

T.C.  
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ ve DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM / FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SON YILLARDAKİ VAN GÖLÜ SEVİYE DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ

Gamze GELBERİ

EYLÜL 2021

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SON YILLARDAKİ VAN GÖLÜ SEVİYE DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ

Hazırlayan  
Gamze GELBERİ

Danışman  
Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

Jüri Üyeleri  
Prof. Dr. Zeynel Fuat TOPRAK  
Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN  
Doç. Dr. Ercan IŞIK

EYLÜL 2021

## ONAY

Gamze GELBERİ tarafından hazırlanan “**Son Yıllardaki Van Gölü Seviye Değişimlerinin Analizi**” adlı tez çalışması 18/08/2021 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK

(Başkan)

Prof. Dr. M. Cihan AYDIN

(Danışman)

Doç. Dr. Ercan IŞIK

(Üye)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Bu tezin kabulü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../... gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

Enstitü Müdürü

**BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI**  
**ETİK BEYANI**

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**Son Yıllardaki Van Gölü Seviye Değişimlerinin Analizi**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 09/09/2021



**Gamze GELBERİ**  
**İmza**

## ÖZET

### SON YILLARDAKİ VAN GÖLÜ SEVİYE DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ

Gamze GELBERİ

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

Eylül 2021, 52 sayfa

Kapalı bir havza içinde yer alan Van Gölü geçmişte olduğu gibi günümüzde de önemli seviye değişimleriyle gündeme gelmektedir. Bu seviye değişimlerinin tespiti kadar sebeplerinin de belirlenmesi bilim dünyası ve ekolojik yaşam için önem arz etmektedir. Geçmiş yıllardaki seviye değişimleriyle ilgili farklı yöntem ve tekniklerle birçok çalışma yapılmıştır. Bu tez çalışmasında son yıllara ait Van Gölü'nde meydana gelen su seviyesi değişimleri iki farklı yöntemle analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bunlardan ilkinde son yıllarda kullanılmaya başlanan sezgisel zaman serisi yöntemlerden bir olan LSTM yöntemiyle 2000-2020 yılları arasında göl seviyelerindeki değişimin tahmini yapılmıştır. İkincisinde ise 2010-2020 yılları arasındaki su seviye değişimleri meteorolojik ve hidrolojik veriler kullanılarak Su Bütçesi yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında son yıllarda meydana gelen Van Gölü'ndeki seviye değişimlerinin nedenleri tartışılmıştır. Özellikle 2014 yılından sonraki değişimlerin hidrometeorolojik olabileceği, ancak 2010-2013 yılları arasındaki olağandışı seviye değişimlerinin ise yer kabuğu hareketleri, göl tabanından olan su ve gaz çıkışı gibi başka sebeplere bağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Bu değişimlerin gelecekte de devam edebileceği vurgulanmış bu konuda farklı disiplinlerle daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Van Gölü, Seviye Değişimi, Göl Su Seviyesi, Su Bütçesi, LSTM.

## ABSTRACT

Analysis of Van Lake Level Changes in Recent Years

Gamze GELBERİ

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate Education Institute

Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN

September 2021, 52 pages

Lake Van, which is located in a closed basin, comes to the fore with significant level changes today as it was in the past. Determining the causes as well as the determination of these level changes is important for the scientific world and ecological life. Many studies have been carried out with different methods and techniques regarding the level changes in the past years. In this thesis study, the water level changes in Van Lake in recent years were analyzed with two different methods and the results were evaluated. In the first of these, the change in lake levels between 2000 and 2020 was estimated with the LSTM method, which is one of the heuristic time series methods that have been used in recent years. In the second, water level changes between the years 2010-2020 were examined by using the meteorological and hydrological data with the Water Budget method. In the light of the results obtained, the reasons for the level changes in Lake Van that have occurred in recent years have been discussed. It was concluded that the changes especially after 2014 may be hydrometeorological, but the unusual level changes between the years 2010-2013 can be attributed to other reasons such as crustal movements, water and gas outflow from the lake floor. It has been emphasized that these changes may continue in the future, and it has been evaluated that there is a need for more studies with different disciplines on this subject.

**Keywords:** Van Lake, Level Change, Lake Water Level, Water Budget, LSTM.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden baőlayarak son aőamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN'a Őukranlarımı sunarım.

Tez çalıőmamın tüm aőamasında bana rehberlik eden çalıőtığım kurum olan DSİ 17. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Ayrıca bu günlere gelmemde büyük emekleri olan anne ve babama, yoğun çalışma temposunda benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen diğer aile fertlerime ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.



## ÖNSÖZ

Küresel ısınma tüm dünyada etkisini göstermiş ve su kaynakları üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmuştur. En önemli su kaynaklarımızdan biri olan göllerde, birçok farklı parametrenin etkili olduğu ama özellikle küresel ısınma neticesinde yaşanan iklim değişiklikleri sebebiyle önemli seviye salınımları yaşanmaktadır. İnsanlar göllerden tarımda sulama, içmesuyu, enerji, ulaşım, turizm vb. birçok şekilde faydalanmaktadır. Bu sebeple bu su kütlelerinin bütçesi, geleceğimiz için üzerinde durulması ve sürekli takip edilmesi gereken bir husustur. Hidrolojik ve meteorolojik değişimlerin yanında yer küre üzerindeki tektonik ve volkanik aktivitelerin de göl seviyesi üzerinde etkili olabildiği bilinmektedir. Türkiye'nin en büyük, dünyanın ise en büyük sodalı gölü olan Van Gölü, en derin noktası 451 m, uzunluğu 119 km, genişliği 80 km, kıyı uzunluğu 430 km, ortalama derinliği 171 m olan tektonik oluşumlu bir göldür. Van Gölünün oluşumundan bu yana önemli seviye değişimleri olduğu ve bu seviye değişimlerinin günümüzde halen devam ettiği gözlemlenmiştir. Bu seviye değişimlerinin hidrometeorolojik mi yoksa tektonik/volkanik kaynaklı mı olduğu hala bir tartışma konusudur. Küresel iklim değişiklikleriyle birlikte seviye değişimlerinde belirgin değişiklikler olabilse de mevsimsel olmayan ani değişimler farklı sebepleri işaret etmektedir. Van Gölü çevresindeki meydana gelen yoğun volkanik ve tektonik aktiviteler göl seviyesindeki değişimleri de tetikleyebilmektedir. Bu çalışmada, Van Gölü'nün su bütçesi ortaya konulmuş ve son yıllarda meydana gelen su seviye değişimleri analiz edilmiştir. Bu seviye değişimlerinin hidrometeorolojik mi yoksa başka nedenlerle mi olduğu tartışılmıştır. Böylece seviye salınımları kontrol edilebilecek ve gerekli, yapılabilecek önlemler önceden alınabilecektir.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iv
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	v
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	vi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	ix
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	x
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Van Gölü Su Seviye Değişimlerinin Nedenleri .....	3
1.2. Önceki Çalışmalar .....	5
1.3. Çalışmanın Amacı ve Önemi .....	8
<b>2. MATERYAL VE METOT</b> .....	10
2.1. Çalışma Alanı: Van Gölü .....	10
2.2. Uzun Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory-LSTM) .....	11
2.3. Su Bütçesi Analizi .....	16
2.3.1. Van Gölü'ne Giren Akımlar .....	20
2.3.2. Van Gölü'ne Düşen Yağışlar .....	27
2.3.3. Van Gölü'nden Gerçekleşen Buharlaşımlar .....	29
2.3.4. Göl Su Seviyeleri .....	31
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	33
3.1. LSTM Modeli ile Van Gölü Su Seviye Simülasyonu Değerlendirmesi .....	33
3.2. Van Gölü'nün 2010-2020 Periyodu İçin Su Bütçesi Değerlendirmesi .....	36
<b>4. SONUÇ</b> .....	46
<b>5. KAYNAKLAR</b> .....	48
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	52

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

### Sayfa

2.1. Van Gölüne dökülen akarsular ve istasyon bilgileri.....	21
3.1. Yıllık ortalama göl su seviye değerleri (m) ve fark miktarı .....	45



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>ŞEKİL</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Türkiye'nin göl seviyeleri trendi .....	3
1.2. Van Gölü uzaydan görünüşü .....	3
2.1. Van Gölü havza haritası .....	11
2.2. Uzun vadeli bağımlılık problemi .....	12
2.3. Tipik bir RNN ağ katmanı .....	12
2.4. LSTM ağ katmanları.....	13
2.5. LSTM hücresinde sigmoid katmanı .....	13
2.6. LSTM hücresinde sigmoid ve tanh katmanı.....	14
2.7. LSTM hücresinde sigmoid ve tanh fonksiyonları ile veri revizyonu .....	15
2.8. LSTM'de hücre çıktısı oluşturma.....	15
2.9. Van Gölü su bütçesi modeli .....	17
2.10. Göl yüzeyindeki buharlaşma ölçüm istasyonları.....	19
2.11. Van Gölüne dökülen başlıca akarsular .....	20
2.12. Deliçay yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	22
2.13. Gevaş suyu yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	22
2.14. Güzelkonak deresi yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020).....	23
2.15. Karasu yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	23
2.16. Kotum çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020).....	24
2.17. Kasap deresi yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	24
2.18. Bendimahî çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	25
2.19. Engil suyu yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	25
2.20. Zilan çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020).....	26
2.21. Uludere çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	26
2.22. Süfrezor deresi yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) .....	27
2.23. Ahlat istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020) .....	28
2.24. Tatvan istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020).....	28
2.25. Erciş istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020).....	29
2.26. Van bölge istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020) .....	29
2.27. Tatvan istasyonu yıllara göre aylık toplam buharlaşma ölçümleri (2010-2020).....	30
2.28. Van bölge istasyonu yıllara göre aylık toplam buharlaşma ölçümleri (2010-2020) .....	30
2.29. Van Gölü yıllık ortalama su seviye ölçümleri (1944-2020).....	31

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>ŞEKİL</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.30. Van Gölü aylık ortalama su seviye ölçümleri (2010-2020) .....	32
3.1. Aylık ortalama Van Gölü su seviye değerleri (2000-2020) .....	33
3.2. LSTM modelinin eğitimi .....	34
3.3. Tahmin edilen seviye değerlerinin ve eğitim verilerinin grafiği .....	34
3.4. Ölçülen ve tahmin edilen su seviyeleri – RMSE hata değeri .....	35
3.5. Gerçek değerlerle tekrardan eğitilen model – RMSE hata değeri .....	35
3.6. Bütçede dikkate alınan yıllara göre Van Gölüne giren aylık toplam akım verileri.....	36
3.7. Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama akım verileri (2010-2020) .....	37
3.8. Bütçede dikkate alınan yıllara göre aylık toplam yağış verileri (2010-2020) .....	37
3.9. Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama yağış verileri (2010-2020) .....	38
3.10. Bütçede dikkate alınan yıllara göre aylık toplam buharlaşma verileri (2010-2020) .....	38
3.11. Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama buharlaşma verileri (2010-2020) .....	39
3.12. Bütçede dikkate alınan yıllara göre aylık su seviye verileri (2010-2020).....	39
3.13. Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama su seviye verileri (2010-2020).....	40
3.14. Van Gölü yağış+akım değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri grafiği (2010-2020) ...	41
3.15. Van Gölü yağış değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri grafiği (2010-2020) .....	41
3.16. Van Gölü akım değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri grafiği (2010-2020).....	42
3.17. Yıllık ortalama yağış ve ölçülen su seviye değişimi (2010-2020) .....	42
3.18. Yıllık ortalama akım ve ölçülen su seviye değişimi (2010-2020).....	43
3.19. Yıllık ortalama buharlaşma ve ölçülen su seviye değişimi (2010-2020). .....	43
3.20. Su bütçesi ile hesaplanan seviye değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri.....	44

## SİMGELER DİZİNİ

W	Ağırlık
B	Geçici olarak paylaşılan katsayı
X	Girdi
$x_t$	t zamanındaki girdi
T	Zaman
$h_t$	t zamanındaki, gizli katmanın çıktısı
m	Metre
$Km^2$	Kilometrekare
$Km^3$	Kilometreküp
$^{\circ}C$	Santigrat derece
$\sigma$	Sigmoid fonksiyonu
$\tanh$	Hiperbolik tanjant
$\Delta S, dv/dt$	Hacimsel değişim
$Q_{giren}$	Göle giren debi
$Q_{çıkan}$	Gölden çıkan debi
E	Buharlaşma miktarı
P	Yağış miktarı
I	Akım miktarı
Y	Gölden çıkan akım
F	Göl tabanından olan sızıntı
C	Hücre durumu

## KISALTMALAR DİZİNİ

ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
ANNs	Artificial Neural Networks
ARMA	Autoregressive Moving Average Model
ARMAX	Autoregressive Moving Average With Exogenous Input
BMS	Bulanık Mantık Sistemleri
CNN	Convolutional Neural Networks
DSİ	Devlet Su İşleri
FFNNs	Feed Forward Neural Networks
GEP	Gene Expression Programming
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
LSTM	Long Short Term Memory
RBFNNs	Radial Basis Function Neural Networks
RMSE	Root Mean Square Error
RNN	Recurrent Neural Network
SVM	Support Vector Machine
SVR	Support Vector Regression
Tanh	Hiperbolik Tanjant
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
WANFIS	Wavelet - Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
WARMA	Wavelet – Autoregressive Moving Average Model
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WSVR	Wavelet - Support Vector Regression
WT-ANN	Wavelet-Transform Artificial Neural Network
YSA	Yapay Sinir Ağı

## 1. GİRİŞ

Bilindiği üzere tüm dünyada etkisini gittikçe daha çok hissettiren küresel iklim değişikliği, su kaynaklarımız üzerinde o kadar etkin bir rol oynamaktadır ki bunu bir su sorunu olarak bile nitelendirebiliriz. Bilim insanları yaptıkları çalışmalardan hareketle, gezegenimiz üzerinde Türkiye'nin de içinde bulunduğu orta enlemlerde, iklim değişikliği ve sonuçlarının daha gözle görülür felaketler doğuracağını belirtmişlerdir [1]. Bu sebeple su kaynakları bütçelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve yönetilmesi tüm insanlığın geleceği için önem arz etmektedir. Dünya üzerindeki su kaynaklarından biri olan ve birçok amaçla suyundan faydalanan göllerimizde gözlemlenen veya ölçülen seviye değişimleri de geleceğimize projeksiyon tutmaktadır. Seviye oynamalarının birçok farklı sebebi olmakla birlikte özellikle küresel ısınma neticesinde görülen iklim değişikliklerinin rolü çok büyüktür. Bu değişiklikler sonucunda derinliği az olan göller bazen tamamen kururken, daha derin göllerde ise az bir kıyı çekilmesi görülmektedir [2].

Karalar üzerinde %2'lik bir yer teşkil eden göller; çeşitli sebeplerle meydana gelmiş çanak şeklindeki yeryüzü şekillerinde suların birikmesiyle oluşmuşlardır. Göller, yeryüzündeki tatlı suların %87'sini meydana getirirler [3]. Küresel göl envanterine kıyasla ülkemiz bu su kaynakları açısından çok zengin değildir. Ülkedeki toplam göl ve bataklık alanı 10.000 km<sup>2</sup> kadardır [4]. Göllerin girdileri yağışlar, göle dökülen akarsuların taşıdıkları sular ve yer altı sularıdır. Göl seviyelerinde zaman içerisinde doğal ve beşeri kökenli sebeplerden dolayı alçalmalar ve yükselmeler meydana gelmektedir. Göllerde seviye oynamalarına sebep olan doğal faktörler; akarsular, yer altı suları, tektonik hareketler, seş (seiche) olayı ve belki de en önemli parametre olan iklim elemanlarıdır (yağış, sıcaklık, buharlaşma vb.) [2]. Ayrıca sulama, içmesuyu gibi göllerden faydalanma amaçları da genel olarak su seviye azalmalarına neden olmaktadır.

Göllerde su miktarına etki eden doğal kökenli sebeplerin başında yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi meteorolojik parametreler gelmektedir. Bu parametreler göllerde özellikle mevsimsel olan artış ve azalışlara sebep olur. Göl yüzüne düşen yağışlar o esnada gölün su seviyesine etki ederek artışa sebebiyet verir. Ayrıca göl çevresine yağın veya göle dökülen akarsuların içerisine karışan yağışlar da biraz gecikmeli de olsa gölün suyuna katılarak göl yüzü oynamasına etki eder. Ancak yağışlar kar şeklinde olduğunda bunların eriyerek yer altı suyuna karışması ve sonrasında göl suyuna katılması belli bir süreç gerektirdiğinden, kar yağışlarından kaynaklı göl seviyesi değişikliği bir veya birkaç yıl sonrasına ertelenir [2]. İklim elemanlarından olan bir diğer faktör sıcaklıktır. Sıcaklıkların arttığı aylarda veya yıllarda doğal olarak buharlaşma seviyeleri de yükselecektir. Bu sebeple kurak dönemlerde göl seviyelerinde azalmalar gözlemlenir [2].

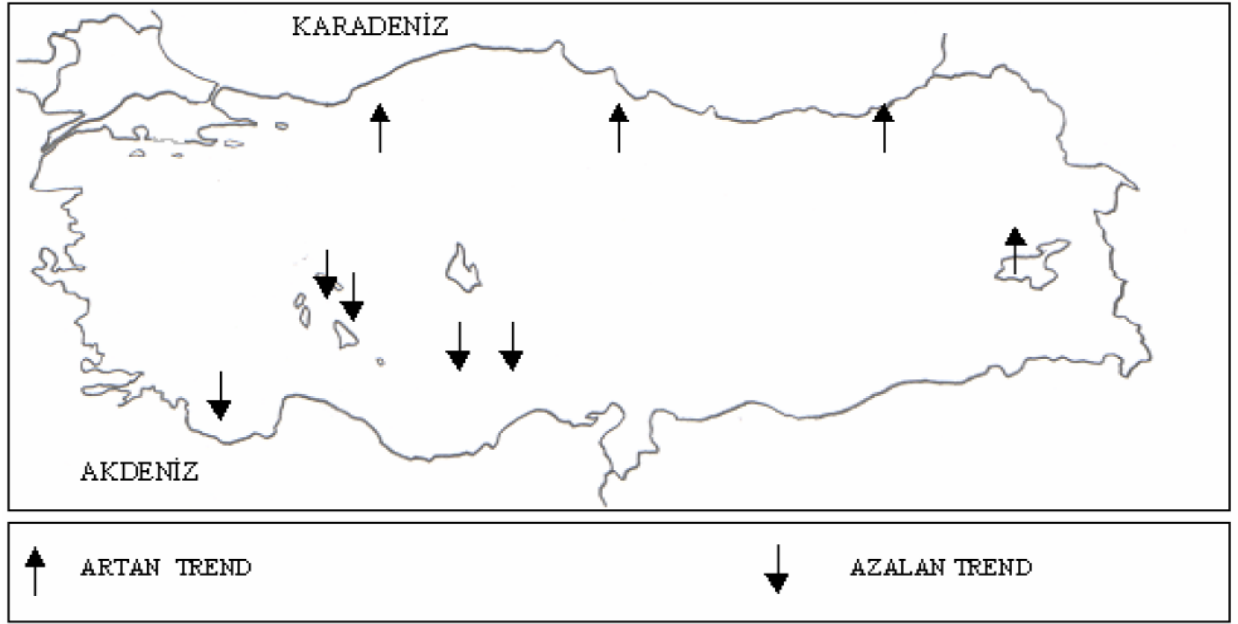
Göl yüzü oynamalarına sebebiyet veren bir diğer etken seş (seiche) olayıdır. “Seş” bir diğer adıyla “duran dalga”, gölün bir tarafında görülen yükselme ve diğer tarafında görülen alçalma hareketidir. Tekrarlanan bu hareketlerle ritmik dalgalar oluşur. Bir tahteravalli hareketine benzeyen bu salınımlar genellikle atmosferik hava basıncı değişimi, rüzgârlar, fırtınalar ve sismik hareketler gibi iç kuvvetler sebebiyle oluşmaktadır. Dalgalanma sırasında genellikle seviye farkı çok yüksek değildir. Çoğu kez çıplak gözle görülemeyen bu salınımlar limnometre adı verilen aletle ölçülmektedir [5]. Ülkemizde seş hareketinin, ölçüm yapılmadığından dolayı, kaydedildiği veya gözlemlendiği herhangi bir göl bulunmamaktadır. Ancak yüzölçümü olarak büyük ve şiddetli rüzgârların etkisinde olan göllerde (Van gölü gibi) seş olayının teorikte var olduğu söylenebilir [2].

Göl sularının bütçesini besleyen bir diğer doğal faktör akarsular ve yer altı sularıdır. Yağışlı ve karların eridiği dönemlerde göle dökülen akarsuların da debileri artacağından göl seviyelerinde artışlar yaşanmaktadır. Fakat akarsulardan kaynaklı seviye artışları daha gecikmeli olabilmektedir. Özellikle uzun yollar kat ederek göle ulaşan akarsularda, yağışlardan meydana gelen debi artışları göllerde daha geç su seviyesi yükselmesine neden olmaktadır. Kurak aylar veya yıllarda ise hem yağışın az olmasından hem de akarsuların taşıdığı debilerin düşük olmasından kaynaklı seviye azalışları kaydedilmektedir. Yer altı suları ise gölleri besleyen bir diğer önemli değişkendir. Sızma yoluyla yağışların ve kar sularının yer altı sularına karışması ve bu suların göllerin su seviyesinde değişiklik göstermesi yüzey sularına göre daha geç gerçekleşmektedir [2].

Tektonik ve volkanik hareketler de göl seviyesi salınımlarını etkileyen doğal bir değişkendir. Göl tabanında veya çevresinde bulunan faylardan kaynaklanan herhangi bir alçalma ve yükselme hareketi göl seviyelerinde oynamalar meydana getirir [2].

Doğal faktörlerin dışında göllerin su bütçelerini etkileyerek göl yüzü oynamalarına neden olan beşeri faktörler de bulunmaktadır. Özellikle sulama, enerji ve içme-kullanma suyu temini amacıyla göllerden faydalanma maalesef göllerin sularını kaybetmesine sebebiyet vermektedir. Ayrıca göle akan akarsuların önünü baraj, sedde vb. yapılarla kesmek veya akarsuların yönünü değiştirmek göl seviyelerini olumsuz yönde etkileyen beşeri unsurlardır.

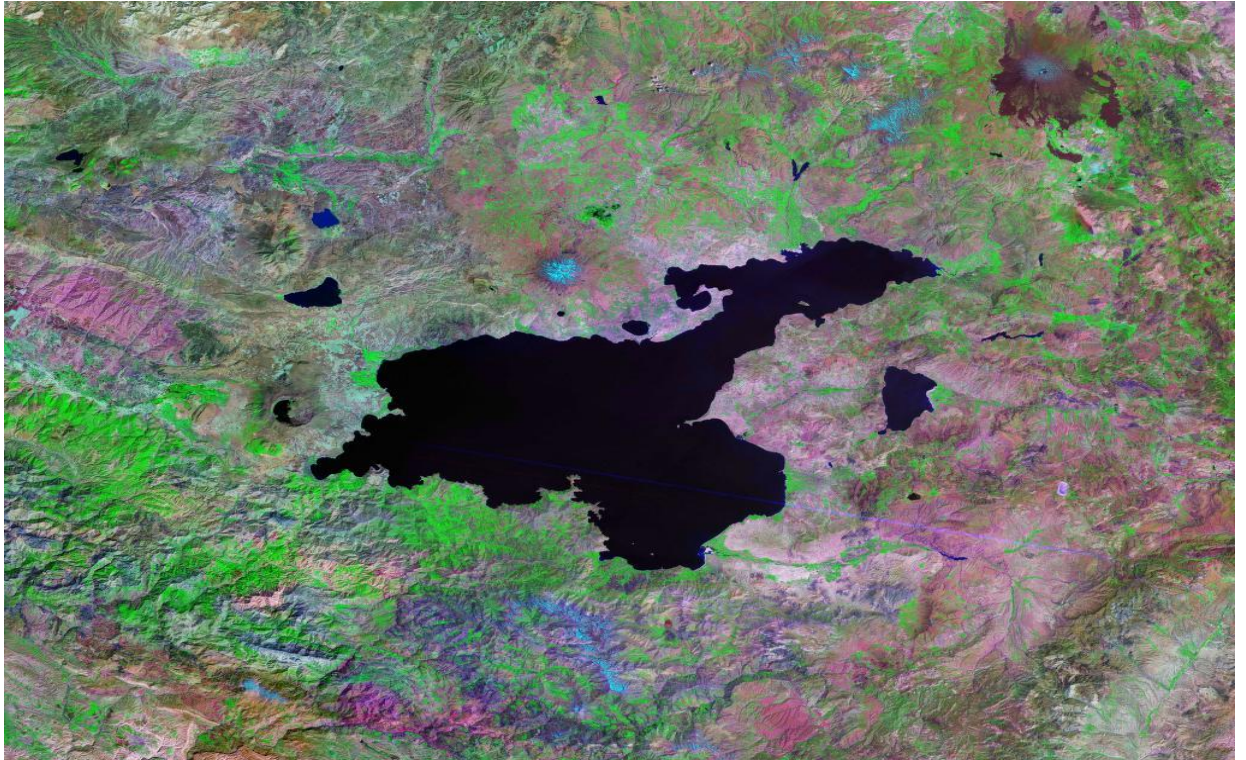
Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’deki doğal göllerde de yukarıda açıklanan genel sebeplerden kaynaklı göl seviye değişiklikleri görülmektedir. Türkiye’ye bakıldığında ülkemizin kuzeydoğusundaki göllerin seviyeleri artış yönünde ilerlerken, güneydoğusundaki göllerin su seviyeleri azalma eğilimindedir (Şekil 1.1). Genel olarak ülkemizdeki göllerde ilkbahar aylarında maksimum seviyelere ulaşılmaktadır. Kuzeybatı ve güneybatı göllerimizde ilkbahar mevsiminde pik seviyelere ulaşıldığı gözlemlenmiş olup, yaz mevsiminde ise doğudaki göllerimizde maksimum seviyeler kaydedilmiştir [6].



Şekil 1.1. Türkiye'nin göl seviyeleri trendi [6].

### 1.1. Van Gölü Su Seviye Değişimlerinin Nedenleri

Türkiye'nin doğusunda bulunan 13.605 km<sup>2</sup>'lik Van gölü kapalı havzasında yer alan Van gölü de oluşumundan bu yana önemli seviye değişimlerine sahne olmuştur (Şekil 1.2) [1].



Şekil 1.2. Van Gölü uzaydan görünüşü [5].

Göl'de su seviyesi aynı kalmayıp sürekli değişkenlik göstermektedir. Kapalı havzalarda yer alan göllerin genel bir özelliği olan bu durum Van Gölü'nde uzun zamandır meydana gelmektedir [7]. Bunun en önemli bulgusu, göl çevresinde bulunan taraça depolarıdır [2]. Van gölünün, buzul devirleri sırasında soğuk ve nemli iklim koşulları altında önemli seviye ve hacim değişikliklerine uğradığı belirtilmektedir. Halen göl çevresinde bugünkü 1650 m seviyesinin üzerinde 12, 30, 55 ve 70 m yükseltilerde tespit edilen 4 farklı göl sekisi (taraçası), geçmişteki göl seviyesinin bugünküne göre yüksek seviyelerde değiştini göstermektedir. 1720 m kotunda tespit edilen ve sadece göl içerisinde bulunabilecek istiflenmiş erozyon materyalinden bulunması, göl seviyesinin bu seviyeye kadar yükseldini göstermektedir. Bu oluşumlara göre gölün yaşının 18 bin yıl olabileceği tahmin edilmektedir [8].

Göllerin; tarım amaçlı sulama, mesire alanı olarak kullanma, taşımacılık gibi birçok faydası bulunmaktadır. Ancak göl seviyelerinin fazla artması durumunda da yerleşim yerleri, tarım arazileri, karayolu ve demiryolu ulaşımı, göl kıyılarında bulunan tesisler gibi alanlar sular altında kalmaktadır. Faydaları yanında zararları da olabilen göl su kaynaklarından maksimum düzeyde yararlanmak, zararlarının ise minimum düzeylere indirgenmesi gerekmektedir. Bu amaçla göllerdeki seviye değişimlerinin önceden tahmin edilerek kontrol altına alınması ve gerektiğinde müdahale edilmesi elzem bir konudur [9].

Göllerin su kütlelerindeki artışlar ve azalışlar yağışlar, komşu havzalardan doğrudan ve dolaylı akışlar, serbest su kütesinden buharlaşma, hava ve su sıcaklığı ve göl ile alçak akiferler arasındaki etkileşimler gibi birçok çevresel faktörün karmaşık sonucudur [10]. Doğrusal olmayan hidrolojik süreçlerden dolayı göl su seviyelerinin tahmin edilmesi oldukça zordur. Seviyedeki dalgalanmalar ve bunların önceden tahmin edilebilir olması kıyı yapılarının planlanması, tasarımı, inşaaası ve işletilmesi açısından son derece kritiktir. Ayrıca su temini amaçlı faydalanılan tatlı su göllerinin yönetimi içinde önemli bir değişkendir. Göl seviye salınımlarını tahmin edebilmek için yağış, sıcaklık, buharlaşma, akım gibi hidrolojik ve meteorolojik verileri kullanarak komplike modeller oluşturmak mümkün olsa da geçmiş yıllara ait seviye verilerini kullanarak seviye salınımlarını tahmin eden modeller oluşturmak daha ekonomiktir [11]. Geliştirilen modeller sayesinde üretilen seviye bilgileri, göl yönetimi karar parametrelerinin masaya konmasının bir yoludur.

## 1.2. Önceki Çalışmalar

Van Gölü'nde görülen seviye değişimlerinin nedenleri üzerinde literatürde birçok görüş belirtilmiştir. Bunlar; iklim elemanları, güneş aktivitesindeki değişim, su kaçakları ve tektonik hareketlerdir [2].

Aydın ve Doğru [2] Van Gölü seviye değişimleriyle ilgili literatürde öne çıkan bazı çalışmaları şu şekilde özetlemiştir: Kempe vd. [12] çalışmalarında, Van Gölü'ndeki su seviye değişimlerinin güneş aktivitesi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Güneş aktivitesindeki değişim bir sonraki yıl göl seviyesi üzerinde kendisini göstermektedir. Yaptıkları analizde 1944-1973 yılları arasındaki göl su seviyeleri ile güneş lekeleri arasında paralellik olduğunu iddia etmişlerdir. Kadioğlu [13], Van Gölü'nde incelemeler yapmış ve göl su seviyesindeki değişimin (yükselmenin) sebebini yerel iklim elemanlarında görülen değişime bağlamıştır. Gürel [14] de aynı şekilde göldeki seviye salınımlarının iklimin etkisinde olduğunu savunmuştur. Kaynak [15], 1990'lı yıllarda meydana gelen seviye yükselmesinin nedeninin göl suyunun bileşiminde saklı olduğunu öne sürmüştür. Çalışmasında Van Gölü'nün seviyesinin yükselmesi ile tabandan göle geçen suya engel olan basıncın da arttığını ve bu basıncın da oransal olarak daha az suyun yüzeye çıkmasına neden olduğunu belirtmiştir. Tuna [16] ise Van Gölü'ndeki seviye yükselmesinin (1944-1995) sebebini, volkanik araziden göle geçen suların sızarken kazandıkları değişimler (kimyasal) nedeniyle, su kaçak yollarını tıkaması olarak açıklamaya çalışmıştır. TMMOB [17]'nin yayınladığı raporda, göldeki su bütçesinin değişimi ile göle gelen akışları, göle düşen yağışları, göldeki buharlaşmalar ile yeraltı suyu girişleri ve çıkışları ilişkilendirilmiştir. Kurak yıllarda su miktarının azaldığına, yağışların çok olduğu yıllarda ise su miktarının ve dolayısıyla seviyenin arttığına değinilmiştir. Batur [18], meteorolojik değişkenler ve göldeki seviye varyasyonlarının ilişkili olduğunu belirtmiştir. Yağışların kar olduğu dönemlerde bunların tamamının yüzey akımı ile göle ulaşmadığı, birazının sızıntı yoluyla yeraltı suyuna dâhil olduğu ve bunun göl seviyesinde artış olarak sonraki birkaç yılda kendisini göstereceğini belirtmiştir. Ayrıca Kempe ve arkadaşlarının savunduğu güneş aktivitesi ile Van Gölü seviye oynamaları arasındaki doğrusal orantıyı çürütmüştür. Düzen [19], yaptığı çalışmada göldeki seviye oynamalarının yağış, yüzey akımı ve yer altı suları etkeninde olduğunu savunmuştur. Sezen [20] ise göl seviye değişimleri ile yağışlar arasında doğrusal bir korelasyon olduğunu, havzaya gelen yağışın birkaç ay sonra göldeki seviyenin artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Erol [21] ise iklim ile göl salınımları arasında bir bağlantı olmadığını fakat sadece 1985-1995 döneminde yağışların artması ile göl seviyesinde de yükselmenin olduğunu savunmuştur. Ayrıca Gürbüz [22], çalışmasında göl su seviyesi ile sıcaklık ve yağışlar arasında sıkı bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Utkucu ve Arman [23], Van Gölü'nün

sismik olarak aktif bir bölge olduğunu belirterek, derledikleri sismik verilerle mevcut su seviye değişimi verilerini kıyaslamışlardır. Utkucu [24], yaptığı çalışmada gölde 1860 yılından sonra görülen seviye değişimleri ile havzaya yakın fayların sismik aktivitesini karşılaştırmıştır. Depremler ile yıllık ortalama su seviyeleri arasında bir eğilim olduğunu tespit etmiştir.

Van Gölü'nün seviye değişim nedenleri üzerine birçok araştırma yapılmış ve yukarıda da görüldüğü gibi farklı görüşler ortaya konmuştur. Ancak genel kanı, su yüzü oynamaları ile meteorolojik parametrelerin ilişkili olduğudur.

Gelişen teknolojinin insanlara sunduğu bir kolaylık olan bilgisayarlarla birlikte, yapay zekâ tekniklerinin kullanımı, bir çok alanda olduğu gibi hidroloji ve su kaynakları alanında da karmaşık ve doğrusal olmayan olayları modellemek için uygun bir araç olarak kullanılmasını sağladı ve uygulamalarının genişlemesine yol açtı. Literatüre bakıldığında göl suyu seviye tahminleri ve su kalitesi modelleme çalışmalarında derin öğrenme metotlarının sıklıkla kullanıldığı görülmüştür.

Nitekim Altunkaynak [25] yaptığı modellemede, YSA ve ARMAX modellerinin su seviye tahminleri için çok yararlı olduğu sonucuna varmıştır. Uygulamayı Van Gölü su seviyesi tahmini için yapmıştır. YSA modellerinin ARMAX modellerine kıyasla daha iyi performans gösterdiğini tespit etmiştir.

Teltik [26], yapmış olduğu tez çalışmasında Van Gölü su seviyesi üzerine en uygun stokastik modeli oluşturmaya çalışmıştır. İTÜ' de geliştirilen SEGMENTER adlı programı kullanarak sentetik seriler üretmiştir. Böylelikle mevcut yöntemlerin tahminlerini geliştirmeyi hedeflemiştir.

Batur vd. [27] çalışmalarında 1944-2007 yıllık ortalama su seviyelerini kullanarak çoklu regresyon analizi ile Van Gölü'nün su seviye modellemesini yapmışlardır.

Yarar ve Onüçyıldız [28], Beyşehir Gölü'nün su seviye değişimlerini yapay sinir ağları ile modellemişlerdir. Elde ettikleri seviye değerlerini geleneksel yöntemlerde elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Karmaşık ve doğrusal olmayan Beyşehir Gölü seviye salınımının YSA ile kolayca modellenebileceğini göstermişlerdir.

Kişi vd. [10] üç yapay zekâ yaklaşımını; ANNs, ANFIS ve GEP modellerini kullanarak ülkemizin batısında bulunan İznik Gölü'nün su seviyesi varyasyonlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda GEP yaklaşımının göl seviye salınımlarını tahmin etmede YSA ve ANFIS'e göre daha iyi sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca bu yaklaşımlar ile edilen sonuçların ARMA modelleri ile kıyaslanması da yapılmıştır.

Şener ve Morova [9], ülkemizin Göller Yöresinde bulunan Burdur Gölü'nün su seviye salınımlarını tahmin etmek için bulanık mantık ve regresyon metotlarıyla modeller

geliştirmişlerdir. Bulanık mantıkla yapılan modelin, regresyon modeline göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Aytek vd. [11] çalışmalarında Van Gölü'nün 1944-2002 yılları su seviye verilerini kullanarak aylık su seviyesi verilerini tahmin etmede GEP tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Ayrıca GEP tabanlı modellerin nöro-bulanık modellere göre daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Seo vd. [29] Güney Kore'de bulunan Andong Barajı'nın rezervuar su seviyesini modellemek istemişler ve çalışmaları sonucunda, dalgacık ayrıştırma ve yapay zekâ modellerinin birleşiminin günlük su seviyesini doğru tahmin etmek için yararlı bir araç olabileceğini ve geleneksel tahmin modellerinden daha iyi verimlilik sağlayabileceğini göstermişlerdir.

Shafaei ve Kişi [30], Van Gölü aylık göl seviyesi değişimlerini tahmin edebilmek için ARMA, ANFIS ve SVR modellerini kullanmışlardır. Önerilen WSVR (Wavelet-SVR), WANFIS (Wavelet-ANFIS) ve WARMA (Wavelet-ARMA) modellerinin performansı, tek ARMA, SVR ve ANFIS modelleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, entegre modellerin çalışma bölgesindeki göl seviyelerinin tahmininde tekli modellere kıyasla daha iyi kesinlik sağladığını göstermiştir. WSVR modelinin diğer bütünleşmiş modellerden biraz daha iyi olduğu bulunmuştur.

Bizimana vd. [31], Yuvacık Barajı için güvenilir rezervuar işletme çalışmalarını sağlamak için Bulanık Mantık Sistemleri (BMS) yöntemini kullanmışlardır. Bulanık teorinin farklı hidrolojik belirsizlikleri de ele almasından dolayı rezervuar su seviyesi kontrolünde, diğer sistemlere nazaran güvenilir olduğunu göstermişlerdir.

Doğan vd. [32] Van Gölü'nün günlük su seviyesinin tahmininde İleri Beslemeli Sinir Ağları (FFNNs-Feed Forward Neural Networks) ve RBFNNs (Radial Basis Function Neural Networks) olmak üzere iki çeşit yapay sinir ağı tekniğini kullanmışlardır. Üretilen sonuçlar karşılaştırılmış ve FFNN modelinin RBFNN modelinden daha iyi tahminler ürettiğini belirtmişlerdir.

Keskin vd. [33] yaptıkları çalışmada Eğirdir Gölü'ne ait 1986-2016 yılları aylık su seviyeleri üzerinde Mann-Kendall eğilim testi uygulamış ve doğrusal regresyon analizi yapmışlardır.

Liang vd. [34], Çin'in ikinci büyük tatlı su kaynağı olan Dongting Gölü'nün günlük su seviyesini tahmin etmek için LSTM ağına dayalı bir derin öğrenme modeli oluşturmuşlardır. Analizin sonunda LSTM modelinin Dongting Gölü'nün su seviyesini yüksek hassasiyetle tahmin ettiğini ve bir SVM modeline kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Piasecki vd. [35] araştırmalarında Polonya'da bulunan Biskupinskie Gölü'nün seviye değişimlerini modellemeye çalışmışlardır. Kullandıkları hibrit WT-ANN (Wavelet-Transform

Artificial Neural Network) modelinin tek ANN yöntemlerinden daha iyi sonuçlar verdiğini savunmuşlardır.

Abu Salam ve Keskin [36], Irak Kerkük'ün kuzeybatısında bulunan Dibis Barajı için YSA modelleri kullanarak su seviye tahmini yapmaya çalışmışlardır.

Hrnjica ve Bonacci [37], Adriyatik denizindeki Cres adasında bulunan Varana Gölü'nün seviyesini önceden tahmin edebilmek için yapay sinir ağlarını kullandılar. Çalışmalarında LSTM tekrarlayan sinir ağını kullanmanın, basit ileri beslemeli sinir ağı kullanılarak hesaplanan modellerden daha iyi sonuçlar vereceğini göstermişlerdir. Yapılan analizin sonucunda gölün, makalede açıklanan çeşitli faktörlerin neden olduğu tehlikeli bir seviye azalmasıyla karşı karşıya olduğu gösterilmiştir.

Baek vd. [38] çalışmalarında CNN ve LSTM modellerinin performans açısından çok iyi olduğunu ve bu modellerin Nakdong nehir havzasındaki kirletici maddelerin zamansal değişimlerini iyi bir şekilde temsil ettiğini ortaya koymuştur. Bu çalışmada önerilen yaklaşımın su seviyesini ve su kalitesini doğru bir şekilde simüle etmek için faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Damla vd. [39], yapay sinir ağlarını kullanarak 2019 yılı Yalova Gökçe Barajı'nın rezervuar su kotunu tahmin etmeye yönelik model oluşturmaya çalışmışlardır.

### **1.3. Çalışmanın Amacı ve Önemi**

Göllerin su düzeyleri önemli boyutlarda azaldığında veya arttığında göl çevrelerinde ciddi ekonomik zararlara hatta bazen geri dönülmesi mümkün olmayan doğa tahribatlarına neden olurlar. Van Gölü'nde gerçekleşen seviye değişimleri çevresindeki tarım arazileri, yerleşim yerleri üzerinde büyük etkilere sebep olmuştur. Bunlardan daha önemlisi bu seviye değişimlerinin ekolojik dengeyi bozması veya ekolojik dengenin bozulması sonucu bir değişim olmasıdır. Yapılan çalışmalara göre 1950-2000 yılları arasında göl yüzünde 3 m kadar yükselme meydana gelmiştir. 1993-1994 yıllarında hızlı bir yükselme gerçekleşmiş ve bu seviye artışı yüzünden birçok konut ve tarım arazisi su altında kalmıştır [7]. Bu sebeple Van Gölü'ndeki su seviye ölçümlerinin uygun bir metotla analizi ve değerlendirilmesi yoluyla, seviye değişimlerinin sistematik bir şekilde sonuçlarını gözler önüne sermek ve sosyolojik, ekonomik, coğrafik gibi sonuçlarını önceden tahmin ederek etkili planlamalar ve önlemler almak çok büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada DSİ 17. Bölge Müdürlüğü ve Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü'nden göl seviye ölçümleri, göle akan akarsuların debileri, yağış ve buharlaşma verileri temin edilmiştir. Van Gölü'nün 2010-2020 periyodu için su bütçesi ortaya konulmuş, ayrıca MATLAB yazılımı

kullanılarak LSTM ağ modeliyle 2000-2020 yılları aylık su seviye değişimi simüle edilmiş ve gelecek yıllara ait tahmin değerleri üretilmiştir. Ölçülen değerlerle tahmin değerleri karşılaştırılmış ve gerçekçi sonuçlar üreten bir yapay sinir ağı modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle son yıllardaki seviye değişimlerinin muhtemel sebepleri ve önceki değişimlerle ilişkisi tartışılmıştır. Van Gölü'nün, seviye ölçümlerinin yapıldığı önceki zamanlarına ait seviye değişimleriyle ilgili olarak birçok çalışma yapılmıştır. Fakat Van Gölü seviye değişimleri son yıllarda da devam etmekte ve özellikle son 10 yıla ait bu konuda kapsamlı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Van Gölü'nün özellikle son yıllarına (2010-2020) ait seviye değişimlerinin incelenmesi ve kullanılan yöntemler bu tez çalışmasının özgün yanlarını oluşturmaktadır.



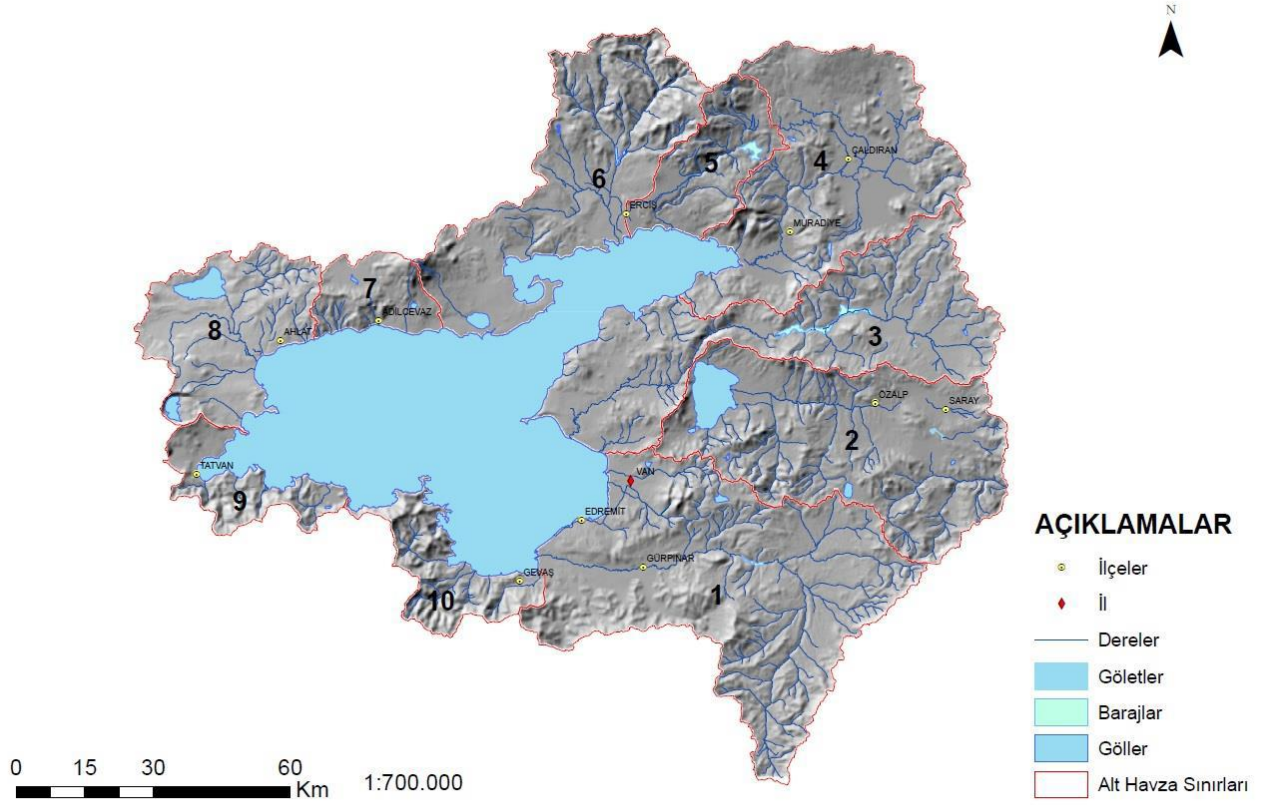
## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı: Van Gölü

Van Gölü 3.600 km<sup>2</sup> yüzölçümüyle ülkemizin en büyük, dünyanın ise dördüncü büyük kapalı havza gölüdür. Ayrıca dünyanın en büyük sodalı gölü olma unvanını da taşımaktadır. Türkiye'nin doğusunda, İran sınırına yakın Anadolu yüksek platosunda yer almaktadır [11]. Van Gölü Kuvaterner'de Nemrut volkanının aktivitesi sonucu meydana gelen Nemrut lav seddi ile Muş-Van Depresyonu'nun birbirinden ayrılması ve volkanik seddin arkasında suların birikmesiyle oluşmuştur [40]. En geniş noktası 119 km'den fazladır. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1.650 m ve en derin noktası 457 m'dir. Göl, deniz seviyesinden yüksekliği 4.000 m'ye ulaşan tepeler ve dağlarla çevrilidir. Gölde yalnızca sınırlı sayıda tatlı su balığı yaşamaktadır ve suyu, yüksek tuzluluk oranı nedeniyle içme ve sulama amaçlı kullanılamamaktadır. Göl yağışlar, göle dökülen akarsular ve kar erimesiyle beslenir. Kış boyunca yağışların çoğu kar olarak düşer ve gölün su seviyesi genellikle en düşük seviyededir. Yılın 3 ayı (Aralık-Şubat) bu bölgede neredeyse 0 °C'nin altında soğuk geçer. Yazlar (Temmuz - Eylül) sıcak ve kuraktır ve ortalama sıcaklık 20 °C'dir. Gölün 12.500 km<sup>2</sup>'lik bir drenaj alanı vardır ve doğal çıkışı yoktur. Buharlaşma ile göl yüzeyinden yılda ortalama 4,2 km<sup>3</sup> su kaybedilmektedir. Bu kayıp, sırasıyla 1.7 km<sup>3</sup> ve 2.5 km<sup>3</sup> olan yıllık yağış ve yüzey akış miktarlarının uzun vadeli ortalamaları ile dengelenmiştir [11].

Van Gölü'nün doğusunda platoluk alanlar kuzey, güney ve batısında ise yüksek dağlar bulunmaktadır. Bu sebeple doğudan ve kuzeydoğudan göle akan akarsular diğerlerine oranla daha uzun boyludur. Aynı sebeple de tarıma ve yerleşmeye uygun alanlar gölün doğu ve kuzeydoğu kıyılarında yer almakta olup, seviye varyasyonlarından en çok etkilenerek zarara uğrayan yerlerde buralardır [7].

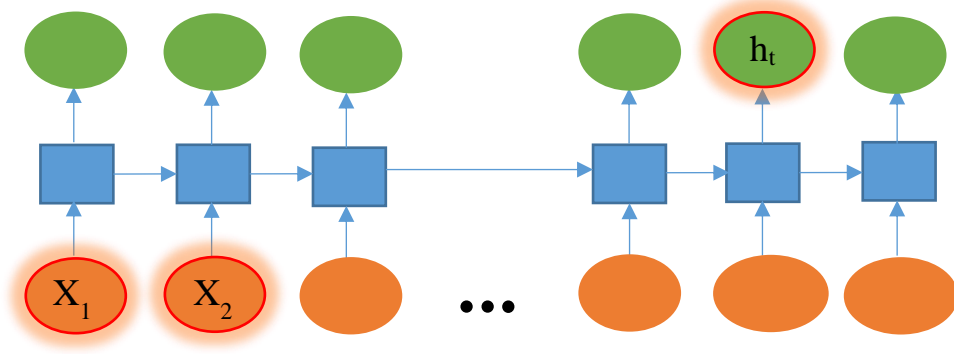
Van Gölü'ne dökülen irili ufaklı birçok akarsu bulunmaktadır. Zilan çayı, Bendimahi çayı, Deli çayı kuzeyden gelerek gölü besleyen akarsulardır. Doğudan Karasu, Keşiş deresi, Güzelsu (Hoşap), güneydoğudan Engil suyu ve kuzeybatıdan ise Süfrezor deresi bu akarsuların başlıcalarıdır [27]. Van Gölü'nün havza haritası Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Van Gölü havza haritası [8].

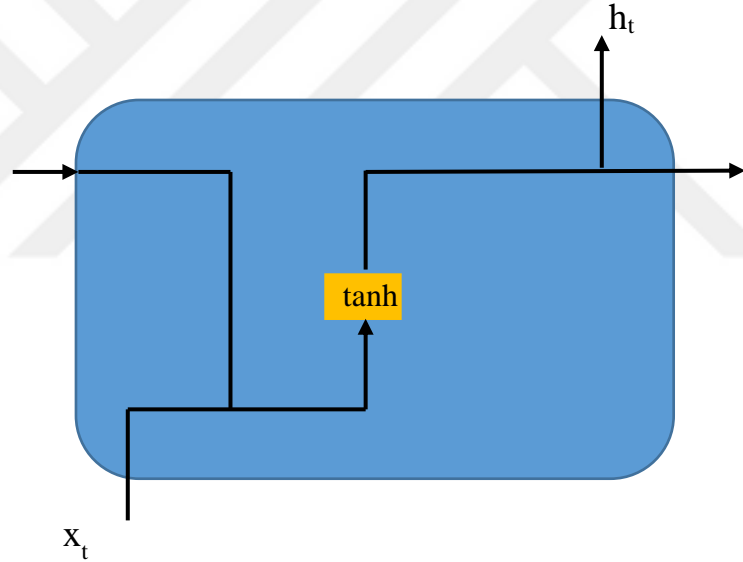
## 2.2. Uzun Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory-LSTM)

Tekrarlayan sinir ağları (RNNs) modelinde, mevcut girdi bilgisine ilave olarak önceki çıktı bilgisinin kullanımına dayalı bir sistem vardır. Bağlantılar arasındaki uzaklık arttığında tekrarlayan sinir ağı modeli eski zaman dilimlerindeki bir bilgiyi kullanamaz (Şekil 2.2). Teorik olarak RNN ağları için mümkün olan ancak uygulamada büyük sorunlara yol açan “uzun vadeli bağımlılıklar” problemini çözebilmek için bunu öğrenebilen LSTM ağları geliştirilmiştir. Özel bir RNN olan LSTM ağları 1997 senesinde Schmidhuber ve Hochreiter [41] tarafından geliştirilmiştir [42].



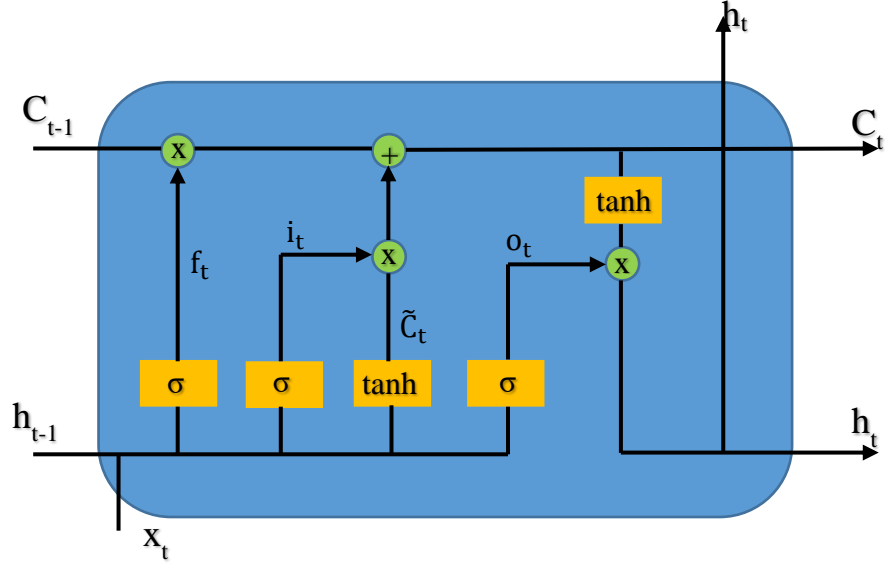
**Şekil 2.2.** Uzun vadeli bağımlılık problemi [42].

Tüm RNN'ler sinir ağının tekrarlanan modüllerinin bir zinciridir. Tipik bir RNN'de tekrarlayan bu modül tek bir katmandan (*tanh* katmanı) oluşur (Şekil 2.3) [42].



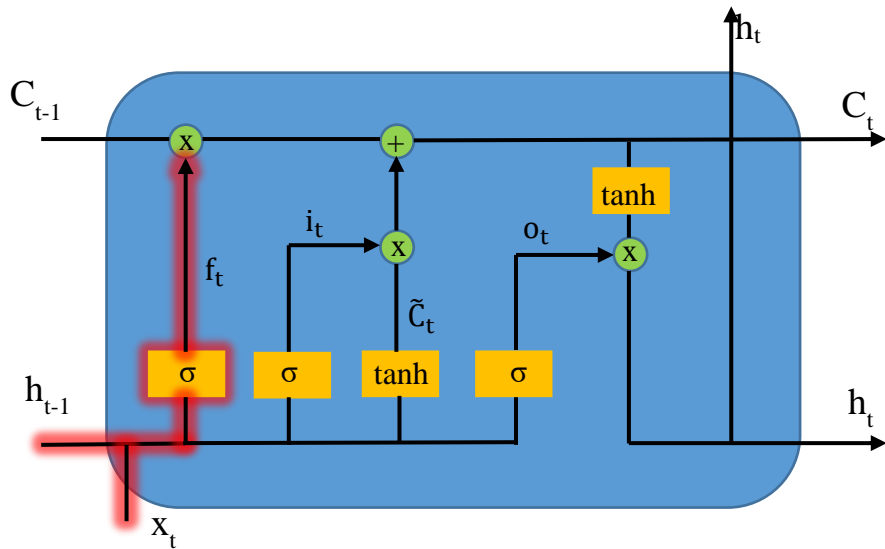
**Şekil 2.3.** Tipik bir RNN ağ katmanı [42].

LSTM'ler de bu zincir yapıdadır, fakat tekrar eden modülün yapısı farklıdır. Çok özel bir şekilde etkileşime giren 4 (dört) farklı nöral ağ katmanına sahiptir (Şekil 2.4). Bu katmanlara bazı kaynaklarda kapı (*gate*) da denilmektedir. Normal akışın dışında LSTM'ler dışarıdan bilgiyi alabilen bir ağ yapısına sahiptir. Alınan ve işlenen bu bilgiler kaydedilebilir, hücreye yazılabilir ve okunabilir [43].



Şekil 2.4. LSTM ağ katmanları [44].

Uzun-kısa süreli bellek ağlarında, hücre neyi depolayacağına, ne zaman okunacağına, yazılacağına veya silineceğine bu kapıların (katmanlar) çalışmasıyla karar verir. Bu katmanlar da kendi içerisinde bir ağ yapısına sahiptir ve aktivasyon fonksiyonu bulundurlar. Sınır hücrelerinde olduğu gibi bu katmanlar, gelen bilgiyi ağırlığına göre geçirirler. Bu ağırlıklar tekrarlayan ağda geri yayılım sırasında tekrar tekrar hesaplanmaktadır. Bu model sistemi ile hücre, bilgiyi geçirecek mi, bırakacak mı veya silecek mi öğrenir [43].

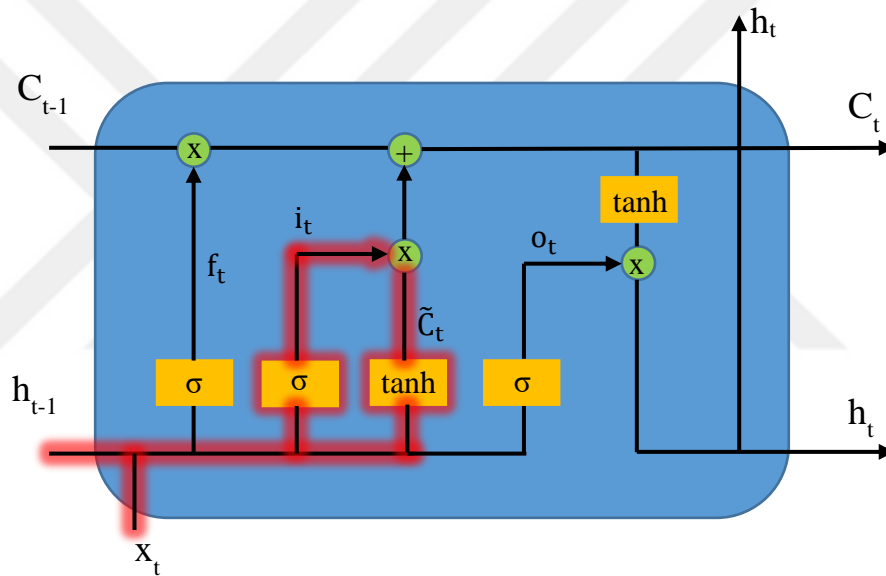


Şekil 2.5. LSTM hücresinde sigmoid katmanı [42].

Bir LSTM hücresinde gerçekleşen işlemler, matematiksel anlamda aşağıdaki fonksiyonla ifade edilebilir [44];

$$f_t = \sigma(W_{f,x} * x_t + W_{f,h} * h_{t-1} + b_f) \quad (2.1)$$

Silsiledeki ilk adım hücreden hangi bilgilerin atılacağı ile ilgilidir. Bu karar unut katmanı vasıtasıyla belirlenir (Şekil 2.5) [44]. Bu katmanda Eşitlik (2.1)'de görüldüğü üzere sigmoid ( $\sigma$ ) aktivasyon fonksiyonu kullanılarak işlem gerçekleştirilmektedir [44]. 0 ile 1 arasında bir değer çıkarır. 0 (sıfır) değeri “her şeyi unut” anlamına gelirken, 1 (bir) değeri “her şey aynen geçsin” karşılığına gelmektedir.

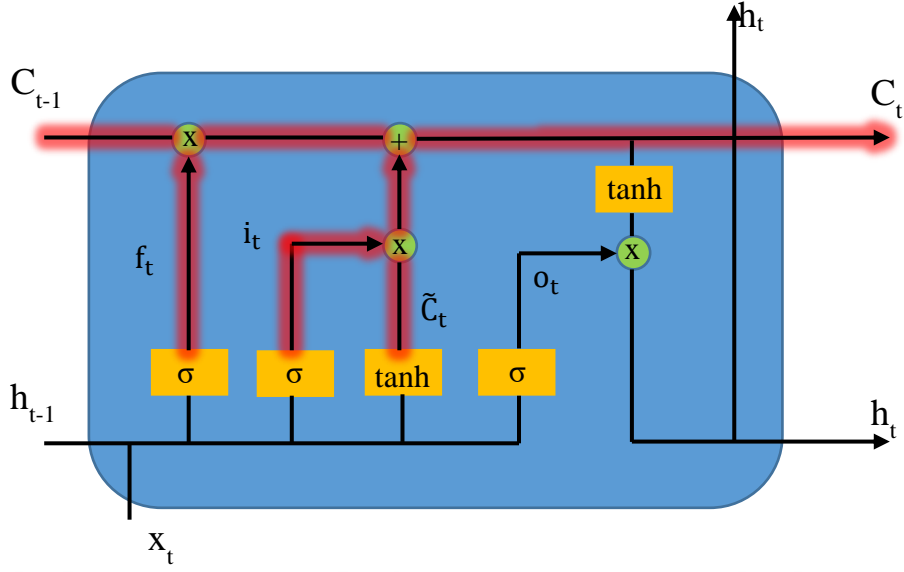


Şekil 2.6. LSTM hücresinde sigmoid ve  $\tanh$  katmanı [42].

$$i_t = \sigma(W_{i,x} * x_t + W_{i,h} * h_{t-1} + b_i) \quad (2.2)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_{c,x} * x_t + W_{c,h} * h_{t-1} + b_c) \quad (2.3)$$

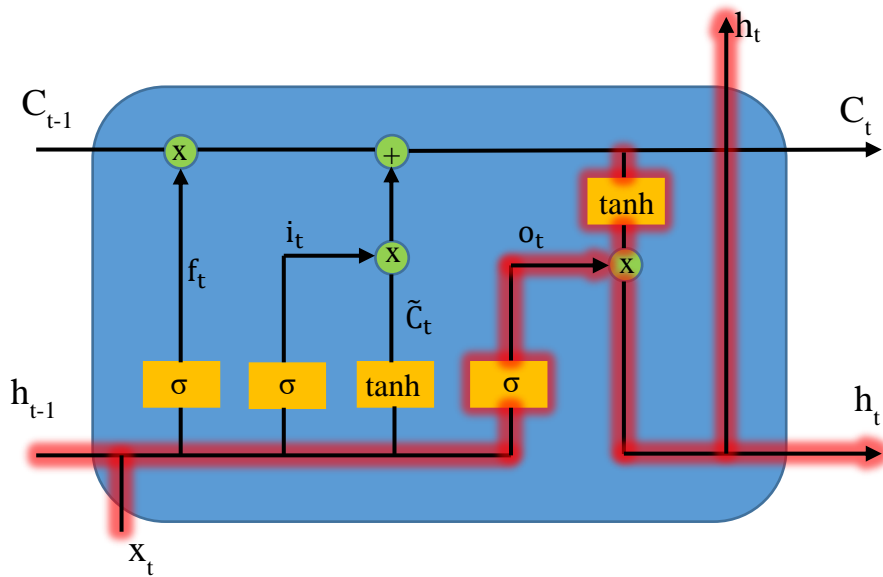
Bir sonraki adımda hücrede yeni verilere karar verilir (Şekil 2.6). Bu katmana girdi katmanı denilmektedir [44]. İki aşaması bulunmaktadır. İlk olarak Eşitlik (2.2) ile bir sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılarak hangi bilgilerin güncelleneceğine karar verilir [44]. Daha sonra Eşitlik (2.3)'de bir  $\tanh$  aktivasyon fonksiyonu ile yeni eklenecek verilerin bir vektörü oluşturulur.



Şekil 2.7. LSTM hücresinde sigmoid ve  $\tanh$  fonksiyonları ile veri revizyonu [42].

$$C_t = C_{t-1} * f_t + i_t * \tilde{C}_t \quad (2.4)$$

Bu adımda (Şekil 2.7) eski hücre durumu olan  $C_{t-1}$  mevcut hücre durumu olan  $C_t$ 'ye güncellenmektedir.  $f_t$  ile çarpılarak neyin unutulacağı kararlaştırılır. Daha sonra  $i_t * \tilde{C}_t$  önceki katman sonucuna eklenmektedir. Böylece Eşitlik (2.4) ile bu iki adım birleştirilir ve yeni bilgiler oluşturulmuş olur.



Şekil 2.8. LSTM'de hücre çıktısı oluşturma [42].

$$o_t = \sigma(W_{o,x} * x_t + W_{o,h} * h_{t-1} + b_o) \quad (2.5)$$

$$h_t = o_t * \tanh(C_t) \quad (2.6)$$

Son adımda ise çıktı katmanında çıktı olarak ne üretileceği düşünülmelidir (Şekil 2.8). Karar verilen parçaların çıktı olarak alınacağı şekilde, Eşitlik (2.5) ve (2.6)'da bir sigmoid ve bir de *tanh* aktivasyon fonksiyonu çalıştırıp sonuçları çarpılmaktadır.

Bahsedilen hesaplama süreci tekrar tekrar devam eder. Ağırlık değerleri (*W*) ve *b* (*bias*) değerleri, gerçek eğitim değerleriyle Uzun Kısa Süreli Bellek modelinin çıktı değerleri arasındaki farkı en aza indirgeyecek biçimde modele öğretilmektedir [44].

Epoch sayısı: Mevcut verilerin bir kısmı modeli eğitmede, bir kısmı ise modelin başarısını test etmede kullanılır. Daha sonra geri yayılım ile modelin ağırlık değerleri güncellenir. Sonra yeni veriler ile model tekrardan eğitilir. Bu eğitim adımlarının her birine *epoch* denmektedir [45].

Modelin doğruluğunun testi için kullanılan tahmin hatalarının standart sapması, RMSE (*Root Mean Square Error*) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n e_j^2}{n}} \quad (2.7)$$

### 2.3. Su Bütçesi Analizi

Gölde gözlemlenen ve ölçülen seviye artış ve azalışların sebeplerinden biri olarak gösterilen ve bunlar içerisinde ilk akla gelen faktör “su bütçesi”dir. Su bütçesi analizini yapabilmek için bazı hidrolojik ve meteorolojik verilere ihtiyaç vardır. Ancak ülkemizde bu veriler düzenli ve eksiksiz olarak ölçülüp raporlanmadığı için su bütçesi analizini ayrıntılı bir şekilde ortaya koymak çok kolay değildir. Öte yandan eldeki hidrometeorolojik verilerdeki değişimleri ortaya koyarak Van Gölü'nün seviye salınımlarının eksik de olsa analiz edilebileceği belirtilmektedir [18].

Su bütçesi, bir havza, dere veya bölge için süreklilik denklemi ile belirlenebilir (Eşitlik 2.8). Süreklilik denklemi su bütçesinin bir sistemi olarak değerlendirilecek olursa girdiler ve çıktılar söz konusu olmaktadır. Literatürde girdi ve çıktılar bazen yapay zekâ teknikleri ile ve/veya kara kutu yöntemler ile belirlenir ya da fiziksel olarak belirlenir [46]. Yapay zekâ teknikleri sadece veri esaslı olup değişen verilere göre farklı sonuçlar vermekte ve yeterince güven vermemektedir. Bu tür yöntemler, ancak zaman sonsuza giderken doğru, gerçekçi sonuçları verebilmektedir. Bu

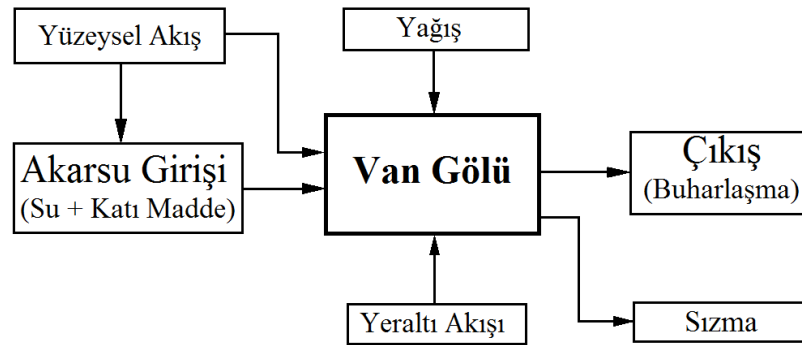
durum kendini yeni verilere göre yenileyen, besleyen yapay zekâ teknikleri için de geçerlidir. Diğer kara kutu yöntemler de benzer bir davranış sergilemektedir. Dolayısıyla bu yöntemlerin hassaslık gerektirmeyen, başka bir ifade ile “yaklaşık sonuç” ile yetinilebilecek çalışmalarda kullanılması daha doğrudur [46]. Bu yüzden bu çalışmada süreklilik denkleminin girdi ve çıktıların fiziksel olarak modellenmesi tercih edilmiştir.

$$Q_g - Q_c = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2.8)$$

Van Gölü havzasının bir kapalı havza olması nedeniyle su bütçesinin tek bir girdisinden söz edilebilir. O da havzanın su ayırım çizgisi dâhilinde meydana gelen tüm yağışlardır. Yağışın kar şeklinde olması sadece erime mevsimine kadar bir gecikmeye neden olmaktadır. Doğrudan göl üzerinde meydana gelen yağışlar gölü nasıl besliyor ise kapalı havza olması nedeniyle tüm akarsular da havza içinden beslenmekte, bütçeye katkı sağlamakta ve göl seviyesini artırmaktadır. Kısaca sistemin tek girdisi yağışlardır. Yağışların gölün su seviyesine etkisi herhangi bir  $t$  yağış yılı için yıl sonu itibari ile Eşitlik (2.9)'daki bağıntı ile kolayca belirlenebilir:

$$h_t = h_{t-1} + \frac{(d_o * A_H)}{A_G} \quad (2.9)$$

Burada  $h_t$  bulunulan yağış yılında kaydedilen su seviyesi kotu (m),  $h_{t-1}$  bir önceki yağış yılının su seviyesi kotu (m),  $d_o$  t yılındaki havza üzerine düşen yıllık yağış yüksekliği (m),  $A_H$  toplam havza alanı (m<sup>2</sup>) ve  $A_G$  göl alanı (m<sup>2</sup>)'dır.



Şekil 2.9. Van Gölü su bütçesi modeli [47].

Kapalı bir havza içerisinde yer alan Van Gölü'nün su bütçesi modeli ve elamanları Şekil 2.9'da verilmiştir [47]. Sistemin tüm çıktıları; 1) yeraltına sızma, 2) sulama suyu temini, 3) içme

ve kullanma suyu temini, 4) yer hareketlerinden (sismik hareketlerden) kaynaklanan sıra dışı sızmalar, 5) yer altı akarsuları, 6) buharlaşma olarak sıralanabilir. Bu kayıplar (çıktılar) aşağıda tek tek ele alınmıştır:

1) Su seviyesi altında kalan zeminin doygun olduğu kabulüyle normal (olağan) koşullarda, dikkate değer bir yeraltı girişinin veya sızmanın olmadığı söylenebilir. Dolayısıyla sızmalar ihmal edilebilir.

2) Diğer taraftan suyun sodalı olması nedeniyle sulama faaliyetlerinden ötürü de bir kaybın olabileceği söylenemez.

3) Yine sodalı su olması nedeniyle arıtma olmaksızın içme-kullanma suyu olarak kullanılması mümkün görülmemektedir.

4) Yer hareketleri neticesinde sıra dışı (olağan dışı) sızma şeklindeki kayıplar sürekli değildir. Bu tür kayıplar anlık su seviyesi düşüşünün gözlenmesi ile belirlenmesi mümkündür. Veriler üzerinde yapılabilecek bir homojenlik ve/veya durağanlık ile geçmiş yıllarda bu tür durumların olup olmadığı tespit edilebilir. Homojenlik testi için, Von-Neumann Homojenlik (VN), Pettitt, Mann-Kendall Merite Korelasyon (MKMK); durağanlık testi için ise Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve KPSS testleri önerilebilir. Bu çalışmada sürekli ve olağan değişimler modellendiği için bu tür değişimler de dikkate alınmamıştır.

5) Bu çalışma kapsamında yapılan literatür araştırmasına dayanarak bu güne kadar gölden beslenen bir yer altı nehri tespit edilememiştir.

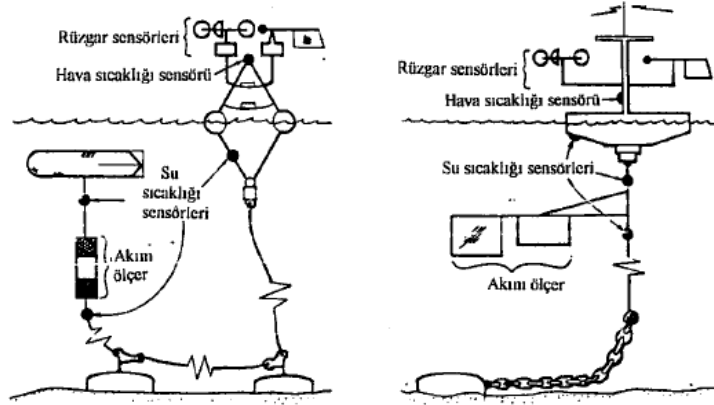
6) Buharlaşma kayıpları, Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen göl kıyısındaki meteoroloji istasyonlarına ait buharlaşma yükseklikleri kullanılarak hesaplara dahil edilmiştir. Tezin konusu ve kapsamı dahilinde yapılan analizlerin tamamında dikkate alınmıştır.

Su bütçesi denkleminde göre bir göle giren ( $Q_g$ ) ve çıkan ( $Q_c$ ) debilerin farkı gölde biriken suyun zamanla değişimine ( $\Delta V/\Delta t$ ) eşittir (Eşitlik 2.8). Dolayısıyla kapalı bir sistemdeki (göldeki) hidrometeorolojik kaynaklı su seviyesi değişimleri bu modelle elde edilebilir. Bunun dışındaki seviye değişimleri ise farklı sebeplerden (tektonik, volkanik veya yeraltı girişi gibi) kaynaklanabileceği anlamına gelebilecektir.

Gölün direk yüzeyine düşmeyen yağışların bir kısmı akarsular ile göle taşınmaktadır [48]. Kapalı havza göllerinde, seviye değişimi yaşanmıyorsa burada göl yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma ile göl aynasına düşen yağış ve nehir akışlarının birbiriyle dengelenmesi gerekmektedir [18].

Su bütçesi analizinde kullanılan buharlaşma miktarının, göl yüzeyinden olan toplam buharlaşma şeklinde hesaplanması gerekmektedir. Ancak bunun hesabı oldukça zordur. Literatürde bu hesaba ilişkin birçok yöntem bulunmaktadır. Göl yüzünden gerçekleşen

buharlaşmayı hesaplamak için kullanılan metotlardan bazıları; su bütçesi metodu, buharlaşma tavaları, aerodinamik formüllerin kullanımı, Penman denklemi ve enerji dengesidir [18]. Bu metotların bazılarında çok hassas ve kapsamlı ölçüm yapan aletlerin kullanılması gerekmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Göl yüzeyindeki buharlaşma ölçüm istasyonları [8].

Bu aletler ile göl suyunun ve göl yüzeyinin hemen üzerindeki sıcaklık değerleri ve yüzey üzerindeki rüzgârın şiddeti ve yönü gibi parametreler ölçülmektedir. Fakat ülkemizde Van Gölü üzerinde buharlaşma ölçümü yapabilecek bir istasyon bulunmamaktadır. Bu sebeple de yukarıda bahsedilen değerler ölçülememektedir [18]. Özetle Van Gölü için, ölçüm eksikliğinden kaynaklanan ve mevcut olmayan verilere ihtiyaç duyan tüm metotlar kullanılamayacaktır.

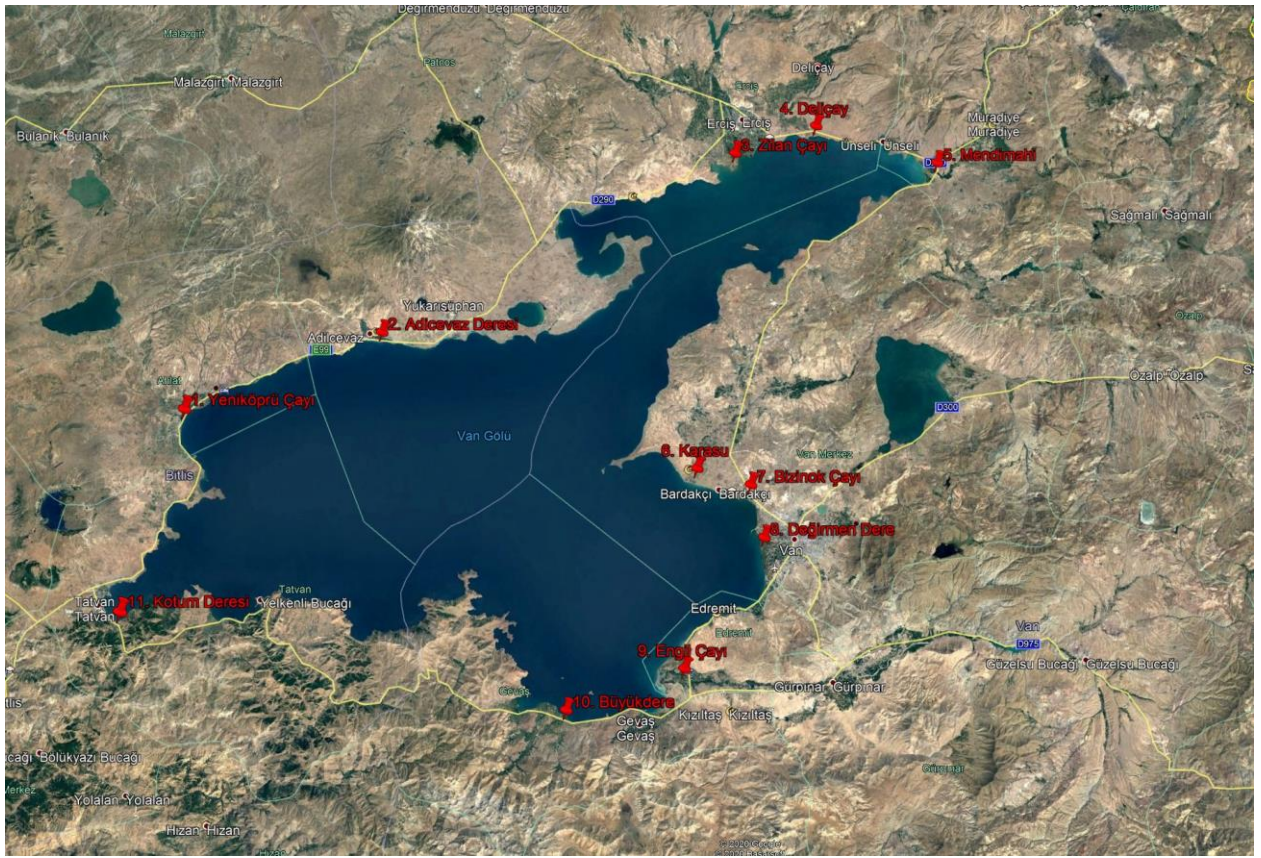
Batur vd. [46] yaptıkları çalışmada Van meteoroloji istasyonunda buharlaşma leğenlerinde ölçülen yıllık toplam buharlaşma değerlerini ve ayrıca Penman metodu ile bu buharlaşma değerlerini hesaplamışlardır. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)'nün ortalama iklim şartları için önerdiği tava katsayısı olan 0,70 değerini kullanarak yaptıkları hesap ile ürettikleri çıktı ve Penman metoduyla buldukları değer oldukça farklıdır. Bu sebeple gerçekçi bir yaklaşım olması için Van Gölü için yapılacak hesaplarda tava katsayısının 1 alınmasını yani meteoroloji istasyonunda buharlaşma leğeninden ölçülen toplam buharlaşma değerinin göl yüzünden olan buharlaşma değeri olarak alınmasını önermişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada istasyondan alınan veriler Van Gölü buharlaşması için aynen kullanılmıştır.

Van Gölü gibi derinliği fazla olan göllerde ısı depolamasındaki değişim buharlaşma miktarını etkilemektedir. Sığ göllerde ise bu ısı depolama miktarı önemsizdir. Derin göllerde yazın depolanan ısı miktarı kışın tekrardan atmosfere verilir. Kışın ise depolanan soğuk yaz boyunca kaybedilerek serinletici bir etki yayar. Böylece Van Gölü etrafı için bir klima görevi görür. Bu nedenle Van Gölü'nden eşit alınan enerji için kışın gerçekleşen buharlaşma miktarı yazın

gerçekleşenden fazla olacaktır [18]. Buharlaşıma hesaplamalarında yıllık değerlerin kullanılması aylık verilere oranla daha gerçekçi sonuçlar üreteceği ilgili literatürlerde belirtilmektedir.

Van Gölü'nde normal şartlarda mevsimsel geçişlerde yıllık 50-60 cm seviye farkı gözlenmektedir. Yaz aylarındaki seviye yükselmesinin nedeni ilkbahardaki kar erimeleri ve mevsimsel yağışlardır. Kış aylarındaki seviye düşmesi ise donmuş yağış ve büyük buharlaşma miktarlarından kaynaklanmaktadır [18].

### 2.3.1. Van Gölü'ne Giren Akımlar



Şekil 2.11. Van Gölüne dökülen başlıca akarsular [49].

Van Gölü'ne dökülerek onu besleyen birçok akarsu bulunmaktadır. Zilan çayı, Bendimahi çayı ve Deliçay'ın suları kuzeyden gölün sularına karışmaktadır. Güneydoğudan Engil Suyu ve Büyükdere çayı, doğudan Karasu, Bizinok çayı ve Değirmendere, batıdan Adilcevaz deresi ve Yeniköprü çayı ve güneybatıdan Kotum deresi gölü besleyen başlıca akarsulardır. Bunlar dışında da göle boşalan küçük akarsular bulunmaktadır.

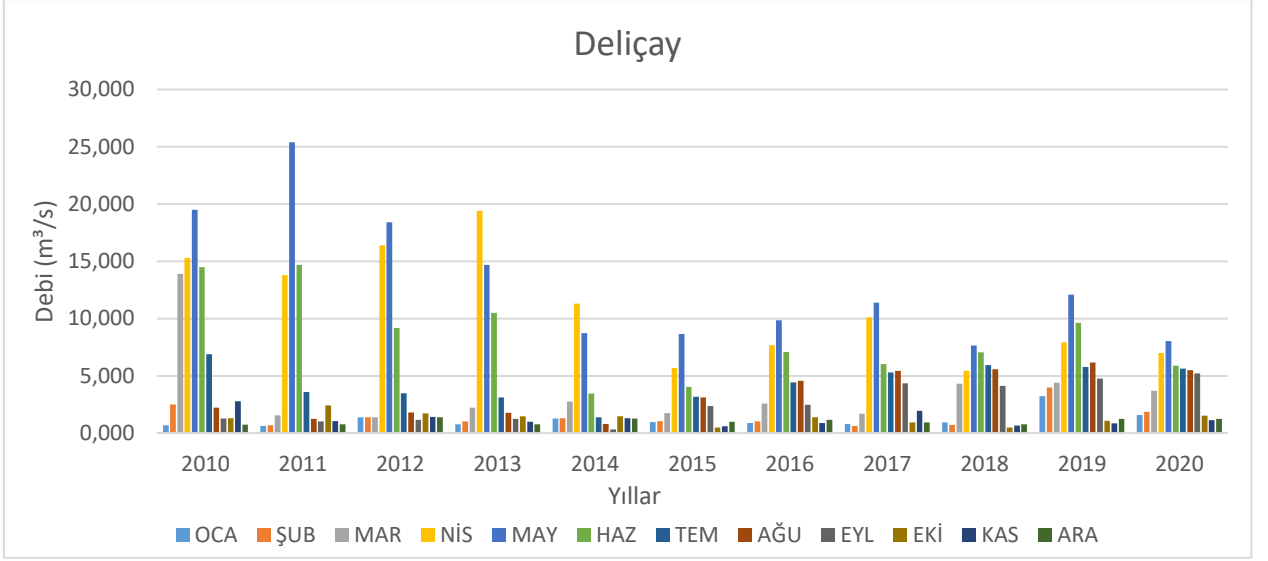
Bu çalışmada Van Gölü'ne ait su bütçesi analizinde, DSİ 17. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Deliçay, Engil suyu (Güzelsu), Gevaş çayı, Güzelkonak deresi, Karasu, Kasap deresi,

Kotum çayı ve Bendimahi çaylarının 2010-2020 yılları arasına ait aylık akım verileri kullanılmıştır.

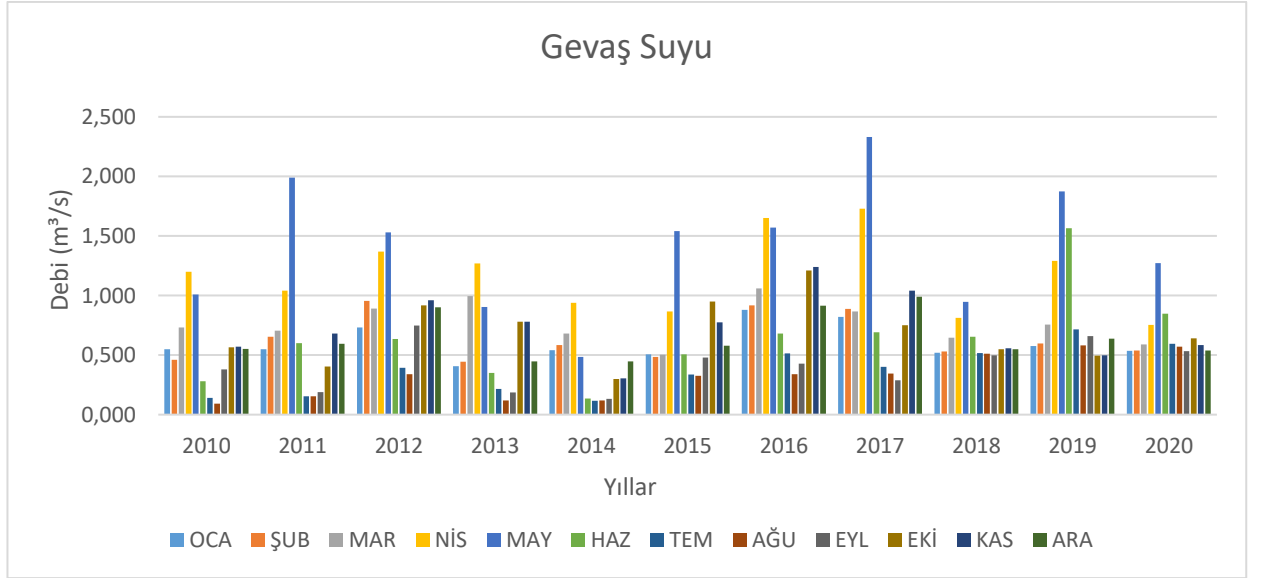
**Çizelge 2.1.** Van Gölüne dökülen akarsular ve istasyon bilgileri [50].

<b>İstasyon No</b>	<b>İşleten İdare</b>	<b>Akarsu-İstasyon Adı</b>	<b>Kotu (m)</b>
D25A013	DSİ	Deliçay-Payköy	1992
E25A027	EİE	Güzelsu Ç.-Dönemeç	1660
D25A021	DSİ	Gevaş S.-Gevaş	1652
D25A038	DSİ	Gevaş Ç.-Güzelkonak	1658
D25A039	DSİ	Karasu-Mermit Köyü	1730
D25A045	DSİ	Kasap D.-Adilcevaz	1654
D25A040	DSİ	Kotum Ç.-Tatvan	1750
E25A005	EİE	Bendimahi Ç.-Göndürme	1915

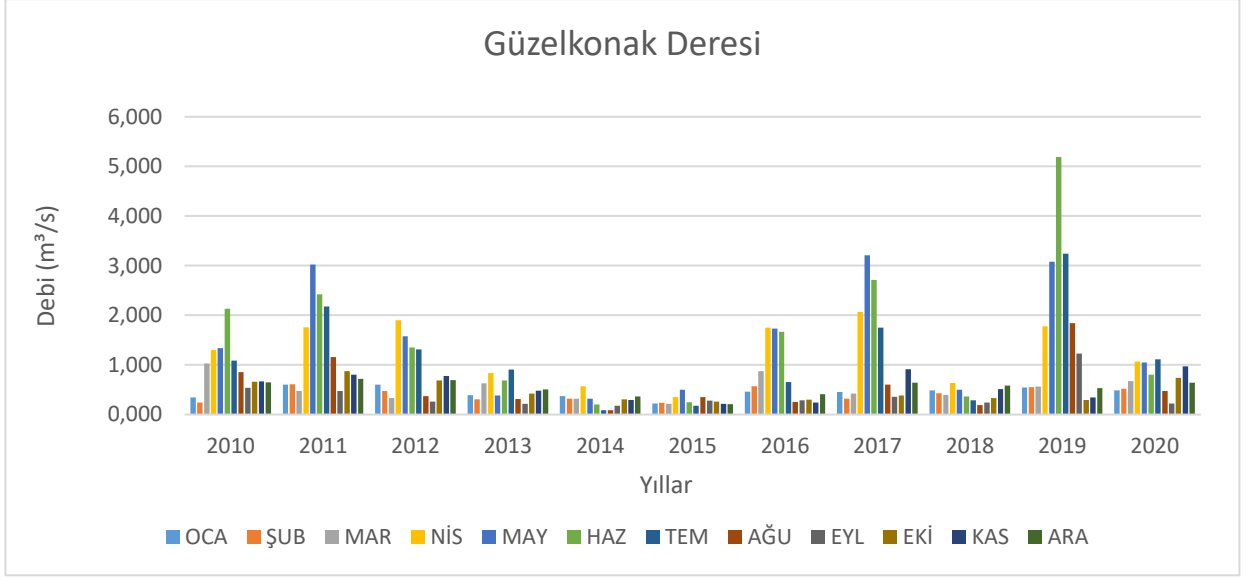
Bunlardan Gevaş çayının 2018-2020 yılları arasına, Güzelkonak deresinin 2010 yılının Ekim, Kasım ve Aralık aylarına, Karasu'yun 2010 yılına, Kotum çayının 2012 yılı ve 2013 yılının Ocak, Şubat, Ekim, Kasım, Aralık aylarına, Kasap deresinin 2010 yılının Ekim, Kasım, Aralık ve 2016 yılına, Bendimahi çayının 2012-2020 yılları arasına ait aylık akım verileri ölçüm eksikliğinden dolayı temin edilememiştir. Bu sebeple eksik veriler regresyon analizi ile tamamlanmıştır. Su bütçesi elemanları eksik veriler ve hassas yapılamayan ölçümler neticesiyle belirli bir hata payı ile hesaplanmıştır. Bu akarsulara ait yıllara sari aylık debi verileri Şekil 2.12-2.19'da grafik halinde verilmiştir.



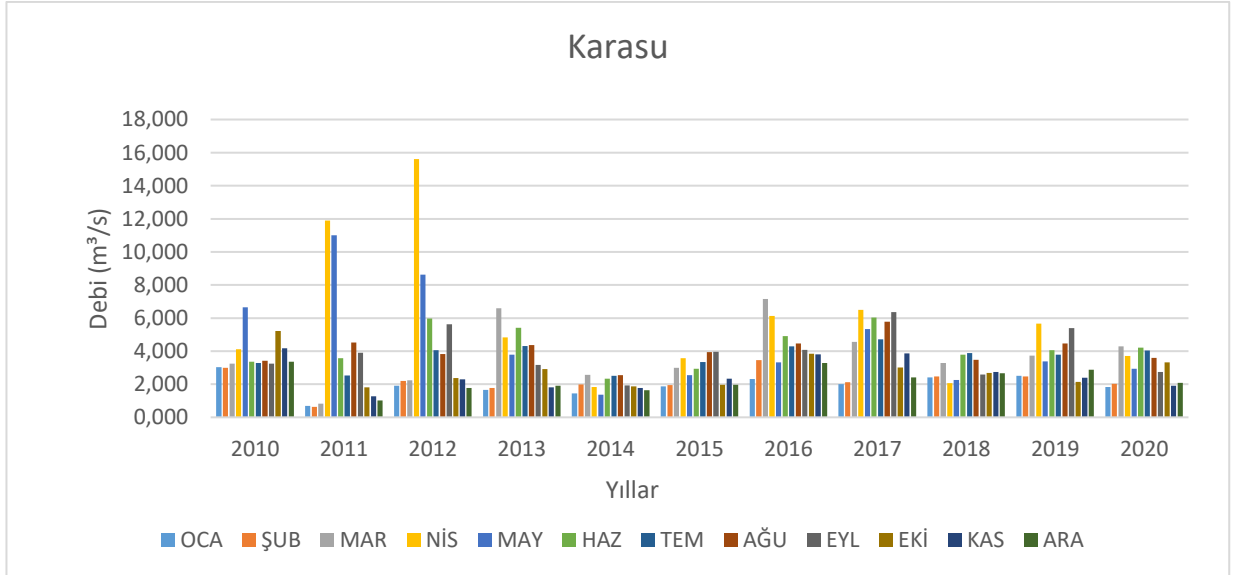
**Şekil 2.12.** Deliçay yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



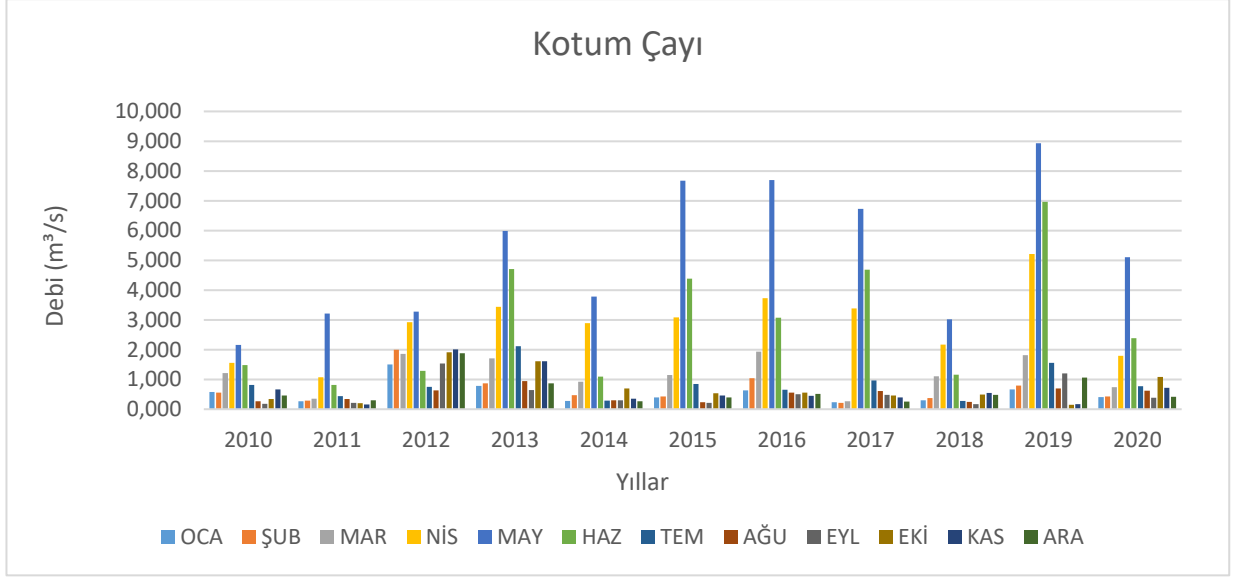
**Şekil 2.13.** Gevaş suyu yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



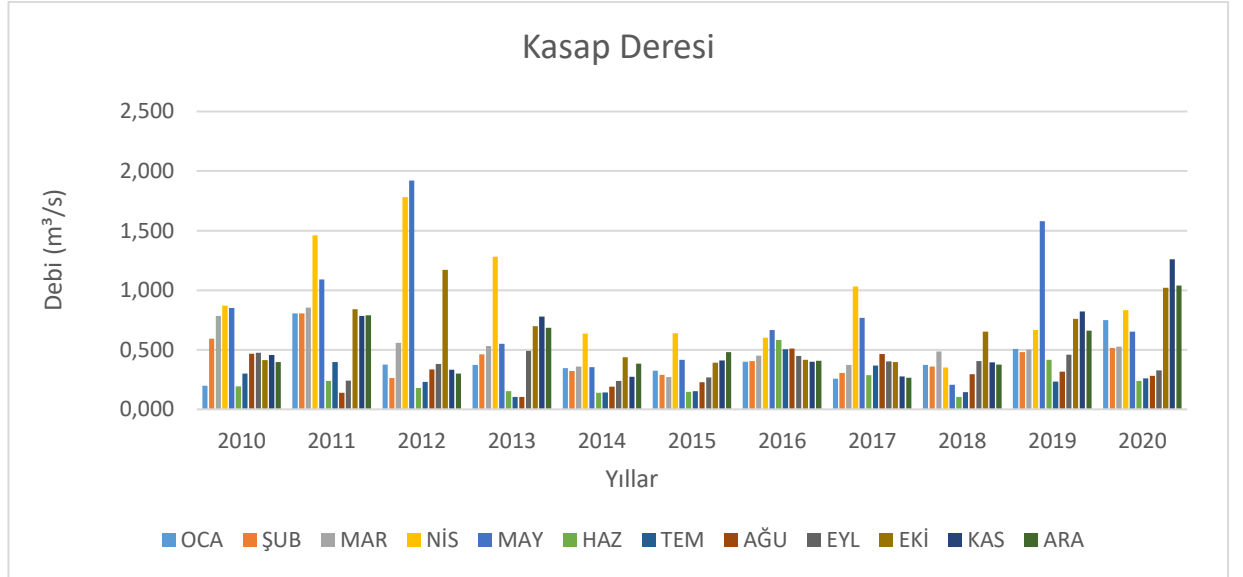
**Şekil 2.14.** Güzelkonak deresi yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



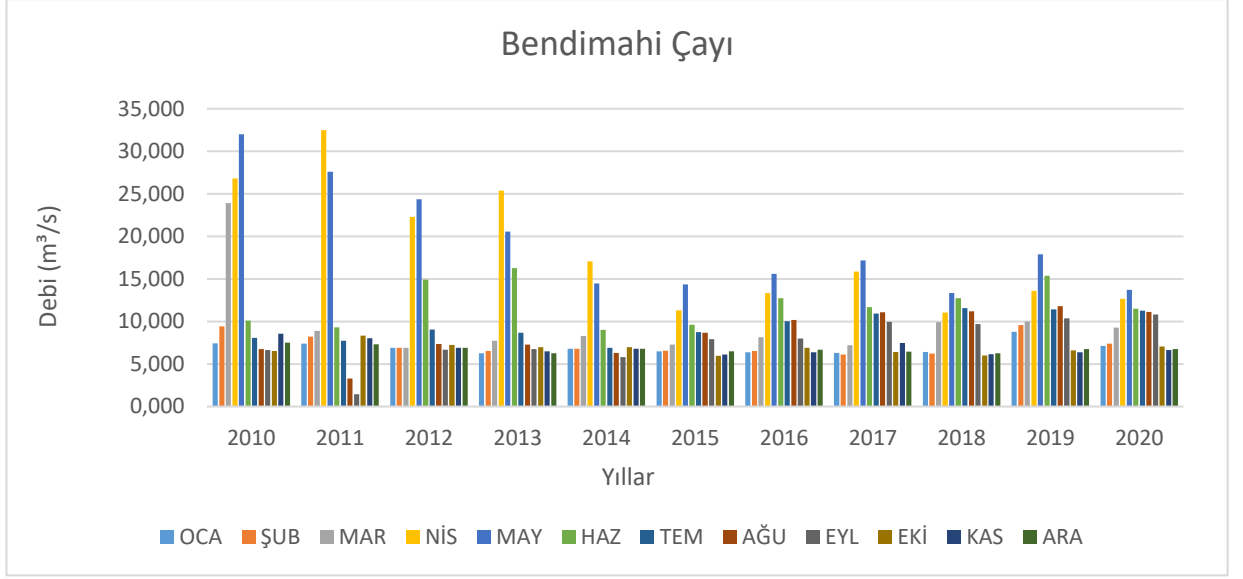
**Şekil 2.15.** Karasu yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



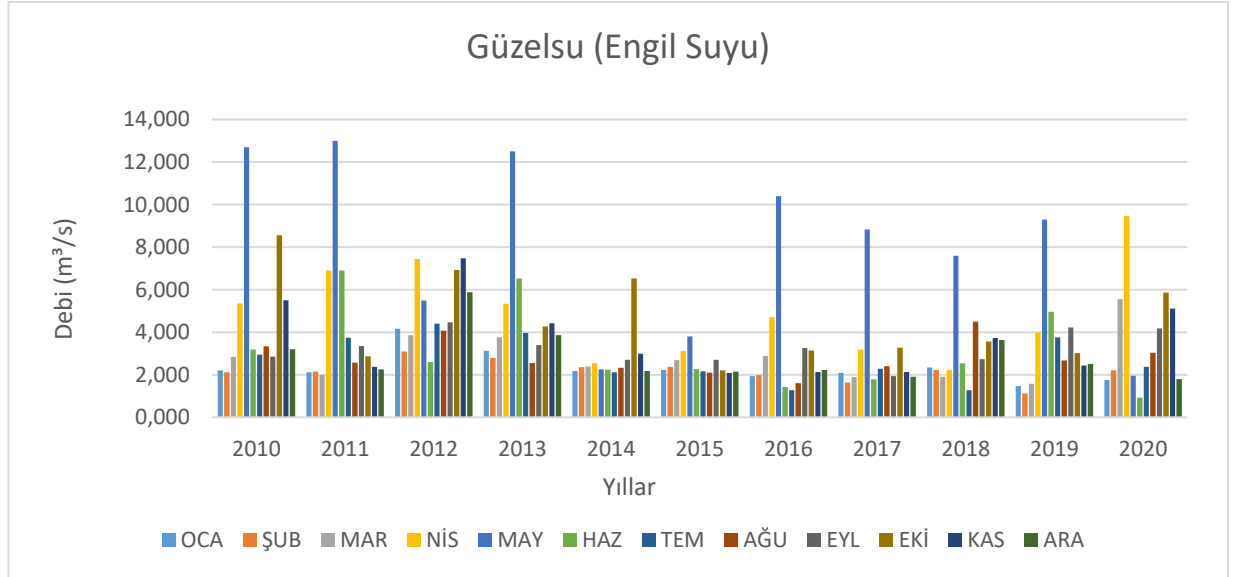
**Şekil 2.16.** Kotum çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



**Şekil 2.17.** Kasap deresi yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



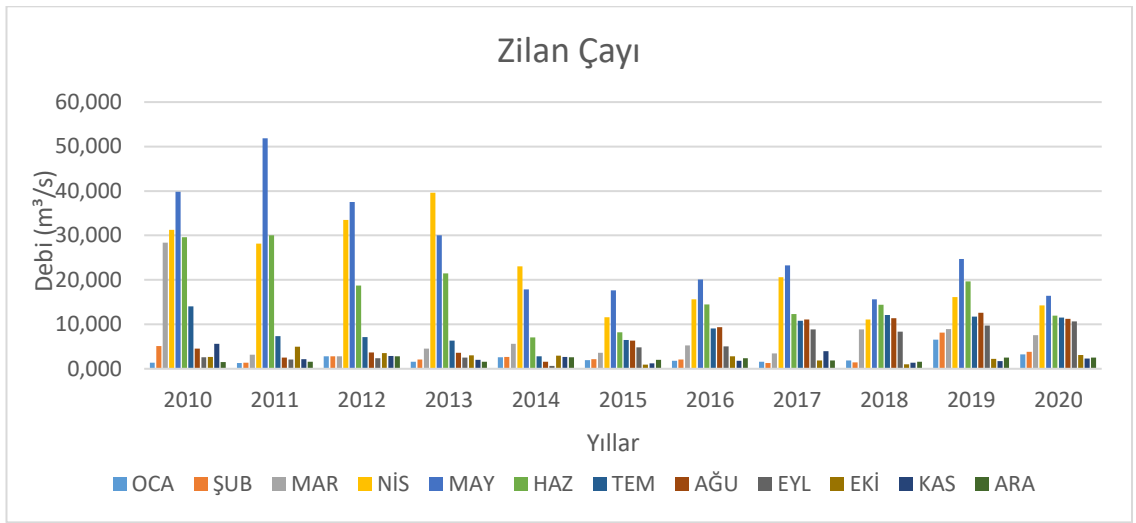
**Şekil 2.18.** Bendimahi çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].



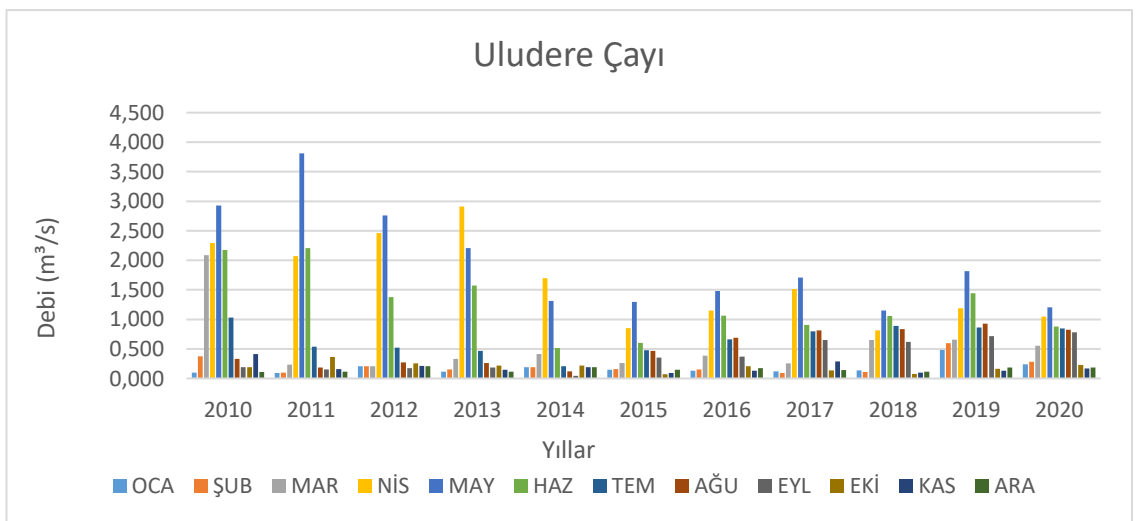
**Şekil 2.19.** Engil suyu yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020) [50].

Yukarıda verilen akarsular dışında, akım verileri temin edilemeyen Zilan çayının aylık akım değerleri Deliçay'ın aylık akım değerleri kullanılarak tamamlanmıştır. Deliçay'ın yağış alanı 342 km<sup>2</sup>'dir [51]. Zilan çayının yağış alanı ise 700.00 km<sup>2</sup> alınmıştır [18]. Zilan çayı ile Deliçay'ın yağış alanları oranı 0.49 olarak tespit edilmiş olup bu oranla Deliçay'ın akım değerleri artırılarak Zilan çayının aylık akım değerleri yaklaşık olarak tahmin edilmiştir. Yine verileri temin edilemeyen Uludere çayının aylık akım değerleri Deliçay'ın aylık akım değerleri kullanılarak tamamlanmıştır. Uludere çayının yağış alanı 50.9 km<sup>2</sup>'dir [51]. Deliçay'ın yağış alanı ise 342.0 km<sup>2</sup> alınmıştır [51]. Uludere çayı ve Deliçay'ın yağış alanları oranı 0.15 olarak elde edilmiş olup,

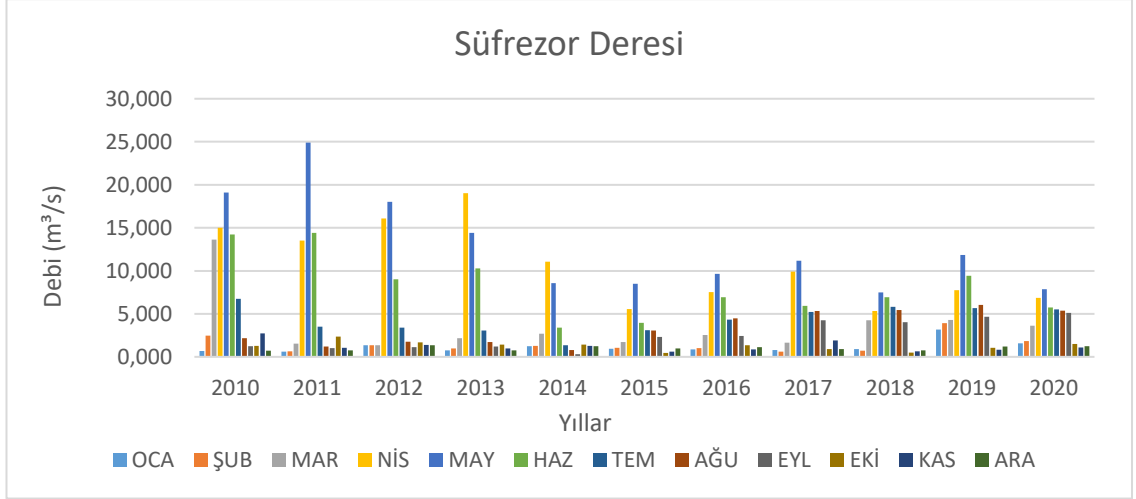
bu oranla Deliçay'ın akım değerleri azaltılarak Uludere çayının aylık akım değerleri elde edilmiştir. Aylık akım ölçüm değerleri ilgili kurumlardan bulunamayan Süfrezor deresinin aylık akım değerleri Deliçay'ın aylık akım değerleri kullanılarak tamamlanmıştır. Süfrezor deresinin yağış alanı 334.6 km<sup>2</sup>'dir [51]. Deliçay'ın yağış alanı ise 342.0 km<sup>2</sup> alınmıştır [51]. Süfrezor deresi ile Deliçay'ın yağış alanları oranı 0.98 olup, bu oranla Deliçay'ın akım değerleri azaltılarak Süfrezor deresinin aylık akım değerleri elde edilmiştir. Bu bölümdeki su bütçesi analizinde Van Gölü'ne dökülen 11 adet akarsu dikkate alınmıştır. Diğer irili ufaklı derelerin bir kısmı yıl boyu akımı olmadığından veya debileri küçük olduğundan dikkate alınmamıştır. Tahmini yapılan bu akarsulara ait akım grafikleri Şekil 2.20-2.22'de verilmiştir.



Şekil 2.20. Zilan çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020).



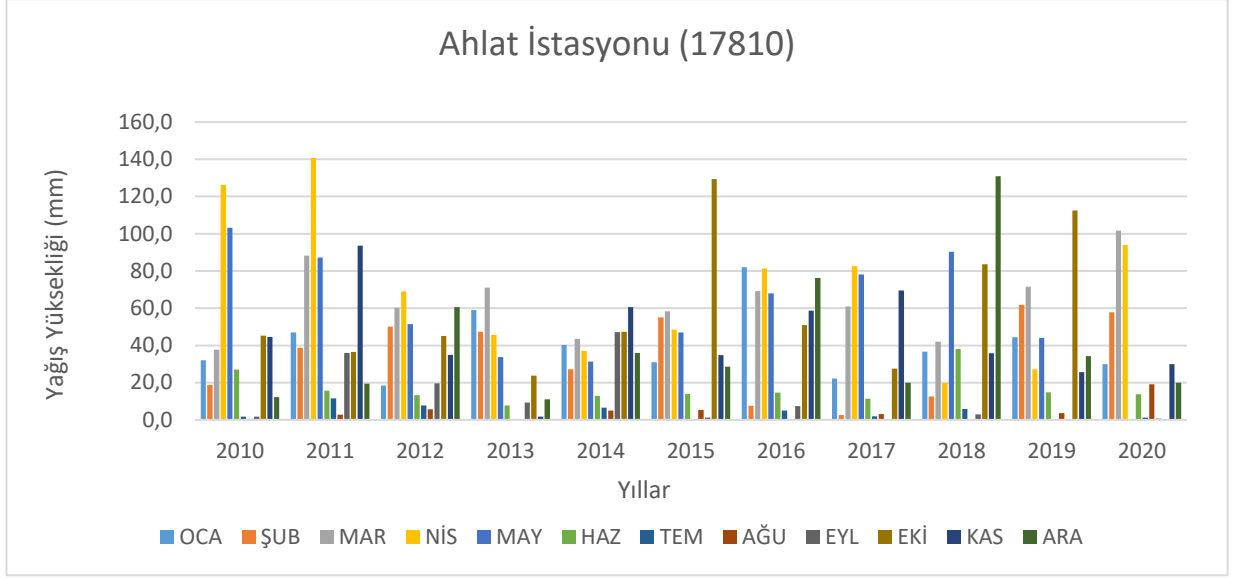
Şekil 2.21. Uludere çayı yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020).



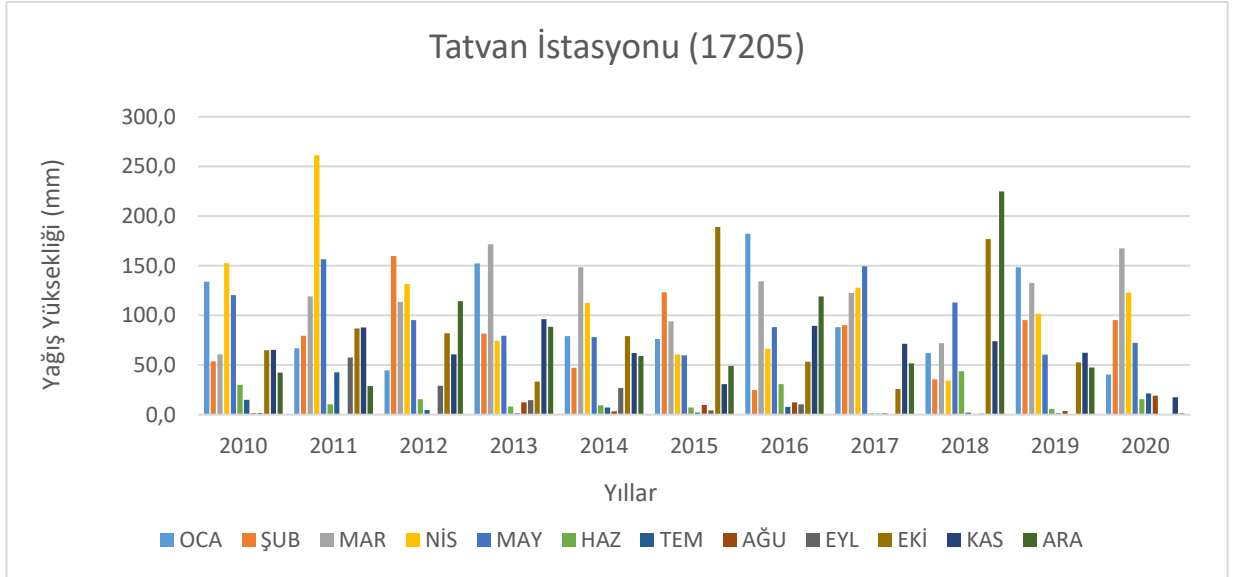
Şekil 2.22. Süfrezor deresi yıllara göre aylık debi ölçümleri (2010-2020).

### 2.3.2. Van Gölü'ne Düşen Yağışlar

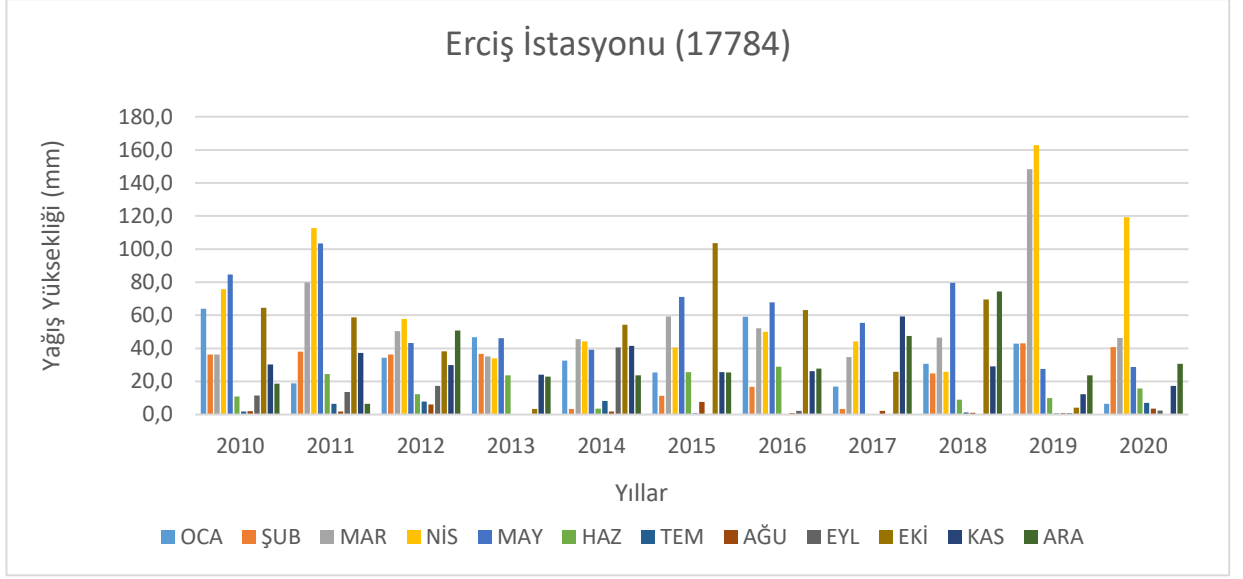
Su bütçesi hesabında kullanılan bir diğer parametre yağış değişkenidir. İlgili kurum olan Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü'nden Ahlat, Tatvan, Erciş ve Van Bölge rasat istasyonlarının yağış ölçüm verileri alınmıştır (Şekil 2.23-2.26). Ahlat istasyonunun 2010 yılının Kasım ayı ve 2012 yılının Mart-Aralık aylarına, Tatvan istasyonunun 2010 yılının Temmuz ve Kasım, 2013 yılının Ağustos, 2016 yılının Ağustos ve Aralık aylarına, Erciş istasyonunun 2010 yılının Kasım ve 2012 yılının Mart-Aralık aylarına, Van Bölge istasyonunun ise 2010 yılının Kasım, 2011 yılının Ağustos, 2013 yılının Temmuz, 2016 yılının Ağustos, 2017 yılının Haziran ve Eylül, 2018 yılının ise Temmuz ve Ağustos aylarına ait okumaları olmadığından bu değerler regresyon analizi ve ilgili ayların ortalaması alınarak tamamlanmıştır. Van Gölü üzerinde hidrometeorolojik ölçümleri yapacak istasyonlar henüz bulunmadığından göl üzerine düşen aylık toplam yağış miktarları, bu dört istasyonun kaydettiği ölçümlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.



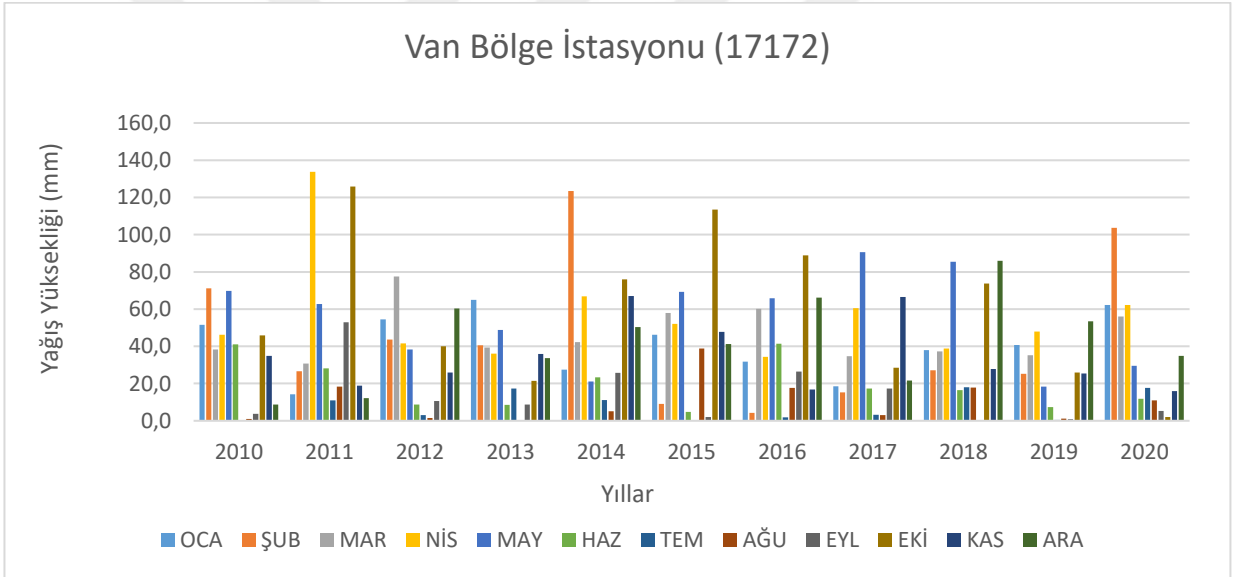
**Şekil 2.23.** Ahlat istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020) [52].



**Şekil 2.24.** Tatvan istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020) [52].



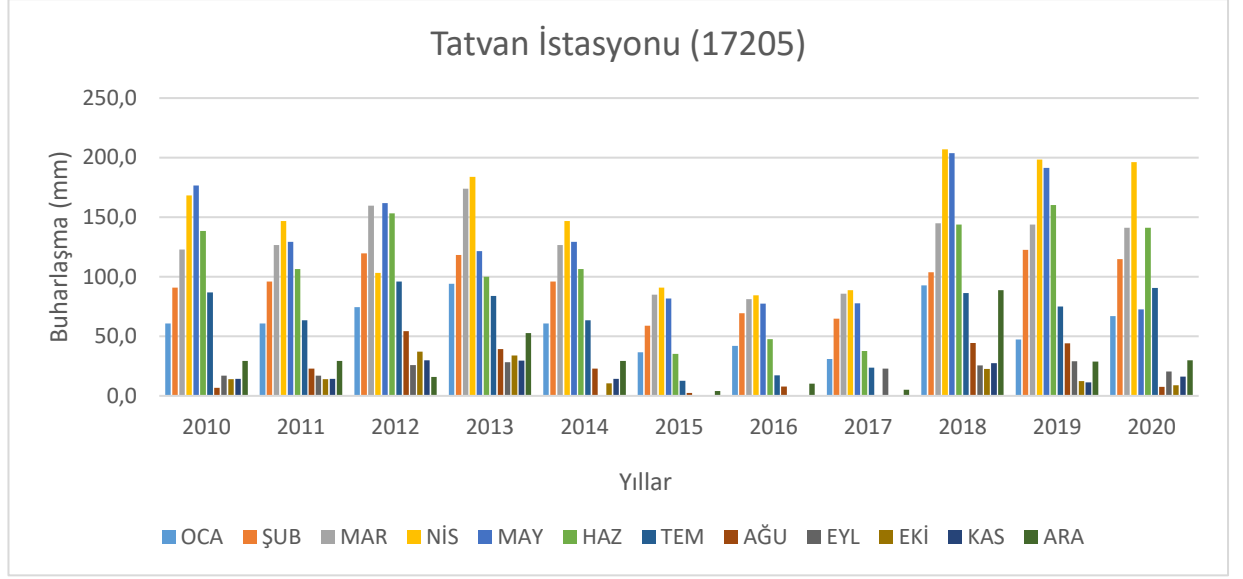
**Şekil 2.25.** Erciş istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020) [52].



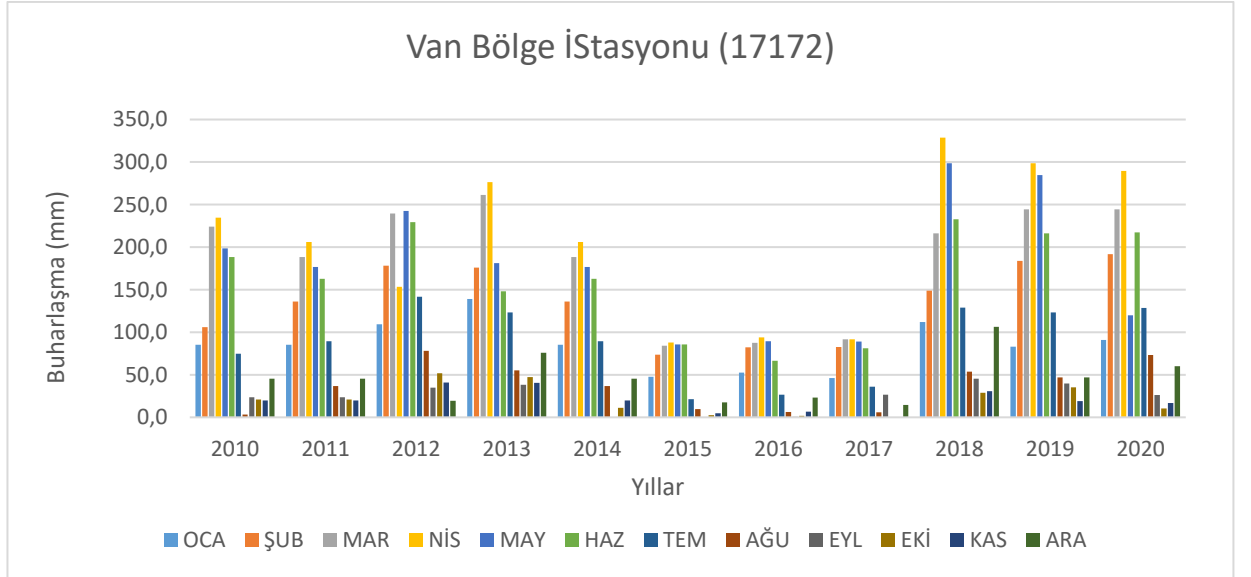
**Şekil 2.26.** Van bölge istasyonu yıllara göre aylık toplam yağış ölçümleri (2010-2020) [52].

### 2.3.3. Van Gölü'nden Gerçekleşen Buharlaşımlar

Van Gölü kapalı havzaya sahip olduğundan gölün su çıkışı büyük oranda su yüzeyinden meydana gelen buharlaşma sebebi ile olacaktır. Göl üzerinde yüzeyden olan buharlaşmayı ölçecek bir istasyon bulunmadığından ilgili kurum olan Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü [52]'nden temin edilen Tatvan ve Van Bölge istasyonlarının verileri ortalamaları alınmak suretiyle hesaplarda kullanılmıştır (Şekil 2.27, 2.28). Eksik olan veriler ilgili ayların ortalaması alınarak ve regresyon analizi yapılarak tamamlanmıştır.

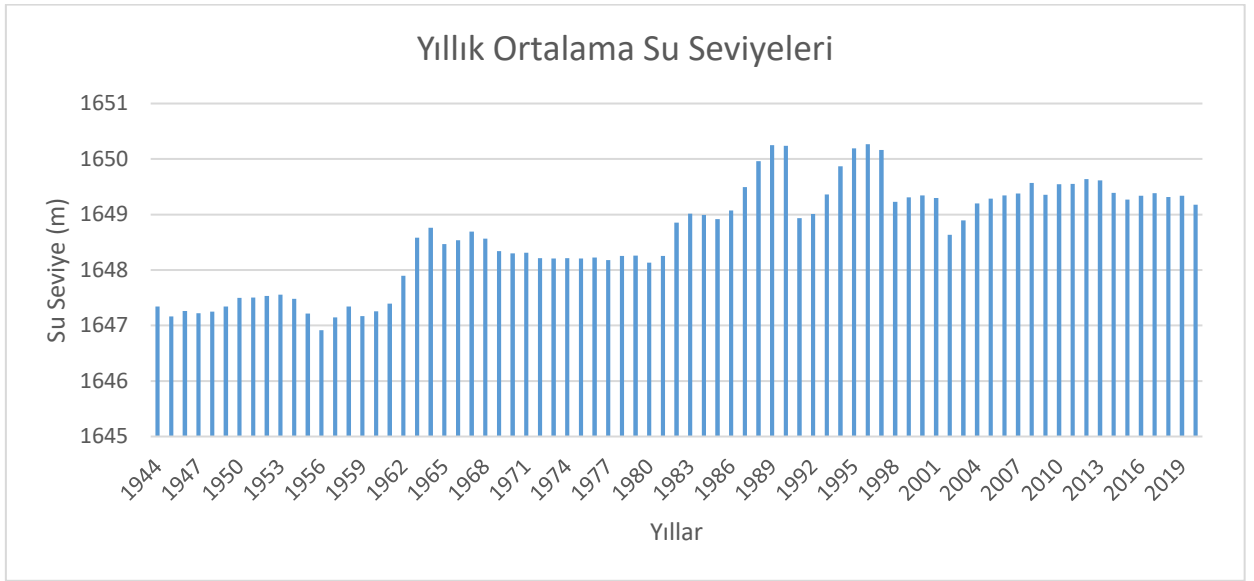


**Şekil 2.27.** Tatvan istasyonu yıllara göre aylık toplam buharlaşma ölçümleri (2010-2020) [52].



**Şekil 2.28.** Van bölge istasyonu yıllara göre aylık toplam buharlaşma ölçümleri (2010-2020) [52].

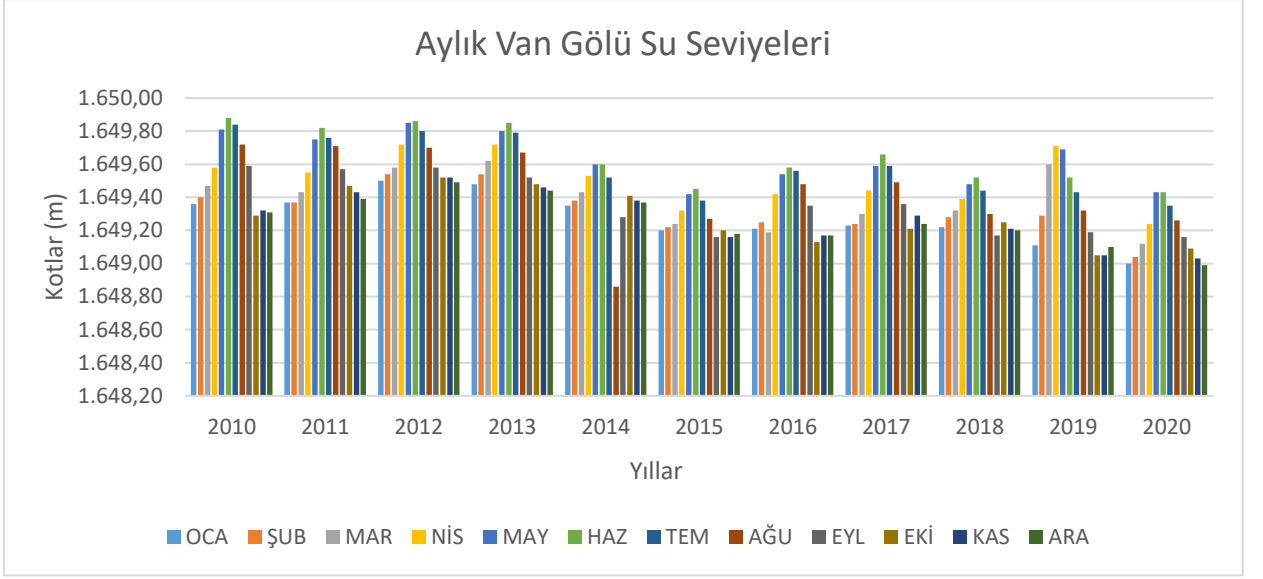
### 2.3.4. Göl Su Seviyeleri



Şekil 2.29. Van Gölü yıllık ortalama su seviye ölçümleri (1944-2020) [50].

DSİ 17. Bölge Müdürlüğü'nden alınan Tatvan Göl Gözlem istasyonuna ait 1944-2020 yılları arası yıllık ortalama su seviye değerleri Şekil 2.29'da verilmiştir. Yıllık ortalamalar üzerinden bakıldığında genel hatlarıyla 1944-1948 yılları arasında ardışık alçalma ve yükselme hareketi görülmektedir. 1948-1953 periyodunda yükselişe geçen su seviyesinde 1953-1956'da tedrici bir azalma görülmüştür. 1956-1964 devresinde, 1958-1959 yılları arasında bir düşüş yaşansa da yeniden yükselme eğilimi gösteren göl, 1964-1965 arasında su kaybetmiştir. 1965-1967 yılları arasında tekrar seviye artışı yaşanmış, 1967-1980 periyodunda ise genel olarak parabolik bir düşüş gerçekleşmiştir. 1980-1989 arasında arada düşüşler yaşansa da sürekli bir artış meydana gelmiştir. 1990-1991 arası ani bir düşüş olmuş, ardından yükselmenin afet meydana getirecek kadar önemli olduğu 1992-1996 periyoduna girilmiştir [2]. Bu devrede seviye yükselmesi nedeniyle göl çevresinde bazı evler, yollar ve tarım alanları sular altında kalmıştır [2]. 1997-2002 yılları arasında kabaca su kaybeden ve seviye artışı pek görülmeyen göl, 2003-2012 arasında yükselmiştir. 2012-2015 devresinde seviyede düşme, 2015-2017 periyodunda yükselme, takip eden üç yılda düşme eğilimine geçmiştir.

Bu tezdeki su bütçesi hesabında, Şekil 2.30'daki Tatvan istasyonundan alınan Van Gölü'nün 2010-2020 yılları aylık ortalama seviye ölçümleri [50] kullanılmıştır.

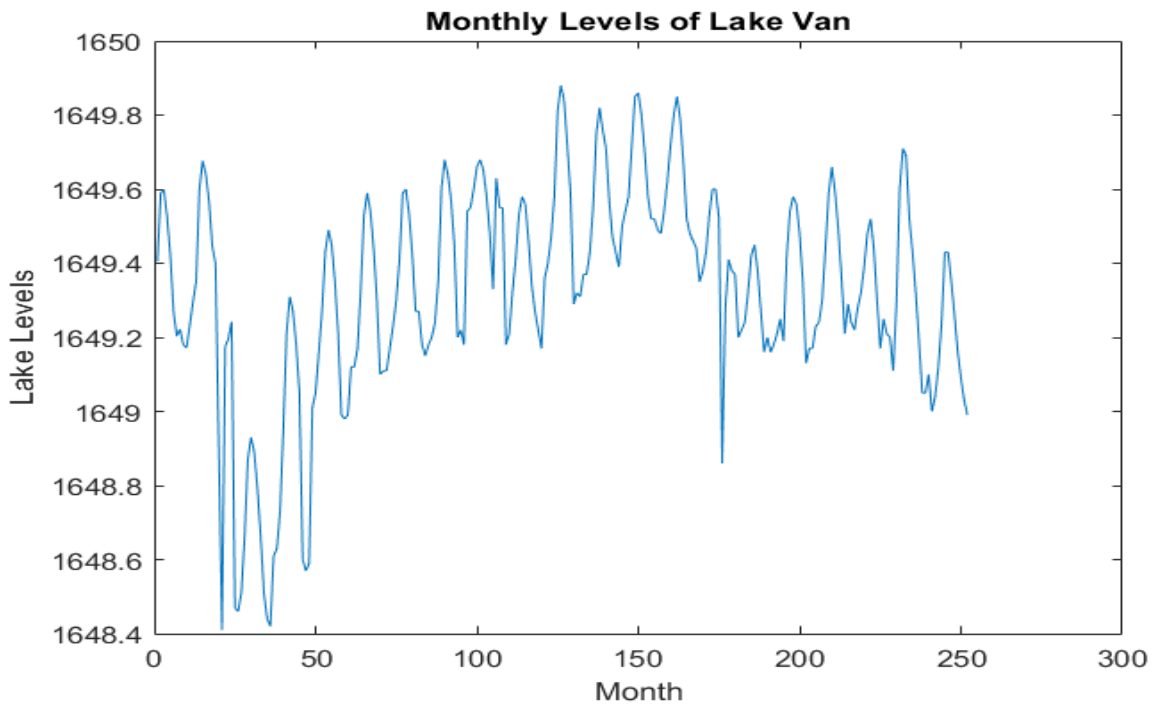


**Şekil 2.30.** Van Gölü aylık ortalama su seviye ölçümleri (2010-2020) [50].

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

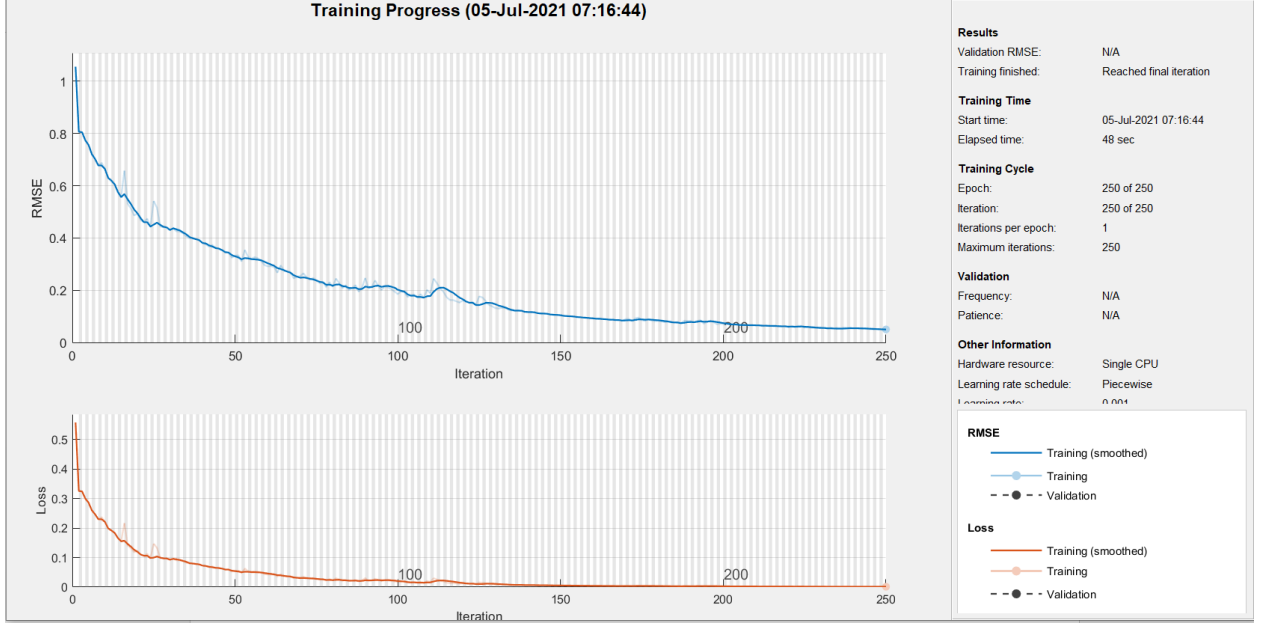
#### 3.1. LSTM Modeli ile Van Gölü Su Seviye Simülasyonu Değerlendirmesi

Tezin bu bölümünde, Matlab R2019b yazılımı kullanılarak LSTM ağ modeli ile Van Gölü su seviye simülasyonu ve tahmini yapılmıştır. İlgili kurum olan DSİ 17. Bölge Müdürlüğü'nden alınan Tatvan istasyonuna ait Van Gölü 2000-2020 yılları aylık ortalama su kotları verileri, zaman serisi olarak dikkate alınmıştır. Programa Excel 2013 yazılımı ile aktarılan bu zaman serisinin grafiği Şekil 3.1'de görüldüğü şekildedir.



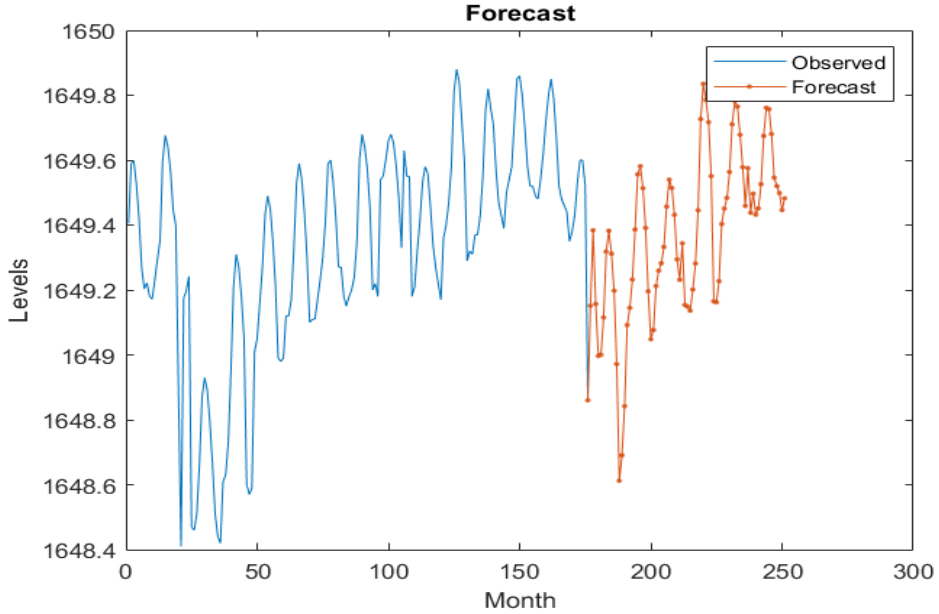
Şekil 3.1. Aylık ortalama Van Gölü su seviye değerleri (2000-2020).

Mevcut olan 252 adet verinin %70'i, kurulan modeli eğitmek için kalan %30 veri ise test için kullanılmıştır. Eğitim verileri ve tahmin zamanında test verileri programın daha iyi sonuç vermesi için standardize edilmiştir. Yazılan kod parçacıklarıyla her zaman adımında, bir sonraki zaman adımının değerinin tahmin edilmesi sağlanmıştır. LSTM ağ modeli 200 gizli katmanla oluşturulmuştur. 250 epok (*epochs*) için eğitim (*train*) gerçekleştirilmiş olup, LSTM ağlarında görülen gradyan kaybolması probleminin çözülmesi için ise gradyan eşiği değeri 1 olarak alınmıştır. Başlangıç öğrenme oranı 0,005 olarak seçilmiş, 125 epoktan sonra öğrenme hızı 0,2 faktör çarpılarak düşürülmüştür. Belirtilen değerlerle LSTM modeli eğitilmiştir (Şekil 3.2).

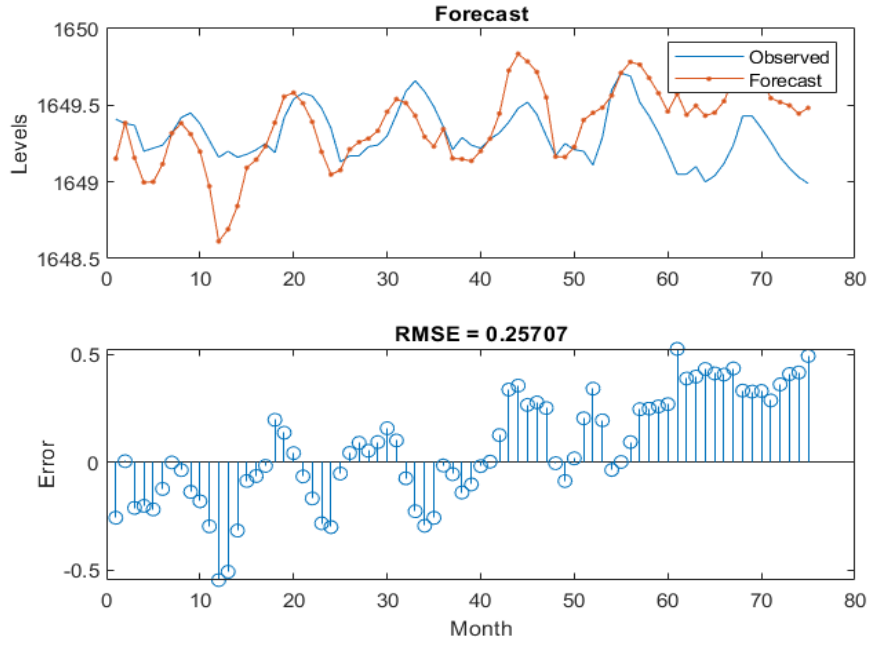


**Şekil 3.2.** LSTM modelinin eğitimi.

Model eğitilerek her bir zaman adımının değeri bir sonraki zaman adımının girdisi olacak şekilde ileri zaman adımlarının değerleri tahmin edilmiştir (Şekil 3.3). RMSE hata değeri 0.25707 olarak bulunmuştur (Şekil 3.4). Daha sonra üretilen tahmin değerleri ile test değerleri karşılaştırılmıştır.

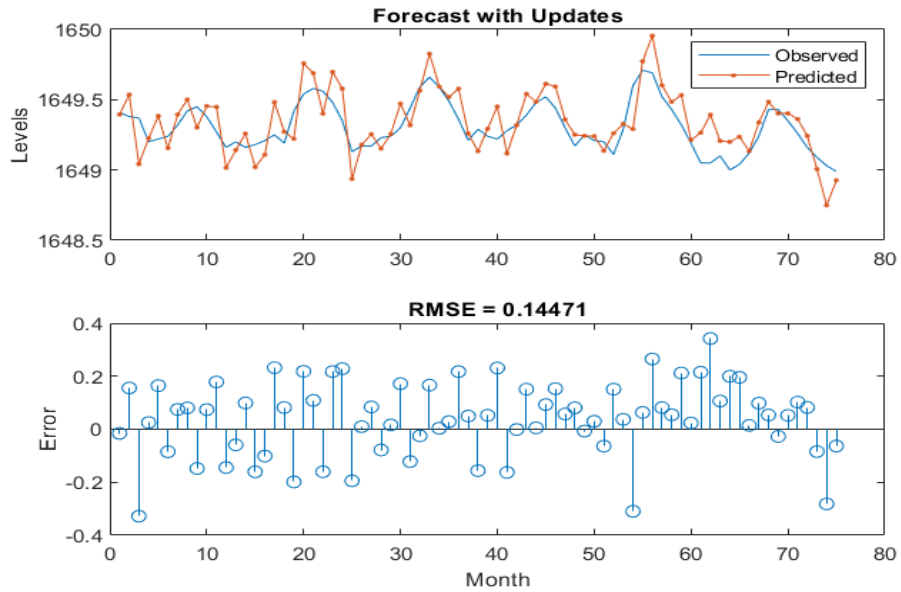


**Şekil 3.3.** Tahmin edilen seviye değerlerinin ve eğitim verilerinin grafiği.



**Şekil 3.4.** Ölçülen ve tahmin edilen su seviyeleri – RMSE hata değeri.

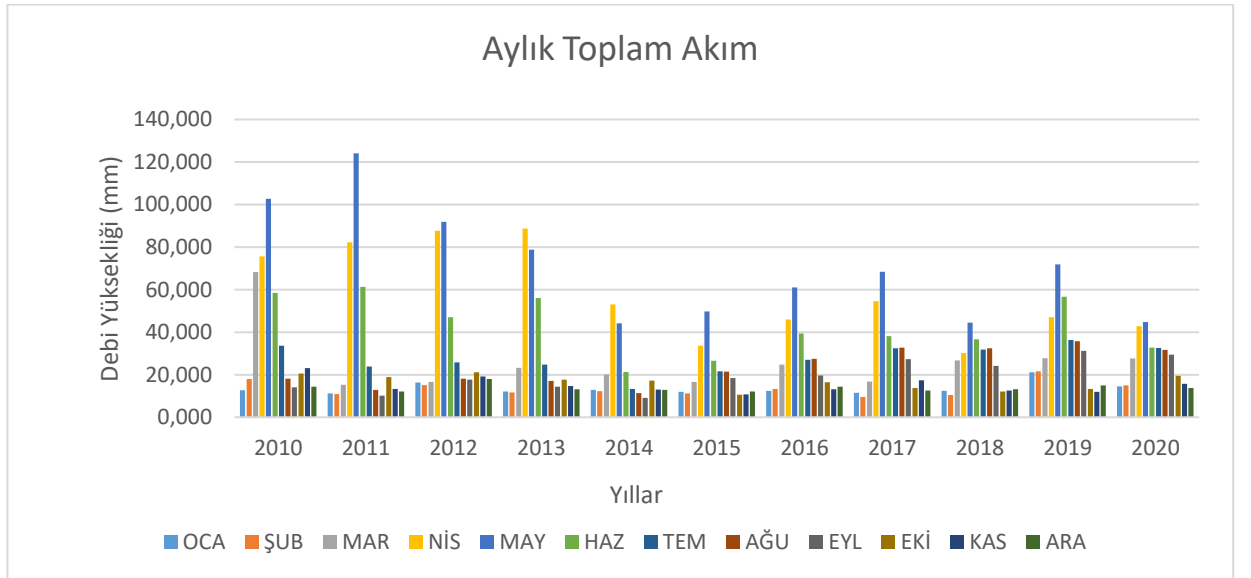
LSTM ağ modelinde tahmin edilen değerlerin gerçek değerleriyle tekrardan güncellenmesiyle hata değeri küçültülmüştür. Bu şekilde yeni RMSE hata değeri 0.14471 olarak elde edilmiştir (Şekil 3.5). Şekil 3.5'te ölçülen gerçek değerler (*observed*) ile tahmin edilen (*predicted*) değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Kurulan modeli tahmin edilen değerler yerine ölçülen değerlerle güncellerken elde edilen tahminler gerçeğe daha uygun bulunmuştur.



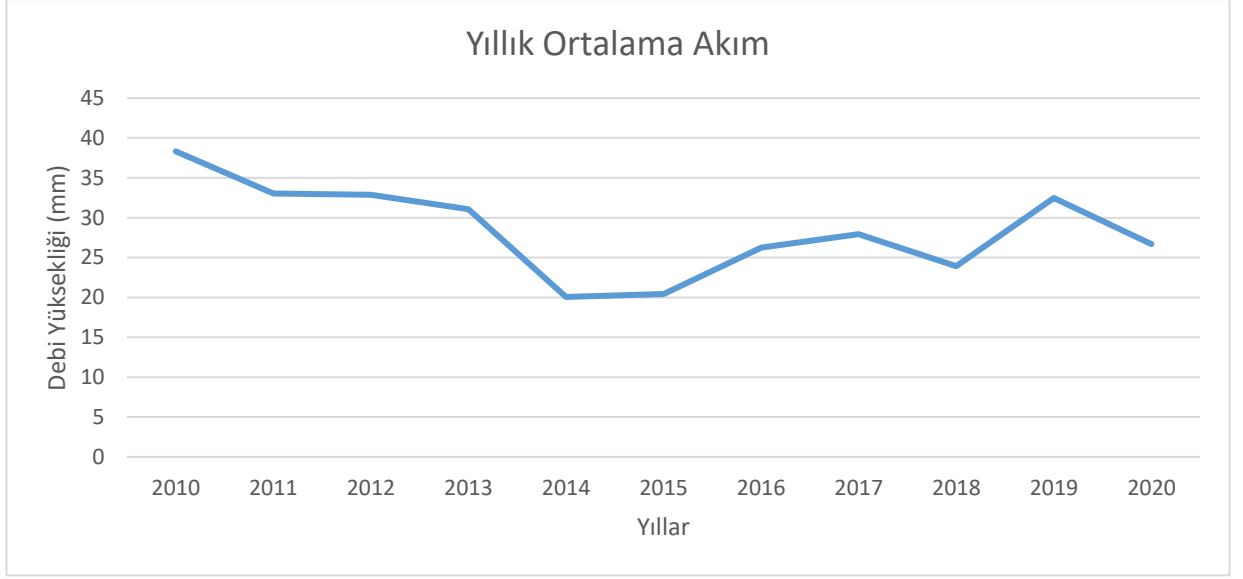
**Şekil 3.5.** Gerçek değerlerle tekrardan eğitilen model – RMSE hata değeri.

### 3.2. Van Gölü'nün 2010-2020 Periyodu İçin Su Bütçesi Değerlendirmesi

Van Gölü gibi kapalı havza göllerinin su denge denklemleri yağış, yüzeysel akış gibi girdiler ve buharlaşma çıktısından oluşmaktadır. Bir önceki başlıkta bahsedildiği üzere Van Gölü için 2010-2020 gözlem dönemine ait aylık ortalama su seviyeleri, aylık akım miktarları, göl aynasına düşen aylık toplam yağışlar ve göl yüzeyinden buharlaşan aylık toplam buharlaşmalar kullanılarak su bütçesi analizi yapılmıştır. Buradaki su denge denklemi, Van Gölü'nde ölçülen su seviye değişimleri (Şekil 3.12, 3.13) ile göle giren toplam akım yüksekliği (Şekil 3.6, 3.7), göle düşen yağış yüksekliği (Şekil 3.8, 3.9) ve gölden gerçekleşen buharlaşma yüksekliği (Şekil 3.10, 3.11) ile dengelenmesi üzerine kurulmuştur.

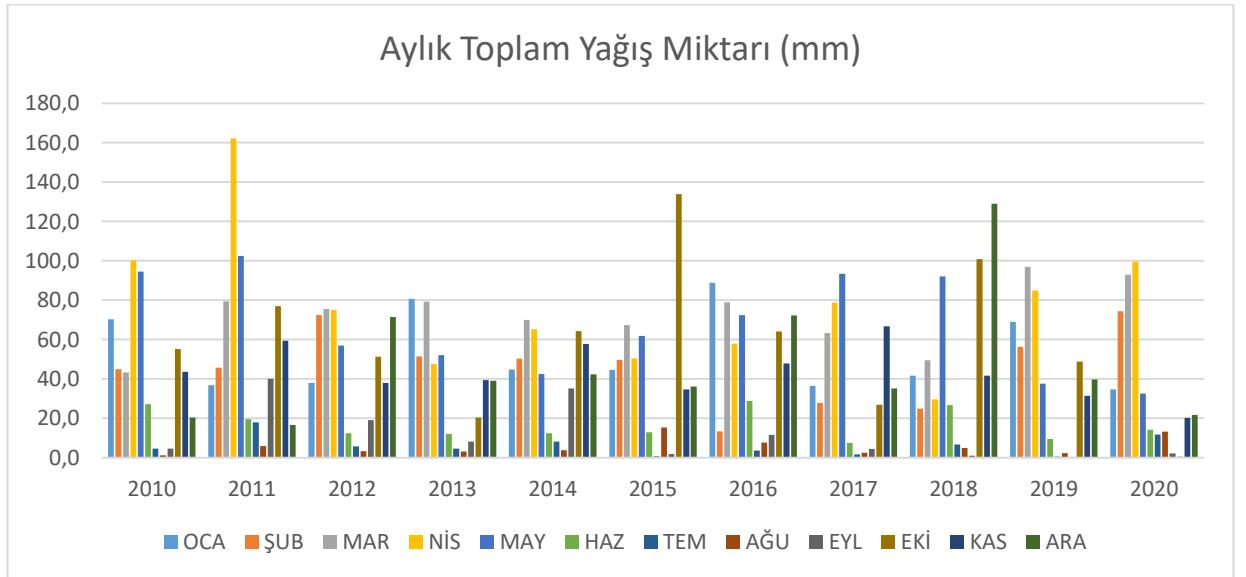


Şekil 3.6. Bütçede dikkate alınan yıllara göre Van Gölüne giren aylık toplam akım verileri (2010-2020).

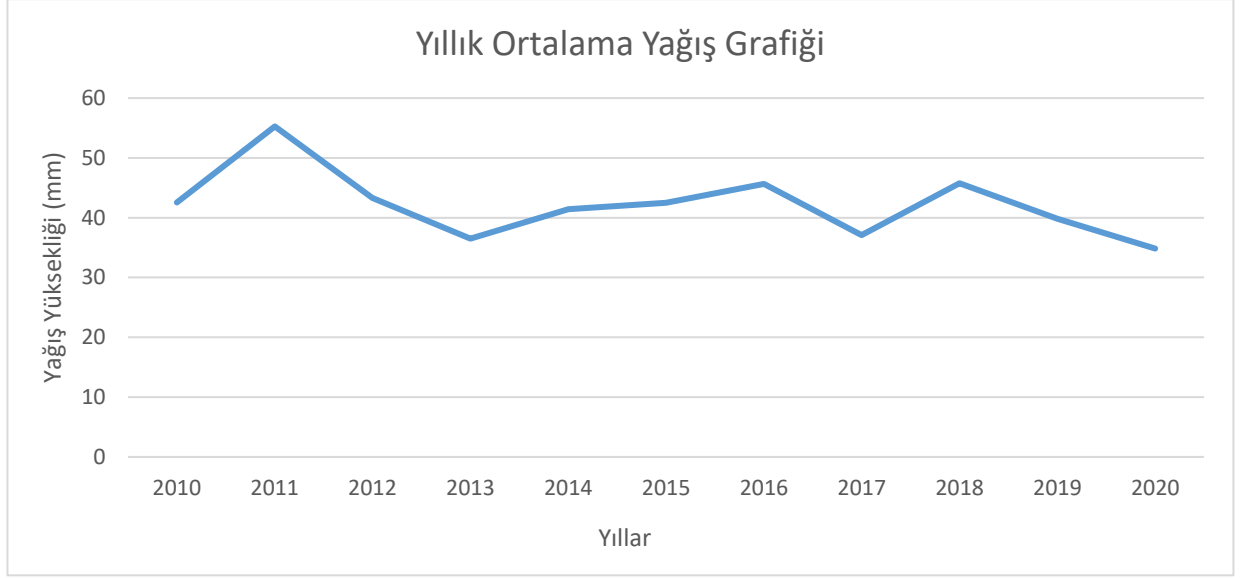


**Şekil 3.7.** Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama akım verileri (2010-2020).

Önceki bölümde verilen Deliçay, Engil Suyu, Gevaş Çayı, Güzelkonak Deresi, Karasu, Kasap Deresi, Kotum Çayı, Bendimahi Çayı, Süfrezor Deresi, Zilan Çayı ve Uludere Çayı 2010-2020 yılları aylık akım debi değerleri ( $m^3/s$ ) toplanmış ve ilgili birim çevirileri yapılarak  $mm/ay$  formatına çevrilmiştir. Şekil 3.6'da Van Gölü'ne dökülen akarsuların toplam akım değeri  $mm/ay$  cinsinden verilmiştir. Şekil 3.7'de ise bu aylık verilerin ortalaması alınarak yıllık ortalama akım verileri elde edilmiştir.

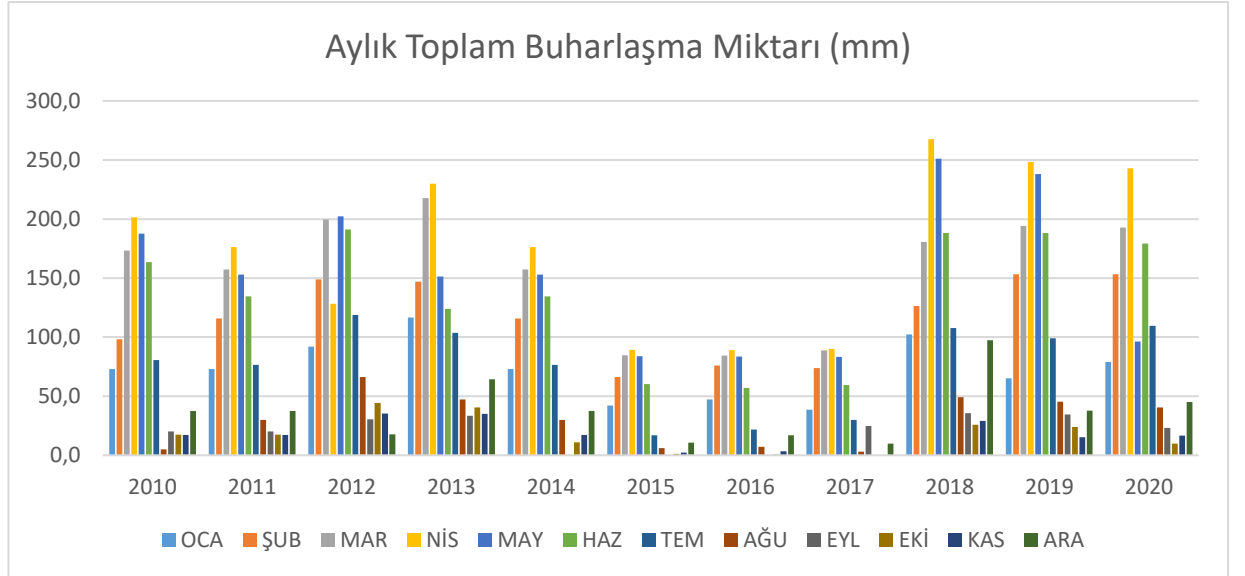


**Şekil 3.8.** Bütçede dikkate alınan yıllara göre aylık toplam yağış verileri (2010-2020).

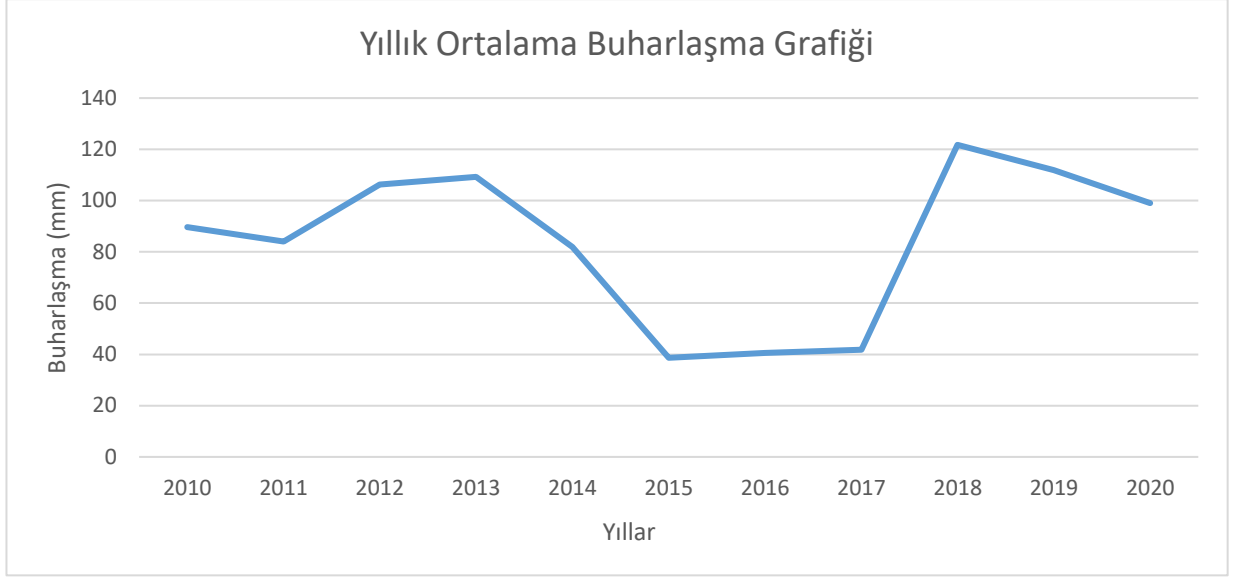


**Şekil 3.9.** Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama yağış verileri (2010-2020).

Önceki bölümde açıklandığı gibi su bütçesinde Ahlat, Tatvan, Erciş ve Van Bölge istasyonlarından alınan 2010-2020 yılları aylık toplam yağış verilerinin aritmetik ortalaması alınarak Van Gölü üzerine düşen yağış yüksekliği (*mm*) bulunmuştur (Şekil 3.8). Şekil 3.9’da bu aylık yağış değerlerinin ortalaması alınarak yıllık ortalama yağış yüksekliği hesaplanmıştır.



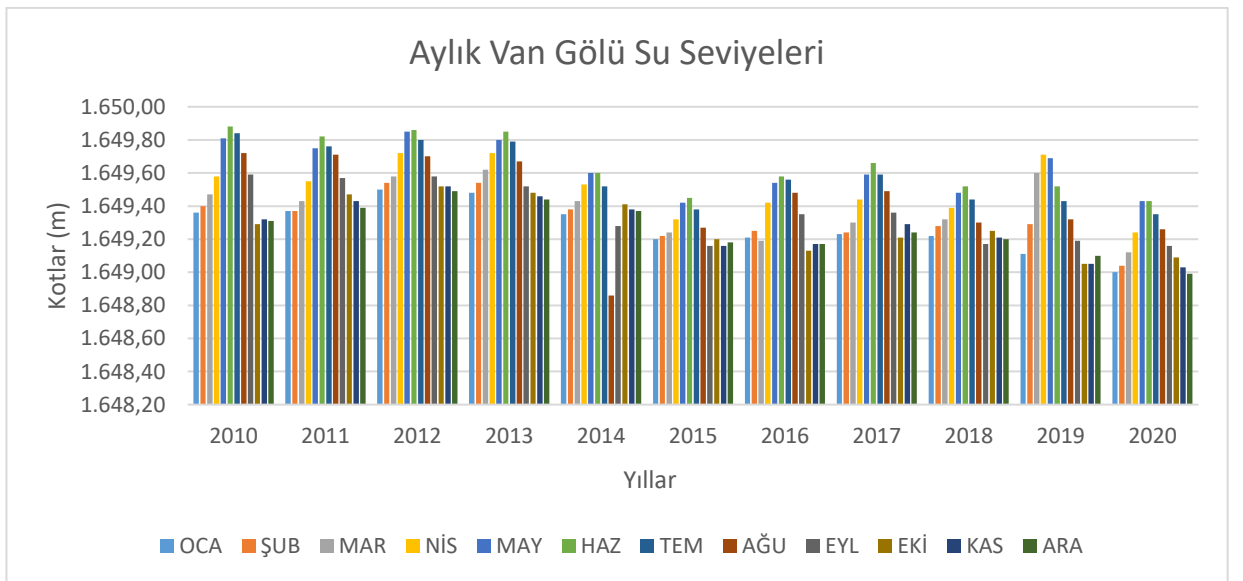
**Şekil 3.10.** Bütçede dikkate alınan yıllara göre aylık toplam buharlaşma verileri (2010-2020).



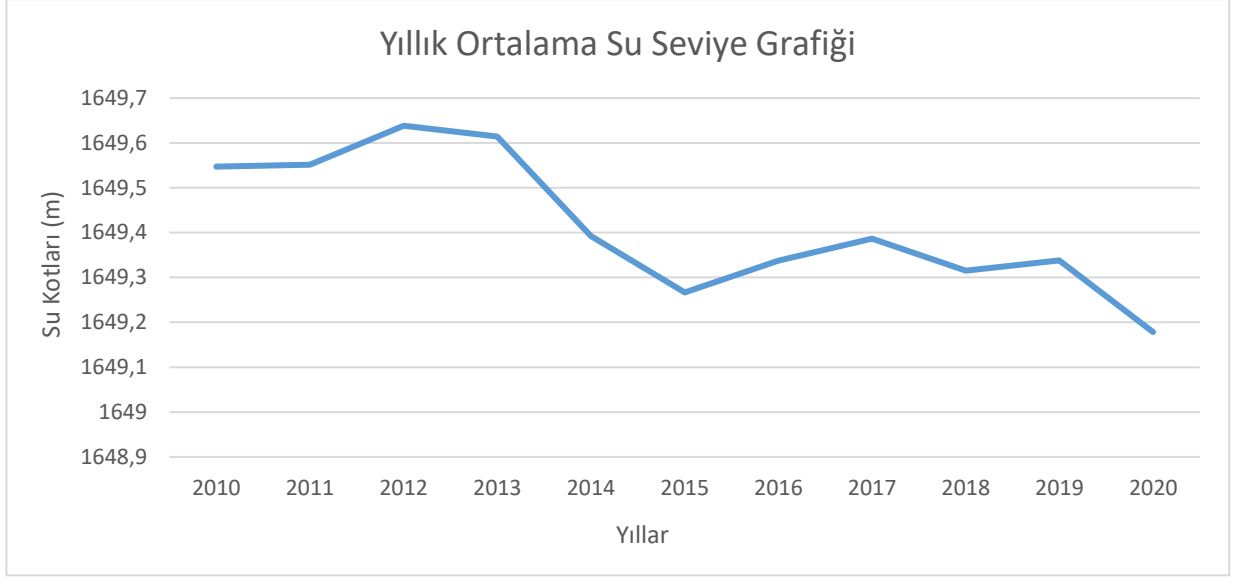
**Şekil 3.11.** Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama buharlaşma verileri (2010-2020).

Su bütçesinde Tatvan ve Van Bölge istasyonlarından alınan 2010-2020 yılları aylık toplam buharlaşma verilerinin aritmetik ortalaması alınarak Van Gölü aynasından olan buharlaşma yüksekliği (*mm*) bulunmuştur (Şekil 3.10). Şekil 3.11’de bu aylık buharlaşma değerlerinin ortalaması alınarak yıllık ortalama buharlaşma yükseklikleri hesaplanmıştır.

Su seviyeleri için yine ilgili kurum olan DSİ 17. Bölge Müdürlüğü’nden temin edilen Tatvan İstasyonuna ait aylık ortalama su seviye ölçüm verileri kullanılmıştır (Şekil 3.12). Bu aylık ortalama su seviyelerinin yıl bazında ortalaması alınarak yıllık ortalama su seviye değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.13).



**Şekil 3.12.** Bütçede dikkate alınan yıllara göre aylık su seviye verileri (2010-2020) [50].

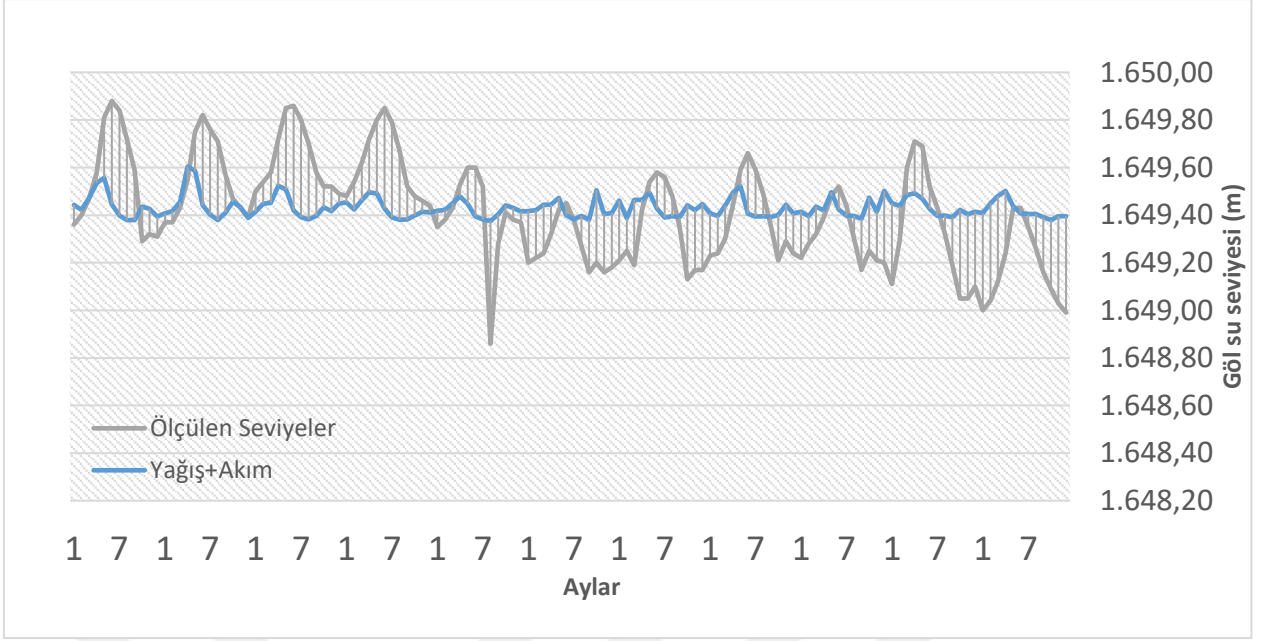


**Şekil 3.13.** Bütçede dikkate alınan yıllık ortalama su seviye verileri (2010-2020) [50].

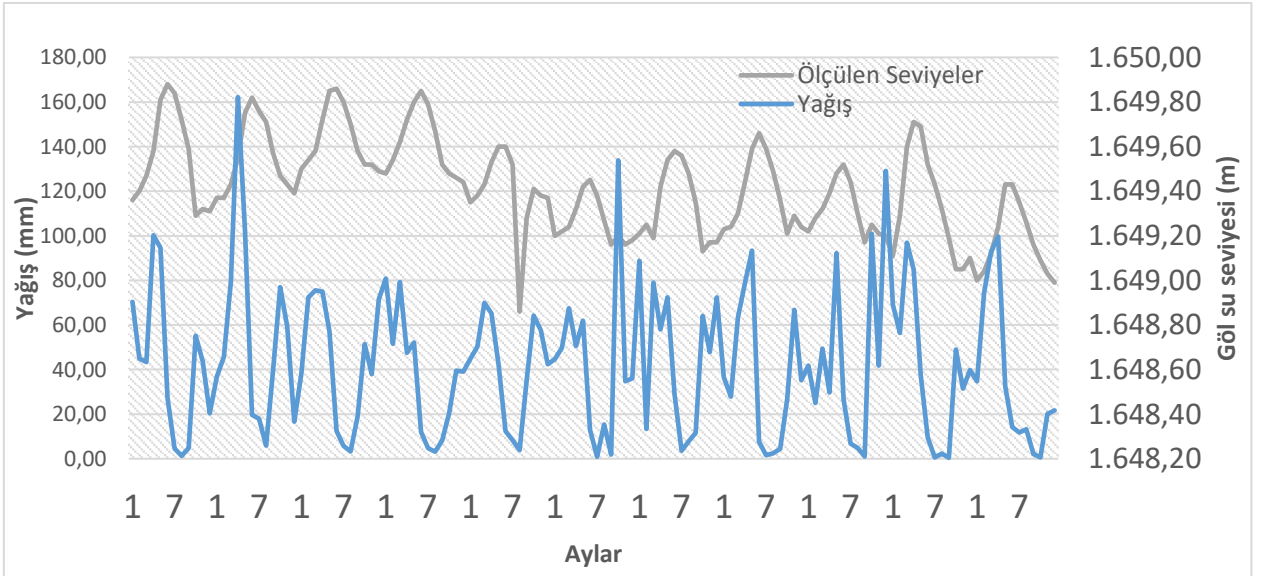
Göl seviyesindeki aylık seviye değişimlerinin de değerlendirilebilmesi bakımından Şekil 3.14'te akış ve yağış değerlerinin toplamı ile aylık göl seviye ölçüm değişimleri karşılaştırılmıştır. Bu grafikteki ölçüm değerlerinde, su seviyelerindeki yıllık periyotlardaki aylık artış ve azalışın mevsimsel olduğu, fakat yıllık ortalamalarda genel olarak bir azalış olduğu görülmektedir. Eğriler arasındaki taralı bölgeler su bütçesiyle ölçüm değeri arasındaki farkları göstermektedir. Su bütçesindeki aylık ve mevsimsel değişimlerinin belirgin olmaması buharlaşma verilerindeki anormalliklerden kaynaklanıyor olabilir.

Şekil 3.15'te Van Gölü'ne yağın aylık toplam yağışlar ile ölçülen aylık su seviye değerleri karşılaştırılmıştır. Sol düşey eksen *mm* cinsinden yağış yüksekliğini gösterirken sağ düşey eksen ise *m* cinsinden su seviye değerlerini belirtmektedir.

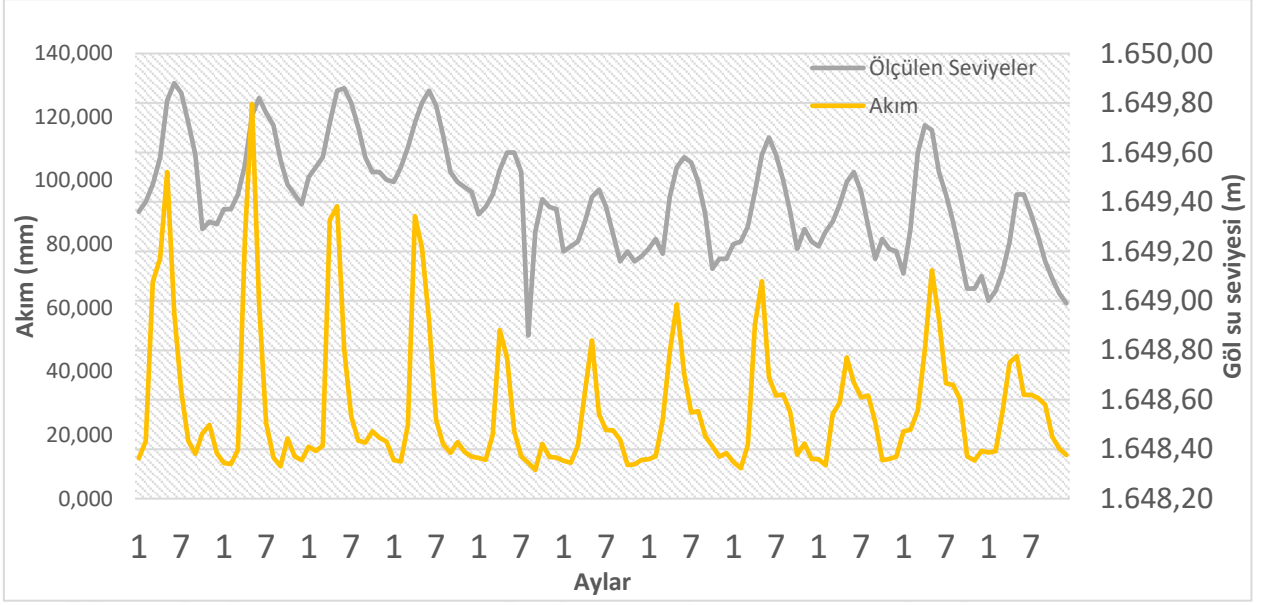
Şekil 3.16'da Van Gölü'ne dökülen toplam aylık debiler ile ölçülen aylık su seviye değerleri karşılaştırılmıştır. Sol düşey eksen *mm* cinsinden akım yüksekliğini gösterirken sağ düşey eksen ise *m* cinsinden su seviye değerlerini belirtmektedir.



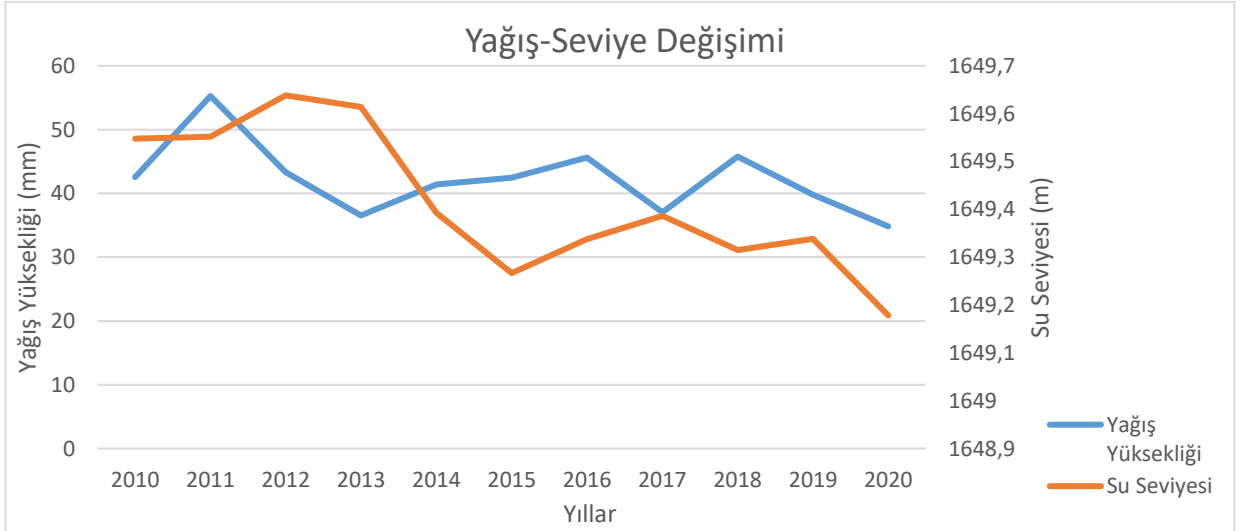
**Şekil 3.14.** Van Gölü yağış+akım değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri grafiği (2010-2020).



**Şekil 3.15.** Van Gölü yağış değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri grafiği (2010-2020).

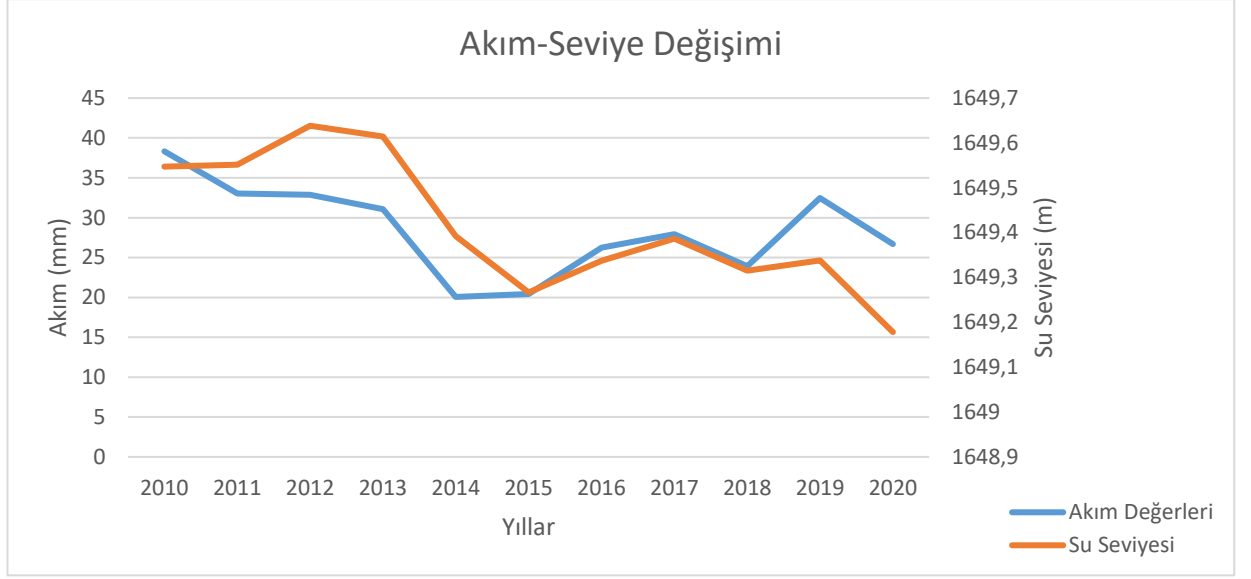


Şekil 3.16. Van Gölü akım değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri grafiği (2010-2020).



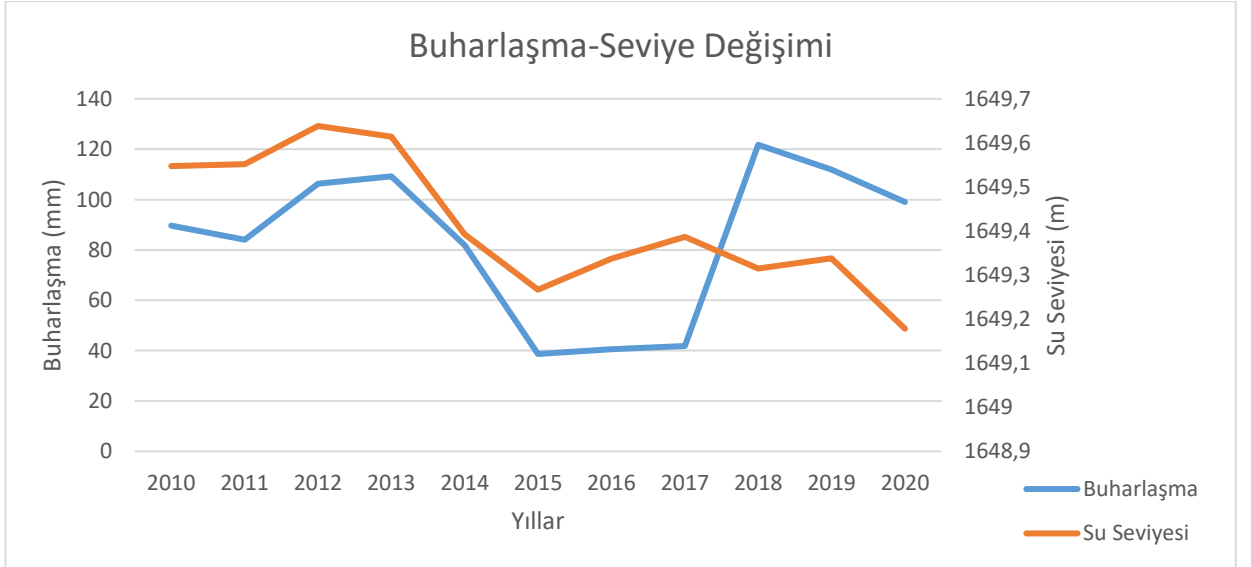
Şekil 3.17. Yıllık ortalama yağış ve ölçülen su seviye değişimi (2010-2020).

Şekil 3.17’de göl yüzeyine düşen yıllık ortalama yağış ile göl seviyesinin değişimleri birlikte sunulmuştur. Bu grafiğe göre 2010-2020 yılları arası yıllık ortalama yağış seviyesi ile su seviyesinde düşüş eğilimi olduğu görülmektedir. Yağış miktarının düşmesinden, göl seviyesinin de düşmesini bekleneneğinden su bütçesi gereği doğru bir ilişki varmış gibi görünmektedir. Ancak yağışın tek başına değerlendirilmesi yine de doğru olmayacaktır. Bu yüzden diğer parametrelerinde dikkate alınması gerekecektir.



**Şekil 3.18.** Yıllık ortalama akım ve ölçülen su seviye değişimi (2010-2020).

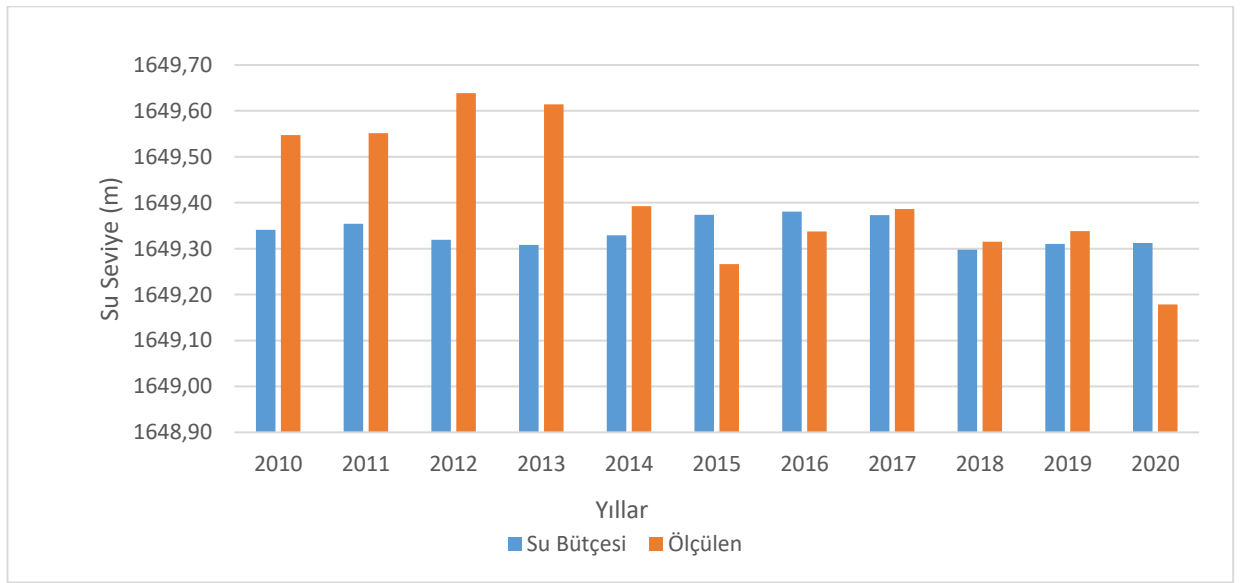
Şekil 3.18’de 2010-2020 yılları arası akarsuya giren toplam akışların yıllık ortalamalarının göl seviyesinde oluşturacağı yükseklik ile ölçülen gerçek göl seviyeleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Her iki değer birbiriyle uyumlu olarak azalış eğilimi içerisinde olması yine su bütçesi gereği beklenen bir durumdur. Diğer bir deyişle göl su seviyelerin değişiminin hidrolojik olabileceği düşüncesini kuvvetlendirmektedir.



**Şekil 3.19.** Yıllık ortalama buharlaşma ve ölçülen su seviye değişimi (2010-2020).

Şekil 3.19’da ise 2010-2020 yılları arası göl seviyesindeki yıllık ortalama değişim verileri su bütçesi gereği gölden tek çıkışın kabul edildiği buharlaşma verileriyle karşılaştırılmıştır. Bu

grafiklerde 2013-2015 yılları arası göl seviyesiyle birlikte buharlaşmanın da azaldığı, 2015-2017 yılları arasında ise ortalama buharlaşmanın en az olduğu yıllar olarak görünmektedir. Bu ilişki su bütçesi açısından ters bir ilişkidir. Hidrometeorolojik olaylara dayalı olarak oluşturulan bu su bütçesi modelinde buharlaşmanın azalmasıyla su çıkışının azalması yani su seviyesinin artması beklenir. Özellikle 2015-2017 yılları arasındaki buharlaşmadaki belirgin düşüşler bu ölçümlerin istasyonlardaki aletlerin sistematik hatalarından kaynaklı hatalı ölçümler olabileceği düşüncesini de doğurmaktadır. Tabii ki bu da su seviyesinin değişimi için tek başına etkili bir parametre olmadığından, doğru bir değerlendirme için tüm bu değişkenlerin birlikte değerlendirildiği su bütçesinin dikkate alınması gerekir.



**Şekil 3.20.** Su bütçesi ile hesaplanan seviye değerleri ile ölçülen gerçek seviye değerleri (2010-2020).

Su bütçesindeki tüm parametrelerin dikkate alındığı su seviye değişimleriyle ölçülen gerçek su seviye değişimleri Şekil 3.20’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu grafikteki su bütçesiyle hesaplanan ve ölçülen su seviyeleri arasındaki fark değeri ise Çizelge 3.1’de verilmiştir. Elde edilen bu verilere göre; su seviye değişimleri 2010 yılı ile 2013 yılları arasında su bütçesinden elde edilen değerlerden yüksek seyretmekte iken 2014 yılından sonra su bütçesi değerlerine yakın seyretmektedir. Ayrıca 2015-2017 yılları arası buharlaşmada ki anormal düşüşler bu yıllardaki su bütçesi değerini arttırmış olabilir. Bu nedenle de özellikle 2015-2016 yıllarındaki su bütçesi değerlerinin ölçüm değerlerinden biraz yüksek olmasının sebebinin buharlaşma ölçümlerindeki yanlış ölçümler olabileceğini işaret etmektedir. Çizelge 3.1’den de anlaşılacağı üzere maksimum fark değeri 2012 yılında +32 cm olarak bulunmuştur. En küçük fark ise -13 cm ile 2020 yılında

görülmektedir. Şekil 3.20 incelendiğinde ölçüm istasyonundan alınan gerçek seviye ölçüm değerlerinden Van gölü su seviyesinin son 10 yıl içerisinde genel olarak azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu seviye azalışı 37 cm olarak gözükmemektedir. Su bütçesi analizi ile seviye değişimleri belli bir fark miktarı ile hesaplanabilmiştir. Hidrometeorolojik (yağış, akış, buharlaşma) verileri kullanarak yapılan su dengesi tam olarak seviye değişimlerini açıklayamamıştır.

Bu sonuçlara göre özellikle 2010-2013 yılları arasındaki belirgin artışlar hidrometeorolojik olaylarla (su bütçesiyle) açıklanamayacağını göstermektedir. Bu yıllar arasındaki önemli doğa olaylarına bakıldığında 23 Ekim 2011 tarihinde Van'da meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki deprem akla gelmektedir. Böyle büyük bir deprem öncesi ve sonrasındaki göl tabanındaki olabilecek yer kabuğu hareketleri, su ve gaz çıkışları gibi faaliyetler, göl seviyesindeki bu yükselmelerin asıl nedenleri olabilir. Ancak bilimsel açıdan daha net bir şeyler söylenebilmesi için bu konularda ayrıca araştırmaların yapılması gerekir.

**Çizelge 3.1.** Yıllık ortalama göl su seviye değerleri (m) ve fark miktarı

	Su Bütçesiyle Hesaplanan (m)	Ölçülen (m)	Fark (m)
<b>2010</b>	1649.34	1649.55	0.21
<b>2011</b>	1649.35	1649.55	0.20
<b>2012</b>	1649.32	1649.64	0.32
<b>2013</b>	1649.31	1649.61	0.31
<b>2014</b>	1649.33	1649.39	0.06
<b>2015</b>	1649.37	1649.27	-0.11
<b>2016</b>	1649.38	1649.34	-0.04
<b>2017</b>	1649.37	1649.39	0.01
<b>2018</b>	1649.30	1649.32	0.02
<b>2019</b>	1649.31	1649.34	0.03
<b>2020</b>	1649.31	1649.18	-0.13

#### 4. SONUÇ

Van Gölü ülkemiz için olduğu kadar Dünya için de çok önemli bir doğal oluşumdur. Kapalı bir havza içinde yer alan Van Gölü geçmişte olduğu gibi günümüzde de önemli seviye değişimleriyle gündeme gelmektedir. Bu seviye değişimlerinin tespiti kadar sebeplerinin de belirlenmesi bilim dünyası ve ekolojik yaşam için önem arz etmektedir. Geçmiş yıllardaki seviye değişimleriyle ilgili farklı yöntem ve tekniklerle birçok çalışma yapılmıştır. Bu tez çalışmasında son yıllara ait Van Gölü'nde meydana gelen su seviyesi değişimleri iki farklı yöntemle analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Bunlardan ilkinde son yıllarda kullanılmaya başlanan sezgisel zaman serisi yöntemlerden bir olan LSTM yöntemiyle 2000-2020 yılları arasında göl seviyelerindeki değişimin tahmini yapılmıştır. İkincisinde ise 2010-2020 yılları arasındaki su seviye değişimleri meteorolojik ve hidrolojik veriler kullanılarak Su Bütçesi yöntemiyle incelenmiştir. Böylece seviye değişimlerinin hidrometeorolojik kaynaklı olup olmadığı tartışılmıştır. Bu kapsamda tez çalışmasından elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

1. 2000 – 2020 yılları arası 20 yıllık aylık göl seviyeleri LSTM yöntemiyle tahmin edilmiş ve gerçek değerlerle iyi bir uyum elde edilmiştir. Analizler sonucu RMSE hata değeri 0.145 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar LSTM yönteminin bu gibi zaman serilerinin tahmininde kullanılabileceğini göstermiştir. Tahmin edilen değerlere göre Van Gölü'ndeki su seviyesindeki değişimler gelecekte de devam edecektir.
2. 2010 – 2020 yılları arası su bütçesi analizlerinden elde edilen sonuçlara göre Göle giren toplam akarsu akışları ve göl yüzeyine düşen yağışlarla göl seviyesindeki değişimler arasında mantıklı bir ilişki vardır. Göl seviyesi, giren akış ve yağışlarla birlikte yıllar içinde dramatik olarak düşmektedir. Bu durum göl seviyesindeki değişimlerin hidrometeorolojik olabileceğini göstermiştir.
3. Diğer taraftan göldeki tek çıkış olan buharlaşma verilerinde özellikle de 2015-2017 yılları arasında bir anormallik olduğu değerlendirilmiştir. Bu değerlerin gerçekten mi yoksa ölçüm aletlerindeki sistematik hatadan ve/veya buharlaşmadaki ölçüm belirsizliklerinden mi kaynaklandığı tam olarak anlaşılamamıştır.
4. Su bütçesi ve ölçüm verilerine göre, özellikle 2010-2013 yılları arasındaki belirgin artışların hidrometeorolojik olaylarla (su bütçesiyle) açıklanamayacağını göstermiştir. Bu yıllar arasındaki Van'da meydana gelen büyük depremin oluşturmuş olabileceği tektonik ve göl tabanı (yer kabuğu hareketleri, su ve gaz çıkışı gibi) aktiviteleri bu seviye değişimlerini etkileyebileceği değerlendirilse de bu konuda daha fazla bilimsel araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

5. Su bütçesi analiz sonuçları 2014 yılından sonraki verilerin gerçek ölçüm verilerine yakın seyrettiğini göstermiş ve bu da 2014 yılından sonraki değişimlerin hidrometeorolojik kaynaklı olabileceği sonucunu doğurmuştur.

Van Gölü seviyesindeki değişimler bugün olduğu gibi gelecekte de devam etmesi beklenmektedir. Artan kuraklık ve küresel iklim değişiklikleri bu gibi kapalı ekosistemleri daha fazla tehdit etmektedir. Göl seviyelerindeki değişimler bakımından hidrometeorolojik olayların yanında özellikle yörede etkin bir şekilde devam eden tektonik ve volkanik faaliyetlerin de takip edilmesi önemlidir. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçların bundan sonraki benzer çalışmalara ışık tutacağı ve Van Gölü seviye değişimleriyle ilgili kurum ve kuruluşların faaliyetlerine katkı sunması beklenmektedir.



## 5. KAYNAKLAR

- [1] Alaeddinoğlu F, Yılmaz E, 2007. Van Gölü Havzası'nda Su Potansiyeli'nin Tespiti ve Geleceği. 38. Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi, 10-15 Eylül 2007, Ankara, s: 19-41.
- [2] Aydın AA, Doğu AF, 2018. Göllerde Seviye Değişimleri ve Nedenleri: Van Gölü Örneği. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 41: 183-208.
- [3] <https://cografyahocasi.com/10-sinif/yeryuzundeki-su-kaynaklari.html> (Erişim tarihi: 31.01.2021)
- [4] <http://www.kpsskonu.com/genel-kultur/cografya/turkiyede-goller-ve-olusumu/> (Erişim tarihi: 17.01.2021)
- [5] <https://tr.wikipedia.org/> (Erişim Tarihi: 15.01.2021)
- [6] Cengiz TM, Kahya E, 2006. Türkiye Göl Su Seviyelerinin Eğilim ve Harmonik Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ Dergisi, 3: 215-224.
- [7] Yıldız MZ, Deniz O, 2005. Kapalı Havza Göllerinde Seviye Değişimlerinin Kıyı Yerleşmelerine Etkisi: Van Gölü Örneği. Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 1: 15-31.
- [8] DSİ, 2015. Van Kapalı Havzası Master Plan Raporu. Orman Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı Hazırlayan: Eser Proje ve Mühendislik A. Ş., Ankara.
- [9] Şener E, Morova N, 2011. Bulanık Mantık ve Doğrusal Regresyon Analizleri ile Burdur Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15-1: 60-66.
- [10] Kişi Ö, Shiri J, Nikoofar B, 2012. Forecasting Daily Lake Levels Using Artificial Intelligence Approaches. Computers & Geosciences, 41: 169-180.
- [11] Aytek A, Kişi Ö, Güven A, 2014. A Genetic Programming Technique For Lake Level Modeling. Hydrology Research, 45.4-5: 529-539.
- [12] Kempe S, Khoo F, Gürleyik Y, 1978. Hydrography of Lake Van and Its Drenaige Area. In The Geology of Lake Van ed. By E. T. Degens and F. Kurtman, M. T. A. Press, Ankara.
- [13] Kadioğlu M, 1995. Van Gölünde Su Seviye Yükselmesinin Meteorolojik Faktörler ile Olan İlgisi. Van Gölünün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Van.
- [14] Gürel N, 1995. Van Gölü Su Seviyesi Değişimi ve Arazi Kullanımına Jeomorfolojik Yaklaşımlar. Van Gölünün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Van, s: 40-49.

- [15] Kaynak U, 1995. Van Gölü Yükseliminin Düşük Hız Kanalı Bağlantısı ve Problemin Çözümü. Van Gölünün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Van, s: 130.
- [16] Tuna A, 1995. Van Gölünden Enerji Üretimi. Van Gölünün Su Seviyesinin Yükselmesi Nedenleri, Etkileri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, Van, s: 129-135.
- [17] Gürer İ, Yıldız D, 1996. Van Gölündeki Ani Seviye Değişimlerini İnceleme Raporu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara.
- [18] Batur E, 1996. Van Gölü' nün Su Bütçesi ve Havza İklimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] Düzen H, 2011. Van Gölü Su Seviye Değişimlerine Hidrojeolojik Yaklaşım. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [20] Sezen SG, 1996. Van Gölünde Su Seviye Değişimleri ile Yağışlar Arasındaki İlişkinin Tespiti. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] Erol F, 1996. Van Gölü Seviye Değişimlerine Matematik Model Yaklaşımı. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [22] Gürbüz O, 1994. Van Gölü Çevresinin Coğrafyası (Beşeri ve İktisadi Coğrafya Açısından). Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [23] Utkucu M, Arman H, 2015. Water Level Variations and Earthquakes in the Lake Van Area, Eastern Turkey. International Conference on Engineering Geophysics, 15-18 Kasım 2015, Al Ain, United Arab Emirates.
- [24] Utkucu M, 2006. Implications for the Water Level Change Triggered Moderate ( $M \geq 4.0$ ) Earthquakes in Lake Van Basin, Eastern Turkey. Journal of Seismology, 10(1): 105-117.
- [25] Altunkaynak A, 2007. Forecasting Surface Water Level Fluctuations of Lake Van by Artificial Neural Networks. Water Resour Manage, 21: 399-408.
- [26] Teltik İ, 2008. Van Gölü Su Seviyesinin Stokastik Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [27] Batur E, Kadioğlu M, Özkaya M, Saban M, Akın İ, 2009. Van Gölü Su Seviye Modellemesi. Su Kaynakları, 2: 27-40.
- [28] Yarar A, Onüçyıldız M, 2009. Yapay Sinir Ağları ile Beyşehir Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24-2: 21-29.
- [29] Seo Y, Kim S, Kişi Ö, Singh VP, 2015. Daily Water Level Forecasting Using Wavelet Decomposition and Artificial Intelligence Techniques. Journal of Hydrology, 520: 224-243.

- [30] Shafaei M, Kişi Ö, 2016. Lake Level Forecasting Using Wavelet-SVR, Wavelet ANFIS and Wavelet-ARMA Conjunction Models. *Water Resour Manage*, 30: 79-97.
- [31] Bizimana H, Demir F, Sönmez O, 2016. Bulanık Mantık ile Yuvacık Barajı Su Seviyesi Değişimlerinin Modellenmesi. 4<sup>th</sup> International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 3-5 Kasım 2016, Antalya, s: 827-834.
- [32] Doğan E, Kocamaz UE, Utkucu M, Yıldırım E, 2016. Modelling Daily Water Level Fluctuations of Lake Van (Eastern Turkey) Using Artificial Neural Networks. *Fundam. Appl. Limnol.*, 187/3: 177-189.
- [33] Keskin ME, Aksoy YR, Aksoy AS, Yılmazkoç B, 2017. Göl Seviye Tahmini: Eğirdir Gölü. Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(3): 601-608.
- [34] Liang C, Li H, Lei M, Du Q, 2018. Dongting Lake Water Level Forecast and Its Relationship With the Three Gorges Dam Based on a Long Short-Term Memory Network. *Water* 2018, 10: 1-20.
- [35] Piasecki A, Jurasz J, Adamowski JF, 2018. Forecasting Surface Water-Level Fluctuations of a Small Glacial Lake in Poland Using a Wavelet-Based Artificial Intelligence Method. *Acta Geophysica*, 66: 1093-1107.
- [36] Abu Salam ZKA, Keskin ME, 2018. Yapay Sinir Ağları ile Dibis Barajı' nın Seviye Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(4): 564-569.
- [37] Hrnjica B, Bonacci O, 2019. Lake Level Prediction Using Long Short-Term Memory Recurrent Neural Networks. 12<sup>th</sup> International Scientific Conference on Production Engineering, s: 1-6.
- [38] Baek SS, Pyo J, Chun JA, 2020. Prediction of Water Level and Water Quality Using a CNN-LSTM Combined Deep Learning Approach. *Water* 2020, 12: 1-13.
- [39] Damla Y, Temiz T, Keskin E, 2020. Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Su Seviyesinin Tahmin Edilmesi: Yalova Gökçe Barajı Örneği. Kırklareli Üniversitesi, Journal of Engineering and Science, 6-1: 32-49.
- [40] Erinç S, 1953. Doğu Anadolu Coğrafyası, İstanbul Üniversitesi. İstanbul.
- [41] Hochreiter S, Schmidhuber J, 1997. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8): 1735-1780.
- [42] <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/> (Erişim Tarihi: 31.01.2021)
- [43] <https://medium.com/> (Erişim Tarihi: 31.01.2021)
- [44] Kara A, 2019. Uzun-Kısa Süreli Bellek Ağı Kullanarak Global Güneş Işınımı Zaman Serileri Tahmini. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 7(4): 882-89

- [45] <https://medium.com/deep-learning-turkiye/derin-ogrenme-uygulamalarinda-en-sik-kullanilan-hiper-parametreler-ece8e9125c4> (Erişim Tarihi: 06.07.2021)
- [46] Toprak ZF, 2004. Akarsularda Boyuna Dispersiyon Katsayısının Bulanık Mantık Yöntemi ile Belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [47] Aydın MC, Özer Ç, 2021. Van Gölü Havzası Hidrolojisi ve Göl Kirliliği. Van Gölü Sempozyumu, Haziran 2021, Van.
- [48] Batur E, Kadioğlu M, Akın İ, Özkaya M, Saban M, Elkatmış MN, İlikçi A, 2009. Van Gölü' nün Su Bütçesi ve Göl Su Seviyesinin Alansal Yağış ve Akımlarla İlişkisi. Su Kaynakları, 2: 12-26.
- [49] Google Earth, 2021.
- [50] DSİ, 2021. Van Gölü Su Seviyesi ve Akım Ölçüm Verileri, Devlet Su İşleri 17. Bölge Müdürlüğü, VAN.
- [51] EİE, 2009. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Akım Gözlem Yıllığı.
- [52] MGM, 2021. Yağış-Buharlaşma İstasyon Ölçüm Verileri, Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü, Van.

## ÖZGEÇMİŞ

■■■■ yılında ■■■■ doğdu. İlköğretim, ortaokulu ■■■■ İlköğretim Okulu'nda ve liseyi ■■■■ Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında kazandığı ■■■■ Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu. 2017'de Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 2015 yılından bu yana DSİ 17. Bölge Müdürlüğü Barajlar ve HES Şube Müdürlüğünde İnşaat mühendisi olarak çalışmaktadır. Yabancı dili İngilizce'dir.

Gamze GELBERİ