamamıyla yeraltı suyu ile dolmuş olan, bu suyu bir noktadan diğerine iletebilen ve böylece boşluklarındaki suyun dışarıya çıkarılabilmesine imkan veren formasyonlara akifer (su taşıyan tabaka) denir. Bir jeolojik formasyonun akifer niteliğinde olabilmesi için porozitesinin yeter derecede yüksek olması ve zemindeki boşlukların da oldukça büyük olması gerekir (Yenigün, 2009).

4. TÜRKİYE'NİN ÖNEMLİ GÖLLERİ İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER VE BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ

4.1. TÜRKİYE'NİN ÖNEMLİ GÖLLERİ İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER

4.1.1. Van Gölü İle İlgili Değerlendirme

Sularını çevre denizlere gönderemeyen Van Gölü Kapalı Havzası, 16096 km'lik alanıyla İç Anadolu Kapalı Havzası'ndan sonra Türkiye'nin ikinci büyük içe akışlı havzasıdır. Bu sahanın 12500 km'sini, sularını topladığı akarsuların kabul havzaları oluştururken, 3790 km'sini de bizzat gölün kendisi işgal eder. Alansal genişlik bakımından Türkiye'nin en büyüğü olan Van Gölü, dünyadaki kapalı göller içerisinde 13. sırada yer alır. Van Gölü, aynı zamanda dünyanın en büyük sodalı gölüdür.

Van Gölü'nde üç tür seviye değişiminin olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunlar; mevsimsel seviye değişimleri, yıllar arasında görülen seviye değişimleri ve uzun yıllık seviye değişimleri olarak belirtilebilir. Mevsimsel seviye değişimleri, bütünüyle yağış ve sıcaklığın yıl içerisindeki gidişinin kontrolünde gelişmektedir. Bahar ayları ve yaz başında yağışlar ve kar erimeleriyle göl seviyesi hızla yükselmekte ve Haziran ayı ortalarında yıllık en yüksek seviyeye erişilmektedir. Yaz ayları boyunca yağışların iyice azalması ve sıcaklıkla birlikte buharlaşmanın da şiddetlenmesi, göl seviyesinin düşmesine yol açmaktadır. Böylece yılın en düşük seviyesi ekim-kasım aylarında görülmektedir.

Gölden çıkan kol bulunmadığından sular ancak buharlaşma yoluyla kaybedilmekte ve bu olay da tuz birikmesine sebep olmaktadır (Bayraktar, 2004).

4.1.2. Tuz Gölü İle İlgili Değerlendirme

Yüzölçümü bakımından Türkiye'nin Van Gölü'nden sonra ikinci büyük ve en sığ gölüdür. İç Anadolu Bölgesi'nde Ankara, Konya ve Aksaray illerinin sınırının kesiştiği yerde yer alır. Türkiye'nin tuz ihtiyacının %40'ı bu gölden sağlanır. Deniz seviyesinden

905 metre yüksekte ve maksimum ölçüleri kuzeyden güneye 80, doğudan batıya ise 60 kilometredir.

Kapalı bir havzada yer alan göl, jeolojik olarak tektonik kökenlidir. Büyüklüğüne karşın ülkemizin en sığ göllerinden biridir. Derinliği birçok yerde 0.5 metreyi dahi bulmaz. Suyun bol olduğu ilkbahar aylarında göl alanı 164 200 hektara ulaşır. Türkiye'nin en az yağış alan yeri olduğu için akarsu bakımından çok fakirdir. Önemli sayılabilecek akarsuları, güneyden göle giren Bağlıca ve Kırdelik suları, Eşmekaya kaynakları ve batıdan giren İnsuyu ile doğudan gelen Peçenek suyudur. Ancak, bu suların tamamına yakını yazın kurur ve göle ulaşamaz. Aşırı buharlaşmanın da etkisiyle gölün tamamına yakını kurur. Kuruyan bölgelerde 30 cm'yi bulan tuz tabakası oluşur. Sadece ülkemizin değil dünyanın da en tuzlu göllerinden biridir. Suyun yoğunluğu 1.225 gr/ cm³'dür. Tuz oranı ise %32,4'tür.

Gölde, tuz konsantrasyonunun yüksekliği nedeniyle sucul bitkilere rastlanmaz. Göl çevresinde, ancak akarsu etkisinde kalan bölgelerde tuza dayanıklı, seyrek bitki örtüsüne rastlanır (Vikipedi, 2008).

4.1.3. Eğirdir Gölü İle İlgili Değerlendirme

Göller bölgesinde yer alan önemli bir göldür. İdari olarak Isparta ili sınırları içinde yer almaktadır. Keban ve Beyşehir Gölleri'nden sonra Türkiye'nin üçüncü büyük tatlı su gölüdür. Ekolojik karakteri itibariyle Beyşehir Gölü'ne benzemektedir. Gölün derin kısımları orta gıdalı, sığ kısımları ise bol gıdalı özelliktedir. Su rengi turkuvazdır. Jeolojik olarak tektonik bir göldür. Ancak, göl çanağının biçimlenmesinde karstik olaylar da etkili olmuştur.

1938-1991 rasat periyodunda; en düşük su seviyesi Aralık 1975'te 915.33 metre olarak tespit edilmiştir. Bu seviyedeki göl alanı 45.300 hektar ve su hacmi ise 2.74 milyar m³ hesaplanmıştır. En yüksek su seviyesi Mayıs 1969'da tespit edilmiş, buna göre su kotu 919.11 m, göl alanı 48.150 hektar ve su hacmi ise 4.44 milyar m³ olarak gerçekleşmiştir. Göl düşen yağıştan, drenaj alanı yüzeysel akışından ve yer altı suyu akışından beslenmektedir. Gölde güney ucundaki gölayağı, buharlaşma, düdenler ve suni boşalım yani sulama, enerji üretimi ve içme-kullanma suyu temini yoluyla su çıkışı olmaktadır.

Gölu besleyen en önemli akarsular Uluborlu yönünden gelen Popa çayı, Hoyran Ovası'ndan inen Değirmen çayı ve Yalvaç'tan gelen Akçay'dır. Yazın geçtikleri yerlerde sulamada kullanıldığı için, bu çayların suları yaz mevsiminde göle ulaşmaz (Bayraktar, 2004).

4.1.4. Acıgöl İle İlgili Değerlendirme

Afyon, Denizli illeri sınırları içinde kalan ve yüzölçümü 21.000 hektar olan Acıgöl sığ bir tektonik göldür. Göl, dağlardan gelen yüzeysel akımlarla, kaynak sularıyla ve doğudan Başmakçı tarafından gelen Kocaçay'ın sularıyla beslenir; gölden çıkan kol yoktur. Acıgöl, Tuz Gölü'nden sonra Türkiye'nin ikinci tuzlu gölüdür. Gölün batı ve kuzeyinde kendilerine tahsis edilmiş alanlarda üretim yapan şirketlerce işletilen sodyum sülfat (Na_2SO) havuzları vardır. Üç şirket yılda toplam 350.000 ton sodyum sülfat üretmekte, bunu iç ve dış pazara sunmaktadır (Bayraktar, 2004).

4.1.5. Kuş Gölü İle İlgili Değerlendirme

İdari olarak Balıkesir İlinin Bandırma ve Manyas ilçeleri sınırları içinde bulunmaktadır. Marmara Denizi'nin güneyinde, İnegöl Ovası ile Gönen Ovası arasında kalan çöküntü çukurları dizisi içinde oluşan iki gölden biridir. Diğer göl olan Ulubat'tan alçak bir eşikle ayrılmaktadır. Gölün barındırdığı kuş varlığı ve ekolojik değerleri yönünden taşıdığı önemi ve ünü ülke sınırlarını aşmıştır. Dünyaca tanınan kuş alanlarından biridir.

Göl suları tatlıdır. Sığ bir göldür. En derin yeri 4 metre civarında olup, ortalama derinliği 1-2 metredir. Kolloidal kil ihtiva ettiği için suyu devamlı bulanıktır. İlbaharda göl suları yükselir ve kıyıları kaplar. Yaz aylarında ise geri çekilir. Bu ritmik olay her yıl düzenli olarak tekrarlanmaktadır. Gölün normal su seviyesindeki alanı 16800 hektar civarındadır.

Gölün güneyden gelen Kocaçay ve kuzeyden gelen Sığırcı Deresi ve göl alanına düşen yağışlarla beslenmektedir. Buharlaşıma, sulama amacıyla çekilen sular ve güneydoğudan çıkan Karadere göl ayağının Susurluk Çayı'na taşıdığı sularla gölden su çıkışı gerçekleşmektedir.

Göl kıyıları yer yer sazlık ve kamışlık, yer yer de çayırlıktır. Kocaçay ve Sığırcı Derelerinin Göle karıştığı yerlerde söğüt toplulukları bulunmaktadır. Yaz aylarında suların çekildiği yerlerin bir kısmında sebze tarımı yapılmakta, bir kısmı ise çok çeşitli ve gür bitki örtüsü ile kaplanmaktadır. Gölün, bitki örtüsü ve hayvan varlığı yönünden en zengin olduğu yer Sığırcı Deresi'nin oluşturduğu deltadır (Bayraktar, 2004).

4.1.6. Çıldır Gölü İle İlgili Değerlendirme

Ardahan ili sınırları içerisinde kalan göl, 123 km² alanı ile Doğu Anadolu Bölgesi'nin en büyük tatlı su ve en büyük ikinci göldür. Deniz seviyesinden 1959 metre yükseklikte bulunan gölün en derin noktası 42 metre ve tektonik oluşumlu bir göldür. Yüzey akışıyla gelen sular ve pınarlarla beslenir (Vikipedi, 2011).

4.1.7. Erçek Gölü İle İlgili Değerlendirme

Van Gölü'nün 20 km doğusunda tektonik bir çöküntüde oluşmuş ve önü bir lav akıntısıyla kapanmış alkali bir göldür. Yüzölçümü 9520 hektardır. Gölün en derin yeri 30 metre olup dışarıya çıkışı yoktur. Memedik deresinin göle giriş yaptığı yerde sazlık ve ıslak çayırliklar mevcuttur (Bayraktar, 2004).

4.1.8. Akyatan Gölü İle İlgili Değerlendirme

Karataş Gölü, Adana ilinin Karataş ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Adana'ya 48 km. mesafededir.

Akyatan Gölü, Türkiye'nin en büyük lagün gölüdür. Ortalama su seviyesindeki alanı 4.900 hektardır. Yaz boyunca gölü besleyen suların azalması ve yüksek buharlaşma nedeniyle göl alanı çok küçülmektedir. Suyun çekildiği alanlarda geniş çamur düzlükleri oluşmakta ve yaz sonuna doğru tamamen kurumaktadır.

Göl ile deniz arasında yer yer genişliği birkaç km'yi, yüksekliği ise 20 m'yi bulan Türkiye'nin en büyük kumulları yer almaktadır. Yer yer birkaç sıra halinde olan kumul tepeleri arasında deniz seviyesinin altında oluklar bulunmaktadır. Bunlar yağışlı dönemlerde suyla dolarlar.

Ayrıca, kumulların kuzeydoğusunda hiç kurumayan ve ekolojik açıdan önemli tatlısu birikintileri ve bataklıkları vardır.

Göl kıyılarında genişlikleri tatlı su sızıntılarına bağlı olarak farklılıklar gösteren bataklık ve sazlık alanlar bulunmaktadır. Gölün kuzeyi geniş tarım alanları ile çevrilidir.

4.1.9. Sapanca Gölü İle İlgili Değerlendirme

Sapanca Gölü Sakarya ve Kocaeli illeri sınırları içinde yer almaktadır. Eskiden Marmara Denizine bağlı olan ve Sakarya Nehri ile beslenen bir tatlısu gölüdür. Sakarya Nehri'nin taşıdığı sedimentler gölü denizden ayırmıştır. Alanda macar ördeği, elmabaş patka ve sakarmeke gözlemlenmiştir.

Sapanca Gölü, İznik Gölü'ne paralel olarak uzanan ve İzmit Körfezi'nin devamı halinde Adapazarı Ovası'na kadar ulaşan tektonik bir çukurda bulunmaktadır. Gölün yarısı Kocaeli, diğer yarısı da Sakarya illerinin sınırları içerisinde kalmaktadır. Doğu ucu Sakarya Nehri'ne 5 km, batı ucu İzmit Körfezi'ne , 20 km uzaklıktadır. Gölün ortasında derinlik 52 m'dir. Çarksuyunun gölden çıktığı doğu ucu daha sığ olup, yer yer bataklaşmalar görülmektedir. Sapanca Gölü'nün doğu-batı doğrultusunda uzunluğu 16 km, kuzey-güney doğrultusunda en geniş yeri 5 km ve yüzölçümü 40 km² 'dir (www.akdeniz.edu.tr/muhfak/cevre/english/topkaya/homepage/intag825/sapanca.htm , Mayıs, 2008).

Gölün yarısı 1991 yılında, diğer yarısı 1994 yılında Sit Alanı ilan edilmiştir.

1984 yılında tamamlanan taşkın kontrolü çalışması sonucunda, Gölün doğusundaki 120 hektarlık bataklık alan kurutulmuştur. Gölün güneybatısında yer alan su basar ormanlar tarım alanına dönüştürülmüştür.

4.1.10. Küçükçekmece Gölü ile İlgili Değerlendirme

İstanbul'un 15 km batısında yer alan ve 14 km²'lik bir alanı kapsayan Küçükçekmece Gölü dünyanın önemli lagün göllerinden biridir. Bu göl buzulların erimesi ve denizlerin yükselmesi sonucu, Çanakkale Boğazı'nın yarılarak Marmara çukurunun dolması sonucu oluşmuştur. Gölün denizle ilişkisi 1,5 metre derinliği olan bir kanalla sağlanmaktadır.

Küçükçekmece Gölü Havzasındaki tüm evsel ve sanayi atıkları hiçbir arıtma yapılmaksızın derelere, dereler kanalıyla göle veya doğrudan deşarj kanallarıyla göle verilmektedir (Bayraktar, 2004).

4.1.11. Burdur Gölü İle İlgili Değerlendirme

Burdur Gölü, Söğüt dağı ile Suludere-Yayladağ kütleleri arasında, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan oluk şeklindeki tektonik çöküntünün sularla dolması sonucu oluşmuştur. Batısında ve kuzeyinde nümilitik flişler, doğusunda nojen kalkerler, güney ve güneybatısında serpantin ve gabro gibi bazik ve ultrabazik kayalardan oluşmuş yüksek kütleler yer almaktadır. Gölün batı kesimi boyunca uzanan fay (kırık) hattı nedeniyle, bu kesimde kıyı çizgisi çok dardır ve bölgelerde göl birden derinleşir. Güney ve kuzeyde ise alüvyonların birikmesiyle sazlarla kaplı tuzlu bataklık görünümündeki kıyı ovaları ve delta oluşumu başlamıştır (Burdur Gölü, 1998).

4.1.12. Eber Gölü İle İlgili Değerlendirme

Eber Gölü, Göller bölgesinde yer alan Türkiye'nin önemli göllerinden biridir. Sultandağları'nın kuzeyi ve Emir Dağının güneyinde uzanan çöküntülü alanında yer almaktadır. İdari olarak Afyon İlinin Bolvadin ve Çay ilçeleri sınırları içerisinde bulunmaktadır.

Suları tatlı, sığ bir göl olan Eber Gölü'nde su derinliği yüksek su seviyesinde 3-4 civarındadır. Göl su seviyesi ve göl alanı mevsimlere ve yıllara göre büyük değişiklikler göstermektedir.

Eber Gölü, Akarçay ve Sultandağları'ndan gelen kaynak suları ile beslenmektedir. Bu sebeple yıl içerisinde yüzölçümü farklılık gösterir. En düşük su seviyesi Ekim 1991'de görülmüştür. Buna göre su kotu 965.33 metre, göl alanı 62 km², su hacmi 42.8 milyon m³ olarak tespit edilmiştir. En yüksek su seviyesi Mayıs 1969'da; su kotu 967.61 metre, göl alanı 164.5 km² ve su hacmi 292 milyon m² olarak tespit edilmiştir (Vikipedi, 2011).

4.1.13. Seyfe Gölü İle İlgili Değerlendirme

İç Anadolu Bölgesinde Kırşehir İlinin kuzeydoğusundaki tektonik kökenli çukurlukta yer almaktadır. İdari olarak Kırşehir İlinin Mucur İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır.

batısındaki Seyfe Köyü'nden almaktadır. Kapalı bir havzada bulunduğundan dışarıya akıntısı yoktur. Bu nedenle suları tuzludur.

Ankara'ya 220 km, Kırşehir İline ise 30 km. mesafededir. 152.200 hektarlık Seyfe kapalı havzasının güney ucunda yer alan göl; Oligosen sonrasında değişik doğrultularda gelişmiş bulunan faylanmalar sonucunda meydana gelmiştir. Havzanın taban kotunda (1100 m) yer alan göl, aynı zamanda havzanın doğal drenaj alanıdır.

Batıdan Kervansaray (1167 m) ile Gölyaka tepeleri, kuzeyden Kızıldağ (1355 m), doğudan ise yükseklikleri 1135 m'ye kadar ulaşan küçük tepeler ile sınırlanmıştır. Dünyada ve Türkiye'deki başlıca göller Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.1. Dünyadaki başlıca göller (Grolier International Americana, 1993)

Göl	Yeri	Yüzölçümü(km ²)	Hacmi(km ³)	Derinliği(m)
Hazar	Asya	371.000	79.340	182
Superior	Kuzey Amerika	82.100	12.088	149
Victoria	Afrika	68.780	2.660	40
Huron	Kuzey Amerika	59.570	3.543	59
Michigan	Kuzey Amerika	57.750	4.918	85
Aral	Asya	41.000	374	9
Tanganyika	Afrika	33.990	19.420	572
Baykal	Asya	31.490	23.260	740
Malavi	Afrika	30.790	8.370	273

Tablo 4.2. Türkiye'deki başlıca göller (Temel Britannica, 1992)

Göl	Yüzölçümü (km ²)
Van Gölü	3713
Tuz Gölü	1500
Beyşehir Gölü	656
Eğirdir Gölü	468
İznik Gölü	308
Burdur Gölü	200
Manyas Gölü	166

Acıgöl	153
Uluabat Gölü	134
Çıldır Gölü	115
Akşehir Gölü	105
Eber Gölü	104
Erçek Gölü	98
Hazar Gölü	86
Bafa Gölü	60
Köyceğiz Gölü	52
Işıklı Gölü	49
Nazik Gölü	48
Sapanca Gölü	47
Salda Gölü	45

4.2. BÜYÜKÇEKMECE HAVZASI VE BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ

Büyükçekmece İstanbul'un Avrupa yakasında yer almaktadır. İstanbul'dan Trakya istikametine giden E-5 karayolunun 35. kilometresinde yer alan ilçe, adını, İstanbul'un denizden çok dar birer kara parçasıyla ayrılan iki gölünden biri olan Büyükçekmece Gölü'nden almıştır. Bilindiği kadarıyla Mimar Sinan Köprüsü kurulmadan önce iki yakayı birbirine bağlayan kanal üzerinde geçiş sallarla yapılırdı. Büyükçekmece kanalı, Küçükçekmece'ye göre daha geniş olduğundan "Büyük" ünvanı aldığı bilinmektedir. Büyükçekmece kendi adıyla anılan, Büyükçekmece Gölü'nün doğusunda geçmişte gölün ince bir kanalla suyunu denize boşalttığı bölgeye kuruludur. Marmara Denizi'ne bakan Büyükçekmece, güneyde Marmara Denizi, doğuda Avcılar, kuzeyde Çatalca, batıda Silivri ilçesiyle çevreli olup arazinin büyük ve önemli bir kısmı ovadır. Ortalama yükseklik 75-80 metre dolayındadır. Yüzölçümü 213 km² ve merkeze bağlı 13. köyü , vardır. Bunlar, Ahmediye, Çakmaklı, Esenyurt, Gürpınar, Hoşdere, Karaağaç, Kavaklı, Kıraç, Kumburgaz, Mimarsinan, Tepecik, Türkoba, Yakuplu'dur (Rapor 2, 1995).

Karasu Deresi'nin denize karıştığı yerde olan Büyükçekmece Gölü; denizin istilasına uğrayarak önce koy haline gelmiş, sonra da kıyı gölü özelliği kazanmış eski bir vadi ağzıdır. 1985 yılında Büyükçekmece barajının kapaklarının kapatılmasından sonra gölün denizle bağlantısı kesilerek baraj gölü oluşturulmuştur. Eskiden 12 km² olan yüzölçümü, baraj yapıldıktan ve su toplanmaya başladıktan sonra 28,5 km²'ye kadar çıkmıştır.

Büyükçekmece Gölü, çoğu yerde sığ olup en derin yeri 6,3 metredir. Karasu, Sarısu ve Çakıl dereleri gölü besleyen derelerdir (Rapor 2, 1995).

M.Ö.7.yy'da ilk yerleşimin başladığı Büyükçekmece'nin kurucuları Helenlerdir. M.Ö.2.yy' da Bizans egemenliğine giren Büyükçekmece Athyra adıyla bilinmektedir. İstanbul'un fethinden sonra Osmanlı İmparatorluğuna bağlanan Büyükçekmece bir sayfiye ve tarım beldesi için Bizans ve Osmanlı döneminde orduların konaklama yeri olduğundan bölgede yoğun bir yerleşim olmamıştır. Osmanlı ve Cumhuriyet döneminde Çatalca'ya bağlı bir belde olan Büyükçekmece 1987 yılında ilçe olmuştur. Burada, Mimar Sinan'ın inşa ettiği ünlü köprü ve bir kaç kervansaray kalıntısından başka önemli bir tarihi eser bulunmamaktadır (Rapor 2, 1995).

Evliya Çelebi, Büyükçekmece'nin 17.yy'da Eyüp kadılığına bağlı bir nahiye olduğunu, deniz kenarında harap bir kalesi, bin kadar mamurhanesi, bağları, bahçeleri bulunduğunu; kasaba topraklarının vakıf toprakları olduğunu yazar. İmaretinden, medresesinden, gelişkin çarşısından, 11 adet handan, hamamından ve kervansarayından bahseder.

1950'lere kadar tarımdan geçinen bir yerleşim merkezi olan Büyükçekmece, bu noktadan sonra sanayileşmeye başlamıştır. Büyükçekmece 1980 yılından sonra Türkiye'de başlayan hızlı ve modern kentleşme sürecinde yapılaşmış, 20 yıl öncesinin küçük bir beldesi iken bugün Avrupa standartlarında altyapısı tamamlanmış, İstanbul'un gözde yerleşim birimlerinden birisidir (Rapor 2, 1995).

Şehircilik açısından baktığımızda Büyükçekmece; yerleşim, imar, altyapı, çevre, şehircilik donanımı ile sorunlarını çözmüş, kendini 21.yy'a hazırlamış, çağdaşlaşmanın sınırsız olacağı düşüncesi ile de tüm yeniliklere ve gelişmeye açık bir kent haline gelmiştir.

Özellikle 1994 yılından sonra altyapı çalışmaları tamamlanarak, kanalizasyonu, sahil ve göl kollektörü, atık su arıtma tesisi, tertemiz geniş cadde ve yolları, ağaç kazanmış sokakları, modern yaya kaldırımları ile çağdaş şehirciliğin tüm gereklerini yerine getirmiştir.

Büyükçekmece Havzası içerisinde toplam 31 adet yerleşim alanı bulunmaktadır. Bu yerleşim yerlerinin toplam nüfusu 1985 yılı nüfus sayımına göre 47.236 iken 2000 yılı nüfus sayımına göre %14.7 oranında bir artışla 54.231'e yükselmiştir. Yerleşim yerlerinin üçü mutlak koruma alanında, altısı orta mesafeli koruma alanında, yirmi ikisi ise uzak mesafeli koruma alanında bulunmaktadır. Büyük yerleşim yerleri havza için tehdit oluşturmaktadır (Koç, 2008).

Büyükçekmece Havzası'nda taşkın mevsiminde su kullanımları ve müdahaleler minimum seviyede olduğundan taşkın debi değerleri doğal debi değerleri olarak kabul edilmişlerdir.

Büyükçekmece Havzası'ndaki açık alanlarda yağışla beraber yüzeysel akış artmaktadır. Toprak üzerindeki değişikliklere bağlı olarak yüzeysel akışta artış görülebilir. Havza üzerindeki insan ve araçların yoğun hareketleri, toprakta sıkışma meydana getirir. Sıkışma, infiltrasyon hızını etkiler ve suyun toprak içinde dikey ve yatay hareketini engeller. Büyükçekmece Gölü'ne ait bazı bilgiler Tablo 4.3 de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.1 de Büyükçekmece Gölü'nün bir fotoğrafı görülmektedir.

Tablo 4.3. Büyükçekmece gölü karakteristik özellikleri (Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi, İSKİ).

Toplam yağış alanı	595 km ²
Göl yüzey alanı (yağışa bağlı)	25-30 km ²
Maksimum göl kodu	6,3 m
Bu koddaki göl hacmi	16*10 ⁷ m ³
Bu koddaki göl alanı	28,5 km ²
Minimum su kodu	0,3 m
Bu koddaki göl hacmi	126*10 ⁵ m ³
Bu koddaki göl alanı	14,2 km ²



Şekil 4.1. Büyükçekmece Gölü

5. HİDROLOJİK MODELLEME

5.1 YAĞMUR SUYU YÖNETİM MODELİ (EPA SWMM) PROGRAMI

Amerikan Çevre Koruma Kuruluşu'nun (Environmental Protection Agency) Yağmur Suyu Yönetim Modeli (Storm Water Management Model) (EPA SWMM), yerleşim bölgelerindeki akış miktarını ve su kalitesini canlandıran işlevsel bir yağış-akış modelidir. SWMM'in yüzeysel akış parçası, yağışları parseller üzerinde toplayarak biriktirme noktalarına gönderir. SWMM'in yönlendirme bölümü, bu akışları, borular, kanallar, depolama ve işleme aygıtları, pompalar ve düzenleyicilerden geçirerek havzanın çıkış noktasına taşır. SWMM, her parsel üzerindeki akış miktarını ve su kalitesini hesaplar ve çoklu canlandırma periyotları sırasında her boru ve kanaldaki akış debisinin, derinliğin ve su kalitesinin zamana göre değişimini verir. SWMM, Çevre Koruma Kuruluşu (EPA) ve diğer kuruluşların yaygın bir biçimde kullandıkları bir sıvı taşıma modelidir.

SWMM ilk olarak 1971 yılında geliştirildi ve birkaç versiyon yükseltme yapıldı. Göze çarpan versiyon yükseltmeler, 1975'de Versiyon 2, 1981'de Versiyon 3, ve 1988'de Versiyon 4'dür. Şu an kullanılmakta olan Versiyon 5 daha önceki Fortran'da yazılan programın C'ye dökümünün tümüyle yeniden yazımıdır. Windows altında çalışan EPA SWMM5, boşaltma havzası giriş verilerinin değişimini, hidrolojik, hidrolik ve su kalitesi simülasyonlarını ve sonuçlarını grafik ortamında gösterilmesini sağlar. Bu grafikler, drenaj alanlarını konusuna göre renklerle kodlamasını, zamana göre grafik ve tablolarını, profil çizimlerini, çizimlerin dökümünü ve istatistiksel olarak frekans analizini içerir.

EPA SWMM'in son sürümünün yeniden yazılması, danışmanlık firması Clean Development Mechanism (CDM)'in desteğiyle birlikte Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kuruluşu (U.S. EPA), Milli Risk Yönetim Araştırma Laboratuvarı

(NRMRL) ve Su Temini ve Su Kaynakları Bölümü tarafından üretilmiştir (Dickinsonre, 2006).

Program oluşturulan modele göre aşağıdaki matematiksel hesaplamaları yapmaktadır.

Akarsu ötelenmesi çözümünde kullanılan ve süreklilik ve momentum denklemlerinden oluşan dinamik dalga denklemleri şu şekildedir (Eagleson, 1970):

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (5.1)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial x} + S_f - S_0 = 0 \quad (5.2)$$

Burada Q debi (L^3/T), A akış kesiti (L^2), g yerçekimi ivmesi (L^2/T), V su hızı (L/T), Y su derinliği (L), S_f hidrolik eğim (L/L), S_0 kanal eğimi (L/L), x uzunluk (L) ve t zaman (T) olarak tanımlanır.

Daha basit bir hidrolik öteleme metodu olan kinematik dalga modelinde ise dinamik dalga modelinin momentum denkleminde yer alan basınç ve atalet kuvvetleri ihmal edilir ve yerçekimi kuvveti ile sürtünme kuvveti birbirini dengeler ($S_f = S_0$). Sonuç olarak kinematik dalga modelinde momentum denklemi $Q = \alpha A^m$ halini alır.

Kinematik dalga modelinde süreklilik ve momentum denklemleri birleştirilerek tek bir kısmi diferansiyel denklem halinde aşağıdaki gibi yazılır (Lighthill ve Whitham, 1955):

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \\ Q = \alpha A^m \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\partial A}{\partial t} + \alpha \frac{\partial A^m}{\partial x} = 0 \quad (5.3)$$

Burada α , m debi- hidrolik eğim ilişkisine bağlı olan katsayı olarak gösterilmektedir. Difüzyon dalga modeli ise aşağıdaki gibidir:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \\ S_f = S_0 - \frac{\partial y}{\partial x} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial t} + c \frac{\partial Q}{\partial x} = K \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \quad \} \Rightarrow \quad c = mV \quad K = \frac{Q}{2BS_0} \quad (5.4)$$

Burada c difüzyon dalga hızı (L/T), K hidrolik yayınıcı (L²/T), B genişlik (L) olarak gösterilmektedir.

EPA SWMM programında sızma hesabı için İntegre Horton metodu, Green-Ampt metodu veya SCS Eğri-Numarası metodu olmak üzere üç farklı opsiyon vardır. Yeşil ve sulak alan modellerinde sızmayı hesaplamak için bu metodlardan Green-Ampt seçilir ve şu şekilde verilir (Huber and Dickinson, 1988):

$$\underline{F < F_s \text{ için}} : i > K_s \text{ ise } F_s = \frac{S_u M}{i / K_s - 1}, i \leq K_s \text{ ise } f = i \text{ ve } F_s \text{ hesaplanmaz.} \quad (5.5)$$

$$\underline{F \geq F_s \text{ için}} : f = f_p \text{ ve } f_p = K_s \left(1 + \frac{S_u M}{F} \right) \quad (5.6)$$

Burada f sızma hızı (L/T), f_p sızma kapasitesi (L/T), i yağış şiddeti (L/T), F toplam sızma miktarı (L), F_s yüzeyin doymunluğa ulaşması için gerekli toplam sızma (L), S_u kapiler basınç (L), M başlangıç nem eksikliği (L/L) ve K_s doymun zemin için hidrolik iletkenlik (L/T) olarak verilmiştir.

5.2 HİDROLOJİK ÖTELEME

Büyükçekmece bölgesinin, 2000 yılından 2010 yılına kadar günlük yağış verileri ve aylık ortalama sıcaklık değerleri Devlet Meteoroloji İşleri'nden (DMİ) temin edildi. Elde edilen aylık ortalama sıcaklık değerlerini kullanarak, Thornthwaite metodu ile göldeki evaporasyon (EP) miktarı hesaplandı.

Potansiyel evaporasyonu hesaplamak için, sık kullanılan yöntemlerden biri Thornthwaite Yöntemidir. Thornthwaite Yöntemi, aylık potansiyel evaporasyonu hesaplamak için kullanılır. Thornthwaite Yöntemine göre aylık potansiyel evaporasyon aşağıdaki gibi tanımlanır (<http://www.stockton.edu/~epsteinc/etcalc.htm>):

$$PE = CT^a \quad (5.7)$$

Burada PE aylık potansiyel evaporasyon (s/ay), C gün ışığı katsayı, T aylık ortalama sıcaklık ($^{\circ}C$), I yıllık ısı indeksini göstermektedir.

$$a = 67.5 * 10^{-8} I^3 - 77.1 * 10^{-6} I^2 + 0.01791 + 0.492 \quad (5.8)$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left[\frac{t_m}{5} \right]^{1.51} \quad (5.9)$$

$$PE = 1.62 b \left[\frac{10T}{I} \right]^a \quad (5.10)$$

Burada b düzeltme katsayısını göstermektedir.

(Environmental Protection Agency) Storm Water Management Model (Yağmur Suyu Yönetim Modeli) (EPA SWMM), programı yardımı ile Büyükçekmece Havzası üzerinde oluşan ve Büyükçekmece Gölü'ne ulaşan akış miktarı (I) hesaplandı. Daha sonra hesaplanan akış değerleri MATLAB programında oluşturulan hidrolojik öteleme döngüsünün giriş verilerinden biri oldu. Programda çözülen hidrolojik öteleme denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{I - Q}{A} = \frac{I - P * A - PE * A - Q}{A} \quad (5.11)$$

Burada h göldeki su seviyesi (m), t zaman (gün), I göle ulaşan akış miktarı (m^3/sn), Q gölden çıkan debi (m^3/sn), A gölün yüzey alanı (km^2), P yağış (mm), PE aylık potansiyel evaporasyonunu göstermektedir.

Büyükçekmece Gölü modellemesi ve analizi için EPA SWMM 'den elde edilen akış sonuçları MATLAB programına aktarılarak hidrolojik öteleme denklemi 3.dereceden Runge-Kutta yöntemi ile çözüldü.

1900 yılında iki alman matematikçisi tarafından geliştirilen 3.Dereceden Runge-Kutta Metodu aşağıdaki adımlar ile tanımlanır (Ya Yan Lu):

$$k_1 = f(t_j, y_j) \quad (5.12)$$

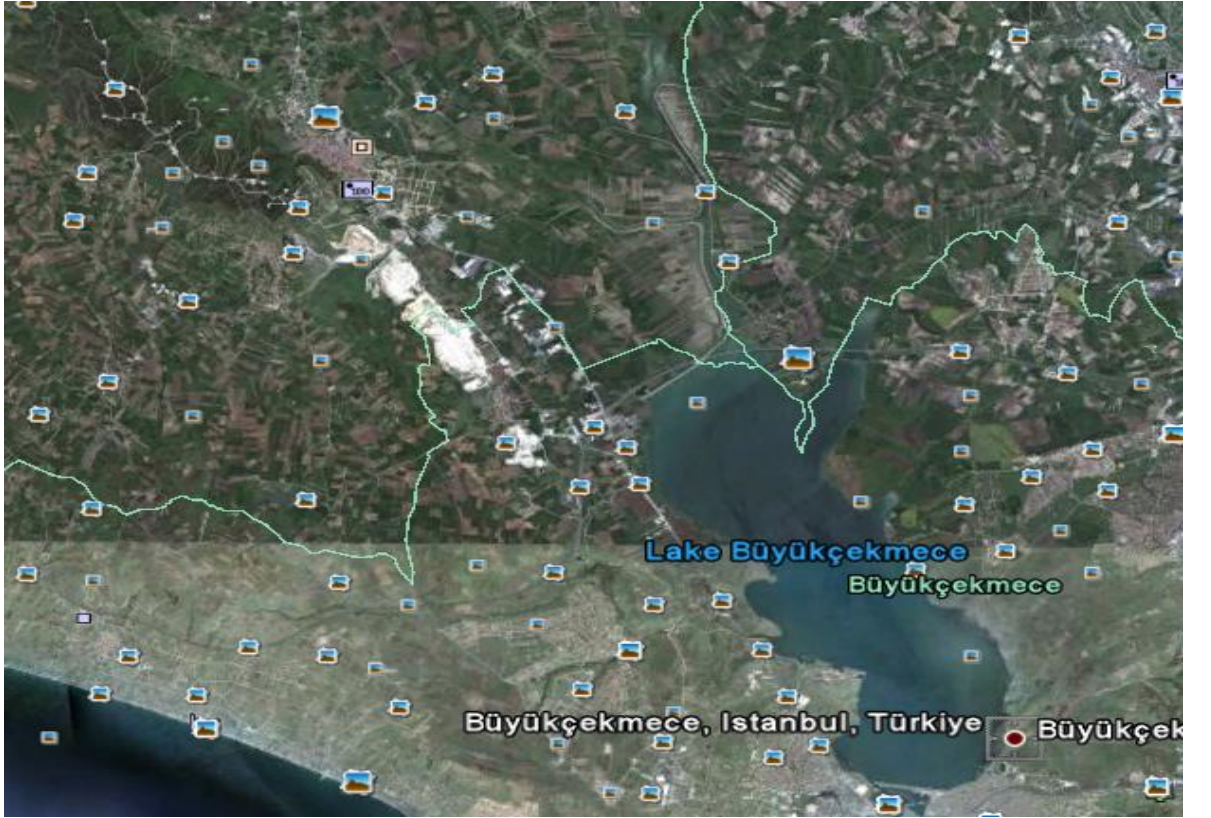
$$k_2 = f(t_j + h, y_j + hk_1) \quad (5.13)$$

$$k_3 = f(t_j + \frac{h}{2}, y_j + \frac{h}{4}(k_1 + k_2)) \quad (5.14)$$

$$y_{j+1} = y_j + \frac{h}{6}(k_1 + 4k_3 + k_2) \quad (5.15)$$

6. BÜYÜKÇEKMECE HAVZASI VE BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ'NÜN EPA SWMM VE MATLAB İLE MODELLENMESİ

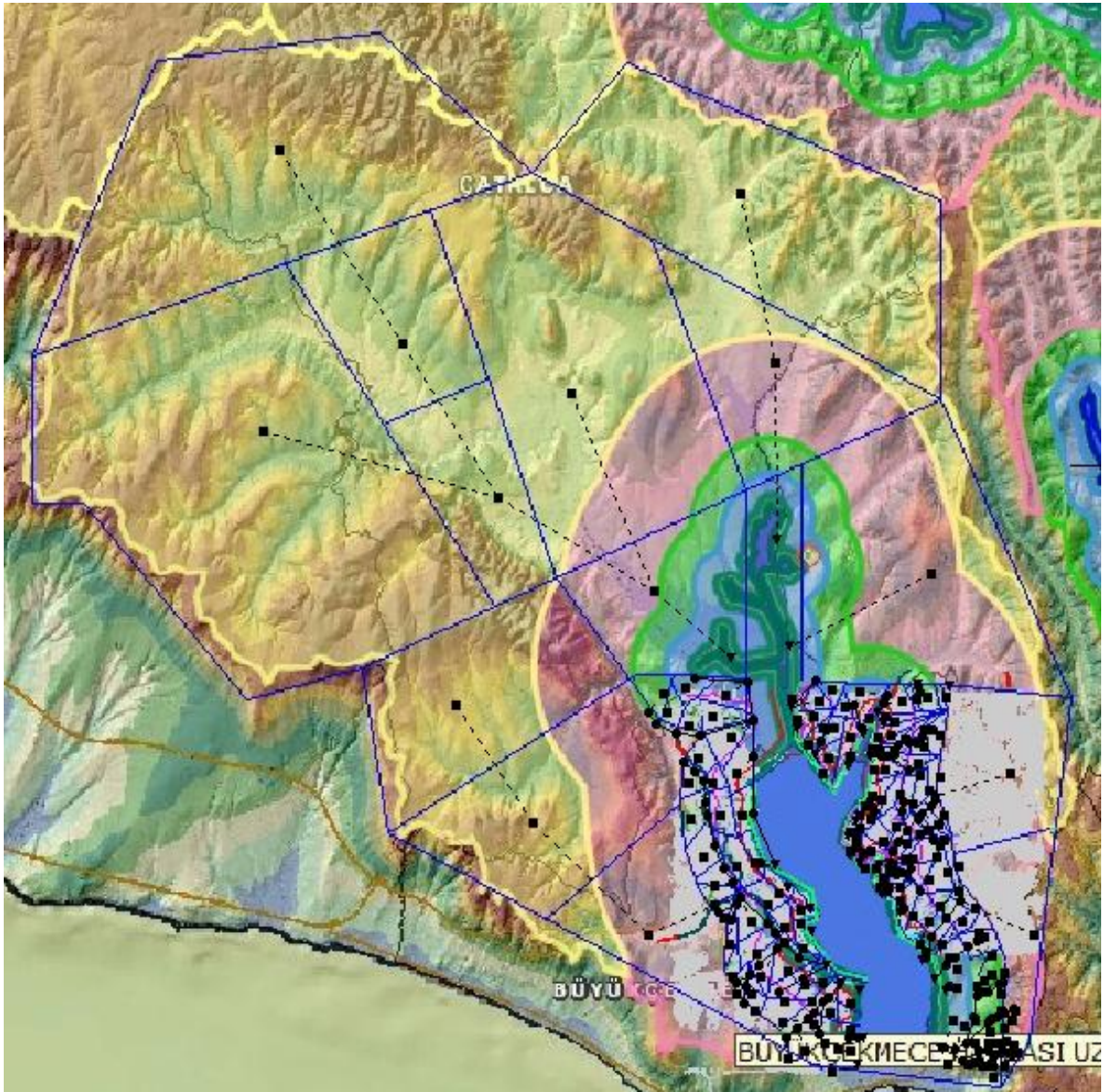
Bu çalışmada, elde edilmiş olan yağış verileri, sıcaklık değerleri, yüzölçümü uzunluk ve eğim değerleri, göl kotları ile SWMM programı kullanılarak Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü modellendi. İlk aşama olarak Büyükçekmece Havzası'nın hidrolojik modeli oluşturuldu. Daha sonra ise SWMM programının çıktıları Matlab ile oluşturulan göl için hidrolojik öteleme modeline entegre edildi. Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü'nün Google Earth programındaki görüntüsü Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü (Google Earth).

6.1. SU TOPLAMA HAVZALARININ OLUŞTURULMASI

AutoCAD programı kullanılarak açılan Büyükçekmece Havzası'na ait topografik harita üzerinde eşyüksehti eğrilerinden faydalanarak yağmur suyunun akış yönlerine göre 14 adet su toplama havzası (subcatchment) oluşturuldu. Harita üzerinde oluşturulan su toplama havzalarının köşe noktalarının koordinatları okunarak SWMM programına girildi. Şekil 6.2.'de SWMM programında oluşturulan su toplama havzaları görölmektedir.



Şekil 6.2 Büyükçekmece Havzası'nda oluşturulan su toplama havzaları.

AutoCAD programı kullanılarak elde edilen su toplama havzalarının alanları, eğimleri, suyun akış yönüne dik olan genişlikleri SWMM programında her bir su toplama havzasının özellikleri kısmına veri olarak girildi. Su toplama havzalarının zemin cinsi kumlu kil olarak alındı. Bu zemin cinsine göre Green-Ampt sızma metodunun değerleri belirlendi. Şekil 6.3.'de 1 no'lu su toplama havzasına ait özelliklerin SWMM programında girilen değerleri gösterilmiştir.

Property	Value
Name	y1
X-Coordinate	362494.000
Y-Coordinate	4569999.000
Description	
Tag	
Rain Gage	RG1
Outlet	y14
Area	6857.6426
Width	12913
% Slope	1.877
% Imperv	3
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.24
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration	GREEN_AMPT
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
User-assigned name of subcatchment	

Şekil 6.3. 1 no'lu su toplama havzası

6.2. BİRLEŞİM NOKTALARININ YERLEŞTİRİLMESİ

SWMM programında oluşturulan su toplama havzalarının üzerinde oluşan yüzeysel akışın toplandığı her birleşim noktası (junction) olarak tanımlanır. Birleşim noktaları için haritadan okunan yükseklik değerleri girilmiştir. Şekil 6.4.'de J-1 noktasına ait özellikler görülmektedir. Suyun akışının sağlanabilmesi için bütün noktaların yükseklikleri birbirinden farklı olmalıdır.

Property	Value
Name	J-1
X-Coordinate	372904.552
Y-Coordinate	4554675.241
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	43
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Pondered Area	0

User-assigned name of junction

Şekil 6.4. J-1 noktası

6.3. KANALLARIN YERLEŞTİRİLMESİ


Suyun akışı ancak belirli kesitlerdeki kanallarla (conduit) mümkün olmaktadır. Her su toplama havzası üzerinde oluşan yüzeysel akış eğime göre birleşim noktalarında toplanır. Bu noktaların arazi durumuna göre birbirine bağlantısı kanallar ile sağlanır. Kanallar, noktaların kot farklarına göre akışı sağlamaktadır. Şekil 6.5'de 1 no'lu kanalın özellikleri görülmektedir.

Property	Value
Name	1
Inlet Node	55j
Outlet Node	54j
Description	
Tag	
Shape	TRAPEZOIDAL ...
Max. Depth	0.2
Length	300.10
Roughness	0.03
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	

Click to edit the conduit's cross section geometry

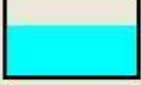
Şekil 6.5. 1 no'lu kanal özellikleri

Her kanalın bir giriş ve çıkış noktası vardır. Örneğin, 1 no'lu kanalın giriş noktası 55j, çıkış noktası 54j dir. Her kanalın uzunluğu, noktalar arasındaki mesafe haritadan ölçülerek programa girilmiştir. 1 no'lu kanalın uzunluğu 300.10 metredir. Manning pürüzlülük katsayısı (Roughness) ise programda farklı açık kanal tipleri için oluşturulmuş tablodan bakılarak modellenen bölgedeki kanalın cinsine göre 0.03 olarak seçilmiştir. Açık kanal akışının modellendiği yerlerde trapez enkesit alanı (trapezoidal), akarsu akışının modellendiği yerlerde ise açık dikdörtgen enkesit alanı (rect open) biçimleri seçilmiştir. Şekil 6.6.'da trapez kesit alanı biçiminin ölçüleri, Şekil 6.7.'de ise açık dikdörtgen kesit alanı biçiminin ölçüleri gösterilmiştir.

Shape TRAPEZOIDAL	Barrels 1	Dimensions Meters
	Max. Depth 0.15	Bottom Width 2.5
Open trapezoidal channel. Slopes are horizontal / vertical.	Left Slope 0.01	Right Slope 0.01

Şekil 6.6. Trapez Kesitli Kanal

Şekil 6.6.'de görüldüğü üzere trapez kesitli kanalın maksimum derinliği 15 santimetre, taban genişliği 2.5 metre, sağ ve sol eğimleri ise %1'dir.

Shape RECT_OPEN	Barrels 1	Dimensions Meters
	Max. Depth 5	Bottom Width 15
Open rectangular channel.		

Şekil 6.7. Açık Dikdörtgen Kesitli Kanal

Şekil 6.7.'da görüldüğü gibi akarsuyun geçtiği açık kanal ölçüleri, maksimum derinlik 5 metre, taban genişliği ise 15 metre olarak programa girilmiştir.

6.4. YAĞIŞ ÖLÇERİN TANIMLANMASI

Öncelikle programın zaman serisi (time series) kısmına yağış verisi olarak kullandığımız 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, ve 2010 yıllarının yağış değerleri 1'er günlük ölçümlere göre girildi. Yağış ölçer (rain gage), havza üzerinde

oluşan yağışın verilerinin zaman serisi kısmında hazırlandıktan sonra programda tanıtılan kısımdır.

Yağış ölçer, programın çalışmasını ve yüzeysel akışın oluşmasını sağlar. Bu sebepten dolayı yağış ölçer (rain gage) ve zaman serisi (time series) programın önemli girdilerini oluşturur. Şekil 6.8.'de programda kullandığımız yağış ölçerin özellikleri gösterilmiştir.

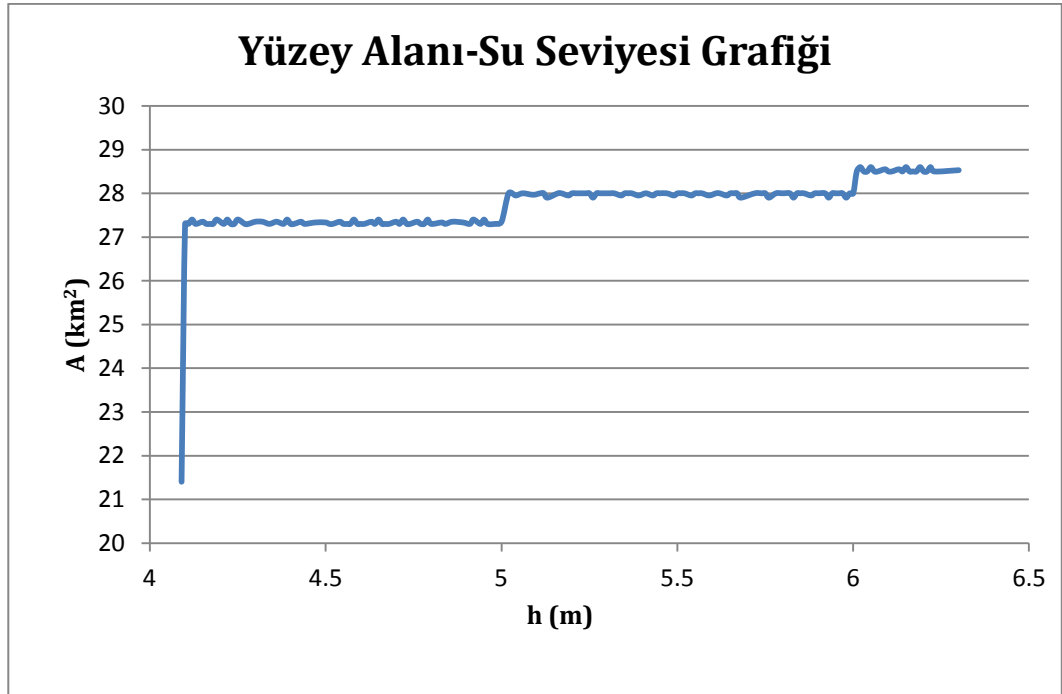
Property	Value
Name	RG1
X-Coordinate	390551.322
Y-Coordinate	4571861.115
Description	
Tag	
Rain Format	CUMULATIVE
Time Interval	24:00
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	2000
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN
Type of rainfall data recorded at rain gage	

Şekil 6.8. Yağış Ölçer 1

Şekil 6.8.'de görüldüğü gibi yağış zaman serisi kümülatif olarak girildiğinden, yağış biçimi (rain format) kümülatif yani toplam yağış olarak seçilmiştir. Yağış aralığı (rain interval) ise 1 gün olarak seçilmiştir.

6.5. HİDROLOJİK GÖL MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Büyükçekmece Göl modelinin olusturulması için Büyükçekmece Havzası'na ait günlük yağış verileri, Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi (TÜMAS) veri tabanı'ndan alınmıştır. Aynı modelde Thornthwaite metodunun çözülmesi için de (DMİ)'den aylık ortalama sıcaklık verileri temin edilmiştir. Hidrolojik ötelemenin girdilerinden biri olarak Büyükçekmece Gölü'nün yüzey alanı-su seviyesi ve göl su hacmi-su seviyesi ilişkisi İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden (İSKİ) alınmıştır ve bu ilişkiler Şekil 6.9 ve 6.10'da gösterilmektedir.



Şekil 6.9. Büyükçekmece Gölü'ne ait göl yüzey alanı-su seviyesi ilişkisi

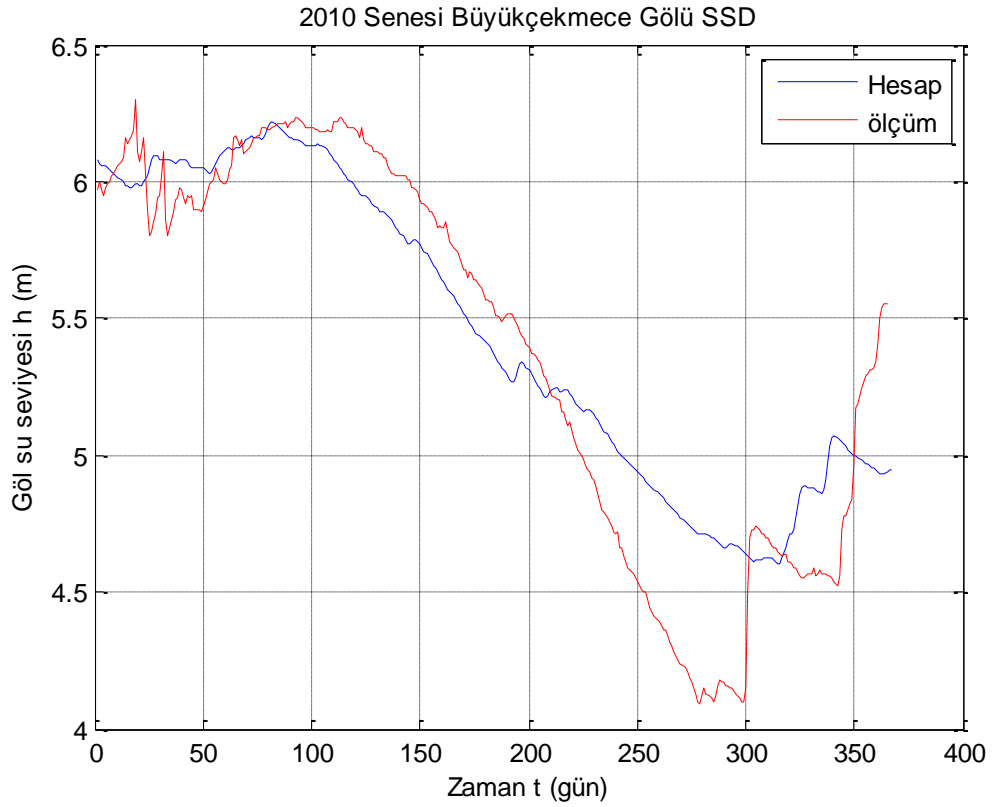


Şekil 6.10. Büyükçekmece Gölü'ne ait göl su hacim-su seviyesi ilişkisi

7. BULGULAR VE YORUMLAR

Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü modeli, entegre edilmiş SWMM ve MATLAB programında yapılan simülasyonlar ile 2000 yılından 2010 yılına kadar göle yağın yağış, göle ulaşan yüzeysel akış ve göl su seviyesinin davranışı incelenmiştir.

Şekil 7.1.'deki grafik 2010 yılına ait Büyükçekmece Gölü su seviyesi değişimini göstermektedir.



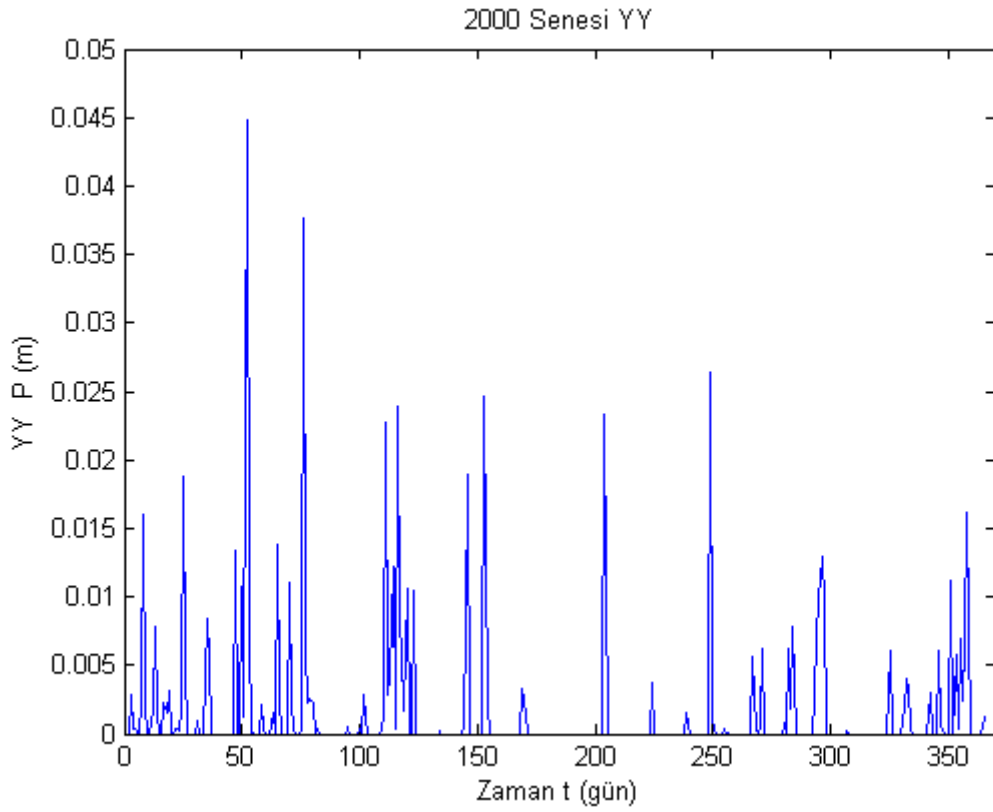
Şekil 7.1. 2010 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden (İSKİ) alınan 2010 yılına ait günlük su seviyesi değişimi kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Mavi çizgi ise MATLAB programı model sonucunda elde edilen çizgidir. Model sonucu ile 2010 yılı içinde yapılmış ölçümler karşılaştırıldı ve Şekil 7.1.'de görüldüğü gibi verilen ölçümler ile model sonucunda bulunan su seviyelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüş ve oluşturulan

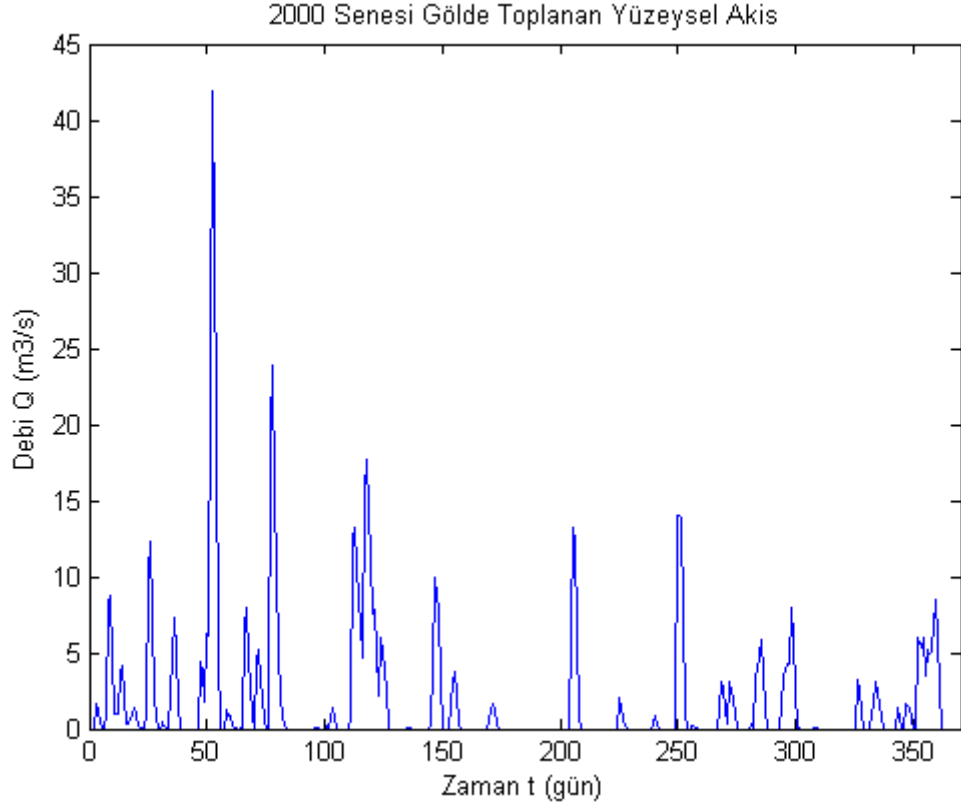
sayısal modelin göl su seviyesi ölçümleri bulunmayan yıllar için doğru tahminlerde bulunabileceği sonucuna varılmıştır.

7.1. 2000 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.2 (a) ve (b)'de 2000 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 50. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 51. günde oluşmaktadır. 2000 yılında yağışın maksimum değeri 45 mm ve debinin maksimum değeri 43 m³/sn 'dir.



Şekil 7.2.(a) 2000 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

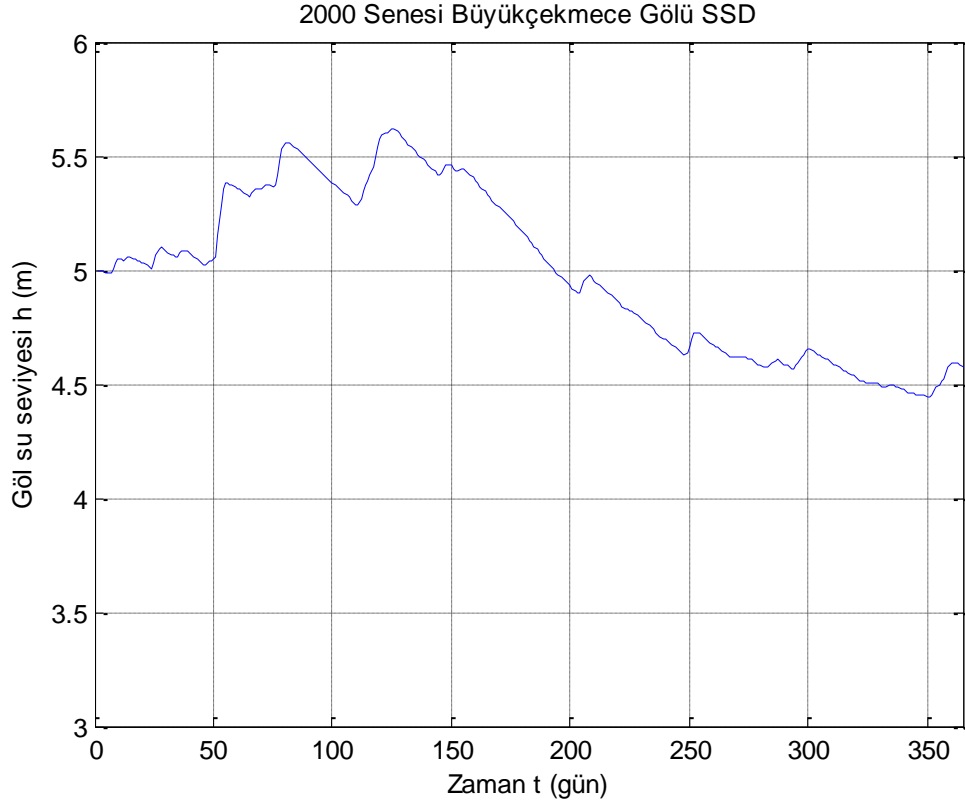


Şekil 7.2.(b) 2000 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha fazladır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla yaz ve sonbahar ayları, kış ve bahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.2 2000 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.3'de 2000 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 125. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 5.65 m olmaktadır. Su seviyesi 1. günden itibaren 125. güne kadar genel bir artış ve 125. günden itibaren 350. güne kadar da genel bir düşüş göstermiştir.

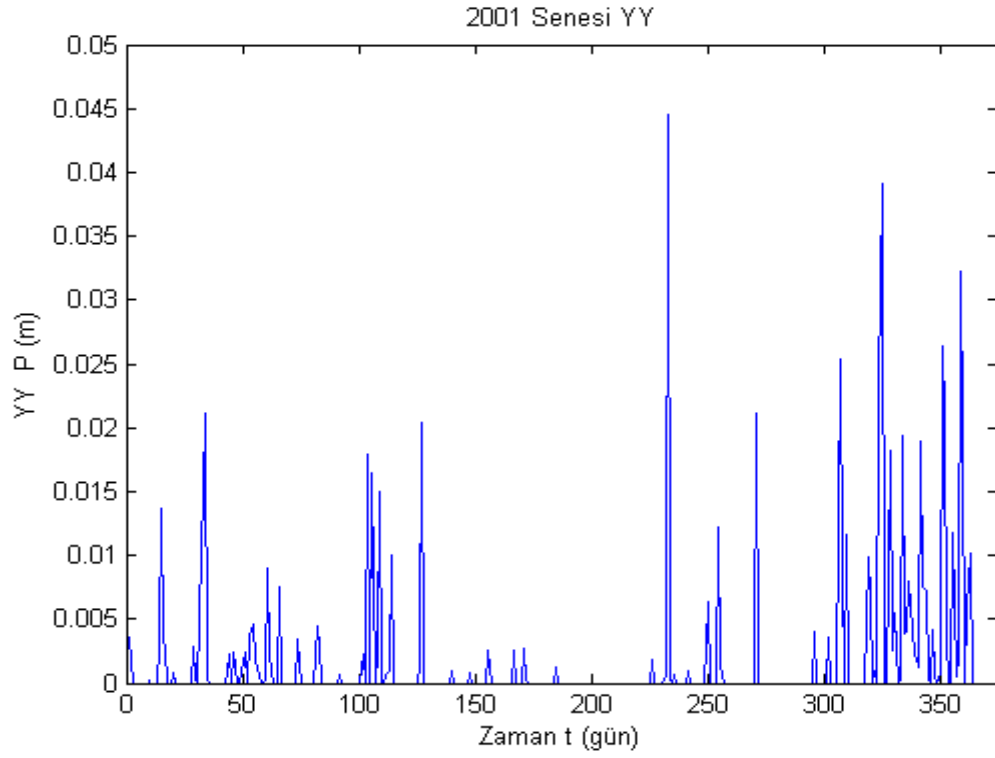


Şekil 7.3. 2000 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

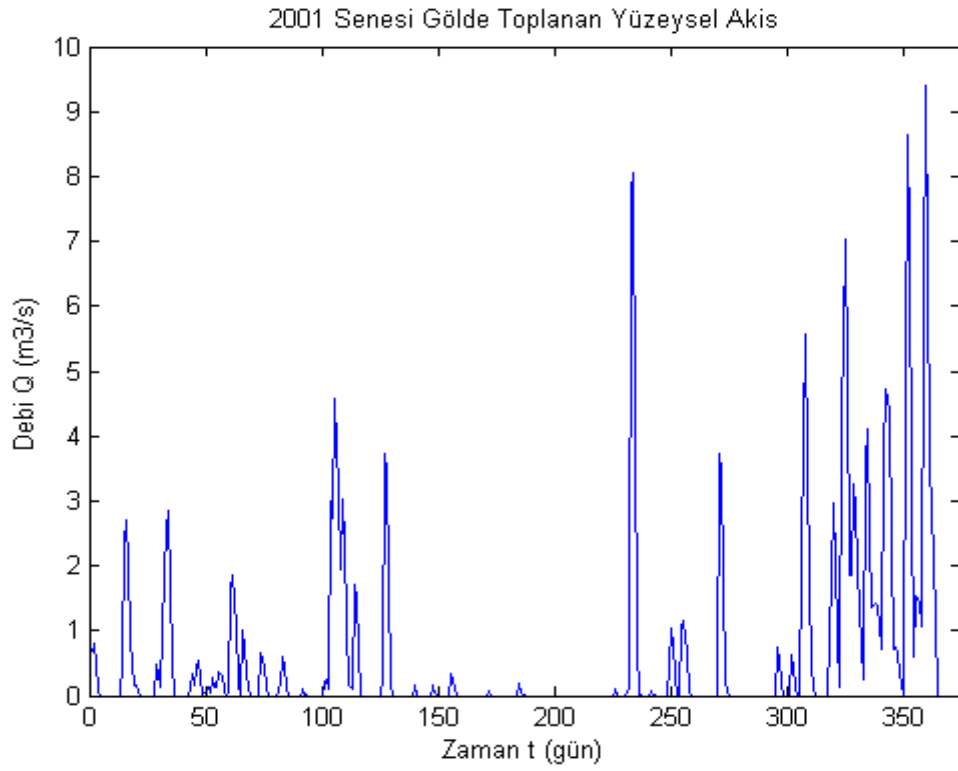
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2000 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 5.65 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4.44 m'dir ve bu durumda gölün yüzey alanı 27.3 km²'dir.

7.3. 2001 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.4 (a) ve (b)'de 2001 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 230. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 360. günde oluşmaktadır. 2001 yılında yağışın maksimum değeri 45 mm ve debinin maksimum değeri 9.5 m³/sn 'dir.



Şekil 7.4.(a) 2001 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

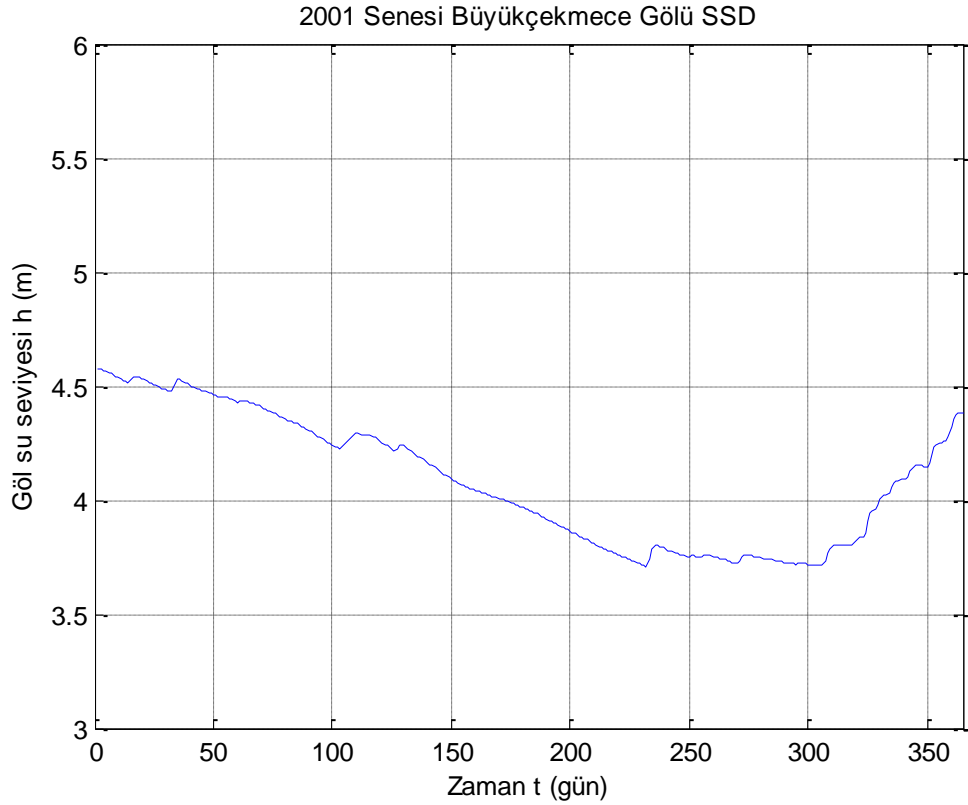


Şekil 7.4.(b) 2001 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha azdır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla kış ve bahar ayları, yaz ve sonbahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.4 2001 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.5'de 2001 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 1. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 4.57 m olmaktadır. Su seviyesi 1. günden itibaren 232. güne kadar genel bir düşüş ve 308. günden itibaren 360. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.

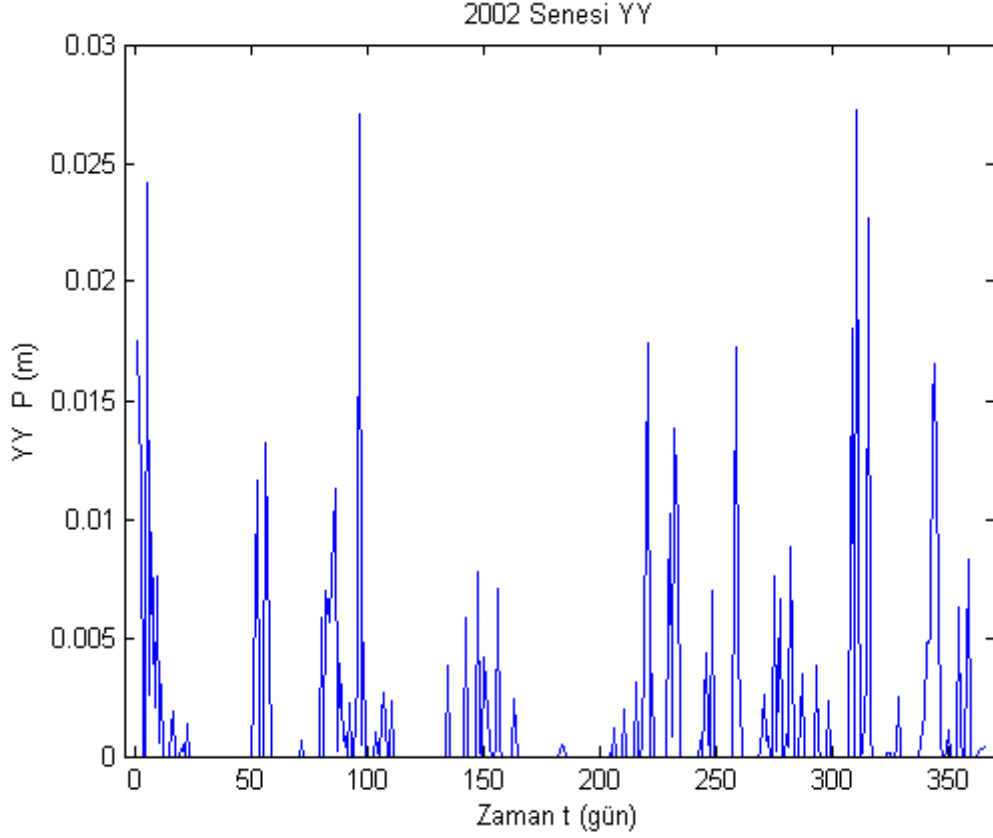


Şekil 7.5. 2001 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

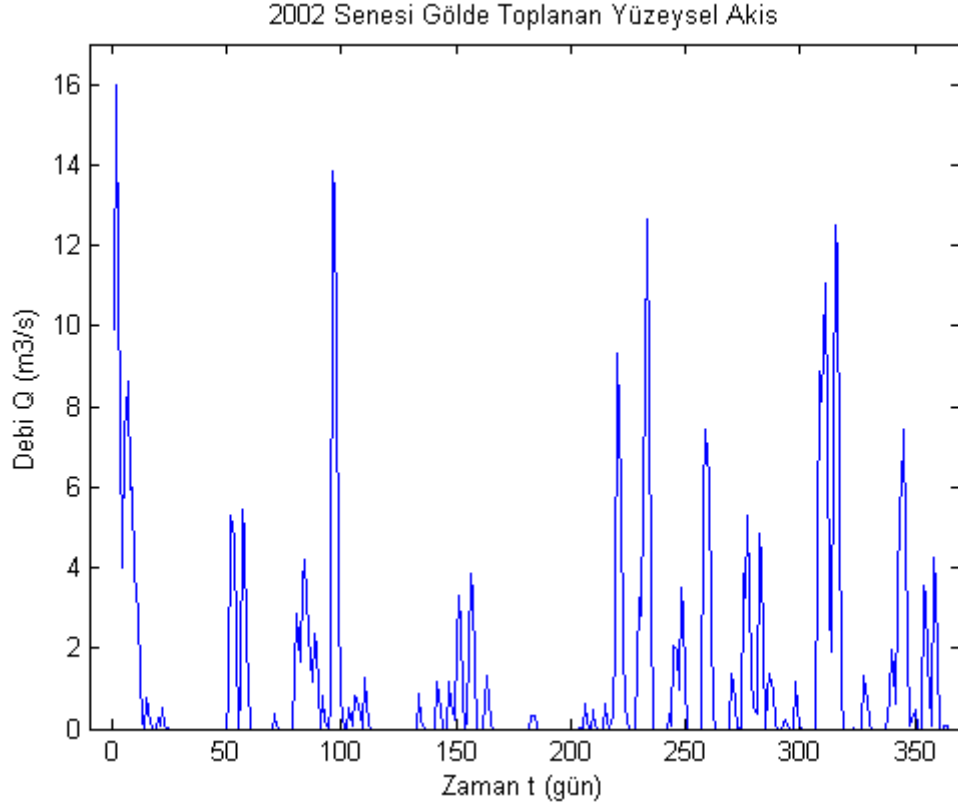
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2001 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 4.57 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 27.3 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 3.7 m'dir.

7.5. 2002 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.6 (a) ve (b)'de 2002 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 312. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 5. günde oluşmaktadır. 2002 yılında yağışın maksimum değeri 27.5 mm ve debinin maksimum değeri $16 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.



Şekil 7.6.(a) 2002 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

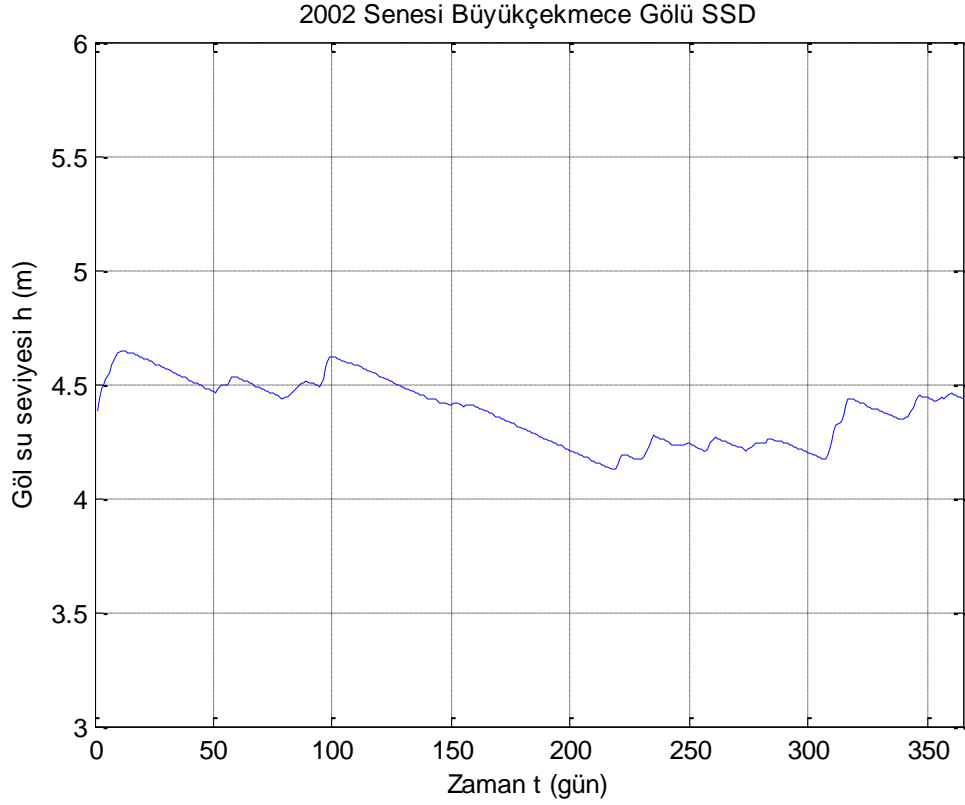


Şekil 7.6.(b) 2002 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha azdır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla kış ve bahar ayları, yaz ve sonbahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.6. 2002 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.7'de 2002 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 10. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 4.65 m olmaktadır. Su seviyesi 100. günden itibaren 220. güne kadar genel bir düşüş ve 310. günden itibaren 360. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.

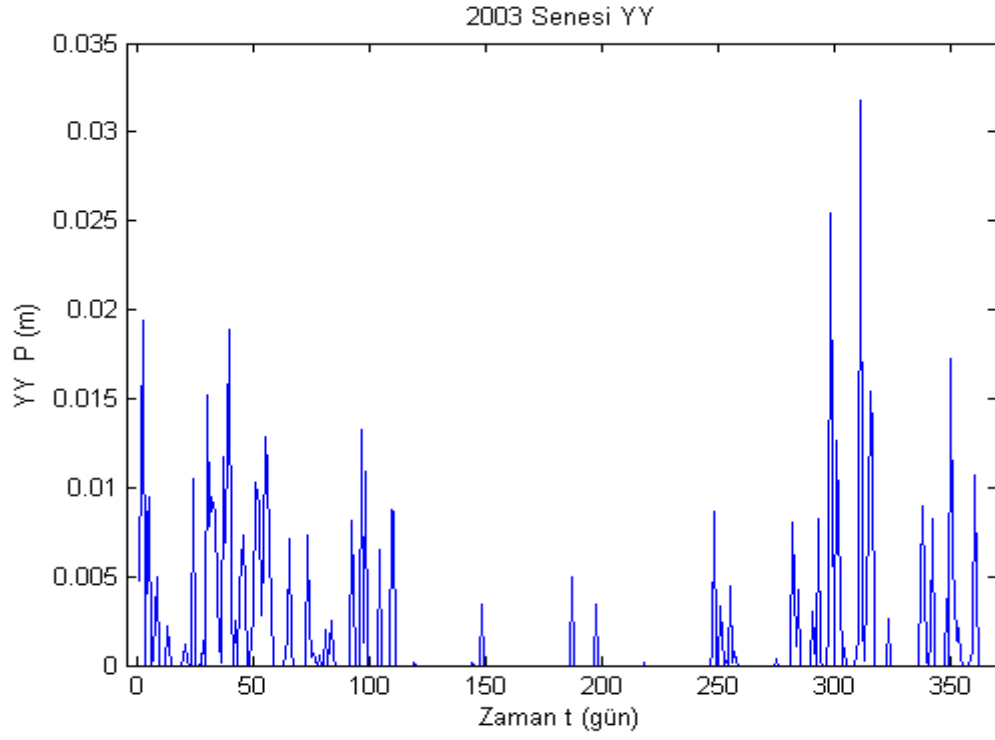


Şekil 7.7. 2002 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

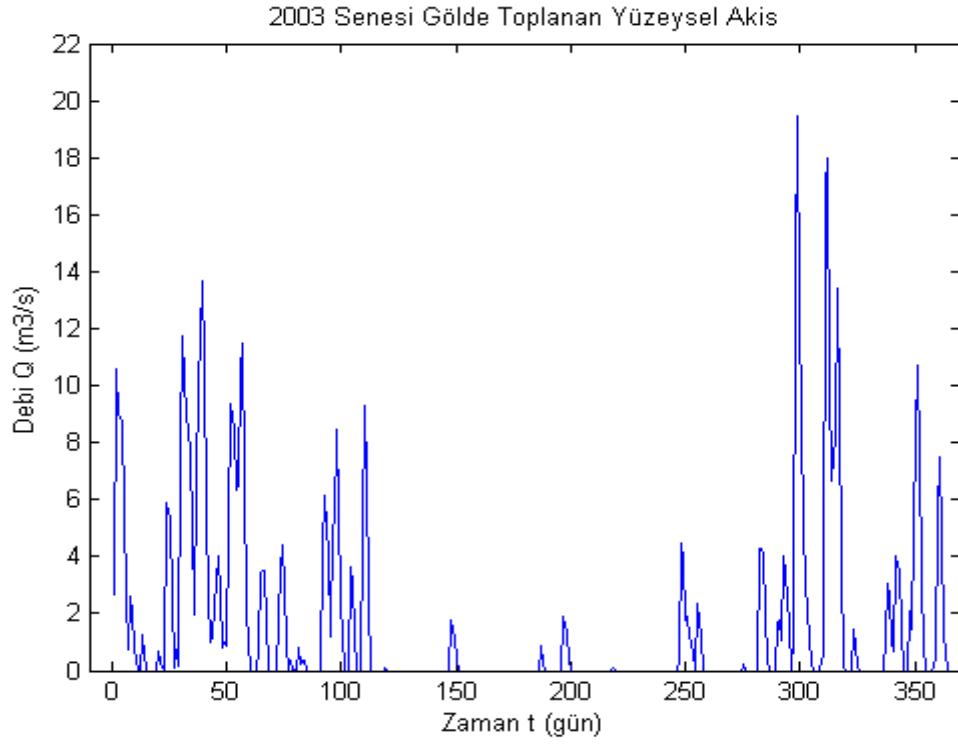
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2002 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 4.65 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 27.4 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4.14 m'dir ve bu durumda gölün yüzey alanı 27.3 km²'dir.

7.7. 2003 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.8 (a) ve (b)'de 2003 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 313. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 300. günde oluşmaktadır. 2003 yılında yağışın maksimum değeri 32 mm ve debinin maksimum değeri 19.5 m³/sn'dir.



Şekil 7.8.(a) 2003 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

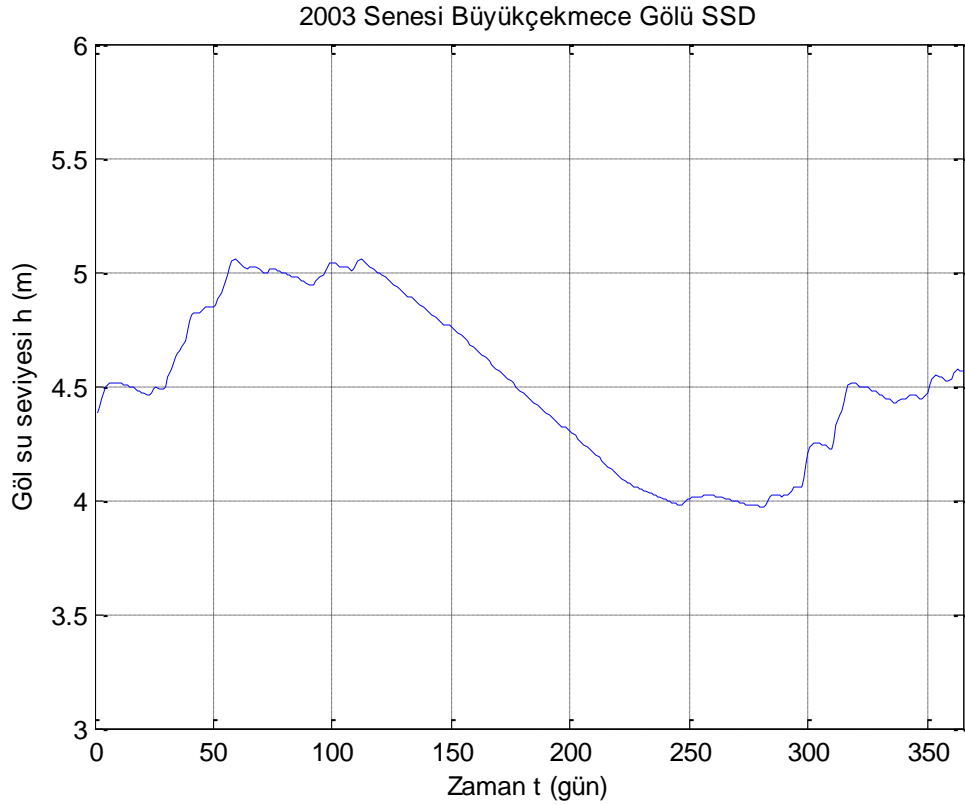


Şekil 7.8.(b) 2003 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha fazladır ve aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla yaz ve sonbahar ayları, kış ve bahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.8. 2003 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.9'de 2003 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 59. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 5.07 m olmaktadır. Su seviyesi 59. günden itibaren 280. güne kadar genel bir düşüş ve 280. günden itibaren 360. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.

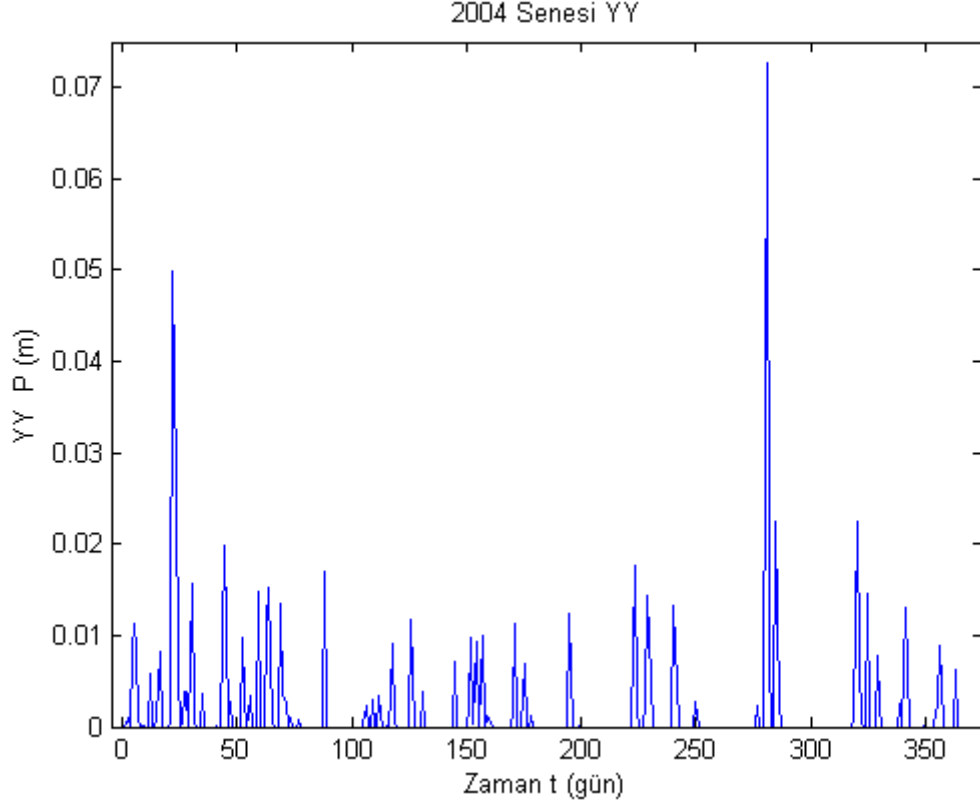


Şekil 7.9. 2003 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

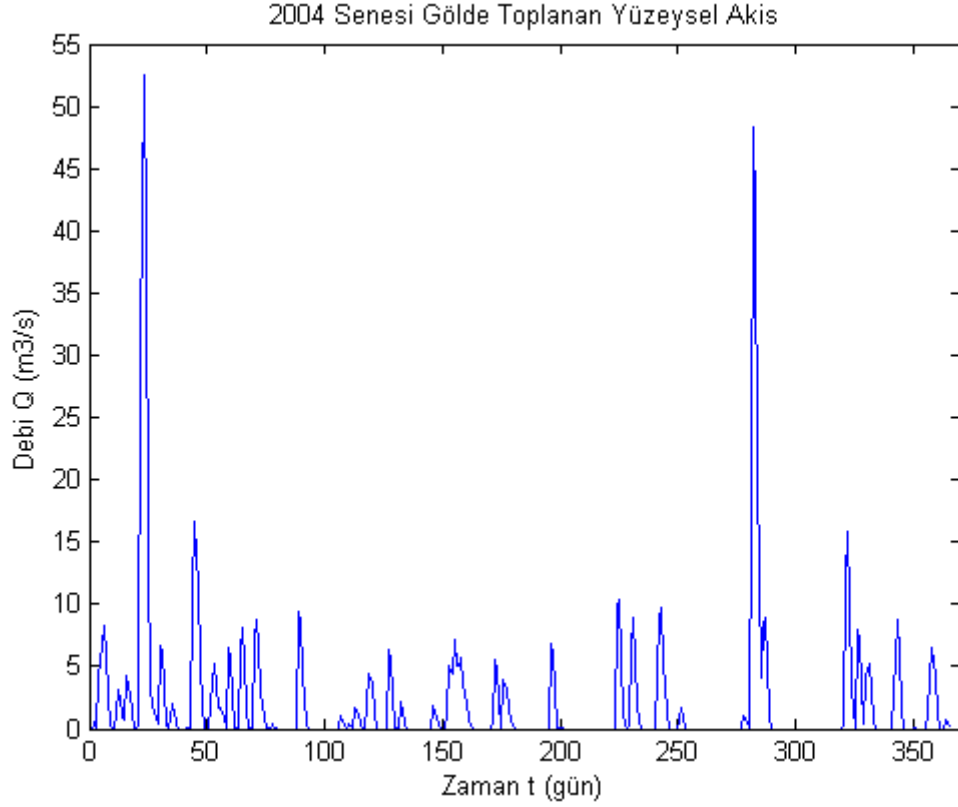
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2003 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 5.07 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 3.96 m'dir.

7.9. 2004 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.10 (a) ve (b)'de 2004 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 280. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 22. günde oluşmaktadır. 2004 yılında yağışın maksimum değeri 73 mm ve debinin maksimum değeri $53 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.



Şekil 7.10.(a) 2004 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

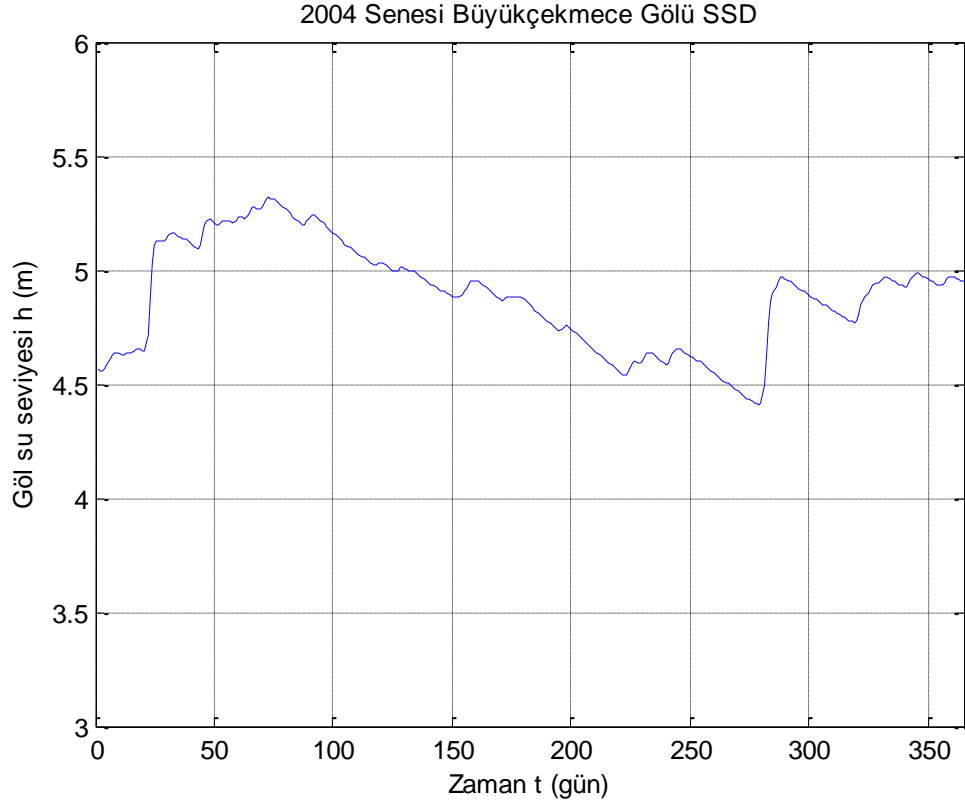


Şekil 7.10.(b) 2004 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha fazladır ve aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla yaz ve sonbahar ayları, kış ve bahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.10. 2004 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.11'de 2004 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 71. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 5.33 m olmaktadır. Su seviyesi 71. günden itibaren 280. güne kadar genel bir düşüş ve 280. günden itibaren 345. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.

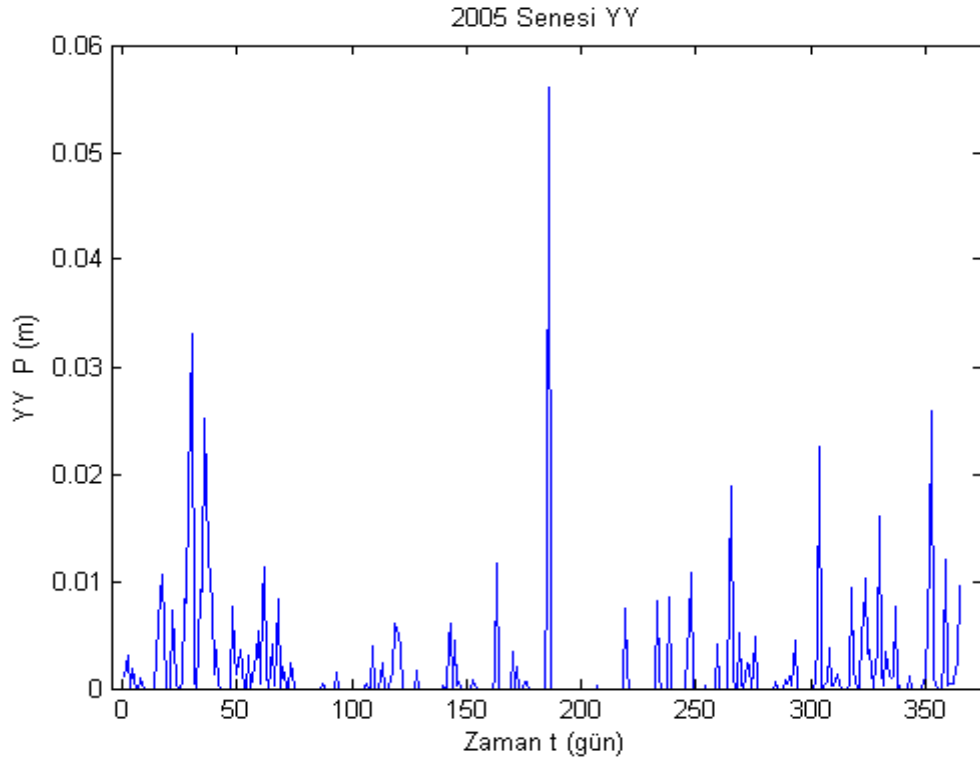


Şekil 7.11. 2004 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

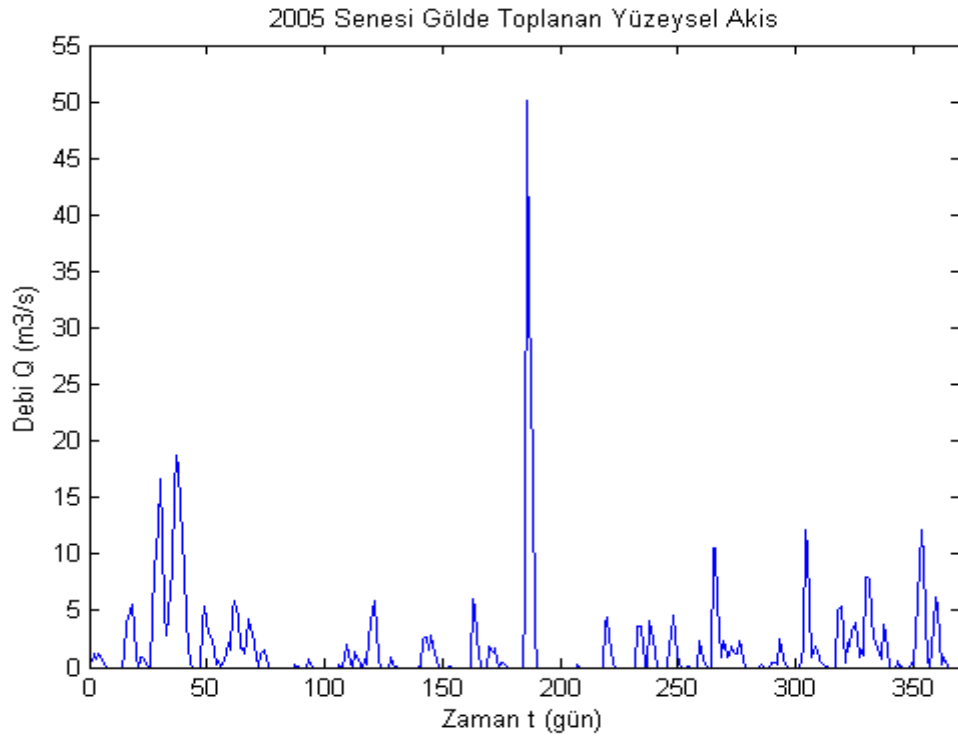
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2004 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 5.33 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4.4 m'dir ve bu durumda gölün yüzey alanı 27.3 km²'dir.

7.11. 2005 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.12 (a) ve (b)'de 2005 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 184. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 184. günde oluşmaktadır. 2005 yılında yağışın maksimum değeri 56.4 mm ve debinin maksimum değeri 50.5 m³/sn 'dir.



Şekil 7.12.(a) 2005 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

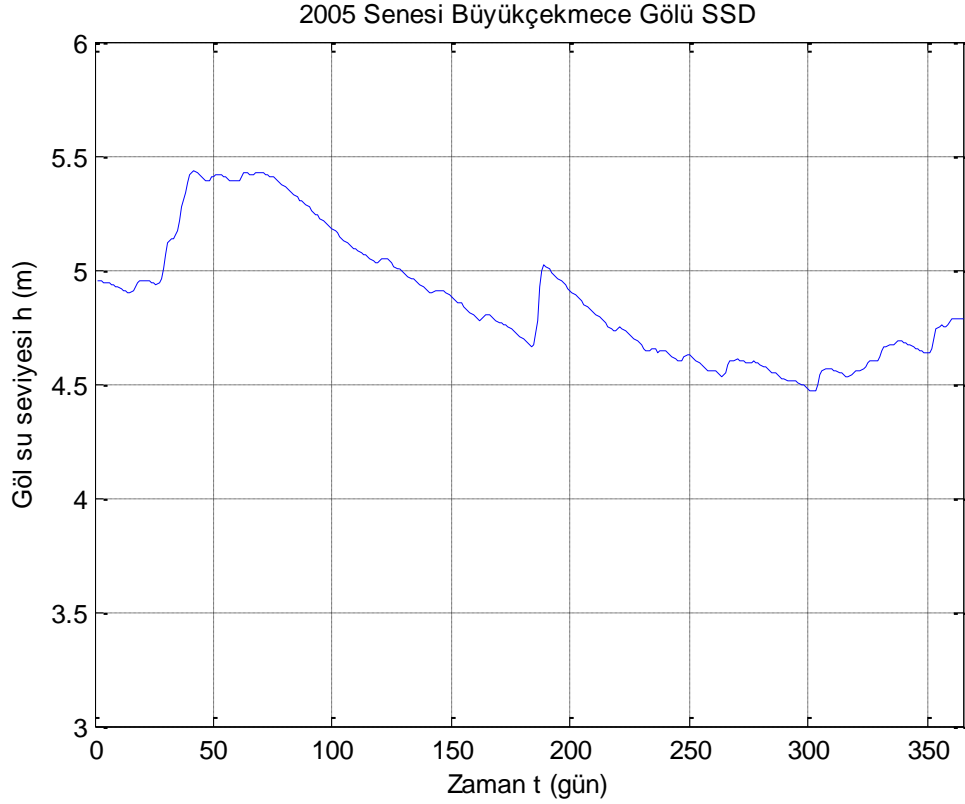


Şekil 7.12.(b) 2005 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış miktarı 7. ay ile 12. ay arasındaki yağış miktarına eşit olmaktadır ve aynı durum debi için de geçerlidir.

7.12. 2005 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.13'de 2005 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 42. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 5.44 m olmaktadır. Su seviyesi 1. günden itibaren 42. güne kadar genel bir artış ve 42. günden itibaren 185. güne kadar da genel bir düşüş göstermiştir.

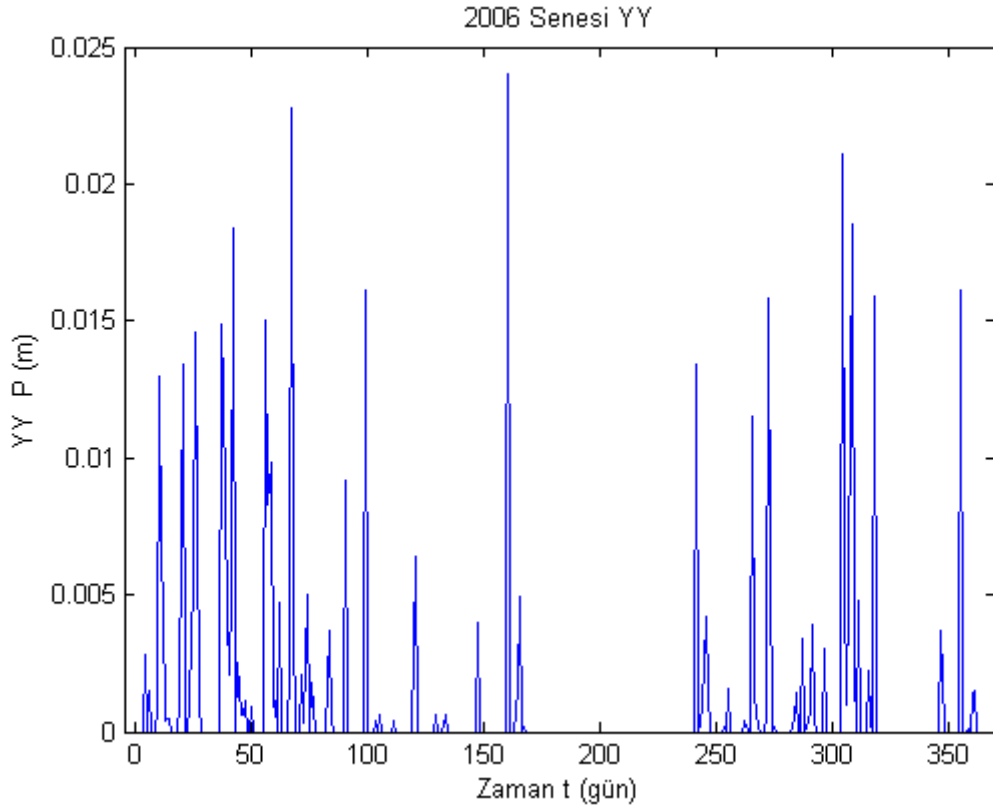


Şekil 7.13. 2005 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

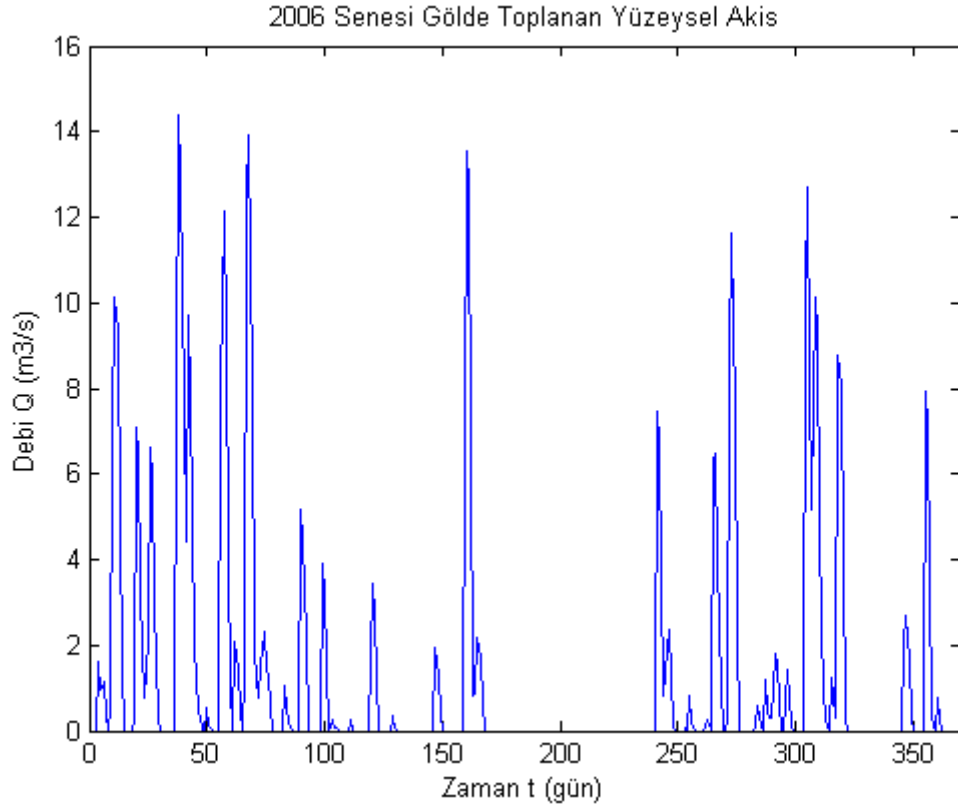
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2005 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 5.44 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4.47 m'dir ve bu durumda gölün yüzey alanı 27.33 km²'dir.

7.13. 2006 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.14 (a) ve (b)'de 2006 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 161. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 37. günde oluşmaktadır. 2006 yılında yağışın maksimum değeri 24.15 mm ve debinin maksimum değeri $14.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.



Şekil 7.14.(a) 2006 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

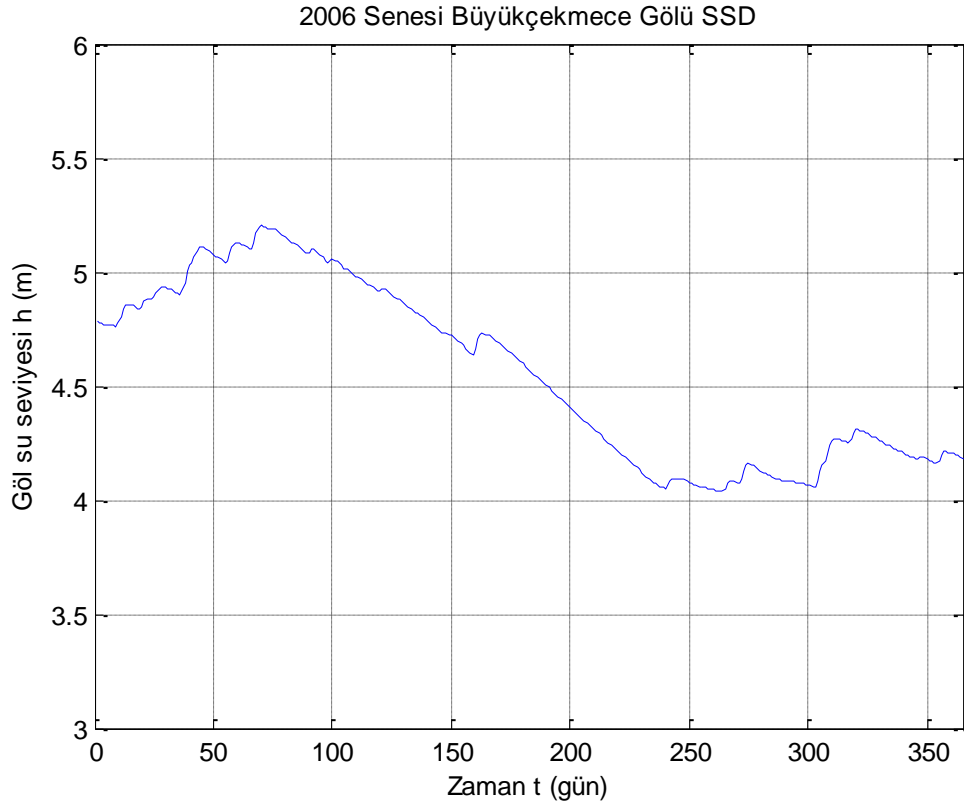


Şekil 7.14.(b) 2006 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha fazladır ve aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla yaz ve sonbahar ayları, kış ve bahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.14. 2006 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.15'de 2006 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 70. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 5.22 m olmaktadır. Su seviyesi 1. günden itibaren 70. güne kadar genel bir artış ve 70. günden itibaren 265. güne kadar da genel bir düşüş göstermiştir.

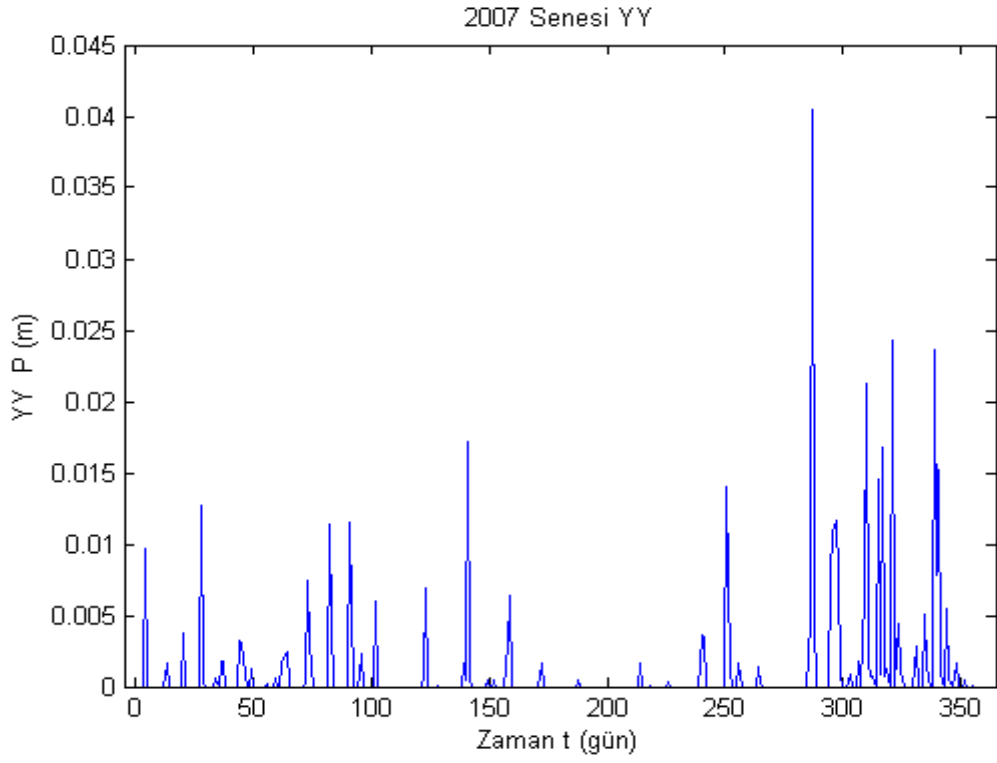


Şekil 7.15. 2006 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

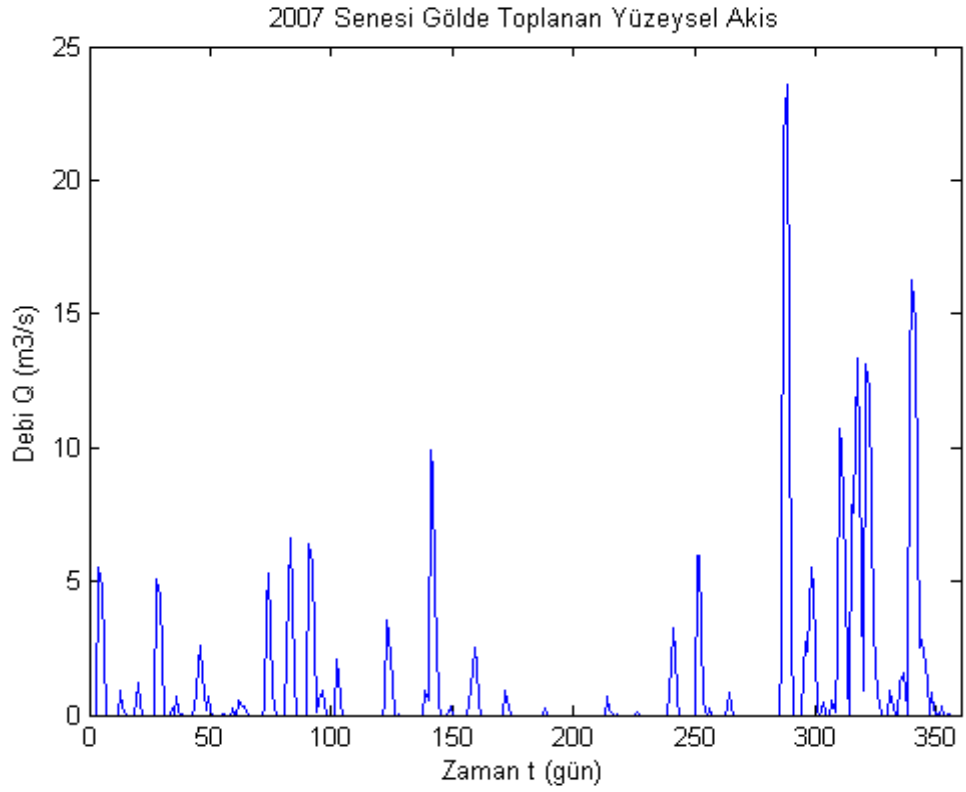
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2006 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 5.22 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4.05 m'dir.

7.15. 2007 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.16 (a) ve (b)'de 2007 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 288. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 287. günde oluşmaktadır. 2007 yılında yağışın maksimum değeri 40.44 mm ve debinin maksimum değeri 23.7 m³/sn 'dir.



Şekil 7.16.(a) 2007 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

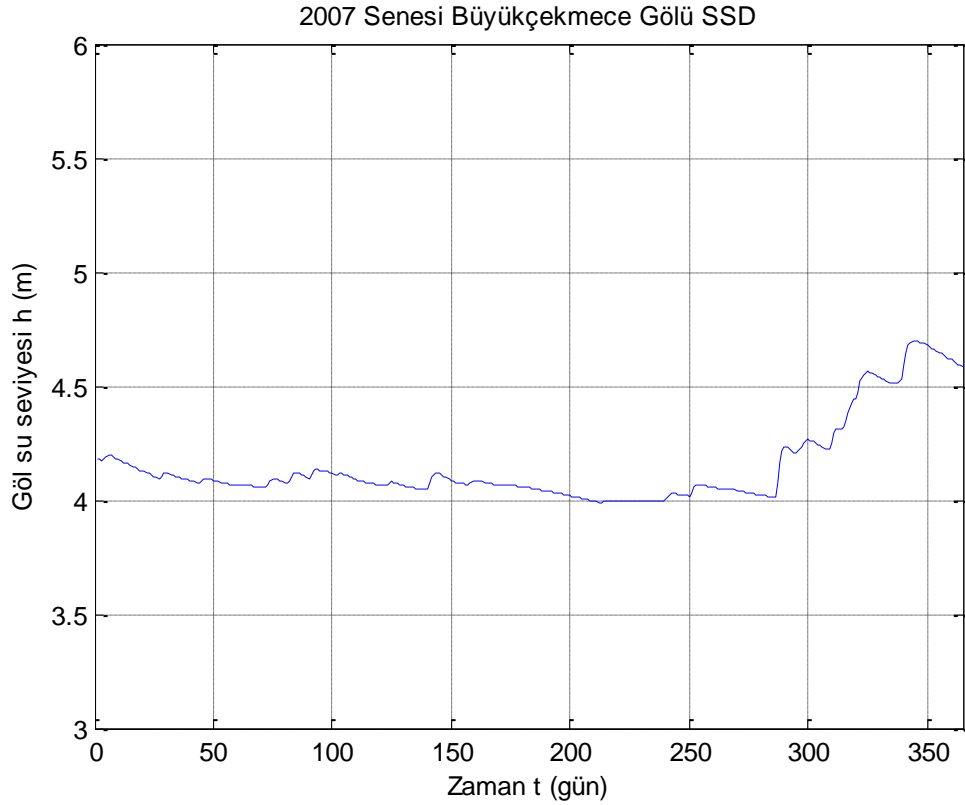


Şekil 7.16.(b) 2007 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha azdır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla kış ve bahar ayları, yaz ve sonbahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.16. 2007 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.17'de 2007 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 344. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 4.71 m olmaktadır. Su seviyesi 1. günden itibaren 213. güne kadar genel bir düşüş ve 241. günden itibaren 344. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.

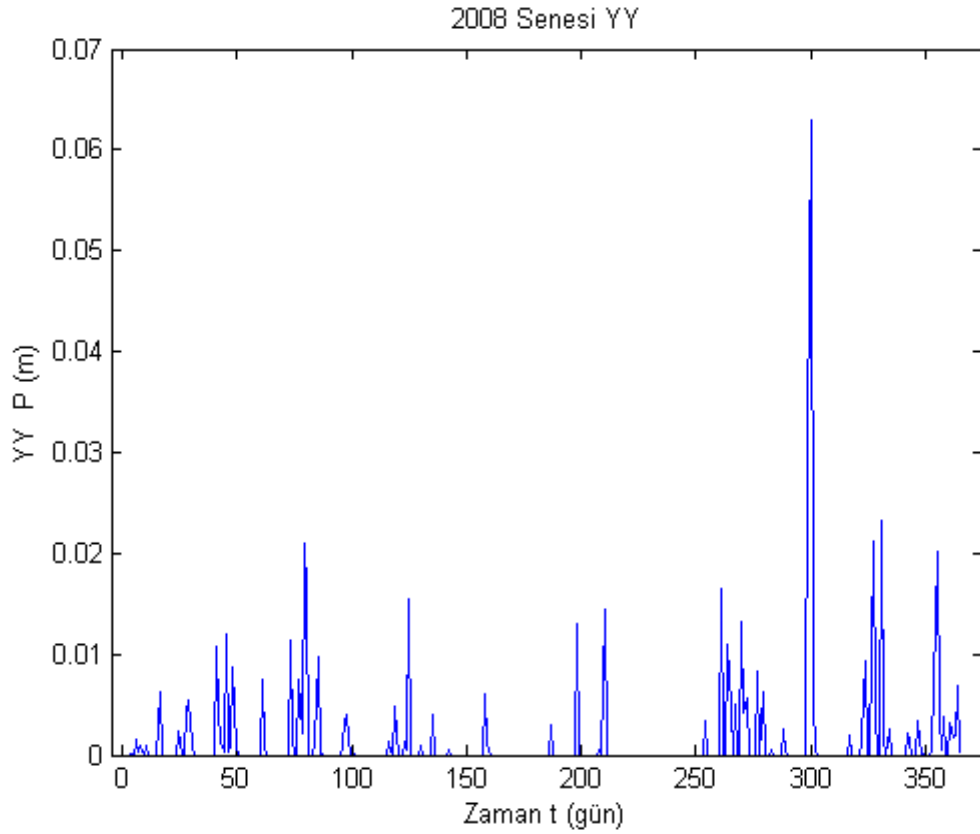


Şekil 7.17. 2007 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

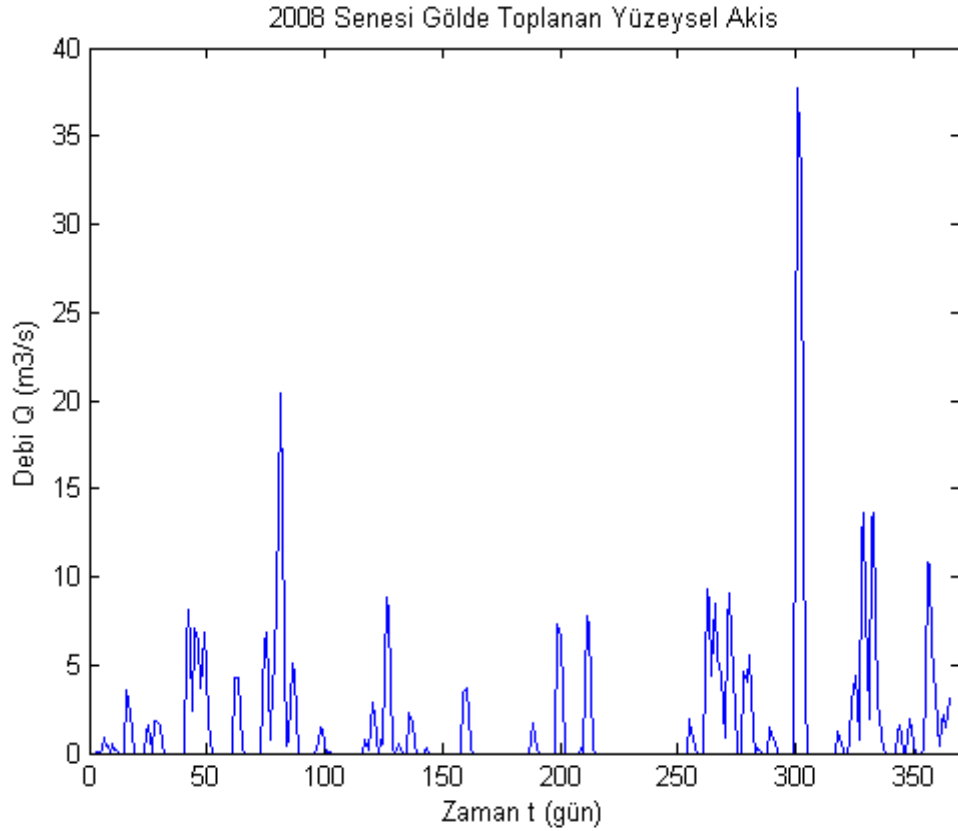
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2007 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 4.71 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 27.3 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4 m'dir.

7.17. 2008 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.18 (a) ve (b)'de 2008 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 300. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi de yine yaklaşık olarak 300. günde oluşmaktadır. 2008 yılında yağışın maksimum değeri 63 mm ve debinin maksimum değeri $38 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.



Şekil 7.18.(a) 2008 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

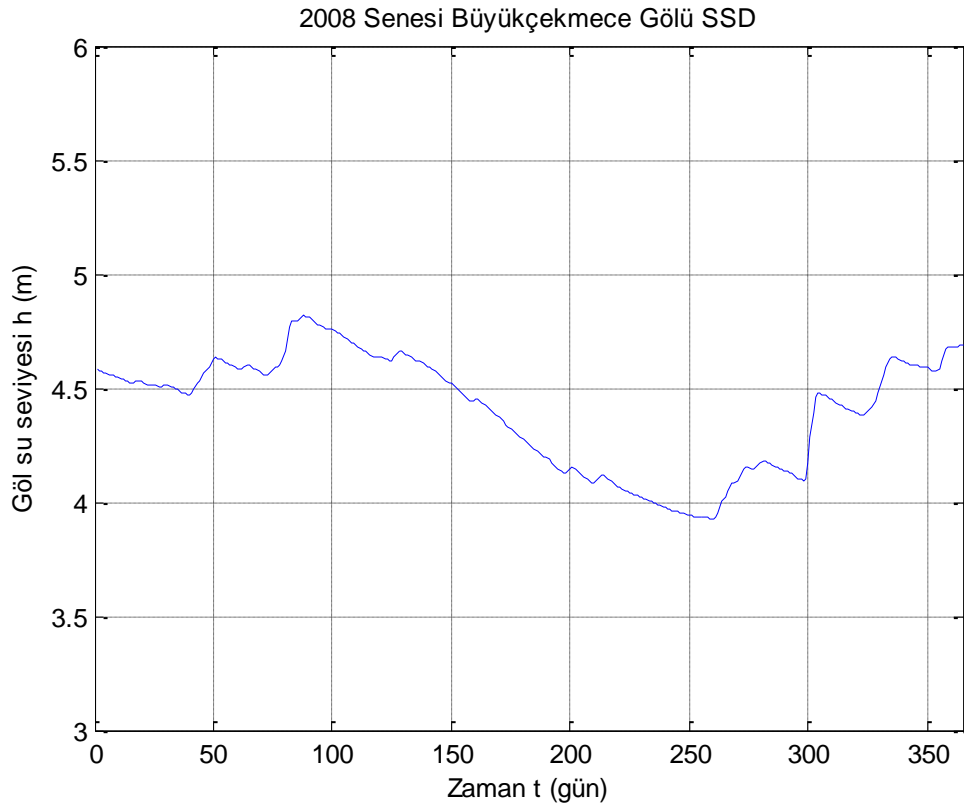


Şekil 7.18.(b) 2008 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha azdır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla kış ve bahar ayları, yaz ve sonbahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.18. 2008 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.19'de 2008 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 87. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 4.83 m olmaktadır. Su seviyesi 87. günden itibaren 259. güne kadar genel bir düşüş ve 259. günden itibaren 365. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.

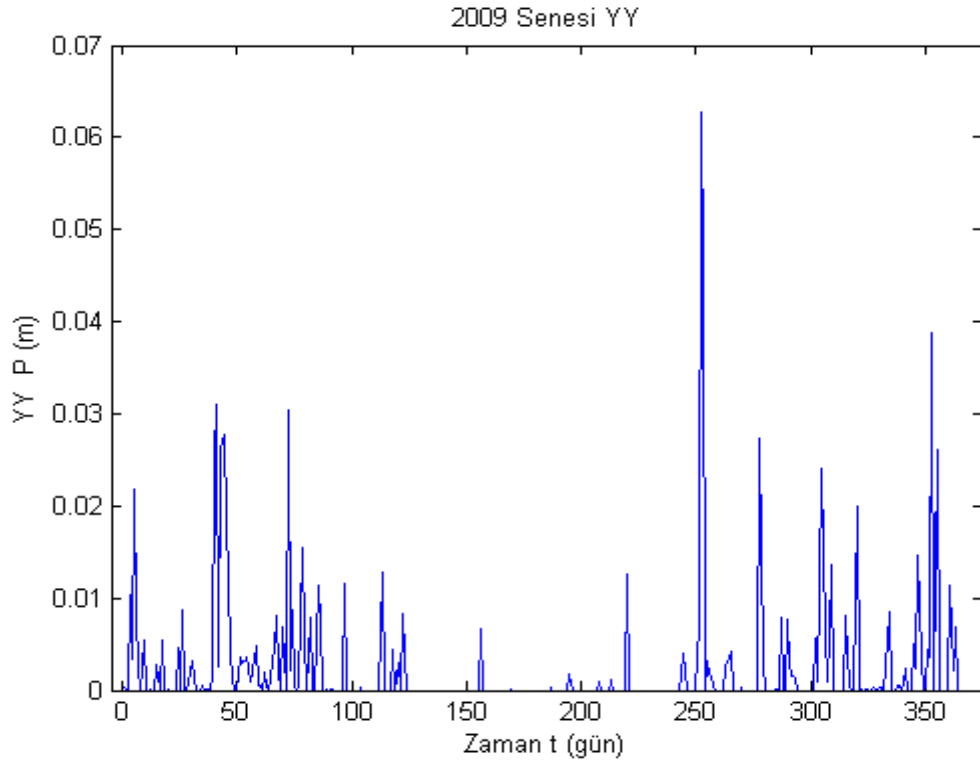


Şekil 7.19. 2008 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

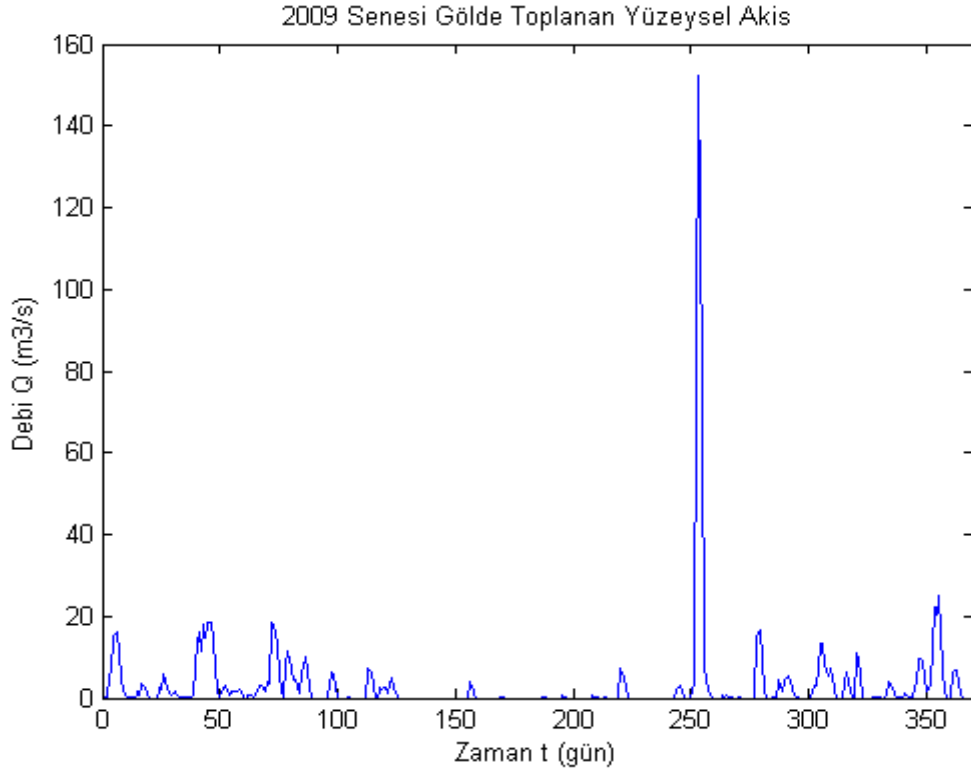
Bu şekilde Büyükçekmece Gölünün 2008 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 4.83 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 3.93 m'dir.

7.19. 2009 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.20 (a) ve (b)'de 2009 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 254. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 354. günde oluşmaktadır. 2008 yılında yağışın maksimum değeri 63 mm ve debinin maksimum değeri 152.5 m³/sn 'dir.



Şekil 7.20.(a) 2009 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

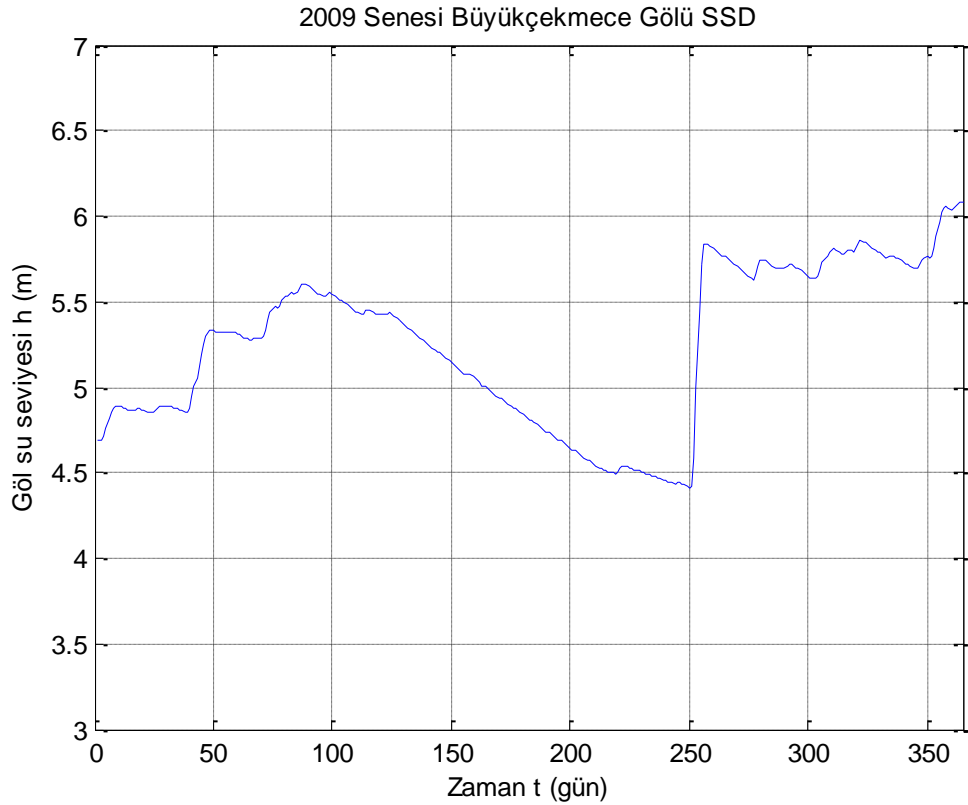


Şekil 7.20.(b) 2009 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha azdır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla kış ve bahar ayları, yaz ve sonbahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.20. 2009 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.21'de 2009 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 365. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 6.09 m olmaktadır. Su seviyesi 1. günden itibaren 88. güne kadar genel bir artış ve 88. günden itibaren 252. güne kadar da genel bir düşüş göstermiştir. Sonra tekrar 252. günden itibaren 257. güne kadar hızlı bir artış meydana gelmiştir.

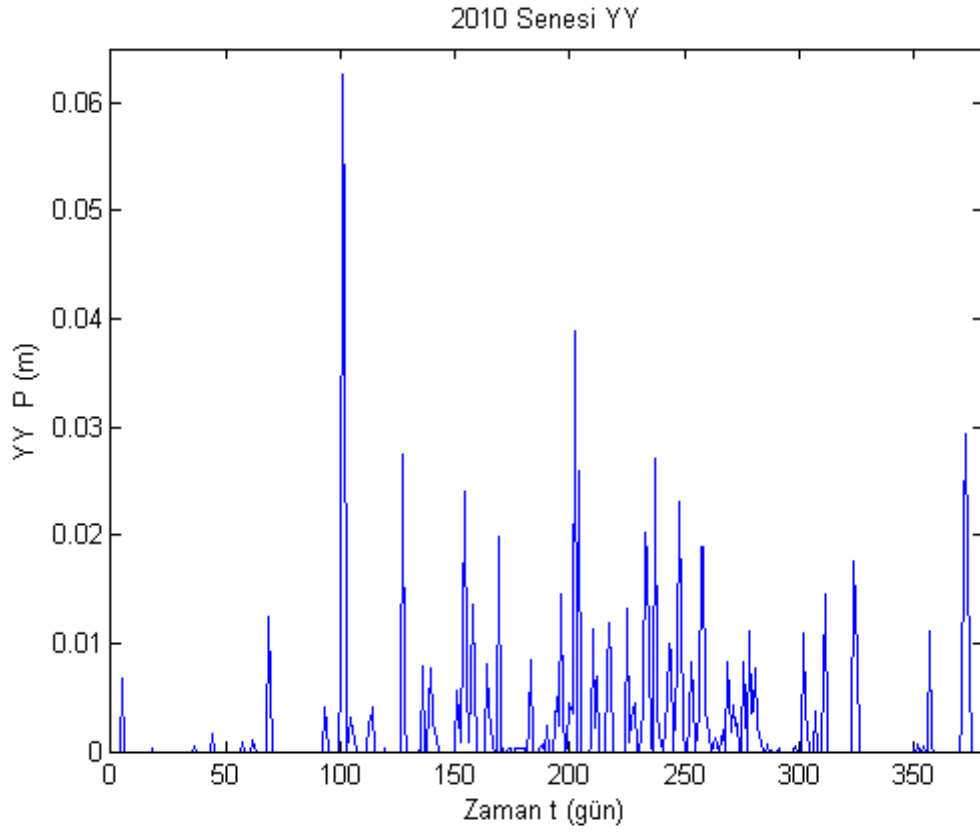


Şekil 7.21. 2009 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

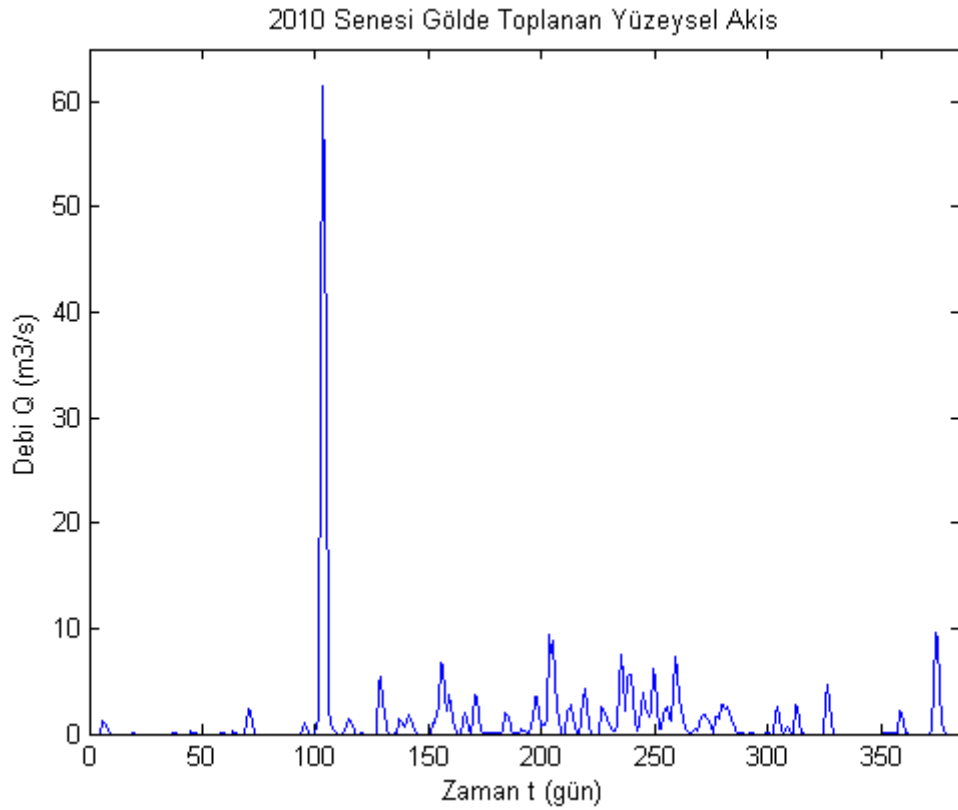
Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2009 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 6.09 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28.55 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi 4.41 m'dir ve bu durumda gölün yüzey alanı 27.3 km²'dir.

7.21. 2010 YILINA AİT YAĞIŞ VE YÜZEYSEL AKIŞ

Şekil 7.22 (a) ve (b)'de 2010 yılına ait yağış ve yüzeysel akış sonucu göle ulaşan toplam debinin zamana göre değişimi görülmektedir. Maksimum yağış yıl içinde 102. günde görülmüştür. Bu durumda maksimum debi yaklaşık olarak 105. günde oluşmaktadır. 2010 yılında yağışın maksimum değeri 67.8 mm ve debinin maksimum değeri $66.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.



Şekil 7.22.(a) 2010 yılına ait yağışın zamana göre değişimi

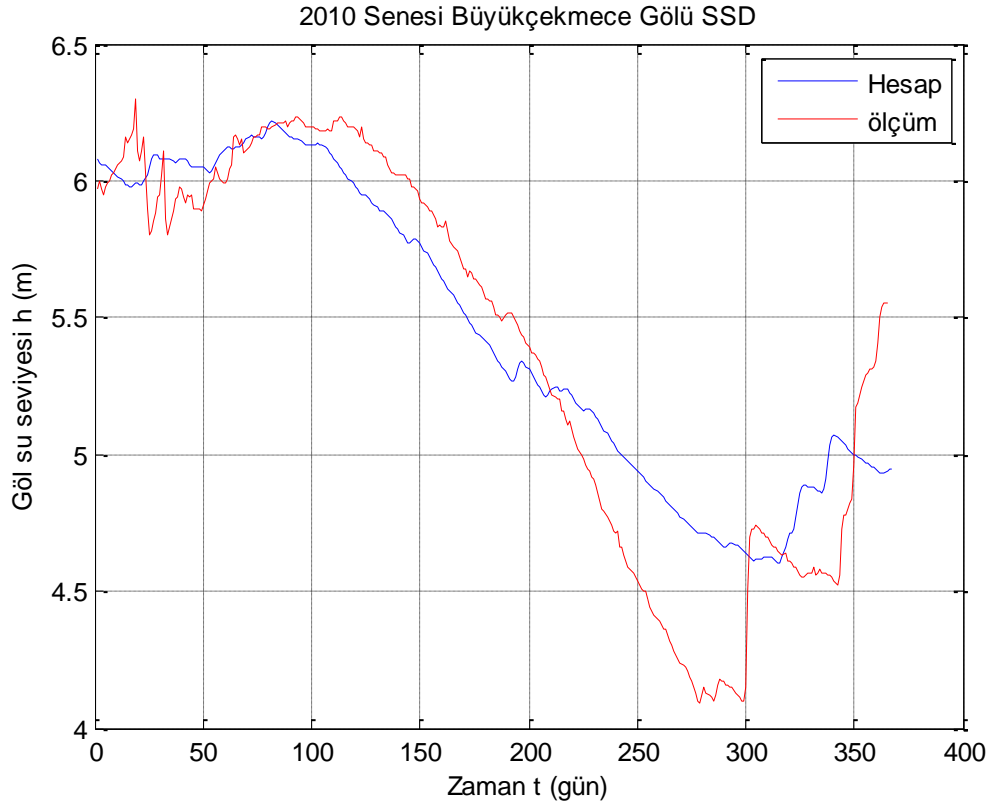


Şekil 7.22.(b) 2010 yılına ait göle ulaşan yüzeysel akışın zamana göre değişimi

Bu grafiklere bakıldığında 1. ay ile 7. ay arasındaki yağış 7. ay ile 12. ay arasındaki yağışa nazaran daha azdır ve buna bağlı olarak aynı durum debi için de geçerlidir. Dolayısıyla kış ve bahar ayları, yaz ve sonbahar aylarına göre daha kurak geçmiştir.

7.22. 2010 YILINA AİT GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Şekil 7.23'de 2010 yılına ait Büyükçekmece Gölü'nün günlük su seviyesi değişimi görülmektedir. Bu grafiğe bakıldığında, göl su seviyesinin en yüksek değerine 81. günde ulaştığı görülmektedir ve bu durumda göl su seviyesinin yüksekliği 6.23 m olmaktadır. Su seviyesi 81. günden itibaren 315. güne kadar genel bir düşüş ve 315. günden itibaren 341. güne kadar da genel bir artış göstermiştir.



Şekil 7.23. 2010 yılı göl su seviyesinin zamana göre değişimi

Bu şekilde Büyükçekmece Gölü'nün 2010 yılında göl su seviyesinin en yüksek değeri 6.23 m'dir ve bu halde göl yüzey alanı 28.5 km²'dir. Yine bu grafiğe göre göldeki en düşük su seviyesi değeri 4.6 m'dir ve bu durumda gölün yüzey alanı 27.3 km²'dir.

8. SONUÇLAR

Su, dünyadaki en büyük yaşam ve enerji kaynağımızdır. Bu sebepten dolayı modellemelerin doğru bir şekilde yapılması büyük önem taşır. Göl modellemesi ve analizleriyle ilgili çalışmalara katkıda bulunmak için bu tezde Büyükçekmece Havzası ve Gölü'nün modellemesi ve analizi EPA SWMM programı kullanılarak yapılmıştır.

Öncelikle Türkiye'de yapılan ve yapılacak olan su kaynakları ve modelleri hakkında geniş çaplı literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra EPA SWMM ve MATLAB programı kullanılarak Büyükçekmece Havzası üzerinde yağış sırasında toplanan ve göle ulaşan yüzeysel akış hesaplanmış, daha sonra diğer verilerle birlikte EPA SWMM de oluşturulan modelin çıktısı MATLAB ile oluşturulan Büyükçekmece Gölü'ne ait hidrolojik öteleme modelinin girdisi olarak kullanılmıştır. Göl hidrolojik ötelemesinde, yüzeysel akış ve yağış göldeki su kazancını ve evapotranspirasyon ise göldeki su kaybını oluşturmaktadır. Hidrolojik öteleme 3. dereceden Runge-Kutta yöntemi ile çözülmüştür.

Yapılan entegre hidrolojik modellemenin doğruluğu 2010 yılına ait İSKİ den temin edilmiş olan göl su seviyesi ölçümleri kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra 2000 ile 2010 yılı arasındaki göl su seviyesi değişimleri entegre edilmiş EPA SWMM ve MATLAB programları ile yapılan analizler ile 2000 ile 2010 yılı arası Büyükçekmece Gölü'ndeki su seviyesi değişimi incelenmiştir. Sonuç olarak Büyükçekmece Gölü'nün su seviyesinde en çok değişiklik 2009 yılında iken en az değişiklik 2002 yılında görülmüştür. 2000 ile 2010 yılı arasındaki göl su seviyesinin zamana göre değişimi grafikleri incelendiğinde kış aylarındaki göl su seviyesi salınımının yaz aylarındaki göl su seviyesi salınımına göre çok daha az olduğu görülmüştür.

Bu 11 yıllık incelemede Büyükçekmece Gölü su seviyesinin en yüksek değeri Mart 2010'da 6.23 m ve en düşük değeri de Ağustos 2001'de 3.7 m olarak gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

ADIGÜZEL, Raşit Çağatay, 2002, *Göllerdeki su değişimine bağlı kıyı yapı tasarımları*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi.

BAYAZIT, M., 1995, *Hidroloji*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası. İstanbul.

BAYAZIT, M., 1998, *Hidrolojik modeller*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

BAYRAK, Ahmet, 2008, Sapanca Gölünün Hidrolojik, Hidrolik ve Hidrolik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Su bütçesinin tespiti, Yüksek Lisans, Sakarya Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü.

BAYRAKTAR, Seval, 2004, Göllerin ve Haznelerin Hidrolojik Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü.

BİFTU, G.F., GAN, T.Y., 2000, *Assessment of evapotranspiration models applied to a watershed of Canadian Prairies with mixed land-uses*, 14(7), 1305-1325.

BURDUR GÖLÜ, 1998, T.C. Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü Yayını.

CHEBUD, Yirgalem A., MELESSE, Assefa M., 2009, Modelling lake stage and water balance of Lake Tana, Ethiopia, *Hydrological Processes*, *Hydrol. Process*, 23, 3534–3544.

CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., MAYS, L.W., 1988, *Applied hydrology*, McGraw-Hill.

COLEMAN, G., DECOURSEY, D.G., 1976, *Sensitivity and model variance analysis applied to some evaporation and evapotranspiration models*, *Water Resources Research*, 12(5), 873-879.

DE BRUIN H.A.R., 1978, *A simple model for shallow lake evaporation*, *Journal of Applied Meteorology*, 17, 1132-1134.

DELİBAŞ, L., 1994, *Sulama*, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Basımevi, No:213, Tekirdağ.

DİCKINSONRE, 2006, *Storm Water Management Model*, http://en.wikipedia.org/wiki/Storm_Water_Management_Model [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2008].

EAGLESON, P.S., 1970, *Dynamic Hydrology*, McGraw-Hill, Inc, New York.

ESENDAL, Halil, 2007, Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi, Yüksek Lisans, Süleyman Demirel Üniversitesi.

EVAPOTRANSPIRATION EXERCICE, <http://www.stockton.edu/~epsteinc/etcalc.htm> [ziyaret tarihi :18 Kasım 2011].

GROLIER INTERNATIONAL AMERİCANA, Cilt 6, s. 341, Medya Holding, İstanbul, 1993.

GUYER, Gokce Tezcanli, İLHAN, Esra Genç, 2010, Assessment of pollution profile in Buyukcekmece Watershed, Turkey, *Environ Monit Assess* (2011) 173:211–220

HOLDREN, G.Chris, TURNER, Kent, 2010, Characteristics of Lake Mead, Arizona-Nevada, *Lake and Reservoir Management*, 26: 4, 230 — 239.

HOSTETLER, S.W, BARTLEİN, P.J., 1990, *Simulation of lake evaporation with application to modeling lake level variations of Harney-Malheur Lake, Oregon*. *Water Resources Research*, 26(10), 2603-2612.

HUBER, W.C., DİCKINSON, R.E., 1988, *Storm Water Management Model, Version 4, User's Manual*, GA.: Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Athens.

İÇME SUYU KAYNAKLARININ TESBİTİ Rapor 2; 1995, Alter –Üçer Ortak Girişimi

İSTANBUL SU VE KANALİZASYON İDARESİ, Basın Bülteni, Aralık 2007.

KADIOĞLU, M., 1995, *Van Gölündeki su seviye yükselmesinin meteorolojik faktörler ile olan ilgisi*, İstanbul.

KOÇ, Alper, 2008, Büyükçekmece Havzası ve Büyükçekmece Gölü'nün Yağmur Suyu Modellemesi ve Analizi , Lisans Bitirme Projesi, İstanbul Üniversitesi.

KORUKÇU, A., ve YILDIRIM, O., 1981, *Yağmurlama sistemlerinin projelenmesi*, Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu, Ankara.

LENTERS, John D., KRATZ, Timothy K., BOWSER, Carl J., 2004, Effects of climate variability on lake evaporation: Results from a long-term energy budget study of Sparkling Lake, northern Wisconsin (USA), *Journal of Hydrology* 308 (2005) 168–195.

LEWIS, W.M., 1983, A revised classification of lakes based on mixing, *Can. J. fish. Aquat. Sci.*, 40, 1779-1787.

LIGHTHILL, M.J., WHITHAM, G.B., 1955, On kinematic waves. I. Flood movement in long rivers, *Proceedings, Royal Society of London, London, England, Series A*, 229, 281-316.

MELESSE, Assefa M., NANGIA, Vijay, WANG, Xixi , 2006, Hydrology and Water Balance of Devils Lake Basin: Part 2 Grid-Based Spatial Surface Water Balance Modeling, *JOSH* 6 (2006) ,120-132

MERCAN, Y. Müh. Dilek Eren, 2006, Beyşehir Gölü'nün Hidrodinamik Modellemesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü.

MORTON, F.I., 1974, *Estimating evaporation and transpiration from climatological observations*, *Journal of Applied Meteorology*, 14, 488-497.

MORTON, F.I., 1979, *Climatological estimates of lake evaporation*, *Water Resources Research*, 15(1), 64-76.

OCTAVIO, K.H., JIRKA, G.H., HARLEMAN, D.R.F., 1977, Vertical Heat Transport Mechanisms In Lakes And Reservoirs, *MIT, Dep. Civil Engineering Ralph M. Parsons Lab. Water Resources Hydrodynamics Report*, 227, Cambridge, MA.

PHILLIPS, D.W., 1978, *Evaluation of evaporation from Lake Ontario during IFYGL by a modified mass transfer equation*, *Water Resources Research*, 14(2), 197-205.

STEWART, R.B., ROUSE, W.R., 1976, *A simple method for determining the evaporation from shallow lakes and ponds*, *Water Resources Research*, 12(4), 623-628.

ŞORMAN, Ü., 2002, *Van Gölü Su Bütçesinin Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanımı ile Hesaplanması*, TÜBİTAK INTAG-830, Son Rapor, 39s. Ankara.

TEMEL BRITANNICA, Cilt 7, s.201-203, Ana Yayıncılık, İstanbul, 1992.

VARDAVAS, I.M., FOUNTOULAKIS, A., 1996, *Estimation of lake evaporation from standard meteorological measurements: application to four Australian lakes in different climatic regions*, *Ecological Modeling*, 84(1-3), 139-150.

VİKİPEDİ, 2008, http://tr.wikipedia.org/wiki/Tuz_G%C3%B6l%C3%BC
[Ziyaret Tarihi: 25 Ekim 2011].

VİKİPEDİ, 2010, <http://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6l> [Ziyaret Tarihi: 1 Ekim 2011].

<http://www.dunyamizitanialim.com/goller.htm> [ziyaret tarihi : 3 Ekim 2011].

VİKİPEDİ,2011,
http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87%C4%B1ld%C4%B1r_G%C3%B6l%C3%BC
[Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2011].

VİKİPEDİ, 2011,
http://tr.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCy%C3%BCk%C3%A7ekmece_G%C3%B6l%C3%BC
3%BC [ziyaret tarihi : 20 Kasım 2011].

VİKİPEDİ, 2011, http://tr.wikipedia.org/wiki/Eber_G%C3%B6l%C3%BC
[ziyaret tarihi :19 Ekim 2011].

www.akdeniz.edu.tr/muhfak/cevre/english/topkaya/homepage/intag825/sapanca.htm,
Mayıs, 2008.

YA YAN LU, Numerical Methods for Differential Equations, City University of Hong Kong, Department of Mathematics, Kowloon, Hong Kong.

YENİGÜN, Yrd.Doç.Dr. Kasım, 2009, hidroloji ders notlari, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

YILDIRIM, Ünal,ERDOĞAN, Saffet,UYSAL, Murat , 2010, Changes in the Coastline and Water Level of the Akşehir and Eber Lakes Between 1975 and 2009 Water Resour Manage (2011) 25:941–962.

ÖZGEÇMİŞ

Yashar ALFARS, 1983 yılında Irak'ta Dihouk ilinde doğmuştur. İlk öğrenimini Gırnata okulunda, orta öğrenimini Algazali okulunda ve liseyi 2003 yılında Telafer ilçesinde Telafer Erkek Lisesi'nde tamamlamıştır. Aynı yıl Musul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Hidrolik Mühendisliği Bölümü'nde Lisans Eğitime başlamış ve 2007 yılında başarı ile tamamlamıştır. 2010 yılında İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim dalında yüksek lisans eğitime başlamış ve halen devam etmektedir.