

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNİN STOKASTİK
MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYÇA BEYZA TANIR

DENİZLİ, TEMMUZ - 2022

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNİN STOKASTİK
MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYÇA BEYZA TANIR

DENİZLİ, TEMMUZ - 2022

Bu tezin hazırlanması, tasarımı, yürütülmesi, araştırmaların yapılması ve bulguların analiz aşamasının akademik kurallara ve bilimsel etiğe özenle riayet edildiğini; bu tez çalışmasının doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

AYÇA BEYZA TANIR

ÖZET

GÖL SU SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİNİN STOKASTİK MODELLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYÇA BEYZA TANIR

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÜLKER GÜNER BACANLI)

DENİZLİ, TEMMUZ - 2022

İklim değişikliği dünyada önemli sorunlardan biridir. Küresel ölçekte iklim değişikliği, farklı bölgelerde farklı etki göstermektedir. Göl su seviyesi, göllerin ekolojisindeki önemli faktörlerden biridir. Ayrıca su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde de göl su seviyeleri verilerinin değerlendirilmesi, ölçülmesi ve analizi önem taşımaktadır. Sunulan çalışmada, göl su seviyesi verilerinde eğilim analizleri ile iklim değişikliğinin seviye değişimlerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada 1981-2021 yılları arasında Denizli ili-Çivril ilçesinde bulunan Işıklı Gölü'nün göl su seviyesi verilerine eğilim (trend) analizi uygulanmıştır. Bu amaçla, Lineer Regresyon ve Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Çalışmada aylık göl su seviyelerinin hidrolojide sıklıkla kullanılan; Normal, Lognormal, Gamma, Ekspansiyon, Gumbel, Logpearson olasılık dağılımları incelenmiştir. Anderson-Darling, Kolmogorov-Smirnov, Ki-kare testleri ile tüm aylarda Ekspansiyon dağılımı dışında incelenen diğer dağılımlara uygun olduğu saptanmıştır. Sunulan çalışmada, Python programıyla stokastik modelleme yapılmıştır. Stokastik model oluştururken Işıklı gölü su seviyesine ait korelogram grafikleri bulunmuştur. Hidrolojide en çok kullanılan Doğrusal İçsel Bağımlı AR(1), AR(2), AR(3) ve Doğrusal İçsel Bağımlı Hareketli Ortalama ARMA(1,1) ve ARMA(1,2) modelleri incelenmiştir. Modellerin uygunluğu Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Düzenlenmiş Akaike Bilgi Kriteri (AICC) ve Son Kestirim Hatası (FPE) kriterleriyle test edilmiştir. Her ay için Doğrusal İçsel Bağımlı modeller içerisinde en uygunu AR(1) model olduğu saptanmıştır. İncelenen tüm modellere göre ARMA(1,2) modeline uygun olduğu saptanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Göl Su Seviyesi, Eğilim (Trend) Analizi, Olasılık Dağılımları, Otoregresif Model

ABSTRACT

PREDICTION OF WATER LEVEL CHANGES IN LAKE MSC THESIS

AYÇA BEYZA TANIR

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. ÜLKER GÜNER BACANLI)

DENİZLİ, JULY 2022

Climate change is one of the major problems in the World. Climate change on a global scale has different effects in different regions. Lake water level is one of the important factors in the ecology of lakes. In addition, the evaluation, measurement and analysis of lake water level data is important in the planning and management of water resources. Presented education, the effect of the climate on the amount of water in the lake has been researched. In the study, trend analysis was applied to the lake water level data of Işıklı Lake, which is located in Denizli province-Çivril district between 1981-2021. For this purpose, Linear Regression, Mann-Kendall and Sen test were used. In the study, Normal, Lognormal, Gamma, Eksponansiel, Gumbel, Logpearson probability distributions of monthly lake water levels, which are frequently used in hydrology, were examined. Other distributions except for the Exponential distribution were found to be suitable in all months by applying Anderson-Darling, Kolmogorov-Smirnov, Kikare test. In the presented study, stochastic modeling was done with the Python program. While creating the stochastic model, the correlogram graphs of the Işıklı lake water level were found. AR(1), AR(2), AR(3), ARMA(1,1) and ARMA(1,2) models which were most used in hydrology were examined. Suitability of models were tested by AIC, AICC and FPE criteria. It was determined that AR(1) model was the most suitable among the (AR(p)) models for each month. According to the Autoregressive Moving Average Model (ARMA(p,q)), it was found to be suitable for the ARMA(1,2) model. Thanks to this study, we will have information about the future scenarios of Işıklı lake water levels. This thesis study has important effects on finding future forecasts and planning water resources.

KEYWORDS: Lake Water Level, Trend Analysis, Probability Distributions, Autoregressive Model

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	ix
1.GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2 Literatür Özeti	2
2.MATERYAL	11
2.1 Çalışma Alanı	11
2.2 Işıklı Gölü Su Seviyesi Verileri	12
3.YÖNTEM	14
3.1 EĞİLİM (TREND) ANALİZİ.....	14
3.1.1 Regresyon Analizi	15
3.1.2 Mann-Kendal Yöntemi.....	16
3.1.3 Spearman'ın Rho Testi.....	18
3.1.4 Sen'in T yöntemi	18
3.2 OLASILIK DAĞILIMLARI.....	19
3.2.1 Normal Dağılım	20
3.2.2 Log-Normal Dağılım.....	21
3.2.3 Gamma Dağılımı	22
3.2.4 Eksponansiyel Dağılım	23
3.2.5 Gumbel Dağılımı.....	24
3.2.6 Log-Pearson Dağılımı	24
3.3 UYGUNLUK TESTLERİ.....	25
3.3.1 χ^2 (ki-kare) Uygunluk Testi.....	25
3.3.2 Kolmogrov-Smirnov Uygunluk Testi	26
3.3.3 Anderson-Darling Uygunluk Testi.....	26
3.4 STOKASTİK MODELLEME.....	26
3.4.1 Otokorelasyon Ve Kısmi Otokorelasyon Katsayısı	27

3.4.2	Doğrusal İçsel Bağımlı Modeller($AR(p)$)	28
3.4.3	Hareketli Ortalama Modelleri ($MA(q)$)	29
3.4.4	Otoregresif Hareketli Ortalama Modelleri ($ARMA(p,q)$)..	30
3.5	MODEL SEÇİM ÖLÇÜTLERİ	30
3.5.1	Akaike Bilgi Kriteri (AIC)	31
3.5.2	Düzenlemiş Akaike Bilgi Kriteri [AICC]	31
3.5.3	Son Kestirim Hatası (FPE).....	32
4.	BULGULAR	33
4.1	VERİ ANALİZİ	33
4.2	EĞİLİM (TREND) ANALİZİ.....	35
4.3	OLASILIK DAĞILIMLARI VE UYGUNLUK TESTLERİ .	40
4.4	STOKASTİK MODELLEME.....	42
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	51
6.	KAYNAKLAR.....	52
7.	EKLER.....	61
8.	ÖZGEÇMİŞ	71

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1: Türkiye Bölgeler Haritası	11
Şekil 2. 2: Işıklı Göl Su Seviyelerinin Aylık Ortalama Değerleri.....	13
Şekil 2. 3: 1981-2022 yıllarındaki tüm aylarda görülen göl su seviyesi kotları	13
Şekil 3. 1: Eğilim (trend) analizi yöntemleri	14
Şekil 3. 2: Regresyon testi sınıflandırması.....	15
Şekil 3. 3: Mann-Kendall analizi ile kritik değer bölgeleri.....	17
Şekil 3. 4: Olasılık Dağılım Modellerinin Sınıflandırılması	20
Şekil 4. 1: 1981-1990 yıllarındaki göl seviyeleri	33
Şekil 4. 2: 1991-2000 yıllarındaki göl seviyeleri	33
Şekil 4. 3: 2001-2010 yıllarındaki göl seviyeleri	34
Şekil 4. 4: 2011-2022 yıllarındaki göl seviyeleri	34
Şekil 4. 5: Ocak ayındaki göl seviyeleri.....	35
Şekil 4. 6: Şubat ayındaki göl seviyeleri	35
Şekil 4. 7: Mart ayındaki göl seviyeleri	36
Şekil 4. 8: Nisan ayındaki göl seviyeleri.....	36
Şekil 4. 9: Mayıs ayındaki göl seviyeleri	36
Şekil 4. 10: Haziran ayındaki göl seviyeleri	37
Şekil 4. 11: Temmuz ayındaki göl seviyeleri.....	37
Şekil 4. 12: Ağustos ayındaki göl seviyeleri.....	37
Şekil 4. 13: Eylül ayındaki göl seviyeleri	38
Şekil 4. 14: Ekim ayındaki göl seviyeleri	38
Şekil 4. 15: Kasım ayındaki göl seviyeleri.....	38
Şekil 4. 16: Aralık ayındaki göl seviyeleri.....	39

TABLO LİSTESİ

Tablo 2. 1: Işıklı Gölü Verilerinin İstatistiksel Analizi.....	12
Tablo 4. 1. 1981-2022 Yılları Arasında Görülen Relatif Frekans Değerleri	34
Tablo 4. 3:Işıklı Göl seviyeleri Mann-Kendall testi sonuçları	39
Tablo 4. 4: 1981-2022 yılları ortalama verilerin seçilen dağılım tablosu	40
Tablo 4. 5: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Ocak Ayı Model Parametreleri	42
Tablo 4. 6: Işıklı Gölü Ocak Ayı Model Uygunluk Değerleri	43
Tablo 4. 7:Işıklı Gölü Su Seviyeleri Şubat Ayı Model Parametreleri.....	43
Tablo 4. 8: Işıklı Gölü Şubat Ayı Model Uygunluk Değerleri.....	43
Tablo 4. 9: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Mart Ayı Model Parametreleri	44
Tablo 4. 10: Işıklı Gölü Mart Ayı Model Uygunluk Değerleri.....	44
Tablo 4. 11: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Nisan Ayı Model Parametreleri	44
Tablo 4. 12: Işıklı Gölü Nisan Ayı Model Uygunluk Değerleri	44
Tablo 4. 13: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Mayıs Ayı Model Parametreleri.....	45
Tablo 4. 14: Işıklı Gölü Mayıs Ayı Model Uygunluk Değerleri.....	45
Tablo 4. 15:Işıklı Gölü Su Seviyeleri Haziran Ayı Model Parametreleri	45
Tablo 4. 16: Işıklı Gölü Haziran Ayı Model Uygunluk Değerleri	45
Tablo 4. 17: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Temmuz Ayı Model Parametreleri..	46
Tablo 4. 18: Işıklı Gölü Temmuz Ayı Model Uygunluk Değerleri	46
Tablo 4. 19: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Ağustos Ayı Model Parametreleri...	46
Tablo 4. 20: Işıklı Gölü Ağustos Ayı Model Uygunluk Değerleri.....	46
Tablo 4. 21: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Eylül Ayı Model Parametreleri	47
Tablo 4. 22: Işıklı Gölü Eylül Ayı Model Uygunluk Değerleri	47
Tablo 4. 23: : Işıklı Gölü Su Seviyeleri Ekim Ayı Model Parametreleri	47
Tablo 4. 24: Işıklı Gölü Ekim Ayı Model Uygunluk Değerleri	48
Tablo 4. 25: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Kasım Ayı Model Parametreleri	48
Tablo 4. 26: Işıklı Gölü Kasım Ayı Model Uygunluk Değerleri	48
Tablo 4. 27:Işıklı Gölü Su Seviyeleri Aralık Ayı Model Parametreleri.....	49
Tablo 4. 28: Işıklı Gölü Aralık Ayı Model Uygunluk Değerleri	49
Tablo 4. 29: Işıklı Gölü Su Seviyeleri 1981-2022 yıllarının Model Parametreleri	49
Tablo 4. 30: Işıklı Gölü 1981-2022 yıllarının Model Uygunluk Değerleri..	50

SEMBOL LİSTESİ

- σ :Standart sapma
 $\bar{x}$:Ortalama göl kotu verisi (m)
 R : Serisel korelasyon katsayısı
 C_s :Çarpıklık katsayısı
 α : Önem seviyesi
 δ : Standart sapma
 z : Standart normal değişken
 S : Mann-Kendall test istatistiği
 T : Sen'in T testi istatistiği
 β :Sen'in eğilim eğim katsayı
 N :Toplam gözlem süresi
 n :Toplam gözlem adedi
 m :Ay ve mevsim sayısı
 t :Serideki aynı değere sahip verilerin sayısı
 H_0 : Yokluk(sıfır) hipotezi
 H_1 : Alternatif hipotez
 k :Otokorelasyon katsayısı için adım
 r_k :Otokorelasyon katsayısı
 A^2 : Anderson-Darling test istatistiği
 D :Kolmogrov-Smirnov test istatistiği
 χ^2 : Kikare testi
 AD :Anderson-Darling testi
 KS :Kolmogrov-Smirnov testi
 f_x : Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu
 μ : Normal dağılım parametresi
 σ_x : x değişkenine göre normal dağılım momenti
 Γ : Gamma fonksiyonu
 Y_n :Gumbel dağılımının tablo değerlerie
 S_n : Gumbel dağılım tablo değerleri
 ξ_i : N(0,1) dağılmış rastgele sayı
 ξ_t :Sürecin stokastik bileşeni

ϕ_{kk} : Kısmi otokorelasyon katsayısı

γ_k : k. mertebe otokovaryans parametresi

λ : Box-Cox dönüşümü sabiti

AIC: Akaike bilgi kriteri

AICC : Akaike bilgi kriteri

FPE: Akaike bilgi kriteri

ϵ_t : Modellerdeki bağımsız rastgele değişken, kalıntı terimi

$\hat{X}_i$: Model tahminleri

X_i : Sürece ait gözlenmiş veriler

$\hat{\sigma}_\epsilon^2$: Serinin varyans değerleri

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sırasında bana destek olan, anne gibi sahip çıkıp rehberlik eden, yardımlarını esirgemeyen, özgün fikirleriyle ufkumu açan, deneyimleri ve bilim kadınlığı ile örnek alınması gereken, güzel kalpli danışman hocam Prof. Dr. Ülker GÜNER BACANLI'ya en içten duygularıyla şükranlarımı sunuyorum.

Her zaman yanımda olan canım kedim Kontes, beni her daim destekleyen sevgili babam Bahadır, sevgili annem Çiğdem, sevgili halam Betül ve canım kardeşlerim Simay ile Melda'ya çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Göl seviyesindeki değişimin belirlenmesi, su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi açısından önemlidir. Göl seviyelerinde zaman içinde gerek doğal gerekse beşeri kökenli nedenlerden dolayı önemli değişimler yaşanmıştır. Özellikle son yıllarda etkisini giderek daha çok hissettiğimiz küresel ısınma neticesinde göllerdeki seviye değişimlerinin farklılık görülmüştür.

Hidrolojik zaman serilerinin stokastik yapılarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Stokastik modelleme; gelecekte beklenen akım tahminleri, taşkın uyarıları, akarsuyun su potansiyelinin belirlenmesi, çok amaçlı hazne işletim çalışmaları, şehir suyu ve sulama suyunun dağıtımı gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Bir hidrolojik sürecin modellenmesi için ilk olarak hidrolojik süreçlerde karşılaşılabilen eğilim (trend) ve sıçrama (jump) değerleri ile deterministik (raslantısal olmayan) bileşenler tanımlanmaktadır. İkinci aşamada ise ayıklanan akım tahminleri verileri stokastik bileşen modellenmektedir. Modelleme sürecinde çoğu zaman izlenen yol, süreci tanımlamak amacıyla kullanılabilecek farklı tipte modellerin parametreleri belirlenmesinin ardından en uygun model tipinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, minimum hata varyansı [$\min \text{Var}(e)$], korelogram [ACF - Autocorrelation Function], Akaike bilgi ölçütü [AIC – Akaike Information Criterion] gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Zaman serilerini tanımlayacak doğru model seçimiyle, geleceğe yönelik daha gerçekçi ve güvenilir senaryolar üretilip, daha doğru kararlar verilebilir.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Denizli ili Çivril İlçesinde bulunan Işıklı gölünün göl su seviyesi incelenmiştir. 1981-2022 yılları arasında Devlet Su İşleri'nden (DSİ) aylık göl su seviyesi verileri temin edilmiştir. İlk olarak eğilim (trend) analizleri yapılmıştır. Daha sonra hangi olasılık dağılımlara uygun olduğu belirlenmiştir. Göl seviyeleri Doğrusal İçsel Bağımlı (AR) ve Doğrusal İçsel Bağımlı Hareketli Ortalama (ARMA) modeller arasında en iyi uyan model seçilmiştir. Bu tez çalışma kapsamında göl seviye değişimini modellemek ve geleceğe yönelik senaryolar üretmek ve Işıklı Gölü'nün aylık göl su seviyesi zaman serilerinin stokastikdavranışlarının modellenmesi, bu modeller yardımıyla gelecekteki su seviyeleri tahmin edilmesi, göl rezerv durumu ile ilgili kestirimlerde bulunulması ve gelecekte su kaynağını planlamaya yönelik daha doğru kararlar verilebilmesini sağlamak amacıyla yapılmıştır.

1.2 Literatür Özeti

Büyükyıldız ve diğ. (2011) ülkemizdeki en büyük beş gölün minimum, maksimum ve ortalama su seviyelerindeki değişimlerini araştırmıştır. Mann-Kendall ve Sen's T metodlarını kullanmıştır. Başlangıç yılları değişkenlik gösteren veriler ise Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi ile belirlenmiştir (Büyükyıldız ve diğ. 2011).

Çeribaşı ve diğ. (2013) İznik Gölünde yapılan çalışmada yıllık göldeki su seviyeleri verileriyle eğilim (trend) analizi yapmışlardır. 1975-1998 yılları arasındaki göl su seviyeleri ile yaptığı çalışmasında Mann-Kendall testi, Spearman'ın Rho testi ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi sonuçlarına göre 1978 yılından başlayarak azalma yönünde bir eğilim saptanmıştır (Çeribaşı ve diğ. 2013).

Ehteram ve diğ. (2021) Urmiye Gölünde yapay zeka modelleri ile göl su seviyesi tahmini yapılmıştır. 2010-2017 yılları için su seviyeleri belirlenmiştir. Ayçiçeği Optimizasyon Algoritması kullanılarak parametrelerin bulunması

hedeflenen bu çalışmada yağış ve sıcaklıklar kullanılarak senaryolar incelenmiştir. Elde edilen senaryolarda ANFIS-SO modelinin en iyi derecede performans niteliğinde olduğu görülmüştür. Ayrıca su hasadı senaryoları incelenirken %30 su hasadında gölün su seviyesinin iyileşme yönünde olduğu tespit edilmiştir (Ehteram ve diğ. 2021).

Sehatazadeh ve diğ. (2017) Kamuzu Barajı için optimizasyon çalışması yapmışlardır. Çalışmada hidrolojik model ile gelecek içintaşkın derecelendirme eğrisi geliştirilmiştir. Su kaynakları yönetim planı oluşturulmuştur (Sehatazadeh ve diğ. 2017).

İçağa ve diğ. (2017) çalışmalarında stokastik bir modelle yeraltı suyundaki davranış gözlemlenmiştir. Yeraltı su seviyesinin çok yüksek olduğu Akarçay Afyon Alt Havzası içerisinde yer alan yağış, akış ve buharlaşma gözlem istasyonu ile 3 adet kuyu su seviyesi gözlem istasyonunun uzun yıllara ait aylık verileri kullanılmıştır. Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (İçağa ve diğ. 2017).

Yurtçu (2006) yağış, akış ve buharlaşma etkisiyle, yeraltı su seviyesindeki (YSS) değişimin, bulanık mantık yöntemiyle modellenmiştir. Çalışmada Eber gölü ve çevresinde beş adet gözlem istasyonuna ait 1990-1996 yıllarındaki aylık ortalama veriler kullanılmıştır. Yapılan çalışma analizleri sonucunda Eber Gölü'nü besleyen temel su kaynağının göle akan çaylar olduğu ve göl su seviyesinde azalma sonucunda kuraklaşma meydana geleceği tespit edilmiştir (Yurtçu 2006).

Esandal (2007) yaptığı çalışmada bulanık mantık modelinde su seviyesi değişimlerinin tahminlerini yapmıştır. Eğridir gölü su seviyesi değişimlerinin belirlenmesi için su bütçesi ve istatistiksel su dengesi denklemini kullanmıştır. 1966-2000 yıllarında görülen göl seviyesi verileri kullanılmıştır. Bulanık mantıkla yapılan çalışmada gerçeğe az sayıda parametre ile gerçeğe çok yakın değerler bulunmuştur (Esandal 2007).

Arslan ve diğ. (2020) Keban Barajı değişimlerini incelemişlerdir. Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım sistemi (ANFIS) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) metotları kullanılmıştır. Çoklu Lineer Regresyon (ÇLR) yöntemi ile elde edilen sonuçlar ve gerçek gözlem verilerinin sonuçları ile karşılaştırıldığında sonuçların

baraj hazne seviye tahmininde başarılı olduğu ve birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Arslan ve diğ., 2020).

Ebtehaj ve diğ. (2019) farklı iki gölün seviye zaman serilerinin tahminini araştırmışlardır. Bu kapsamda göllerin ekonomik, sosyal ve çevresel düzeyde etkileri araştırılmıştır. Van gölü verileri 1943-2003 yılındaki göl su seviyeleri kullanılırken Michigan-Huron gölü için 1917-2017 yılları kullanılmıştır. Sonuç olarak göl modellemesinde yada lineer yöntem kullanılarak doğru ve güvenilir tahmin araçlarının üretilbileceği öngörülmüştür (Ebtehaj ve diğ., 2019).

Batur ve diğ. (2009) Tatvan'da 1944-2007 periyodundaki yıllık ortalama su seviyeleri modellenmiştir. Tatvan'daki su seviyelerinin yüksek yağış ve düşük buharlaşma miktarları dikkate alınarak gelecekteki senaryolara ilişkin yıllık yağış ve buharlaşma tahminlerinde bulunulmuştur. Ayrıca gelecekte oluşabilecek aşırı su seviyeleri bu model yardımıyla tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda 4 yıllık yüksek yağış ve düşük buharlaşma dönemleri gelecekte de tekrarlandığı takdirde su seviyeleri 1652 m kotuna yükselebileceği tahmin edilmektedir (Batur ve diğ., 2009).

Bahadır (2012) Akdeniz Bölgesinde, Isparta İli sınırları içerisindeki Kovada Gölü için seviye ve hacimdeki değişikliklerin iklim elemanlarındaki değişimini araştırmıştır. 1975'den 2010'a kadar olan sıcaklık, buharlaşma ve yağış değerleri incelenmiştir. İstatiksel analizler ile yapılan çalışma sonucunda iklim elemanlarının zamanla değişimi ile göl seviyesi ve hacminde kayıplar meydana gelmiştir (Bahadır, 2012)Zhu ve diğ. (2020) İleri beslemeli sinir ağı (FFNN) ve Derin Öğrenme (DL) tekniği dahil olmak üzere makine öğrenimi modellerini kullanarak göl su seviyesi tahmini yapmışlardır. 2006-2019 yılları arasındaki göl su seviyesi verileri kullanılmıştır. 69 gölün yer aldığı bu çalışma sonucunda göl su seviye tahmininin genelinde iyi performans göstermiştir (Zhu ve diğ., 2020).

Hassanzadeh ve diğ. (2012) İran'da Urmiye Gölü'nde yapılan bu çalışmada gölün zamanla su seviyesindeki azalmaları tespit edilmiştir. 1967-2007 yıllarındaki göl su seviyesi verileri kullanılmıştır. Urmiye Gölü havzasındaki göl su seviyeleri tahminine göre göl su seviyesi o kadar düşmüştür ki gölün dörtte biri son 10 yılda tuzlu bir alan haline gelmiştir. Bu çalışmaya ek olarak yeni barajların yapımında ya da mevcut altyapıların inşasının etkilerini bulmak için destek sistemi geliştirilmiştir (Hassanzadeh ve diğ., 2012).

Çobaner ve diğ. (2016) Karacaviran gözlem kuyusuna ait meteorolojik veriler ile geçmiş günlere ait yeraltı su seviyelerini tahmin amaçlanmıştır. Matematiksel modellerin geliştirilmesinde yeni bir genetik programlama GP yaklaşımı olan çok-genli genetik programlama (ÇGGP) kullanılmıştır. 2007 ile 2010 zaman diliminde görülen 4 yıllık günlük verileri kullanılmıştır. Yeraltı su seviyelerini tahmin etmek için 10 adet model oluşturulmuştur. Çoklu doğrusal regresyon modelleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre çok-genli genetik programlama (ÇGGP) modellerinin dört farklı ölçüte göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür (Çobaner ve diğ., 2016).

Rodgers ve diğ. (2017) Malawi Gölü'nde yapılan çalışmada eksik gözlemlerin giderilmesi amaçlanmıştır. 1985-2016 yılları arasındaki su seviyeleri veri olarak kullanılmıştır. Modelleme için Otoregresif (AR), Hareketli Ortalama (MA), Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) ve Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) modelleri kullanılmıştır. En düşük normalleştirilmiş Bayesian Bilgi Ölçütüne (NBIC) göre, Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE), Ortalama Tahmin Hatası (MFE), Maksimum Mutlak Yüzde Hatası (MAXAPE), Maksimum Mutlak Hata (MAXAE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerlerine göre Malawi Gölü için ARIMA (0,1,1) modeli uygun görülmüştür (Rodgers ve diğ., 2017).

Frolov ve Vyruchalkina (2020) Baykal Gölü'nde yapılan çalışmada toplam akışın istatistiksel homojenliği analiz etmişlerdir. 1901–1933 ve 1933–2014 arasında yalnızca istatistiksel olarak anlamlı fark göstermediği görülmüştür. Çalışma sonucunda 1934'ten sonra göle giren toplam su akışındaki değişimler aşırı yüksek su seviyelerinden daha yüksek aşılma olasılığı göstermiştir (Frolov ve Vyruchalkina, 2020).

Keskin ve Taylan (2007) Dim Çayı, Manavgat Çayı ve Köprüçay'ına ait aylık akımların tahmini stokastik modellenmiştir. Dim Çayı için AR(2), Manavgat Çayı için AR(2), Köprüçay AR(3) modeline uygunluk gösterdiği bulunmuştur (Keskin ve Taylan, 2007).

Shafaei ve Kisi (2016) Van Göl'ünde yapılan çalışma için Otoregresif hareketli ortalama (ARMA), nöro bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve vektör regresyon (SVR) modelleri kullanılmıştır. Göl su seviyesi zaman serilerinin düşük ve yüksek frekanslı bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Çalışma sonucunda entegre makine öğrenimi (WSVR) model performansının (Wavelet-SVR), WANFIS (Wavelet-ANFIS) ve WARMA (Wavelet-ARMA) modellerindeki performansı karşılaştırıldığında ARMA, SVR ve ANFIS modelleri ile yapılan çalışmalar entegre modellere göre daha iyi sonuç vermiştir (Shafaei ve Kisi, 2016).

Vaheddoost (2017) Urmiye gölündeki su bütçesi incelenmiş, hidrometeorolojik değişkenler kullanılarak göl su seviyesi modellenmiştir. 1970'den 2014'e kadar kullanılan veriler için 7 meteoroloji istasyonu, 18 akım gözlem istasyonu ve 9 yeraltı suyu gözlem kuyusunda zaman serisi analizi yapılmıştır. Yağış, buharlaşma, akış ve yeraltı su seviyesi bağımsız değişkenlerinin her biri için Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) tipinde Stokastik modeller geliştirilmiştir. Urmiye Gölü'nde su çekilmesi olduğu tespit edilmiştir (Vaheddoost, 2017).

Azeze ve diğ. (2012) Etiyopya 'da bulunan Tana gölü için gölün verimi ve güvenilirliği araştırılmıştır. 1976-1994 yıllarındaki göl verileri kullanılmıştır. Gölün farklı gerçekleşmelerin 100 yıllık sentetik olarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda simulasyon sayesinde gölün güvenli bir yıllık 2700*106 metre küp su verimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Azeze ve diğ., 2012).

Teltik (2008) istatistiksel yaklaşımlarla göl seviyesini irdelenmiştir. 1943–2007 yılları arasında Van Gölü'nün su seviyesinin aylık ortalama verileri kullanılmıştır. Analiz için İTÜ İnşaat Fakültesi'nde SEGMENTER adlı bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılıma göre homojen dönemlere ayrılma, her döneme ait eğilim çizgilerini belirleme ve verideki eğilimin bu çizgiler kullanılarak giderilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda su seviyesinin belirli dönüş aralıklarında alabileceği maksimum ve minimum değerlerin tespiti yapılmıştır (Teltik 2008).

Bozkurt (2003) Köyceğiz Lagünü'ndeki su seviyelerinin zaman serisi incelenmiştir. Lagün 1999-2000 yıllarında aralık, ocak, şubat ve mart aylarında yüksek yağış etkisi altında kalmıştır. İstasyonların aynı süreçte veriye sahip olduğu aralıklar kullanılarak korelasyon hesabı yapılmıştır. Gözlenmiş su seviyesi

verilerinin periyodu 3-8 gün arasında değişmiştir. Dalyan'daki su seviyelerinin periyodu 4-8 gün arasında değişmiştir. Köyceğiz istasyonu verilerinde uzun süreli periyodun normalin üzerinde olduğu görülmüştür. Bunun dışındaki tahminler gözlenmiş verilerin periyodunda salınım göstermiştir (Bozkurt 2003).

Peprah (2021),Volta Gölü havzasındaki hidrometrik süreçler ve modeller araştırılan çalışmada 1992-2019 yılları arasındaki aylık ortalama dağılım değerleri kullanılmıştır. Verilerin analizi, tüm hibritleştirilmiş modellerin yanı sıra Göl Su Seviye (Lake Water Level-LWL) modelinin gerçeğe yakın tahmin ettiği bulunmuştur (Peprah 2021).

Cao ve diğ. (2021) Kuzey Çin'deki yarı kurak bölgesindeki Hulun Göl'ündeki hidrolojik süreçler simule edilmiştir. 1904-2016 yıllarındaki veriler ile SWAT modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda nehir akışı,gölün buharlaşması ve göle düşen yağış özellikle Hunlun Gölü'nün hidrolojik döngüsünü açıkça etkilemiştir (Cao ve diğ. 2021).

Emami ve Zarei (2021) Urmiye Gölü'nün su stabilitesini değerlendirmek, korumak ve gölün su stabilitesini yönetmek amacıyla yapılan çalışmada 2000-2020 yılları arasındaki göl yüzey alanları kullanılmıştır. Landsat verileri, çevresel kriterler ve Urmia gölü restorasyonu kullanılarak ampirik olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar istikrarlı durumuyla karşılaştırılırken sunulan yaklaşım ile göl suları modellenmiş ve haritalanması için önerilerde bulunulmuştur (Emami ve Zarei, 2021).

Çağlayan ve diğ. (2020) Akşehir Gölü'nün su seviyesinde ve alanında meydana gelen değişimleri incelemiştir. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama verileri kullanılan çalışmada Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) analiz yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 1985-2020 yıllarındaki veriler ile Akşehir Gölü'nün su sınırının ve su kütlesinin azaldığı gözlemlenmiştir (Çağlayan ve diğ. 2020).

Damla (2020) Yalova Gökçe Barajı'nın2019 yılında baraj rezervuardaki su seviyesinin, yapay sinir ağları (YSA) ile tahmin edilmiştir. Bu amaçla yapay sinir ağları analizinde iki farklı çok katmanlı yapay sinir ağı modeli olan Levenberg-Marquardt eğitim fonksiyonu ile Gradient Descent ve Momentum eğitim

fonksiyonu kullanılmıştır. Analiz verilerinin kendi aralarındaki ilişki tespiti için çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. 2000-2019 yılları arasında kullanılan veriler ile yapılan çalışmada Marquardt eğitim fonksiyonu ile tahmin edilen 2019 yılı ortalama baraj su seviyesi 73,77 metre iken, barajdaki gerçek ortalama su seviyesi 72,13 metre olduğu görülmüştür (Damla, 2020).

Yarar (2004) Konya ovası projesinin ana su kaynağı olan Beyşehir gölünün su seviyesi değişimleri belirlenmiştir. 1962-1990 yılları arasında göl su seviyesi verileri kullanılmıştır. Yapay sinir ağları yöntemi yardımı ile seviye değerleri mevcut geleneksel yöntemlerin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Geleneksel yöntemlerle yapılan seviye ölçümleri değerlendirilmiştir ve bu yöntemlerin basit ve anlaşılır olmadığı sonucuna varılmıştır (Yarar 2004).

El-Mahdy ve diğ. (2021) Nasır Gölünde yapılan çalışmada göl buharlaşması ve iklim değişikliğinin buharlaşmadaki rolünü belirlemeyi amaçlamışlardır. 2021-2022'ye kadar olan süreçte klimatolojik veriler kullanılmıştır. Göl buharlaşmasının en uygun modelini bulmak için kalibrasyon ve istatistikler ile iklim değişikliklerinin göl üzerindeki etkilerini incelemek için eğilim analizi yapılmıştır. Nasser Gölü için ANN modeli ile 5 giriş değişkenli 20 nöronlu eğitim algoritmali YSA modeli geliştirilmiştir. Bunların sonucunda Nasser gölünde buharlaşmada %2' lik bir trend eğilimde artma gözlemlenmiştir (El-Mahdy ve diğ. 2021).

Güneş (2010) Develi Kapalı Havzası'ndaki göl su seviyeleri, farklı frekanslarda göl seviyelerinin tahmini amaçlanmıştır. Yapay sinir ağı (YSA) ve dalgacık modeli çalışılmıştır. 1994-2005 yılları arasında DSİ tarafından ölçülen toplam 141 adet veri kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağı Dalgacık modelinden elde edilen tahminler klasik YSA modeli ile karşılaştırılması ile dalgacık analizinin yapay sinir ağı modellerinden daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Güneş 2010).

Li ve diğ. (2015) Çin'de bulunan Poyang Göl'ünde yapay sinir ağı ile su seviyesi değişimleri simule edilmiştir. Daha önceki yapılan çalışmalarda modelleme ile ilgili bilgilerin bolluğuna rağmen stres faktörleri eksik bulunmuştur. 1960-2008 arasındaki veriler, geri yayılım sinir ağı ile MIKE21 karşılaştırılmıştır.

MIKE21 ile BPNN'den karşılaştırılabilir doğruluklar elde edilmiştir ve Pogang Gölü'nün su seviyesi tepkilerinin tahminleri uygun bulunmuştur (Li ve diğ. 2015).

Young ve diğ. (2015) Tayvan'daki Yuan-Yang Gölü'ndeki su seviyelerini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Bunun için dört model yaklaşımı kullanılmıştır. Bunlar; üç boyutlu bir hidrodinamik model, yapay sinir ağı modeli, zaman serisi tahmin modeli (dışsal girdilerle otoregresif hareketli ortalama, ARMAX) ve Yapay sinir ağı ile birleşik üç boyutlu hidrodinamik model olmuştur. 2009-2010 yılları arasında saatlik su seviyesi verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ANN ve ARMAX model sonuçları diğerlerine göre daha iyi oluğu tahmin edilmiştir (Young ve diğ. 2015).

Abu Salam (2018) Irak Kerkük'ün kuzeybatısında yer alan Dibis barajının su seviyesi tahminleri yapılmıştır. Bu çalışmada dört farklı model kullanılmıştır. Modeller yağışlı ve yağışsız, başlangıç su seviyesi olarak oluşturulmuştur. Dibis barajına ait 10 yıllık akım, yağış ve göl seviye verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yağış miktarı modellerden çıkartıldığında tahmin sonuçlarının az etkilendiği ve yağış parametresi kullanılmayan modeller de tahmin modeli olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Abu Salam 2018).

Bhave ve diğ. (2020) Malawi Gölü için planlama modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Manuel kalibrasyon yapılmıştır. 1960–2009 dönemi için Malavi Gölü kolları ve göl seviyesi değişimlerinde küçük hatalar bulunmuştur. Geliştirilen WEAP modeli ile geniş kapsamlı değişiklikleri simule etmiştir. Bunun sonucunda WEAP modelinin gelecekteki su yönetimi planlarında ve çok yıllık verilerin kullanılabileceği bulunmuştur (Bhave ve diğ. 2020).

Marzhan (2020) Shortandy Gölü'ndeki göl hacmindeki düşüş nedenlerini araştırmıştır. 1986-2016 yılları arasındaki su hacimleri kullanılmıştır. Bu çalışmada temel hidrolojik ilişkilerden oluşturulan yeni bir su dengesi modeli geliştirilmiş ve doğrulanmıştır. Sonuç olarak iklim senaryoları ile gelecekteki su hacmi değişiklikleri tespit edilmiş ve bölgesel iklim dalgalanmasının potansiyel etkileri hakkında yeni bilgiler ortaya konulmuştur (Marzhan 2020).

Mercan (2006) Beyşehir Gölü'nün ısı ve su dengesinin üç boyutlu hidrodinamik modeli çalışılmıştır. Modelleme çalışmasında meteoroloji, hidroloji ve batimetri verileri kullanılmıştır. 1992'den 2001 yılına kadar Kurulan model

sayesinde göldeki su hareketi ve bu su hareketlerine etki eden parametreler tespit edilmiştir. Gölde modellenen hidrodinamik olayların gidişatı özetlenmiştir (Mercan 2006).

Soares ve Calijuri (2021) Tüm Türkiye'yi temsil edebilecek 25 göl su seviye verilerinin zamana göre eğilimlerini incelemişlerdir. Analizler parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile yapılmıştır. Göl su seviyelerinin mevsimsel değişkenliği ise harmonik analizle incelenmiştir. 2015–2020 yılları arasında göllere ve rezervuarlara uygulanan deterministik modeller araştırılmıştır. Çalışma sonucunda göl su seviyelerinin hidrolojik, meteorolojik ve antropojenik şartlardan etkilendikleri tespit edilmiştir (Soares ve Calijuri 2021).

2. MATERYAL

2.1 Çalışma Alanı

Dünya üzerinde Türkiye, 783.562 km² bir alanda bulunmaktadır. 36° ve 42° kuzey paralelleri ile 26° ve 45° doğu meridyenleri arasına yerleşmiş olan Ülkenin yaklaşık %97'si küçük Asya'da (Anadolu) ve %3'ü Avrupa'da (Trakya) bulunmaktadır. Türkiye, yedi coğrafi bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeler Akdeniz, Doğu Anadolu, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Dabanlı, 2017).



Şekil 2. 1: Türkiye Bölgeler Haritası

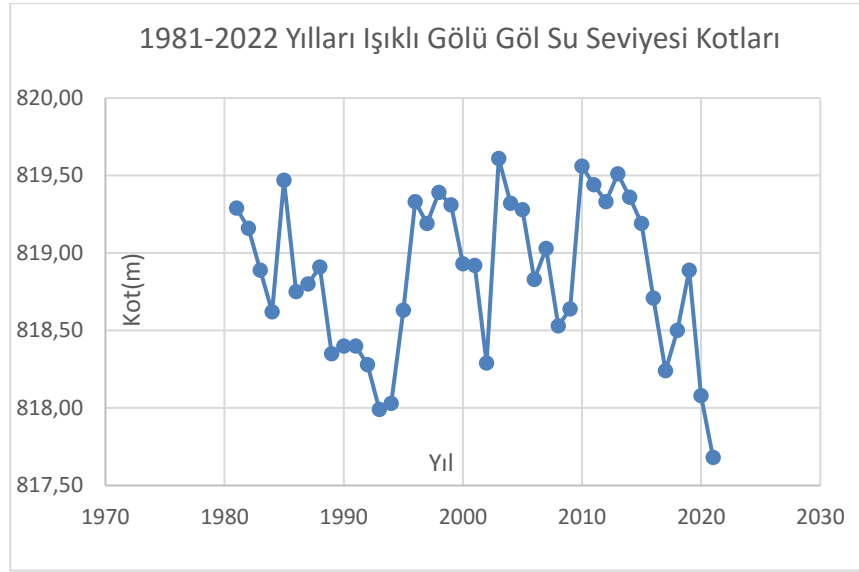
Türkiye’de toplam yüzölçümleri 9500 km² kadar olan yüzlerce göl bulunmaktadır. Ülke genelinde eşit dağılım göstermeyen bu göller şekilleri, derinlikleri, yüzölçümleri, yükseltileri, sularının fiziksel-kimyasal özellikleri ve dışa akışlı olup olmamalarına göre farklılık gösterirler (Hoşgören, 2014). Doğu ve diğ.(2018) göl seviyelerinde zaman içinde gerek doğal gerekse beşeri kökenli nedenlerden kaynaklanan değişimleri incelemiştir. Son yıllarda etkisini giderek daha çok hissettiğimiz küresel ısınma neticesinde göllerdeki seviye değişimleri önemli hale gelmeye başladığını önemle arz etmiştir (Doğu ve diğ. 2018).

2.2 Işıklı Gölü Su Seviyesi Verileri

Işıklı Göl su seviyesindeki değişimi gözlemlemek için istatistiksel analizler yapılmıştır. 1981-2022 yılları arası göl su seviyeleri DSİ den temin edilen Işıklı Göl'ünde yıl geçtikçe göl su seviyesi kotlarında düşüş görülmüştür. Özellikle su yılı başlangıcı kabul edilen ekim ayında minimum su seviyesi kotu 816.55 m olduğu gözlemlenmiştir. Verilerin istatistiksel analizleri Tablo2.1 de gösterilmiştir.

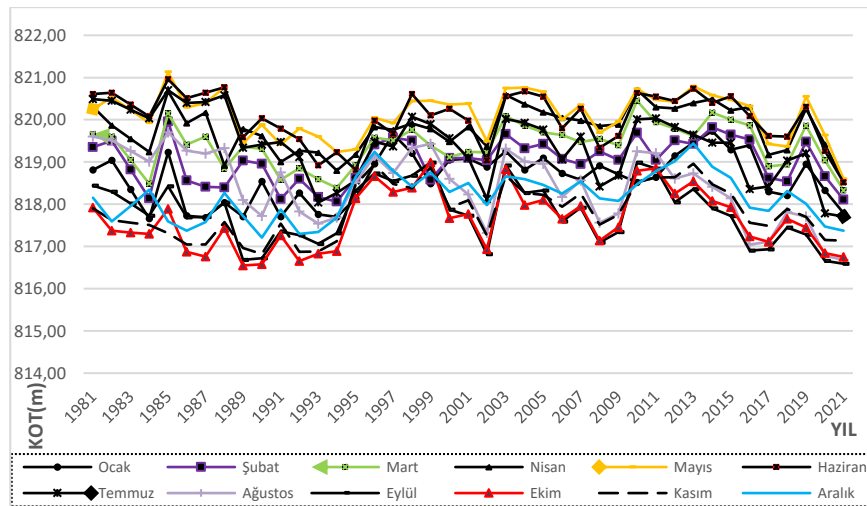
Tablo 2. 1: Işıklı Gölü Verilerinin İstatistiksel Analizi

	<i>Min. Değer(m)</i>	<i>Max. Değer (m)</i>	<i>Ort.(m)</i>	<i>Std. Sapma</i>	<i>Var.</i>	<i>Çarpıklık</i>	<i>Basıklık</i>
Ocak	817.66	819.73	818.62	0.601	0.365	-0.166	-0.987
Şubat	818.06	819.96	819.02	0.527	0.279	-0.268	-0.983
Mart	818.33	820.45	819.39	0.518	0.269	-0.289	-0.496
Nisan	818.53	820.71	819.79	0.541	0.293	-0.345	-0.588
Mayıs	818.6	821.13	820.11	0.547	0.299	-0.598	-0.042
Haziran	818.52	820.96	820.04	0.610	0.373	-0.698	-0.351
Temmuz	817.71	820.7	819.40	0.807	0.651	-0.444	-0.656
Ağustos	816.68	819.7	818.45	0.833	0.698	-0.445	-0.858
Eylül	816.59	818.99	817.75	0.718	0.516	0.053	-1.036
Ekim	816.55	818.99	817.63	0.696	0.485	0.25	-0.932
Kasım	816.82	818.96	817.83	0.631	0.399	0.114	-1.128
Aralık	817.21	819.44	818.18	0.558	0.312	0.099	-0.633
Tüm Yılların Ortalaması	817.68	819.61	818.85	0.497	0.247	-0.403	-0.727



Şekil 2. 2: Işıklı Göl Su Seviyelerinin Aylık Ortalama Değerleri

Işıklı Göl su seviyesi Şekil(2.2) de görüldüğü gibi zamanla azalma göstermiştir. Yapılan çalışmada tüm aylardaki seviye azalmaları Şekil (2.3) de gösterilmiştir. 1981-2022 yılları arasındaki ortalama aylık kot değerleri 819.61-817.68 m arasında değişmiştir. Değişen göl su seviyelerinin ileri dönemlerdeki tahminleri için bir sonraki adım olan eğilim analizine geçilmiştir.



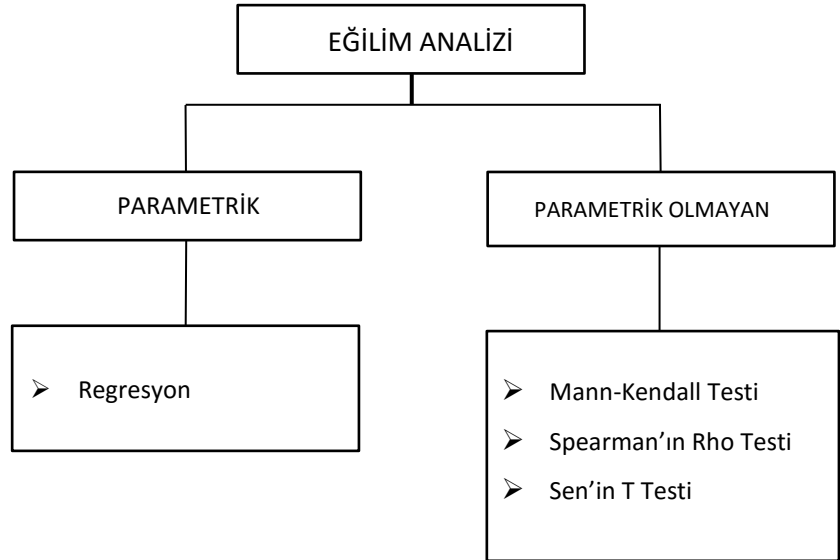
Şekil 2. 3: 1981-2022 yıllarındaki tüm aylarda görülen göl su seviyesi kotları

3. YÖNTEM

3.1 EĞİLİM (TREND) ANALİZİ

Rastgele bir değişkenin değerinin zamana bağlı olarak artması ya da azalması ile değişim göstermesine eğilim analizi denir. Eğilim (trend) analizi yöntemleri, parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak incelenir (Şekil 3.1). Analiz için daha çok parametrik olmayan testler tercih edilmektedir. Bunun sebebi gözlemlerin düzensiz, çarpık ve kısa süreli olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktır. Kullanılmakta olan bu testler, rastgele değişkenin dağılımı ve parametrelerden bağımsızdır. Test istatistiği verilerin düzenlenmiş örnekte bulunan sıra ile ilgilidir. En yaygın kullanılan parametrik olmayan testin Mann-Kendall olduğu bilinmektedir (Yue ve diğ., 2002).

Bu çalışmada, Mann Kendall analizi kullanılarak eğilim (trend) analizi yapılmıştır.

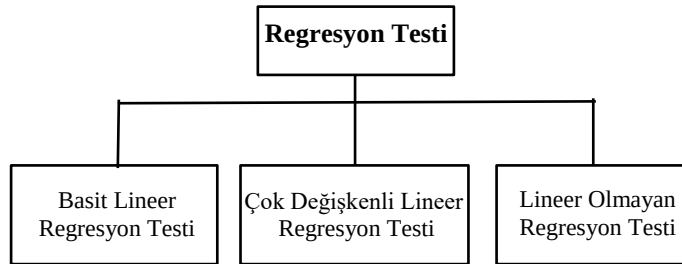


Şekil 3. 1: Eğilim (trend) analizi yöntemleri

3.1.1 Regresyon Analizi

Mühendislik çalışmalarının birçoğunda aynı gözlemler ile farklı değişkenler arasında bir ilişki vardır. Fakat bu ilişkiler fonksiyonel nitelikte değildir. Değişkenler arasında fonksiyonel olmayan bağıntının varlığının ortaya çıkarılması büyük önem taşımaktadır. Bu bağıntı kullanıldığında bir değişkenin alacağı değeri diğer bir değişkenin bilinen değerlerine bağlı olarak tahmin etmek mümkün olacaktır. Bu bağıntıyı veren matematiksel ifade regresyon denklemi olarak adlandırılır (Bayazıt ve Oğuz, 1994). Regresyon testi sınıflandırması Şekil(3.2) de verilmiştir.

Regresyon analizinin amacı, mevcut değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek, böyle bir ilişki söz konusu ise bu ilişkiyi ifade eden regresyon denklemini elde ederek ilerisi için yapılacak tahminlerin güven aralığını hesaplamaktır (Bayazıt ve Oğuz,1994).



Şekil 3. 2: Regresyon testi sınıflandırması

Lineer Regresyon denklemi olan $y=ax+b$ 'de a sabiti değişimin yönünü ve miktarını verir. a değerinin pozitif olması artan bir değişimi gösterirken negatif olması azalan bir değişimi ifade etmektedir. a değerinin sıfıra yakın olması durumunda değişim gözlenmemektedir (Bulut H. ve diğ. 2006).

Korelasyon r 'nin değeri sıfıra yaklaştıkça bağımlılık çok az veya yoktur. r 'nin mutlak değeri 1'e yaklaştıkça iki değişkenin arasındaki bağımlılığın çok fazla olduğu bilinmektedir. r 'nin 0 ile +1 arasında (+) pozitif yönde bir ilişki olduğu kabul edilir. Korelasyon katsayısı kontrolü için anlamlılık düzeyine (α) ve veri sayısına (N) göre belirlenen kritik korelasyon değerlerine bakılır. Eğer r 'nin mutlak değeri tablodan alınan r 'nin kritik değerinden büyük veya eşit olursa, ana kütle korelasyon katsayısının sıfır olmadığına ve bulunan regresyon denkleminin güvenilir olduğuna karar verilir ve regresyon doğrusu elde edilir (Fisher R.A. 1922).

3.1.2 Mann-Kendal Yöntemi

Mann-Kendall testi (Mann, 1945; Kendall, 1948) eğilim (trend) varlığının belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir testir. Bu test ile bir zaman serisinde eğilim (trend) olup olmadığı sıfır hipotezine göre kontrol edilmektedir (Yenigün ve ark.,2008). Mann Kendall testinde %95 güven aralığında eğilim (trend) eğilimi için kritik bölgeler aşağıdaki şekilde gibidir.

Mann-Kendall test istatistiğine göre S,

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (3.1)$$

şeklinde bulunur. n veri sayısını temsil etmektedir. x ise i ve j ($j>i$) zamanlarındaki veriyi temsil eder. İşaret fonksiyonu ve S değerinin varyansı denklem (3.2) de gösterilmiştir.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} (x_j - x_k) > 0 \Rightarrow +1 \\ (x_j - x_k) = 0 \Rightarrow 0 \\ (x_j - x_k) < 0 \Rightarrow -1 \end{cases} \quad (3.2)$$

m veri setindeki tekrarlanan gözlem sayılarını temsil ederken, burada formül aylık data'lara uygulanacağı için $m=12$ alınacaktır. t_i değeri i uzunluğundaki bir seride tekrarlanan gözlemleri göstermektedir.

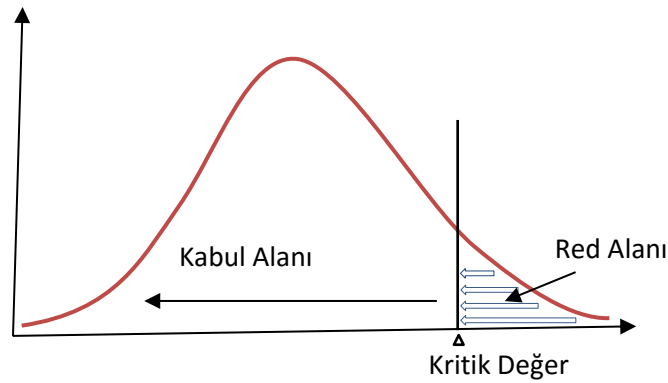
$n \leq 10$ Olması durumunda S değerinin aşılma olasılığı p olan değerleri tablo halinde verilmiştir.

$n \geq 10$ İçin Z test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$Var(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}{18} \quad (3.3)$$

$$z = \begin{cases} \frac{(s-1)}{\sqrt{Var(s)}} \Rightarrow s > 0 \\ (0) \Rightarrow s = 0 \\ \frac{(s+1)}{\sqrt{Var(s)}} \Rightarrow s < 0 \end{cases} \quad (3.4)$$

Mann-Kendall testi H_0 hipotezinin kabul ya da reddedilmesi esasına dayanmakta olup gözlenen değerlerde bir eğilim (trend)in olmadığı sonucuna varılması halinde H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Gözlenen değerlerde bir eğilim (trend)in olması halinde ise H_0 hipotezi kabul edilmemektedir. Hipotezin kabul ve ya reddedilmesinde seçilen anlamlılık düzeyi büyük önem taşır.



Şekil 3. 3: Mann-Kendall analizi ile kritik değer bölgeleri

Buna göre eğilim (trend)in olmadığı sonucuna varıldığında, eğilim (trend)in bulunma olasılığı %5' tir (Önöz, 2010). Şekil (3.3) Mann-Kendall test istatistiğine göre kabul ve red alanları gösterilmiş.

3.1.3 Spearman'ın Rho Testi

Doğrusal eğilimin varlığının araştırılmasında kullanılan Spearman'ın Rho testi, iki gözlem serisinin doğrusal analizini tespit etmektedir. Spearman Rho testi_s bağlantısı ile hesaplanmaktadır (İçağa, 1994). Bu bağıntı denklem(3.5) de verilmektedir.

$$r_s = 1 - 6 * \frac{|\sum_{i=1}^n (R(x^i - i^2))|}{(n^3 - n)} \quad (3.5)$$

Eğer yıl verisi 30 yılın üzerinde ise ($n > 30$) bir sonraki adımda Z değeri hesaplanmaktadır.

$$Z = r_s \sqrt{n - 1} \quad (3.6)$$

Z değeri α önem derecesine göre $Z/2$ değerinden büyük ise sıfır hipotezi reddedilerek belirli bir eğilimin olduğu bilinmektedir. r_s değeri negatif ise azalan yönde, pozitif ise artan yönde bir eğilim olduğunu göstermektedir.

3.1.4 Sen'in T yöntemi

Parametrik olmayan bu test ilk olarak Sen tarafından 1968 yılında önerilmiştir ve 1980 yılında Farrell tarafından geliştirilen bu test sıralı bir rank testi olarak bilinir (Partal, 2003). Eğer veriler arası doğrusal bir gidiş mevcut ise birim zamandaki değişim için değerlerden veya veri hatalarından etkilenmeyen, eksik verilerin bulunduğu verilere uygulanabilen bir yöntemdir (Sen, 1968).

Sen yöntemine göre Q_i parametresi,

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \text{ ve } i = (1, \dots, N) \quad (3.7)$$

$$Q = \frac{(x_j - x_k)}{j - k} \text{ ve } j > k \quad (3.8)$$

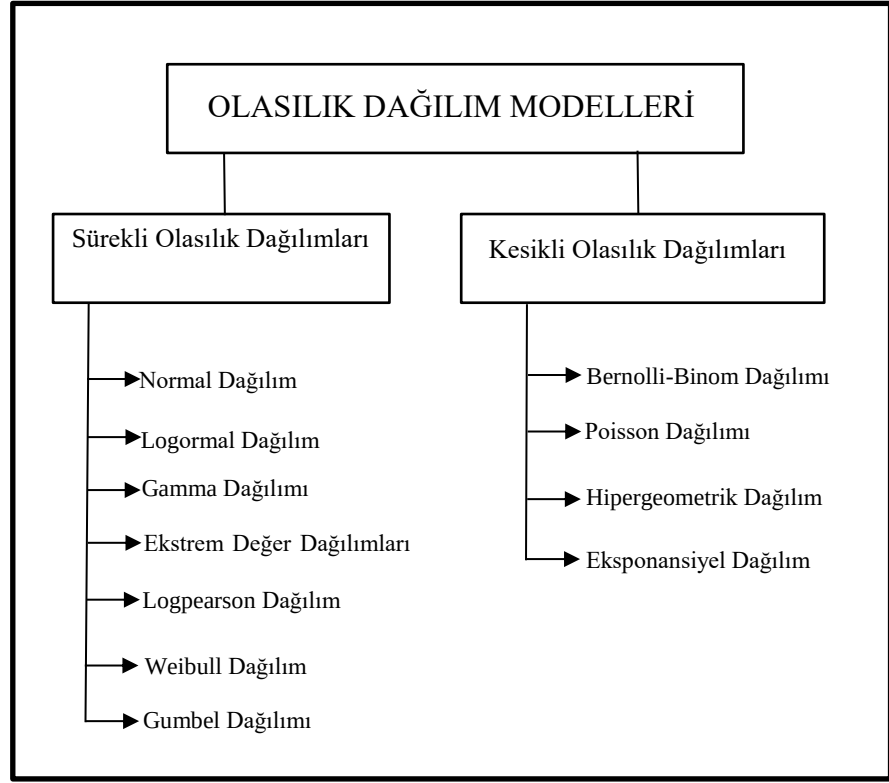
Denklemden n veri sayısı, j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olarak ifade edilir. Sen yönteminde hesaplanan N adet Q_i değerlerinin medyanı doğrusal gidişin eğimini verir. N sayısının tek olması halinde:

$$Q_{medyan} = Q_{\frac{N-1}{2}} \quad (3.9)$$

Eşitliği kullanılmaktadır. Amaç verilerin birim zamandaki değişimini gözlemlemektir. Gözlenen değerin pozitif olması artan yönde, negatif olması azalan yönde bir eğilim olduğunu göstermektedir (Bai ve diğ., 2014).

3.2 OLASILIK DAĞILIMLARI

Hidrolojik çalışmalarda olasılık dağılımları önem taşımaktadır. Hidrolojide yeterli veri seti olmadığı durumlarda olasılığı hassas bir şekilde hesaplanamaz. Dağılımını bilmediğimiz bir veri kümesinin gerçekleştirdiği dağılımı ve bu dağılımın kuyruk böylesinin doğru tahmini amaçlanmaktadır (Maidment, 1993). Herhangi bir örneğin veri sonuçlarından elde edilen frekans dağılım bilgisinin özünde ifade edebilmek için olasılık dağılım fonksiyonlarına (o. d. f.) uydurmak gerekmektedir. Her olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirli sayıda parametresi mevcuttur. Bu parametrelerin değerleri farklı birtakım yöntemler kullanılarak tahmin edilmektedir (Bayazit ve Önöz, 2008). Rastgele değişkenler; sürekli ve kesikli rastgele değişken ikiye ayrılmaktadır. Bu değişkenler için dağılım modelleri kullanılmaktadır. Kesikli ve sürekli olasılık dağılım modelleri Şekil 3.4 de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4: Olasılık Dağılım Modellerinin Sınıflandırılması

Bu çalışmada dağılım modellerinden Normal, Lognormal, Gamma, Gumbel, Logpearson ve Eksponansiyel dağılımları kullanılmıştır.

3.2.1 Normal Dağılım

Normal dağılım ya da diğer adıyla Gauss Dağılımı istatistik için önemli ve en çok kullanılan dağılımdır. Bu durumun nedeni, Log-normal (LN) ve üç parametrelili Log-normal (LN3) dağılımının temelini oluşturmaktadır.

Normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (3. 10)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsızdır ve fonksiyon, $-\infty < x < \infty$ olmaktadır. μ_x ortalama değeri, σ_x varyans değerini ifade etmektedir.

Normal Dağılım parametreleri aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\mu = \lambda_1 \quad (3.11)$$

$$\sigma = \pi^{\frac{1}{2}} \lambda_2 \quad (3.12)$$

Normal dağılımın eklenik dağılım fonksiyonu (e.d.f.) analitik olarak elde edilemediğinden sayısal integrasyon ile tek tip tablo haline getirilmiş ve rastgele değişkenler standart değişken (z) olarak tanımlanmıştır. Standart değişken boyutsuz olup ortalama değeri 0, standart sapma değeri 1 e eşit olmaktadır. Normal dağılım grafiği simetrik olduğundan sadece z'nin pozitif değerlerini hesaplamak yeterlidir. (Bayazıt ve Önöz, 2008)

$$Z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \quad (3.13)$$

Bulunan z değeri bir pozitif değeri aşma olasılığını göstermektedir.

3.2.2 Log-Normal Dağılım

Normal dağılımın bilinen en iyi yöntem olduğu ve kullanışlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle normal dağılmış olmayan değişkenlerin, uygun bir dönüşüm ile normal dağılıma uydurulmasına yol açmıştır. En çok kullanılan dönüşüm yöntemi olan logaritmik dönüşüm Log-normal dağılımı oluşturmaktadır. Eğer $y = \ln x$ şeklindeki logaritmik dönüşümde y değeri de normal dağılım gösteriyor ise x Log-normal dağılmıştır.

Bu durumda x'in olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f_x(x) = \frac{1}{x \sqrt{2\pi\sigma_y^2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad \text{ve} \quad x > 0 \quad (3.14)$$

Şeklinde olmaktadır. Bu dağılımdaki σ_y ve μ_y , y değişkeninin momentlerini ifade etmektedir.

x değişkeninin momentleri ise aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\mu_y = \exp\left(\mu_y + \frac{\sigma_y^2}{2}\right) \quad (3.15)$$

$$\sigma_x = \mu_x (\exp(\sigma_y^2) - 1)^{\frac{1}{2}} \quad (3.16)$$

$$\mu_y = \ln \left[\frac{\mu_x}{\left(\frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2} + 1\right)^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (3.17)$$

$$\sigma_y = \left[\ln \left(\frac{\sigma_x^2}{\mu_x^2} + 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.18)$$

x değişkeninin logaritması ile tanımlanan bir y değişkeni normal dağılmışsa x'in dağılımı Log-normal olmaktadır. Ve x lognormal değişkeninin eklenik dağılım fonksiyonu (e.d.f.) aşağıdaki gibidir.

$$F(x) = P(X \geq x) = P[Y \leq \ln(x)] \quad (3.19)$$

3.2.3 Gamma Dağılımı

Yağış ve göl su seviyeleri gibi daha birçok yerde kullanılan Gamma dağılımı ilk defa Pearson tarafından bulunmuştur. Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Hogg ve diğ., 1978).

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x} \quad \text{ve} \quad x \geq 0 \quad (3.20)$$

$$E(x) = Var(X) = \alpha \quad (3.21)$$

Burada Γ Gamma fonksiyonunu, α gamma dağılımının parametresini ifade etmekte olup α 'nın pozitif değerleri için $\Gamma(\alpha)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (3.22)$$

$\Gamma(\alpha)$ tablo haline getirilmiş gamma fonksiyonunu ifade etmektedir. Bu dağılımın sadece α parametresi bulunmaktadır. Gamma dağılımının şekli α parametresine bağlı olarak değişmektedir. Merkez limit teoremine göre; bir rastgele değişkeni etkileyen çok sayıdaki etkenlerin etkileri bu etkenlerin kareleri ile doğru orantılı ise değişkenin dağılımı gamma dağılımına yaklaşır. α parametresinin değerinin artması ile gamma dağılımı normal dağılımına yaklaştığı bilinmektedir (Hogg ve diğ., 1978).

3.2.4 Ekspansiyel Dağılım

Gamma dağılımı değişkenlerinin pozitif değerleri, pozitif çarpık dağılım göstermesi çok kullanılmasına neden olmuştur. Ancak yalnızca tek bir parametrenin olması gamma dağılımının gözlenmiş frekans dağılımlarına uydurulmasını güçleştirmektedir.

iki parametrelili gamma dağılımının fonksiyon ve parametreleri,

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (3.23)$$

$$E(X) = \alpha\beta \quad (3.24)$$

$$Var(X) = \alpha\beta^2 \quad (3.25)$$

olduğu bilinen değerlerin $\alpha = 1$ için bu dağılım $\lambda = 1/\beta$ olmak üzere ekspansiyel dağılıma dönüşür. İki parametrelili ekspansiyel dağılım için ise Pearson tip 3 (P3) dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu sonsuza giderken $\alpha = 1$ ve C_{sx} çarpıklık katsayısı değerinin 2 alınması ile elde edilmektedir.

3.2.5 Gumbel Dağılımı

Verilerin m kadarını bulunduran n adet bir seride hem seri adedi n, hemde gözlem sayısı m arttıkça teorik olarak rastgele değişkenin Gumbel dağılımına uyduğu görülmektedir. Gumbel dağılımının genelleştirilmiş ekstrem dağılımı (general extreme value GEV), rastgele değişkenlerin dağılımlarından biri olabileceği Gumbel (1958) tarafından ileri sürülmektedir.

Gumbel dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right] \quad \text{ve} \quad -\infty \leq x \leq \infty \quad (3.26)$$

olarak tanımlanır ve Gumbel dağılımının parametreleri denklem (3.27) ve denklem (3.28) deki gibidir.

$$\alpha = \frac{s}{\sigma} \quad (3.27)$$

$$\beta = \mu - \left(\frac{Y_n}{S_n} \right) \cdot \sigma \quad (3.28)$$

μ ve σ örnek seriden hesaplanan değerleri temsil ederken Y_n ve S_n veri seti büyüklüğüne göre tablodan okunmaktadır.

3.2.6 Log-Pearson Dağılımı

Hidrolojik çalışmalarda ve özellikle taşkın hidrolojisinde Log-Pearson dağılımları sıklıkla kullanılmakta olup bir rastgele değişkenin logaritması Pearson'a uygun dağılmış ise esas değişken olan y'nin x dağılımı Log-Pearson'a göre de uygun dağılım gösterdiği bilinmektedir. (Bayazit ve Önöz, 2008)

Log-Pearson dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = |\beta| [\beta(x - \xi)]^{\alpha-1} \frac{\exp\{-\beta[\ln(x) - \xi]\}}{\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (3.29)$$

olup, α biçim, β ölçek ve ξ yer parametresini temsil etmektedir

3.3 UYGUNLUK TESTLERİ

Mevcut verilere en uygun olan olasılık dağılım fonksiyonu istatistik yöntemler ile tespit edilmektedir. Kullanılan dağılımların verilere uygunluğunu kontrol etmek amacıyla çeşitli testler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada yapılacak olan istatistik testler Kolmogrov-Smirnov, χ^2 (ki-kare) ve Anderson-Darling testleridir.

3.3.1 χ^2 (ki-kare) Uygunluk Testi

χ^2 (ki-kare) testi belirli bir sınıf aralığına düşen araştırılan teorik dağılıma göre beklenengözlem sayısı ile ampirik dağılımda bulunan gerçek gözlem sayısı arasında karşılaştırma yapmaktadır. Yani testin amacı, n adet gözlem yapılmış örnek veriseti histogramı ile sadece n adet eleman için dağılım yoğunluk fonksiyonu elde edilerek oluşturulan histogramın karşılaştırılmasıdır.

χ^2 (ki-kare) testinin serbestlik derecesi aşağıdaki gibidir,

$$d_f = k - p - 1 \quad (3.30)$$

Bu denkleme göre k ampirik denklemlerle yoğunluk fonksiyonu oluştururken kullanılan sınıf aralığını, p teorik dağılımı tamamlamada kullanılmak üzere elde edilen parametre sayısı olarak tanımlanmaktadır. Denklemden elde edilen d_f değeri $1-\infty$ önem seviyesinde $X_i^2 < X_{d_f, (1-\alpha)}^2$ ise; H_0 hipotezi kabul edilir.

3.3.2 Kolmogrov-Smirnov Uygunluk Testi

Kolmogrov-Smirnov testi rastgele elde edilmiş örnek veri setinin örnek dağılım değerleri ile test öncesi saptanan değerlerin belirli bir dağılıma uyup uymadığını belirlemektedir. Bu test yardımıyla bir örneklemden toplanan verilerin normal dağılım sergileyip sergilemediğini belirlemek mümkündür.

Kolmogrov-Smirnov test istatistiğine göre,

$$e = \max |F(x_i) - F^*(x_i)| \quad (3.31)$$

denklemini ile $F(x_i)$ seçilmiş olan teorik eklenik dağılım fonksiyonunun, x_i değerine karşılık gelen ordinatıdır. $F^*(x_i)$ ise gözlenen düzenlenmiş örnek verinin eklenik frekans dağılımının ordinat değeridir. D istatistiği teorik ve gözlenen dağılımların arasındaki farkın en büyüğünü temsil etmektedir.

3.3.3 Anderson-Darling Uygunluk Testi

Anderson ve Darling (1954) ile önerilen bu test Kolmogrov-Smirnov testinde olduğu gibi ampirik kümülatif dağılım fonksiyonunu kullanmaktadır. Anderson-Darling istatistiği için veriler standardize edilerek kümülatif fonksiyon değeri ve üst kuyruk olasılığı,

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \{ \sum_{i=1}^n (2i-1) [\ln(z_i) + \ln(1-z_{n+1-i})] \} \quad (3.32)$$

$$\alpha = \exp(1.2937 - 5.709T^2 + 0.0186T^{*2}) \quad (3.33)$$

Anderson-Darling istatistiğini A^2 , z_i değeri i 'inci kümülatif Gaussian fonksiyon değerini tanımlamaktadır. T değeri Stephens (1974, 1976) tarafından ampirik dağılım fonksiyonu ile revize edilmiş test istatistiği ve n gözlenen frekansları ifade etmektedir. α_0 olarak bilinen önem seviyesini tanımlarken, $\alpha < \alpha_0$ ise H_0 hipotezi reddedilmektedir (Zhang, 1999).

3.4 STOKASTİK MODELLEME

Hidrolojik zaman serilerinin modellenmesi su kaynaklarının planlanması ve geleceğe yönelik tahminlerde önem taşımaktadır.

3.4.1 Otokorelasyon Ve Kısmi Otokorelasyon Katsayısı

Korelasyon, iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve derecesini ifade eder. Otokorelasyon ise, aynı değişkenin değerleri ile yapılan çeşitli gecikme değerleri arasında olan ilişkiyi incelemektedir. Bu ilişki için kullanılan katsayıya “otokorelasyon katsayısı” denmektedir. Farklı gecikmeler için ($k=0, 1, 2, \dots$) hesaplanan otokorelasyon katsayılarını k gecikmelerine bağlayan fonksiyona “otokorelasyon fonksiyonu” denir (Özmen, 1986). Bir zaman serisi için uygun modelin belirlenebilmesi, otokorelasyon fonksiyonunun belirli bir gecikme değerinde kesilip kesilmediğinin bilinmesi ile bağlantılıdır (Box and Jenkins, 1976).

k gecikmeli bir y_i sürecinin otokorelasyon katsayısı r_k denklem (3.34) de görülmektedir.

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} (y_i - \bar{y})(y_{i+k} - \bar{y}_{i+k})}{[\sum_{i=1}^{N-k} (y_i - \bar{y})^2 (y_{i+k} - \bar{y}_{i+k})^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (3.34)$$

Otokorelasyon fonksiyonu zaman serisindeki iki nokta arasındaki ilişkiyi belirtirken kısmi otokorelasyon fonksiyonu diğer zaman gecikmelerinin etkisini ihmal ederek y_i ve y_{i-k} arasındaki ilişkiyi diğer gecikmeli değişkenlerin etkisini sabit kabul ederek bir ilişki belirten değerdir. Kısmi otokorelasyon katsayısı ϕ_{kk} şeklinde gösterilmektedir. Otokorelasyonda olduğu gibi kısmi otokorelasyon katsayısı da -1 ile 1 arasındadır. Ve otokorelasyon katsayısı gibi yorumlanır. Gecikmeli olarak hesaplanan kısmi otokorelasyon katsayısı $k=1, 2, 3, \dots$ değerleri için $\phi_{11}, \phi_{22}, \phi_{33}, \dots, \phi_{kk}$ sembolleri ile gösterilir (Box and Jenkins, 1976).

Kısmi otokorelasyon katsayısı denklem (3.35) deki gibidir.

$$\phi_{11} = r_1 \text{ ve } \phi_{kk} = \frac{r_l - \sum_{j=1}^{l-1} \phi_{l-1,j} \cdot r_{l-j}}{1 - \sum_{j=1}^{l-1} \phi_{l-1,j} \cdot r_j} \quad l \geq 2 \quad (3.35)$$

Burada $\phi_{lj} = \phi_{l-1,j} - \phi_{ll} \cdot \phi_{l-1,1-j}$ dir. $AR(p)$ otoregresif süreci için $k > p$ olduğu bilinir. Buna göre ϕ_{ll} katsayıları p den sonra sıfıra yakın değerler alıyorsa sürecin $AR(p)$ modeline uygun olduğu bilinmektedir. Gerek otokorelasyon fonksiyonu gerekse kısmi otokorelasyon fonksiyonu sıfıra yaklaşıyor ise süreç hem hareketli ortalama hemde otoregresif bileşenleri temsil eden $ARMA(p, q)$ modelini temsil etmektedir (Beyazıt M., 1981).

3.4.2 Doğrusal İçsel Bağımlı Modeller($AR(p)$)

Doğrusal içsel bağımlı (Lineer Otoregresif) veya kısaca Markov modelleri olarak bilinen modeller

$$x_i = \sum_{j=1}^m (a_j x_{i-j} + \varepsilon_i) \quad (3.36)$$

Şeklinde ifade edilmektedir. İfadede m model mertebesinde olan x_i i-inci yılda görülen akışı, a_j modelin parametreleri olan otoregresif katsayıları, ε_i bağımsız bir süreç oluşturan normal dağılmış bir değişkeni tanımlamaktadır. Bu nedenle x_i değişkeni de normal dağılımlı olmaktadır. P-inci mertebe Markov modeli $AR(p)$ biçiminde tanımlanmakta, parametreleri $(p+2)$ adet olmaktadır (Salas J.D. ve diğ., 1992).

Hidrolojide en çok 1. ve 2. mertebe Markov modeli kullanılmaktadır (Bayazıt, 1981). Birinci, ikinci ve üçüncü mertebe modelin katsayıları aşağıdaki denklemler gibidir.

$$y_i = \alpha_1 x_{i-1} + \varepsilon_i \quad (3.37)$$

$$y_i = \alpha_1 y_{i-1} + \alpha_2 y_{i-2} + \varepsilon_i \quad (3.38)$$

$$y_i = \alpha_1 y_{i-1} + \alpha_2 y_{i-2} + \alpha_3 y_{i-3} + \varepsilon_i \quad (3.39)$$

$$\alpha_1 = r_1 \quad (3.40)$$

$$\alpha_1 = \frac{r_1 - r_1 r_2}{1 - r_1^2} \quad (3.41)$$

$$\alpha_2 = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2} \quad (3.42)$$

$$\alpha_1 = \frac{(1 - r_1^2)(r_1 - r_3) - (1 - r_2)(r_1 r_2 - r_3)}{(1 - r_2)(1 - 2r_1^2 + r_2)} \quad (3.43)$$

$$\alpha_2 = \frac{r_2 + r_2^2 - r_1^2 - r_1 r_3}{1 - 2r_1^2 + r_2} \quad (3.44)$$

$$\alpha_3 = \frac{(r_1 - r_3)(r_1^2 + r_2) - (1 - r_2)(r_1 r_2 - r_3)}{(1 - r_2)(1 - 2r_1^2 + r_2)} \quad (3.45)$$

3.4.3 Hareketli Ortalama Modelleri (MA(q))

Hareketli ortalama modellerinde x_i i-inci yılda görülen akışı, ε_i değişkenlerin ağırlıklı bir ortalamasını temsil etmektedir.

$$x_i = \sum_{j=0}^m (b_j \cdot \varepsilon_{i-j}) \quad (3.46)$$

m modelin mertebesidir, b_j katsayıları çok değişkenli regresyon analizi ile bulunur ya da b_j katsayıları ile serinin otokorelasyon katsayıları arasındaki bağlantılar belirlenip b_j değerleri bulunabilir.

Hareketli ortalama modelinin korelogramı :

$$r_k = \frac{\sum_{j=0}^m (b_j \cdot b_{j+k})}{\sum_{j=0}^m (b_j^2)} \quad (3.47)$$

İfadesi ile verilmiştir ve bu ifadede $j + k > m$ için $b_{j+k} = 0$ alınacaktır.

3.4.4 Otoregresif Hareketli Ortalama Modelleri (ARMA(p,q))

Lineer otoregresif süreçlerle hareketli ortalamaların karışımı olan bu modellerin denklemlerini kısa bir şekilde yazabilmek için önce bazı operatörleri tanımlamak gerekir. Geri kaydırma operatörü denklem(3.48) de görülmektedir.

$$B^m z_i = z_{i-m} \quad (3.48)$$

$$z_i = \phi_1 z_{i-1} + \dots + \phi_p z_{i-p} + \varepsilon_i - \theta_1 \varepsilon_{i-1} \dots - \theta_q \varepsilon_{i-q} \quad (3.49)$$

Denklem (3.49) da ifade edilen modele ARMA (p,q) modeli denir. Bu modelin parametre sayısı $p + q + 2$ dir. Bunlardan p adedi ϕ katsayıları, q adedi θ katsayıları, birisi $\bar{x}$ ve birisi σ_ε^2 dir. $p = 0$ için hareketli ortalama (MA), $q = 0$ için Markov (AR) modelleri elde edilir.

3.5 MODEL SEÇİM ÖLÇÜTLERİ

Hidrolojik bir sürece uygun olabilecek modellerin incelenmesinde, örnek otokorelasyon ve örnek kısmi otokorelasyon katsayılarıyla sezgisel bir karar verilebilir. Fakat bazen bu bakış açısı modelin gecikme sayısı hakkında sezgisel olsa bile doğru karar verilemez. Bu durumda bazı model seçim ölçütleri kullanılır. Model uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden bir diğeri, model tahminleri ($\hat{x}_i$) ile sürece ait gözlenmiş verilerin (x_i) arasındaki farklarının (e_i), varyans değerleri karşılaştırılmaktadır.

Farklı modeller için hesaplanmış varyans değerlerinden minimumu [$\min Var(e)$], en uygun modelin seçilmesi için bir ölçüt olmaktadır (Bacanlı Ü.G., 2006).

$$e_i = x_i - \hat{x}_i \quad (3.50)$$

$$Var(r_k) = \frac{N-k-1}{(N-k)^2} \quad (3.51)$$

N mevcut kullanılan verilen eleman sayısını, k parametre sayısını göstermektedir. Bu çalışmada Akaike bilgi ölçütü [AIC], Düzenlenmiş Akaike bilgi ölçütü [AICC] ve Son kestirim hatası [FPE] model ölçütleri kullanılmaktadır.

3.5.1 Akaike Bilgi Kriteri (AIC)

Bu yöntemde farklı modeller arasından farklı sayıda parametreleri bulunan veriler üzerinden seçim yapılmaktadır. Model seçimi, her bir modelin ayrı ayrı olasılığı en çok ve fonksiyonun değeri en büyük olanın en uygun olduğu söylenebilir (Kadılar, 2000). Modellerden örnek uzunluğunun en uygun olanının seçilmesi için birtakım kriterlere uygunluğunun tespiti gerekmektedir.

Bu kriterlere en uygun olan Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değeri denklem (3.52) deki gibidir.

$$AIC = N * \ln(\hat{\sigma}_\epsilon^2) + 2 * k \quad (3.52)$$

$$k = p + q + 1 \quad (3.53)$$

k modelin parametre sayısını, N örnek uzunluğunu, $\hat{\sigma}_\epsilon^2$ serinin varyans değerini ifade etmektedir (Akaike H., 1969). Modelin parametre sayısı dikkate alınarak düzeltilmesi ile nihai hata tahmin ölçütü değerinin minimumu [min AIC], uygun modele karar vermeyi sağlamaktadır.

3.5.2 Düzenlenmiş Akaike Bilgi Kriteri [AICC]

Akaike Bilgi Ölçütü (AIC) yaklaşımı, parametre sayısı örnek sayısına göre fazla olduğunda, başka bir ifadeyle küçük örnek çapıyla çalışılması durumunda kötü sonuçlar vermektedir. Parametre sayısı k, örnek sayısı n olmak üzere $\frac{n}{k}$ oranı yaklaşık olarak 40'dan büyük olduğunda AICC değeri AIC'ye yaklaşır ve AIC daha iyi sonuçlar verir (Burnham ve Anderson, 2002).

Düzenlenmiş haliyle en uygun denklemi veren Akaike Bilgi Kriteri (AICC) denklem (3.54) deki gibidir.

$$AICC(p, q) = N * \ln(\hat{\sigma}_\epsilon^2) + \left(\frac{2(p+q+1)*N}{N-p-q-2} \right) \quad (3.54)$$

Düzenlenmiş Akaike Bilgi Kriteri (AICC) kullanılması gereken durumlarda Akaike Bilgi Kriteri (AIC) kullanılması literatürde yapılan en çok hatalardan biridir (Burnham ve Anderson, 2004). Hata varyansının gözlenmiş veri uzunluğu ve modelin parametre sayısı dikkate alınarak düzeltilmesi ile nihai hata tahmin ölçütü değerinin minimumu [min AICC], uygun modele karar vermeyi sağlamaktadır.

3.5.3 Son Kestirim Hatası (FPE)

Hata varyansından arındırılmış olan ve bilgi ölçütü olarak kullanılan içsel bağımlı olan bir modelin (AR) derecesinin sınanması amaçlanmaktadır (Akaike, 1969; Bacanlı ve Baran, 2006). Nihai hata tahmin ölçütü [FPE – Final prediction error criterion] olarak da isimlendirilen ölçüt denklem (3.55)'de verilmiştir.

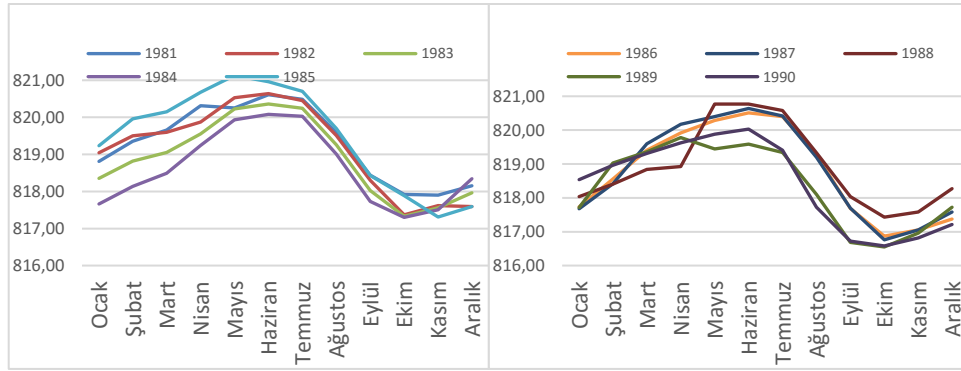
$$FPE(p) = \hat{\sigma}_\varepsilon^2 \frac{N+p}{N-p} \quad (3.55)$$

Denklemde p modelin katsayı adedini, N örnek uzunluğunu temsil etmektedir. Hata varyansının gözlenmiş veri uzunluğu ve modelin parametre sayısı dikkate alınarak düzeltilmesi ile nihai hata tahmin ölçütü değerinin minimumu [min FPE], uygun modele karar vermeyi sağlamaktadır.

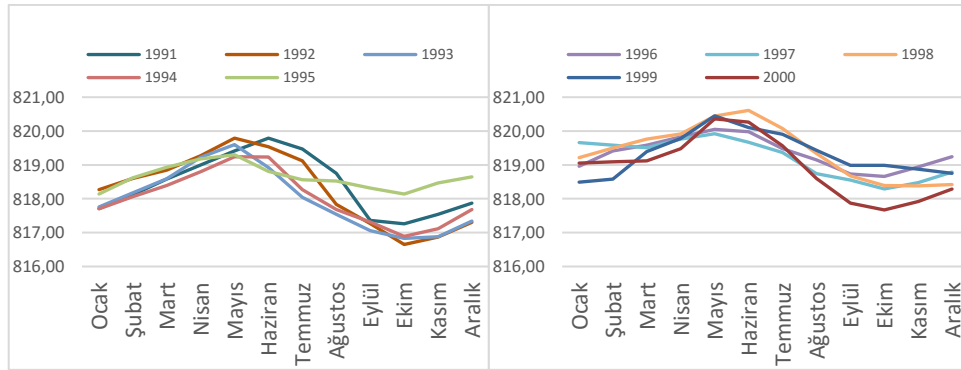
4. BULGULAR

4.1 VERİ ANALİZİ

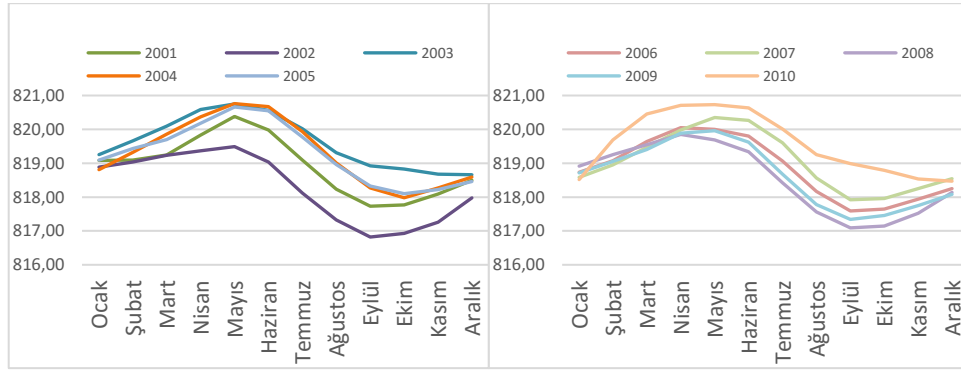
Işıklı Göl'ü su seviyesi için kot verileri aylık ortalama değerleri grafikleri Şekil 4.1- Şekil 4.2- Şekil 4.3- Şekil 4.4 de verilmiştir. Göl seviyeleri, su yılı başlangıcı olarak kabul edilen ekim ayına bakıldığında 1981 yılında 817.30 m olan su kotu 1995 yılında 816.89 m olmuştur. 2022 yılında arasında su kotunun 816.75m kotuna kadar düştüğü görülmüştür. Nisan ayında 1980 yılında 819.24 m olan su kotu 2020 yılında 818.53 m su kotuna kadar düşmüştür. Haziran ayı için 1981 yılı 820.08 m olan su kotu 2020 den sonra 818.52m olmuştur. Bunun sonucunda yıllar ilerledikçe su seviyesi kotlarındaki düşüş görülmüştür.



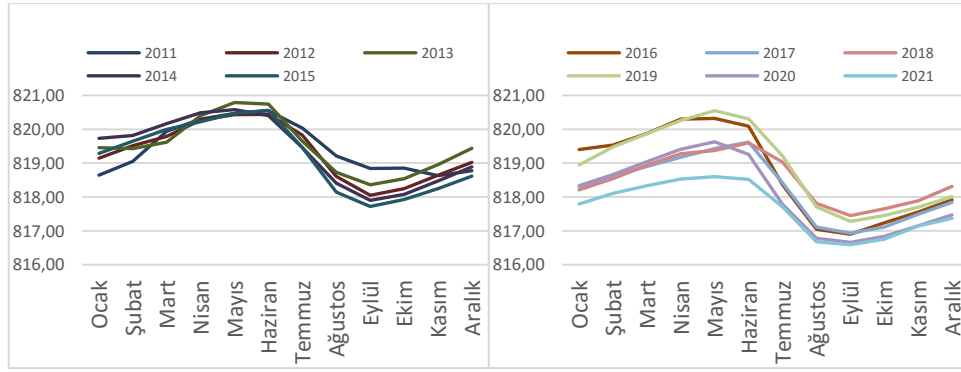
Şekil 4. 1: 1981-1990 yıllarındaki göl seviyeleri



Şekil 4. 2: 1991-2000 yıllarındaki göl seviyeleri



Şekil 4. 3: 2001-2010 yıllarındaki göl seviyeleri



Şekil 4. 4: 2011-2022 yıllarındaki göl seviyeleri

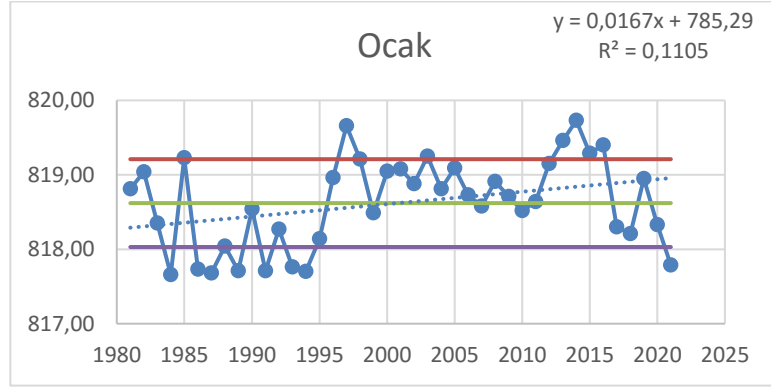
Göl seviyeleri her ay için relatif frekansları Tablo 4.1 de verilmiştir. Çalışmada her ayın ortalama etrafındaki yayılımları saptanmıştır. Hesaplanan değerlere bakıldığında verilerin daha çok ortalamadan bir ve iki standart sapma fazla olan kısımda etrafında daha çok yayıldığı görülmüştür.

Tablo 4. 1. 1981-2022 Yılları Arasında Görülen Relatif Frekans Değerleri

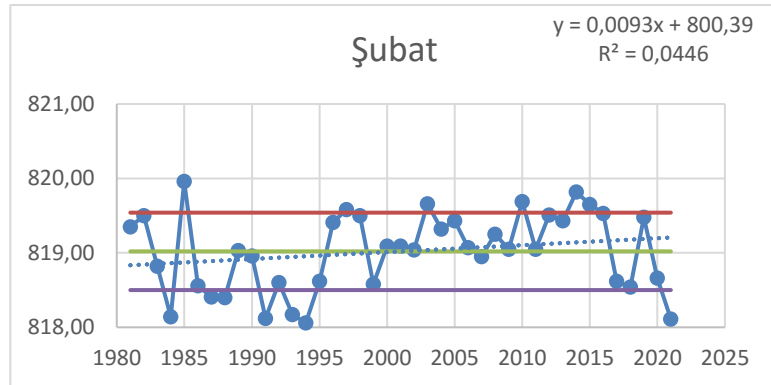
Frekans Analizi	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
$>> (\bar{x} + 2\sigma)$	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
$(\bar{x} + 2\sigma) \sim (\bar{x} + \sigma)$	0.20	0.15	0.12	0.15	0.17	0.15	0.17	0.17	0.17	0.17	0.24	0.15
$(\bar{x} + \sigma) \sim (\bar{x})$	0.34	0.44	0.41	0.41	0.39	0.41	0.41	0.39	0.32	0.34	0.24	0.34
$(\bar{x}) \sim (\bar{x} - \sigma)$	0.27	0.24	0.27	0.24	0.24	0.27	0.19	0.27	0.32	0.24	0.29	0.27
$(\bar{x} - \sigma) \sim (\bar{x} - 2\sigma)$	0.20	0.17	0.15	0.17	0.17	0.12	0.17	0.12	0.19	0.24	0.22	0.22
$(\bar{x} - 2\sigma) <<$	0	0	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.05	0	0	0	0

4.2 EĞİLİM (TREND) ANALİZİ

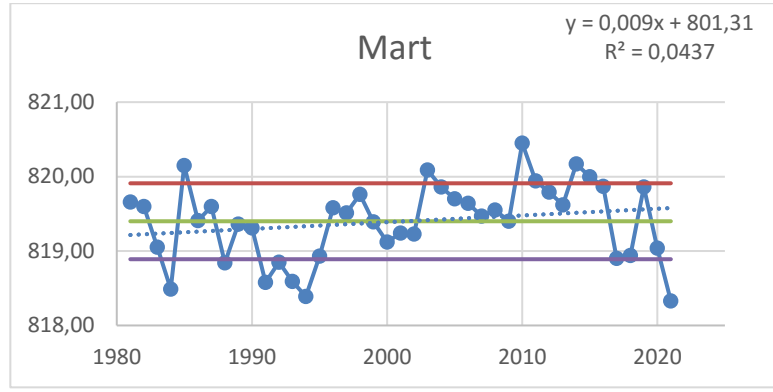
1981- 2022 yılları arasında her ay göl seviyelerinin lineer regresyon analizi sonuçları Şekil 4.5.,....., Şekil 4.16 da verilmiştir. Lineer regresyon analizine göre genel olarak anlamlı bir eğilim saptanmamıştır.



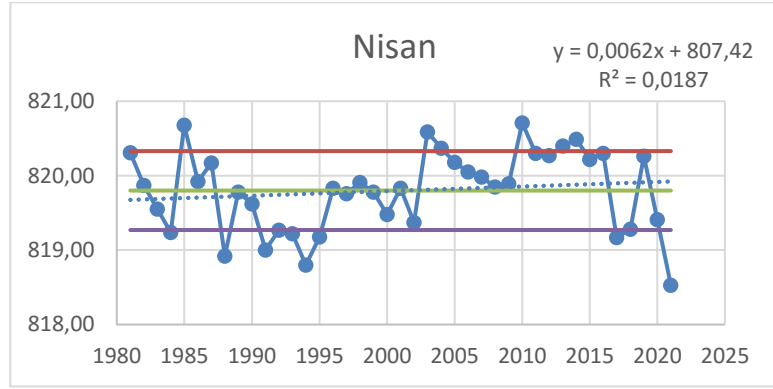
Şekil 4. 5: Ocak ayındaki göl seviyeleri



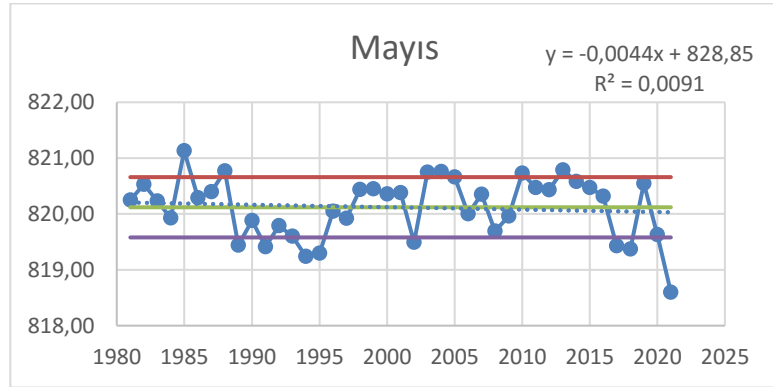
Şekil 4. 6: Şubat ayındaki göl seviyeleri



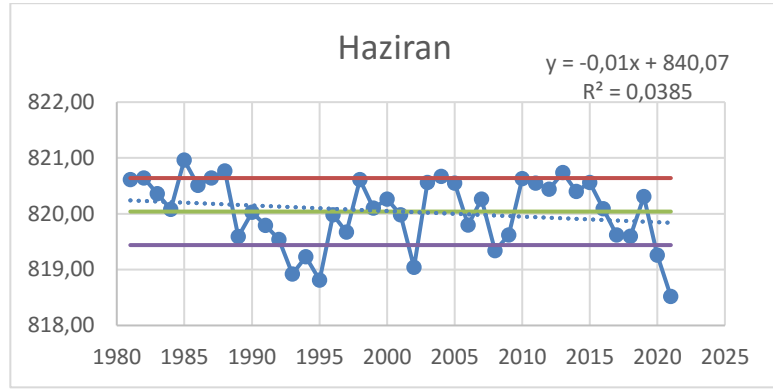
Şekil 4. 7: Mart ayındaki göl seviyeleri



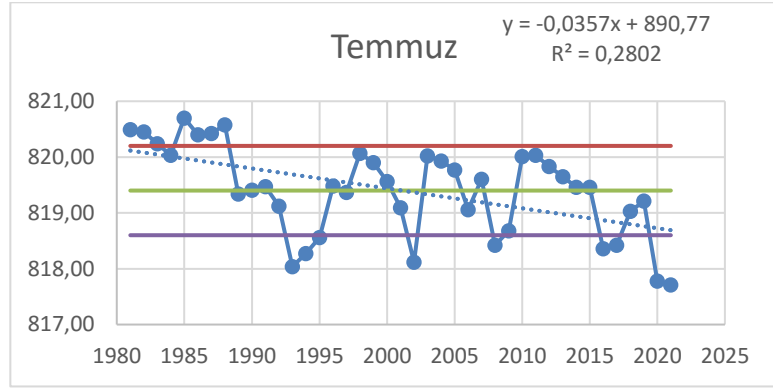
Şekil 4. 8:Nisan ayındaki göl seviyeleri



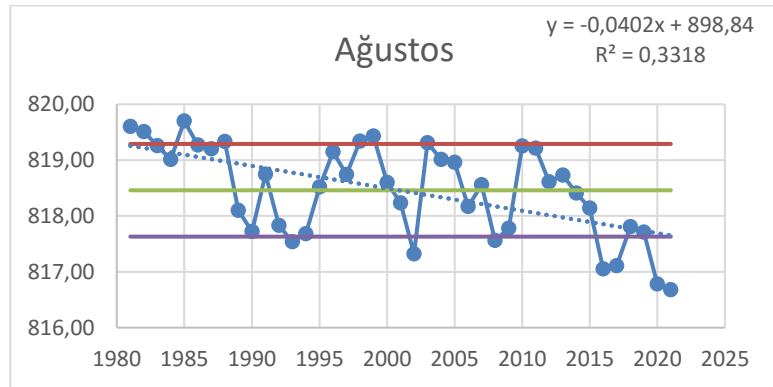
Şekil 4. 9: Mayıs ayındaki göl seviyeleri



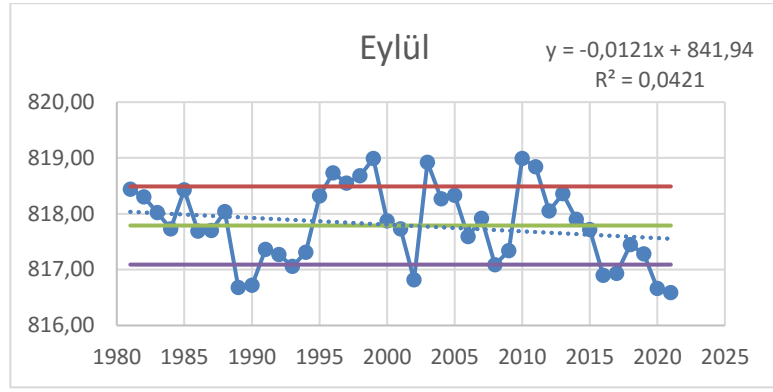
Şekil 4. 10: Haziran ayındaki göl seviyeleri



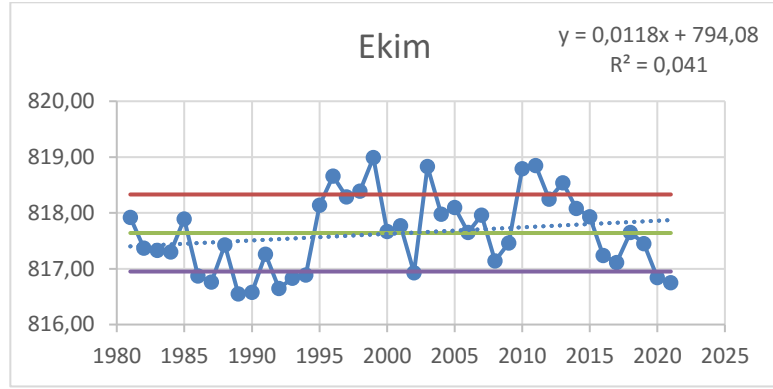
Şekil 4. 11: Temmuz ayındaki göl seviyeleri



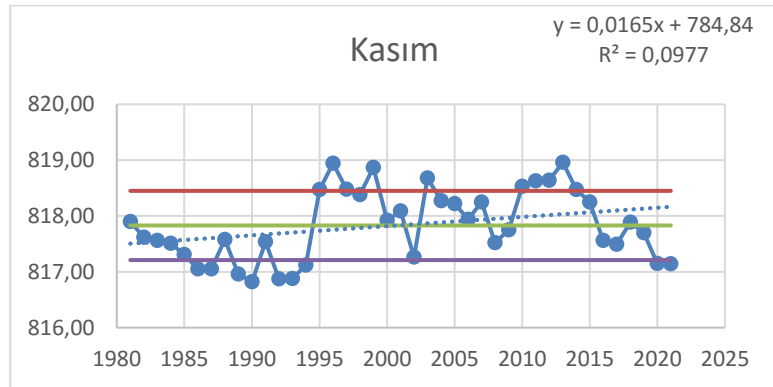
Şekil 4. 12: Ağustos ayındaki göl seviyeleri



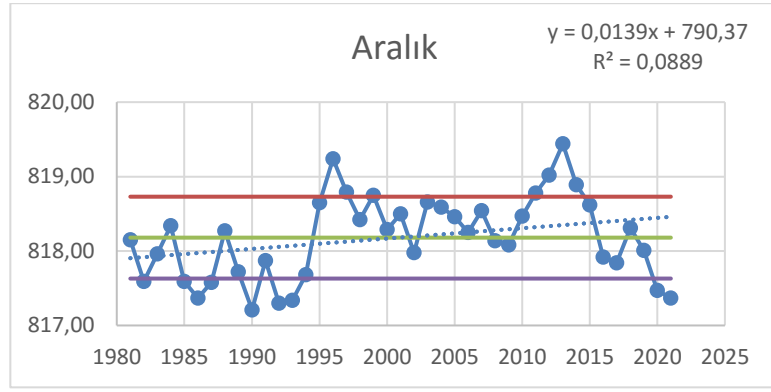
Şekil 4. 13: Eylül ayındaki göl seviyeleri



Şekil 4. 14: Ekim ayındaki göl seviyeleri



Şekil 4. 15: Kasım ayındaki göl seviyeleri



Şekil 4. 16: Aralık ayındaki göl seviyeleri

Göl seviyeleri analizinde, Mann-Kendall analizine göre Ocak, Temmuz ve Ağustos ayları dışında anlamlı bir eğilim saptanmamıştır. Temmuz ve Ağustos aylarında azalan yönde eğilim; Ocak ayında ise artan yönde eğilim saptanmıştır.

Mann-Kendall test istatistiği ve Sen'in T testi testi değerleri aşağıda Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4. 2: Işık Göl seviyeleri Mann-Kendall testi sonuçları

Aylar	Z Değerleri	Eğilim
Ocak	1.99	↑
Şubat	1.53	---
Mart	1.52	---
Nisan	1.33	---
Mayıs	0.04	---
Haziran	-1.28	---
Temmuz	-3.52	↓
Ağustos	-3.93	↓
Eylül	-1.40	---
Ekim	0.92	---
Kasım	1.45	---
Aralık	1.63	---

4.3 OLASILIK DAĞILIMLARI VE UYGUNLUK TESTLERİ

Işıklı gölünde 1981-2022 yılları arasında gözlenmiş su seviyeleri incelendiğinde; normal, lognormal, gamma, eksponansiyel, gumbel ve logpearson dağılım fonksiyonlarına uygunluğunu kontrol etmek amacıyla analizler easyfit paket programı kullanılmıştır. Easyfit programında yapılan analizlerde %10 ve %5 α anlamlılık düzeyinde dağılımların uygun olup olmadığı uygunluk testleri ile test edilmiştir. Testlerin sonuçları Tablo 4.4 de verilmiştir. Tablo 4.4 de “KS” Kolmogrov-Smirnov, “ χ^2 ” kıkare, “AD” Anderson-Darling metodunu temsil etmektedir. Işıklı gölü su seviyesi kotları her ay için incelenen dağılımlardan; Eksponansiyel dağılım dışında diğer dağılımlara uygun olduğu saptanmıştır. 1981-2022 yıllarındaki ortalama aylık veriler Easyfit paket programı ile analiz edilmiştir. Her bir dağılım için hesaplanan parametre değerleri EK1 Tablo7.1de verilmiştir. Her bir dağılım için hesaplanan statik değerleri EK2 Tablo 7.2 de verilmiştir.

Tablo 4. 3: 1981-2022 yılları ortalama verilerin seçilen dağılım tablosu

		$\alpha=0.1$						$\alpha=0.05$					
		<i>N</i>	<i>L</i> <i>N</i>	<i>G</i> <i>M</i>	<i>E</i> <i>X</i>	<i>G</i> <i>B</i>	<i>L</i> <i>P</i>	<i>N</i>	<i>L</i> <i>N</i>	<i>G</i> <i>M</i>	<i>E</i> <i>X</i>	<i>G</i> <i>B</i>	<i>L</i> <i>P</i>
Ocak	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Şubat	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Mart	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Nisan	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	<i>X</i>	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Mayıs	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Haziran	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Temmuz	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Ağustos	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Eylül	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Ekim	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Kasım	K S χ^2 A D	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	<i>X</i>	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
Ar	K S	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓
		✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>X</i>	✓	✓

	A	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
	D												

4.4 STOKASTİK MODELLEME

Bu çalışmada 1981-2022 yılları arası aylık Işıklı gölü su kotları AR(1), AR(2), AR(3), ARMA(1,1), ARMA(1,2) modelleri ile tanımlanabilirliği araştırılmıştır. Işıklı gölü su seviyesi kotları Python programı ile kodlanmıştır. Kodlanan modeller otoregresif (AR) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelleri olmuştur. Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri de EK3'de verilmiştir. 12 ayın parametre değerleri Tablo(4.5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29) da verilmiştir. Işıklı gölü su seviyesi verilerinin stasyonere ve tersiyerlik kontrolleri yapılmıştır. stasyonere ve tersiyer olup olmadıkları kontrol edilmiştir. Işıklı gölüne ait verilerin modellenmesi aşamasında Python ile yapılan analizlerde AR(1), AR(2), AR(3), ARMA(1,1) ve ARMA(1,2) modellerinin parametre değerleri hesaplanmıştır. Stasyonere ve tersiyer olup olmadıkları kontrol edilmiş ve Stasyonere ve tersiyer olmayan modeller değerlendirmeye alınmamıştır. En uygun modelin belirlenebilmesi için, varyans, Akaike Bilgi Kriteri(AIC), Düzenlenmiş Akaike Bilgi Kriteri(AICC) ve Son Kestirim Hatası(FPE) uygunluk kriterleri ile test edilmiştir. Yapılan çalışmada AR(1), AR(2) ve AR(3) modellerine bakıldığında AR(1) modeli uygun olduğu saptanmıştır. Hareketli Ortalama ve Otoregresif süreçte farklı kriterler için model seçimi değişiklik göstermiştir.

Ocak ayının parametreleri Tablo 4.5 de verilmiştir. Ocak ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.6 de belirlenmiştir.

Tablo 4. 4: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Ocak Ayı Model Parametreleri

Ocak	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
$\Phi 1$	0.4837	0.4172	0.3972	0.7012	0.9372
$\Phi 2$		0.1373	0.0763		
$\Phi 3$			0.1462		
$\Theta 1$				0.2899	0.3546
$\Theta 2$					0.3546

Tablo 4. 5: Işıklı Gölü Ocak Ayı Model Uygunluk Değerleri

Ocak	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.7661	0.8071	0.8151	0.7503	<u>0.0973</u>
AIC	8.9253	4.7888	2.384	-7.7768	<u>-89.5447</u>
AICC	6.6095	2.1402	0.7271	-5.1281	<u>-86.4336</u>
FPE	<u>0.8044</u>	0.8898	0.9438		

Şubat ayının parametreleri Tablo 4.7 de verilmiştir.Şubat ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında uygunluk Tablo 4.8 de göstermemiştir.

Tablo 4. 6:Işıklı Gölü Su Seviyeleri Şubat Ayı Model Parametreleri

Şubat	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
$\Phi 1$	0.3064	0.2979	0.2939	0.3885	1.4466
$\Phi 2$		0.0278	0.0144		
$\Phi 3$			0.1416		
$\Theta 1$				0.0907	0.5088
$\Theta 2$					0.5088

Tablo 4. 7: Işıklı Gölü Şubat Ayı Model Uygunluk Değerleri

Şubat	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.9061	0.9105	<u>0.8933</u>	0.9054	-
AIC	<u>-2.0414</u>	0.1558	1.3755	-0.0733	-
AICC	<u>0.2744</u>	2.8045	4.4866	2.5754	-
FPE	<u>0.9514</u>	1.0039	1.0344		

Mart ayının parametreleri Tablo 4.9 de verilmiştir.Mart ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında uygunluk Tablo 4.10 da görülmüştür.

Tablo 4. 8: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Mart Ayı Model Parametreleri

Mart	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
$\Phi 1$	0.3808	0.3739	0.3719	0.4219	1.0031
$\Phi 2$		0.0183	- 0.0229		
$\Phi 3$			0.1101		
$\Theta 1$				0.0480	0.4298
$\Theta 2$					0.4298

Tablo 4. 9: Işıklı Gölü Mart Ayı Model Uygunluk Değerleri

Mart	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.8550	0.8599	<u>0.8491</u>	0.8547	-
AIC	<u>-4.4242</u>	-2.1890	-0.7080	-2.4380	-
AICC	<u>-2.1084</u>	0.4597	2.4031	0.2107	-
FPE	<u>0.8977</u>	0.9481	0.9831		

Nisan ayının parametreleri Tablo 4.11 de verilmiştir. Nisan ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında Tablo 4.12 de en uygun model ARMA(1,1) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. 10: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Nisan Ayı Model Parametreleri

Nisan	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
$\Phi 1$	0.3537	0.3215	0.3075	0.5787	1.1323
$\Phi 2$		0.0910	0.0414		
$\Phi 3$			0.1542		
$\Theta 1$				0.2594	0.4788
$\Theta 2$					0.4788

Tablo 4. 11: Işıklı Gölü Nisan Ayı Model Uygunluk Değerleri

Nisan	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.8749	0.8883	0.8800	<u>0.8671</u>	-
AIC	3.4799	-0.8543	0.7567	<u>-1.8449</u>	-
AICC	<u>-1.1641</u>	1.7943	3.8678	0.8038	-
FPE	<u>0.9186</u>	0.9795	1.0189		

Mayıs ayının parametreleri Tablo 4.13 de verilmiştir. Mayıs ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında uygunluk Tablo 4.14 de görülmemiştir.

Tablo 4. 12: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Mayıs Ayı Model Parametreleri

Mayıs	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
$\Phi 1$	0.3054	0.2899	0.2791	0.4558	1.7964
$\Phi 2$		0.0506	- 0.0116		
$\Phi 3$			0.2148		
$\Theta 1$				0.1663	0.4664
$\Theta 2$					0.4664

Tablo 4. 13: Işıklı Gölü Mayıs Ayı Model Uygunluk Değerleri

Mayıs	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.9067	0.9134	<u>0.8759</u>	0.9043	-
AIC	<u>-2.0142</u>	0.2851	0.5662	-0.1225	-
AICC	<u>0.3016</u>	2.9337	3.6773	2.5262	-
FPE	<u>0.9521</u>	1.0071	1.0142		

Haziran ayının parametreleri Tablo 4.15 de verilmiştir. Nisan ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.16 da belirlenmiştir.

Tablo 4. 14: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Haziran Ayı Model Parametreleri

Haziran	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
$\Phi 1$	0.4145	0.3821	0.3804	0.5709	0.5942
$\Phi 2$		0.0782	0.0700		
$\Phi 3$			0.0216		
$\Theta 1$				0.1900	0.1604
$\Theta 2$					0.1604

Tablo 4. 15: Işıklı Gölü Haziran Ayı Model Uygunluk Değerleri

Haziran	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.8282	0.8479	0.8499	0.8229	<u>0.6152</u>
AIC	-5.7306	-2.7659	-0.6671	-3.9918	<u>-13.9158</u>

AICC	<u>-3.4148</u>	-0.1172	2.4440	-1.3431	10.8047
FPE	<u>0.8696</u>	0.9348	0.9841		

Temmuz ayının parametreleri Tablo 4.17 de verilmiştir. Temmuz ayında AR modelleri arasında AR(3) modele uygun olduğu Tablo 4.18 de belirlenmiştir.

Tablo 4. 16: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Temmuz Ayı Model Parametreleri

Temmuz	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Φ1	0.5980	0.6597	0.6705	0.4870	0.6757
Φ2		- 0.1033	- 0.1722		
Φ3			0.1045		
Θ1				-0.1747	0.0804
Θ2					0.0804

Tablo 4. 17: Işıklı Gölü Temmuz Ayı Model Uygunluk Değerleri

Temmuz	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.6424	0.5541	<u>0.5098</u>	0.6354	0.5364
AIC	-16.1428	-20.2093	<u>-21.6245</u>	-14.5964	-19.5343
AICC	-13.8270	-17.5606	<u>-18.5134</u>	-11.9477	-16.4232
FPE	0.6745	0.6109	<u>0.5903</u>		

Ağustos ayının parametreleri Tablo 4.19 de verilmiştir. Ağustos ayında AR modelleri arasında AR(3) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.20 de belirlenmiştir.

Tablo 4. 18: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Ağustos Ayı Model Parametreleri

Ağustos	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Φ1	0.5973	0.6489	0.6595	0.5044	0.7396
Φ2		- 0.0863	- 0.1665		
Φ3			0.1236		
Θ1				-0.1455	0.1425
Θ2					0.1425

Tablo 4. 19: Işıklı Gölü Ağustos Ayı Model Uygunluk Değerleri

Ağustos	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.6432	0.5715	0.5220	0.6383	<u>0.4353</u>

AIC	16.0935	-18.9369	-20.6498	-14.4064	<u>-28.1043</u>
AICC	-13.7777	-16.2883	-17.5387	-11.7578	<u>-24.9932</u>
FPE	0.6754	0.6301	<u>0.6045</u>		

Eylül ayının parametreleri Tablo 4.21 de verilmiştir. Eylül ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.22 de belirlenmiştir.

Tablo 4. 20: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Eylül Ayı Model Parametreleri

Eylül	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Φ1	0.4949	0.5098	0.5094	0.4489	0.4006
Φ2		- 0.0301	- 0.0238		
Φ3			- 0.0124		
Θ1				-0.0609	-0.0987
Θ2					-10.1325

Tablo 4. 21: Işıklı Gölü Eylül Ayı Model Uygunluk Değerleri

Eylül	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.7551	0.7392	0.7398	0.7544	<u>0.0081</u>
AIC	-9.5170	-8.3884	-6.3570	-7.5544	<u>-191.4652</u>
AICC	7.2013	-5.7398	-3.2459	-4.9057	<u>-188.3541</u>
FPE	<u>0.7929</u>	0.8150	0.8566		

Ekim ayının parametreleri Tablo 4.23 de verilmiştir. Ekim ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.24 de belirlenmiştir.

Tablo 4. 22: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Ekim Ayı Model Parametreleri

Ekim	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Φ1	0.5235	0.4668	0.4655	0.6736	0.6525
Φ2		0.1082	0.1025		
Φ3			0.0123		

Ø1				0.2093	0.1226
Ø2					0.1226

Tablo 4. 23: Işıklı Gölü Ekim Ayı Model Uygunluk Değerleri

Ekim	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.7260	0.7703	0.7726	0.7171	<u>0.5575</u>
AIC	-11.1308	-6.6974	-4.5752	-9.6357	<u>-17.9588</u>
AICC	-8.8150	-4.0487	-1.4641	-6.9871	<u>-14.8477</u>
FPE	<u>0.7623</u>	0.8494	0.8946		

Kasım ayının parametreleri Tablo 4.25 de verilmiştir. Kasım ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.26 da belirlenmiştir.

Tablo 4. 24: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Kasım Ayı Model Parametreleri

Kasım	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Ø1	0.6416	0.6047	0.6061	0.6943	0.6555
Ø2		0.0575	0.0722		
Ø3			- 0.0243		
Ø1				0.0899	0.0157
Ø2					0.0157

Tablo 4. 25: Işıklı Gölü Kasım Ayı Model Uygunluk Değerleri

Kasım	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.5884	0.6310	0.6268	0.5864	<u>0.5700</u>
AIC	<u>-19.7468</u>	-14.8768	-13.1495	-17.8836	-17.0476
AICC	<u>-17.4310</u>	-12.2282	-10.0384	-15.2350	-13.9364
FPE	<u>0.6178</u>	0.6957	0.7258		

Aralık ayının parametreleri Tablo 4.27 de verilmiştir. Aralık ayında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,1) olarak Tablo 4.28 de belirlenmiştir.

Tablo 4. 26: Işıklı Gölü Su Seviyeleri Aralık Ayı Model Parametreleri

Aralık	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Φ_1	0.6460	0.7197	0.7309	0.5430	0.6710
Φ_2		- 0.1141	- 0.1849		
Φ_3			0.0984		
Θ_1				-0.1790	0.0281
Θ_2					0.0281

Tablo 4. 27: Işıklı Gölü Aralık Ayı Model Uygunluk Değerleri

Aralık	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.5827	0.4690	<u>0.4219</u>	0.5749	0.5489
AIC	-20.1420	-27.0395	<u>-29.3850</u>	-18.6970	-18.5898
AICC	-17.8262	-24.3908	<u>-26.2739</u>	-16.0483	-15.4786
FPE	0.6119	0.5172	<u>0.4885</u>		

1981-2022 yıllarındaki parametreleri Tablo 4.29 de verilmiştir. 1981-2022 yıllarında AR modelleri arasında AR(1) modele uygun olduğu belirlenmiştir. Hareketli ortalama ve otoregresif modeller arasında ise en uygun model ARMA(1,2) olarak Tablo 4.30 da belirtilmiştir.

Tablo 4. 28: Işıklı Gölü Su Seviyeleri 1981-2022 yıllarının Model Parametreleri

1981-2022 Yılları	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Φ_1	0.5192	0.5316	0.5326	0.4859	0.6138
Φ_2		- 0.0237	- 0.0478		
Φ_3			0.0453		

θ1				-0.0457	0.0912
θ2					0.0912

Tablo 4. 29: Işıklı Gölü 1981-2022 yıllarının Model Uygunluk Değerleri

1981-2022 Yılları	AR1	AR2	AR3	ARMA(1,1)	ARMA(1,2)
Varyans	0.7304	0.7169	0.7120	0.7300	<u>0.6130</u>
AIC	-10.8811	-9.6464	7.9287	-8.9042	<u>-14.0626</u>
AICC	-8.5653	-6.9977	-4.8176	-6.2556	<u>-10.9515</u>
FPE	<u>0.7669</u>	0.7904	0.8244		

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Denizli ili- Çivril ilçesindeki Işıklı Gölü'nün göl su seviyesi verilerine Lineer Regresyon ve Mann-Kendall testi eğilim (trend) analizi uygulanmıştır. Ocak ayı, artan yönde; Ağustos ve Temmuz aylarında azalan yönde anlamlı bir eğilim saptanmıştır. Diğer aylarda herhangi bir anlamlı eğilim bulunmamıştır. Işıklı gölü göl su seviyesi kotları için olasılık dağılımları ve uygunluk testleri yapılmıştır. Veriler Eksponansiyel dağılım dışında diğer dağılımlara uygunluk göstermiştir. Dağılımlara uygunluk, stokastik modelleme yapılabileceğini göstermiştir. Stokastik modelleme için Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon değerleri hesaplanmıştır. Doğrusal İçsel Bağımlı AR(1), AR(2), AR(3) içerisinde en uygunu AR(1) model olduğu saptanmıştır. İncelenen tüm modeller içinde ARMA(1,2) modeline uygun olduğu saptanmıştır. Geleceğe yönelik tahminlerde sentetik veri üretilip tahminler yapılabilir bununla birlikte Işıklı gölü ve diğer göller için değişimler gözlenebilir. Göl seviyelerindeki değişimin öngörülmesi ve gerekli önlemlerin alınması hedeflenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Cengiz, T. M. ve Kahya, E., "Türkiye Göl Su Seviyelerinin Eğilim ve Harmonik Analizi", İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 5(3), 215–224, (2006).
- Belle, G. V. ve Hughes, J. P., "Non-parametric tests for trend in water quality", Water Resour. Res., 20, 127-136, (1984).
- Yu, Y. S., Zou, S. ve Whittemore, D., "Non parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas" J. of Hydrol., 150, 61-80, (1993).
- Helsel, D. R. ve Hirsch, R. M., "Statistical methods in water resources", Elsevier, Reston, (1992).
- Bayazıt, M., Cıgızoğlu, H. K. ve Önöz, B., "Türkiye Akarsularında Trend Analizi", Türkiye mühendislik haberleri ,sayı 420-421-422, (2002).
- Büyükyıldız, M. ve Yılmaz, V., "Türkiyede'ki Bazı Göllerin Su Seviyesi Değişimlerinin İncelenmesi", e-Journal of New World Sciences Academy, 6(4), 1061-1073, (2011).
- Çeribasi, G. Doğan, E. ve Sönmez, O., "İznik Gölü'nün Yıllık Göl Su Seviyelerinin Trend Analizi Yöntemi ile Değerlendirilmesi", III. Uluslararası Su Kongresi, Bursa, Türkiye, (2013).
- Ehteram, M., Ferdowsi, A., Faramarzpour, M., Al-Janabi, A. M. S., Al-Ansari, N., Bokde, N. D. ve Yaseen, Z. M., "Hybridization of artificial intelligence models with nature inspired optimization algorithms for lake water level prediction and uncertainty analysis", Alexandria Eng. Jour., 60(2), 2193-2208, (2021).
- Sehatzadeh, M., Saelthun, N. R. ve Roti, J. A., "A stochastic hydrological model for regulation of lake Malawi Shire River System", Hydropower Conf., Morocco, Africa, (2017).
- İçağa, Y., Yurtçu, Ş. ve Ulutürk, Y., "Yeraltı Suyu Seviye Değişiminin Stokastik Modellemesi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11-2,180-186, (2007).

Yurtçu, Ş., “Eber Gölü Su Seviye Değişiminin Bulanık Mantıkla Modellenmesi”, Teknoloji, 9(1), 67-77, (2006).

Esental, H., “Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Bulunması”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, (2007).

Arslan, H., Üneş, F., Demirci, M., Taşar, B. ve Yılmaz, A., “Keban Baraj Gölü Seviye Değişiminin ANFIS ve Destek Vektör Makineleri ile Tahmini”, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(2), 71-77, (2020).

Ebtehaj, I., Bonakdari, H. ve Gharabaghi, B., “A reliable linear method for modeling lake level fluctuations”, Journal of Hydrology, 570, 236-250, (2019).

Batur, E., Kadioğlu, M., Özkaya, M., Saban, M. ve Akin, İ., “Van Gölü Su Seviye Modellenmesi”, Su Kaynakları, 2(1), 27-40, (2009).

Bahadır, M., “A statistical analysis of the level changes of Kovada lake. Journal of Turkish studies”, International Periodical For the Languages, 3(7), 441-452, (2012).

Zhu, S., Hrnjica, B., Ptak, M., Choiński, A. ve Sivakumar, B., “Forecasting of water level in multiple temperate lakes using machine learning models”, Journal of Hydrology, vol. 585, 124-819, (2020).

Hassanzadeh, E., Zarghami, M. ve Hassanzadeh, Y., “Determining the main factors in declining the Urmia lake level by using system Dynamics Modeling”, Water Resources Manag., 26(1), 129-145, (2012).

Çobaner, M., Babayiğit, E. ve Babayiğit, B., “Meteorolojik Veriler Kullanılarak Yeraltı Su Seviyesinin Genetik Programlama İle Tahmini”, Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(2), 177-187, (2016).

Rodgers, M., Titus, P., Ishmael, B. M. K. and Chikumbusko, C. K., “Application of stochastic models in predicting Lake Malawi water levels”, International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, 9(9), 191-200, (2017).

Frolov, A. V. ve Vyruchalkina, T. Yu., “Assessing the Effect of the Stochastic Structure of Inflow into Lake Baikal on the Long-Term Level Regime of the Lake”, *Water Resources*, 47(1), 22-28, (2020).

Keskin, M. E. ve Taylan, E. D., "Orta Akdeniz Havzasındaki Akımların Stokastik Modellemesi", *İMO Teknik Dergi*, 4271-4291, (2007).

Shafaei, M. and Kisi, O., "Lake Level Forecasting Using Wavelet-SVR, Wavelet-ANFIS and Wavelet-ARMA Conjunction Models", *Water Resources Management*, 30(1), 79-97, (2016).

Vaheddoost, B., “Regressive Stochastic Models For Lake Urmia Water Level”, , Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2017).

Azeze, M., Eckstädt, H. ve Seleshi, Y., " Assessing reliabilities of multipurpose reservoir using stochastic modeling and scenario based simulations of net inflows: the case of Lake Tana, Ethiopia", *National Conference on Science, Technology and Innovations for Prosperity of Ethiopia*, vol. 1, (2012).

Teltik, İ., “Van Gölü Su Seviyesinin Stokastik Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2008).

Bozkurt, E., “Köyceğiz Lagünü’ndeki Su Seviyesi Değişiminin Zaman Serisi Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2003).

Peprah, M. S., “Lake water level prediction model based on artificial intelligence and classical techniques – an empirical study on Lake Volta Basin, Ghana”, *IJESKA*, 3(2), 134-150, (2021).

Cao, Y., Fu, C., Wang, X., Dong, L., Yao, S., Xue, B. ve Wu, H., “Decoding The Dramatic Hundred-Year Water Level Variations Of A Typical Great Lake In Semi-Arid Region Of Northeastern Asia”, *Science of the Total Environment* , vol. 770, (2021).

Emami, H. ve Zarei, A., “Modelling lake water’s surface changes using environmental and remote sensing data: a case study of Lake Urmia”, Remote Sensing Applications: Society and Environment, vol. 23, (2021).

Çağlayan, E.B., Erel, F., Samur, E.B., Deniz, M., Mobariz, M.A. ve Kaplan, G., “Uzaktan Algılama Teknikler ile Akşehir Gölü’ndeki Alansal Değişiminin İzlenmesi”, Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 2(2), 70-76, (2020).

Damla, Y., “Yalova Gökçe Barajının Su Seviyesinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmin Edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırklareli, (2020).

Yarar, A., “Beyşehir Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, (2004).

El-Mahdy, M. E. S., El-Abd, W. A. ve Morsi, F. I., “Forecasting lake evaporation under a changing climate with an integrated artificial neural network model: A case study Lake Nasser, Egypt”, Journal of African Earth Sciences, vol.179, (2021).

Güneş, M., “Sultan Sazlığı Göl Su Seviyelerinin Yapay Sinir Ağı- Dalgacık Modeli İle Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, (2010).

Li, Y. L., Zhang, Q., Werner, A. D. ve Yao, J., “Investigating a complex lake-catchment-river system using artificial neural networks: Poyang Lake (China)”, Hydrology Research, 46(6), 912-928, (2015).

Young, C. C., Liu, W. C. ve Hsieh, W. L., “Predicting the water level fluctuation in an Alpine Lake Using Physically Based, Artificial Neural Network, and Time Series Forecasting Models”, Mathematical Problems in Engineering, vol.1-11, Hindawi, (2015).

Abu Salam, Z.K.A., “Yapay Sinir Ağları İle Dibis Barajı’nın Seviye Tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, (2018).

Bhave, A. G., Bulcock, L., Dessai, S., Conway, D., Jewitt, G., Dougill, A. J., Kolusu, S. R. ve Mkwambisi, D., “Lake Malawi’s threshold behaviour: A stakeholder-informed model to simulate sensitivity to climate change”, *Journal of Hydrology*, vol. 584, (2020).

Marzhan, B., “What is the future for Central Asian endorheic lakes? A water balance model for Shortandy Lake, Burabay National Nature Park, Kazakhstan”, Thesis submitted to The University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy, vol. 375, (2020).

Mercan, D.E., “Beyşehir Gölü’nün Hidrodinamik Modellemesi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).

Soares, L. M. V. ve Calijuri, M. C., “Deterministic modelling of freshwater lakes and reservoirs: Current trends and recent progress”, *Environmental Modelling & Software*, vol. 144, (2021).

Dabanlı, İ., “Türkiye’de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2017).

Hoşgören, M., “Türkiye’nin gölleri.” *Türk Coğrafya Dergisi*, 0(29), 19-51, (2014).

Doğu A.F., ve Altan Aydın F., “Göllerde Seviye Değişimleri ve Nedenleri: Van Gölü Örneği” *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 183-208, Van, (2018).

Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., ve Cavadias, G. “ The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series.” *Hydrological processes*, 16(9), 1807-1829, (2002).

Bayazıt, M. ve Oğuz, B., “Mühendisler için İstatistik”, Birsan Yayınevi, İstanbul, (1994).

Bulut H., Yeşilata B. ve Yeşilnacar M.İ., “Atatürk Baraj Gölünün Bölge İklimi Üzerine Etkisinin Trend Analizi İle Tespiti”, GAP, V. Mühendislik Kongresi, (2006).

Fisher, R.A., "The goodness of fit of regression formüle and the distribution of regression coefficients", J. Royal Statist. Soç., 85, 597-612,(1922).

Mann, H.B., "Nonparametric Tests Against Trend", The Econometric Society, Econometrica , Jul., 1945, Vol. 13, No. 3,245-259, (1945).

Kendall M. G., " Rank Correlation Methods" , No. 3, 35, Griffin, University of Michigan, London, (1948).

İçağa, Y., "Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods" Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 143, İzmir, (1994).

Sen, P.K., "Estimates of the Regression Coefficient based on Kendall's Tau." Journal of the American Statistical Association, 63, 1379-1389, (1968).

Bai, X., Yu, W., Ji, W. et al. "Early versus delayed administration of norepinephrine in patients with septic shock." Crit Care 18, 532 (2014).

Partal T., "Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2003).

Yenigün, M., Gumus, V. veBulut, H., "Trends in Streamflow Of The Euphrates Basin", water management, 161(2), 189-198, (2008).

Yue, S., Pilon, P. ve Cavadias, G., "Power of The Mann-Kendall And Spearman's Rho Tests For Detecting Monotonic Trends in Hydrological Series", Journal of Hydrology, 259, 254-271, (2002).

Hogg, R. V. ve Craig, A. T., " Introduction to Mathematical Statistics" , 4th ed. New York: Macmillan, (1978).

Gumbel, E.J., " Statistics of Extremes" Columbia University Press, New York, (1958).

Anderson, T. W. ve Darling, D. A., "A test of goodness of fit. Journal of the American Statistical Association", 49, 765–769, (1954).

Pettit, A. N. ve Stephens, M. A., "K-Sample Anderson-Darling Tests" Vol. 82, No. 399, 918-924, (1974,1976).

Sharifi, H. ve Zhang, Z., "A Methodology for Achieving Agility in Manufacturing Organizations: An Introduction. International Journal of Production Economics", 62, 7-22, (1999).

Box, G. E. P., ve Jenkins, G.M., "Time series analysis: Forecasting and control", Holden-Day, San Francisco, (1976).

Beyazıt, M., "Hidrolojide İstatistik Yöntemler." İstanbul Teknik Üniversitesi, No. 1197, 224 s., İstanbul, (1981).

Bacanlı Ü.G., "Türkiye’de enerji kaynakları ve hidroelektrik enerjinin önemi", No. 10, 27-30s., Türkiye, (2006).

Kadılar, C., "Vektör Otoregresyon Modellerinde Belirleme Sorunu", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 23-24, (2000).

İnternet: Burnham, K.P. ve Anderson, D.R., "Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach" [http://site.ebrary.com/lib/gazi/docDetail.action?docID=10047705&p00=burnham % 20multimodel%20inference](http://site.ebrary.com/lib/gazi/docDetail.action?docID=10047705&p00=burnham%20multimodel%20inference), (2002).

Burnham, K.P. ve Anderson, D.R., "Multimodel Inference Understanding AIC and BIC in Model Selection" Sociological Methods & Research, 33: 261-304 (2004).

Bayazıt, M. ve Önöz, B., "Taşkın ve kuraklık hidrolijisi", Nobel yayın dağıtım, Ankara, (2008).

Sen, P.K., "Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall’s Tao", No. 63, 1379-1389, (1968).

Gao, L.L. ve Bai, X.S., “A Unified Perspective on the Factors Influencing Consumer Acceptance of Internet of Things Technology” *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 26, 211-231, (2014).

Maidment, D. R., “Developing a spatially distributed unit hydrograph by using GIS.” (1993).

EKLER

7. EKLER

EK 1 Tablo(7.1) : Işıklı Gölü Su Kotunun Dağılım Parametreleri

		PARAMETRE DEĞERLERİ
Ocak	Normal Dağılım	$\sigma=0.60036 \quad \mu=818.62$
	Log-Normal	$\sigma=7.2442E-4 \quad \mu=6.7076$
	Gamma	$\alpha=1.8593E+6 \quad \beta=4.4028E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.4681 \quad \mu=818.89$
	Log-Pearson	$\alpha=142.67 \quad \beta=-6.1403E-5 \quad \gamma=6.7164$
Şubat	Normal Dağılım	$\sigma=0.5278 \quad \mu=819.02$
	Log-Normal	$\sigma=6.3658E-4 \quad \mu=6.7081$
	Gamma	$\alpha=2.4079E+6 \quad \beta=3.4014E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.41153 \quad \mu=819.26$
	Log-Pearson	$\alpha=55.457 \quad \beta=-8.6544E-5 \quad \gamma=6.7129$
Mart	Normal Dağılım	$\sigma=0.51821 \quad \mu=819.4$
	Log-Normal	$\sigma=6.2472E-4 \quad \mu=6.7086$
	Gamma	$\alpha=2.5002E+6 \quad \beta=3.2773E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.40404 \quad \mu=819.63$
	Log-Pearson	$\alpha=47.307 \quad \beta=-9.1957E-5 \quad \gamma=6.7129$
Nisan	Normal Dağılım	$\sigma=0.54137 \quad \mu=819.8$
	Log-Normal	$\sigma=6.5233E-4 \quad \mu=6.7091$
	Gamma	$\alpha=2.2931E+6 \quad \beta=3.5750E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.4221 \quad \mu=820.04$
	Log-Pearson	$\alpha=33.288 \quad \beta=-1.1447E-4 \quad \gamma=6.7129$
Mayıs	Normal Dağılım	$\sigma=0.54715 \quad \mu=820.12$
	Log-Normal	$\sigma=6.5910E-4 \quad \mu=6.7094$
	Gamma	$\alpha=2.2467E+6 \quad \beta=3.6504E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.42661 \quad \mu=820.36$
	Log-Pearson	$\alpha=11.146 \quad \beta=-1.9987E-4 \quad \gamma=6.7117$
Haziran	Normal Dağılım	$\sigma=0.61096 \quad \mu=820.04$
	Log-Normal	$\sigma=7.3608E-4 \quad \mu=6.7094$
	Gamma	$\alpha=1.8016E+6 \quad \beta=4.5519E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.47636 \quad \mu=820.31$
	Log-Pearson	$\alpha=8.1905 \quad \beta=-2.6039E-4 \quad \gamma=6.7115$

EK 1 devamı Tablo(7.1 Devamı): 1981-2022 Yılları Arasındaki Işıklı Gölü Su Kotunun Dağılım Parametreleri

Temmuz	Normal Dağılım	$\sigma=0.8071 \quad \mu=819.4$
	Log-Normal	$\sigma=9.7310E-4 \quad \mu=6.7086$
	Gamma	$\alpha=1.0307E+6 \quad \beta=7.9498E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.62929 \quad \mu=819.77$
	Log-Pearson	$\alpha=20.162 \quad \beta=-2.1941E-4 \quad \gamma=6.713$
Ağustos	Normal Dağılım	$\sigma=0.83539 \quad \mu=818.46$
	Log-Normal	$\sigma=0.00101 \quad \mu=6.7074$
	Gamma	$\alpha=9.5986E+5 \quad \beta=8.5268E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.65135 \quad \mu=818.83$
	Log-Pearson	$\alpha=20.086 \quad \beta=-2.2780E-4 \quad \gamma=6.712$
Eylül	Normal Dağılım	$\sigma=0.70487 \quad \mu=817.79$
	Log-Normal	$\sigma=8.5135E-4 \quad \mu=6.7066$
	Gamma	$\alpha=1.3461E+6 \quad \beta=6.0754E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.54959 \quad \mu=818.11$
	Log-Pearson	$\alpha=9040.3 \quad \beta=-9.0653E-6 \quad \gamma=6.7886$
Ekim	Normal Dağılım	$\sigma=0.69632 \quad \mu=817.64$
	Log-Normal	$\sigma=8.4109E-4 \quad \mu=6.7064$
	Gamma	$\alpha=1.3788E+6 \quad \beta=5.9301E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.54292 \quad \mu=817.95$
	Log-Pearson	$\alpha=64.695 \quad \beta=1.0587E-4 \quad \gamma=6.6996$
Kasım	Normal Dağılım	$\sigma=0.6318 \quad \mu=817.83$
	Log-Normal	$\sigma=7.6302E-4 \quad \mu=6.7067$
	Gamma	$\alpha=1.6756E+6 \quad \beta=4.8809E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.49262 \quad \mu=818.12$
	Log-Pearson	$\alpha=314.29 \quad \beta=4.3574E-5 \quad \gamma=6.693$
Aralık	Normal Dağılım	$\sigma=0.55845 \quad \mu=818.18$
	Log-Normal	$\sigma=6.7415E-4 \quad \mu=6.7071$
	Gamma	$\alpha=2.1465E+6 \quad \beta=3.8117E-4$
	Exp	$\lambda=0.00122$
	Gumbel	$\sigma=0.43542 \quad \mu=818.43$
	Log-Pearson	$\alpha=420.82 \quad \beta=3.3272E-5 \quad \gamma=6.6931$

Tablo7.1’de Işıklı göl su seviyelerinin aylık parametre değerleri verilmiştir. Her bir dağılım için parametreler hesaplanmış ve Tablo7.1 de gösterilmiştir.

EK 1 Tablo(7.2):1981-2022 Yılları Arasında Görülen Aylık Ortalama Değerlerinin Uygunluk Testi Sonuçları

UYGUNLUK TESTLERİ		r_{kr}		r_h					
		$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.05$	Normal	Log-Normal	Gamma	Exp.	Gumbel	Log-Pearson
<u>Ocak</u>	K S	0.187	0.208	0.112	0.115	0.112	0.632	0.105	0.109
	χ^2	7.79	9.488	2.258	2.271	2.258	21370.0	1.655	1.501
	A D	1.929	2.502	0.579	0.610	0.580	18.779	0.693	0.505
<u>Şubat</u>	K S	0.187	0.207	0.117	0.114	0.112	0.637	0.137	0.106
	χ^2	7.79	9.488	1.851	1.922	1.850	43344.0	5.472	1.537
	A D	1.928	2.501	0.654	0.686	0.655	18.782	0.765	0.557
<u>Mart</u>	K S	0.187	0.208	0.087	0.081	0.082	0.631	0.081	0.063
	χ^2	9.236	11.070	1.453	1.454	1.453	37329.0	1.243	1.973
	A D	1.928	2.502	0.312	0.326	0.313	18.783	0.368	0.199
<u>Nisan</u>	K S	0.187	0.207	0.106	0.105	0.106	0.631	0.092	0.086
	χ^2	6.251	7.815	1.072	7.121	1.073	38999.0	3.464	3.590
	A D	1.928	2.502	0.397	0.416	0.398	18.782	0.548	0.297
<u>Mayıs</u>	K S	0.181	0.207	0.142	0.143	0.142	0.631	0.083	0.104

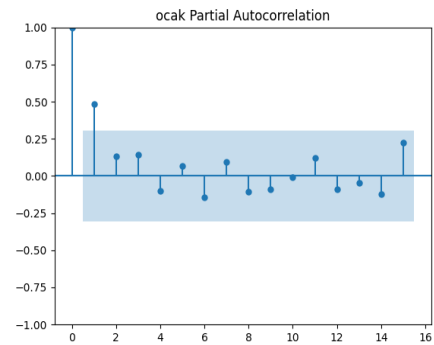
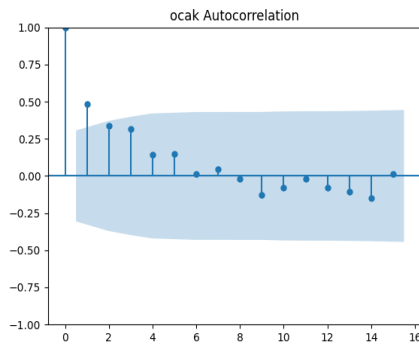
		8 7							
	χ^2	6. 2 5 1	7.8 15	1.7 24	1.712	1.72 4	404 41. 0	2.14 6	2.24 4
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.7 43	0.762	0.74 4	18. 782	0.47 3	0.45 4
<u>Haziran</u>	K S	0. 1 8 7	0.2 07	0.1 28	0.130	0.12 8	0.6 31	0.12 2	0.10 9
	χ^2	7. 7 7 9	9.4 88	3.5 64	4.629	3.56 2	258 95.	0.79 4	0.88 9
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.9 52	0.977	0.95 3	18. 779	0.59 4	0.56 5
<u>Temmuz</u>	K S	0. 1 8 6	0.2 07	0.1 02	0.102 6	0.10 3	0.63 1	0.0 84	0.07 9
	χ^2	7. 7 7 9	9.4 87	4.6 54	4.658	4.65 4	210 56.	1.2 52	3.83 5
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.5 46	0.567	0.54 7	18.7 70	0.4 25	0.32 4
<u>Ağustos</u>	K S	0. 1 8 7	0.2 07	0.1 17	0.119	0.11 7	0.63 1	0.1 23	0.10 9
	χ^2	7. 7 7 9	9.4 87 7	2.7 32	2.834	2.72 9	160 29.	4.6 25	0.76 8
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.7 49	0.781	0.75 0	18.7 69	0.7 32	0.57 9
<u>Eylül</u>	K S	0. 6 3	0.2 07	0.0 91	0.094	0.09 1	0.6 31	0.11 9	0.09 1
	χ^2	9. 2 3 6	11. 07 0	0.4 93	0.536	0.49 3	268 02. 0	2.83 36	0.49 3
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.3 40	0.366	0.34 0	18. 774	1.07 1	0.33 9
<u>Ekim</u>	K S	0. 1 8 6	0.2 07	0.0 88	0.091	0.08 8	0.6 31	0.15 4	0.08 9
	χ^2	9. 2 3 6 4	11. 07 0	0.8 63	0.907	0.86 3	221 00. 0	2.30 2	1.82 6

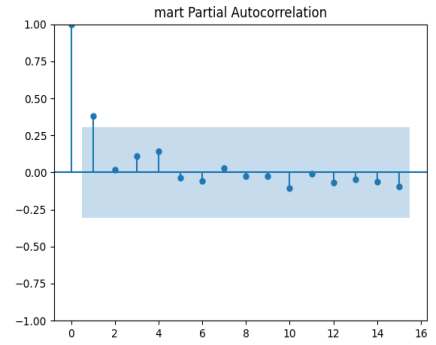
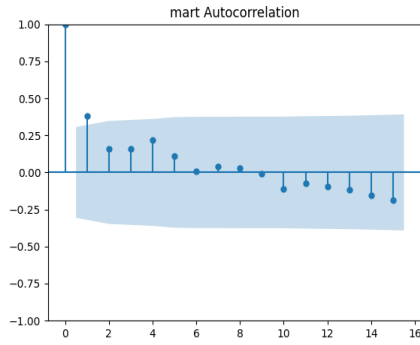
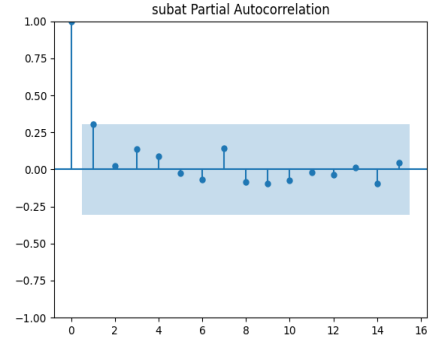
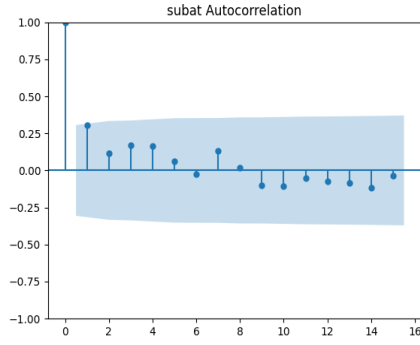
	A D	1. 9 2 8	2.5 01	0.4 02	0.427	0.40 1	18. 774	1.70 2	0.35 2
Kasım	K S	0. 1 8 6	0.2 07	0.0 96	0.097	0.09 6	0.6 31	0.15 8	0.09 8
	χ^2	7. 7 7 9	9.4 87	3.3 49	3.459	3.34 9	264 19. 0	9.29 7	3.81 4
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.5 26	0.558	0.52 6	18. 777 0	1.54 6	0.51 1
Aralık	K S	0. 1 8 6	0.2 07	0.0 74	0.077	0.07 4	0.6 31	0.09 9	0.07 5
	χ^2	9. 2 3 6	11. 07 0	1.4 85	1.524	1.48 5	363 12. 0	1.29 9	2.47 7
	A D	1. 9 2 8	2.5 02	0.2 37	0.254	0.23 7	18. 78	0.83 4	0.25 1

Tablo7.2 de Işıklı gölü su seviyesi kotları için aylık veriler ile olasılık dağılımlarına Kikare, Anderson-darling ve Kolmogrov-Smirnov statik değerleri hesaplanmıştır.

EK 3

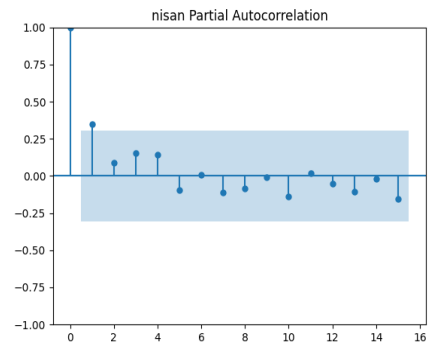
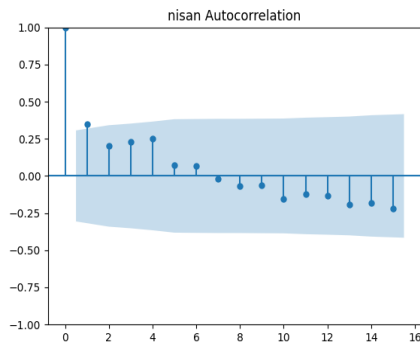
Python ile analiz edilen Ocak, Şubat ve Mart Aylarında Görülen Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri verilmiştir.

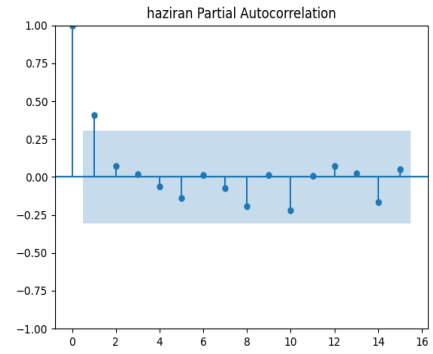
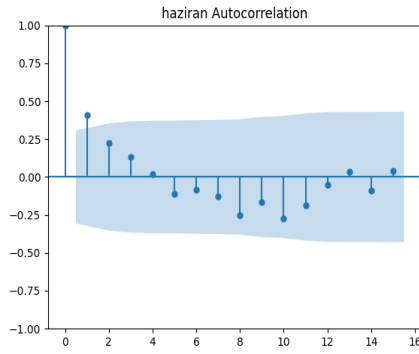
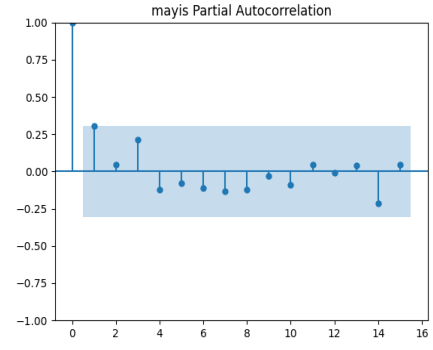
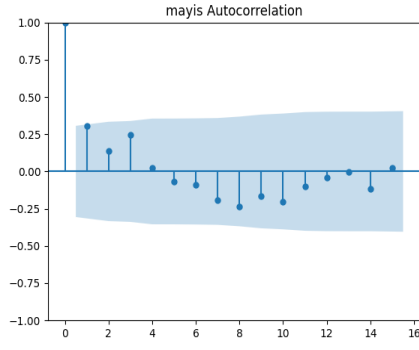




EK4

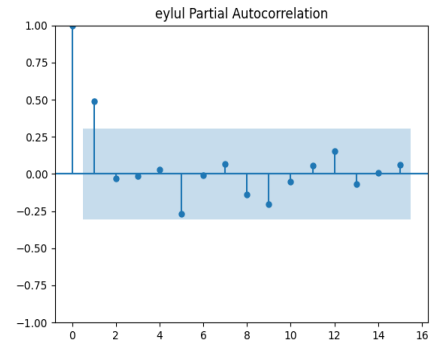
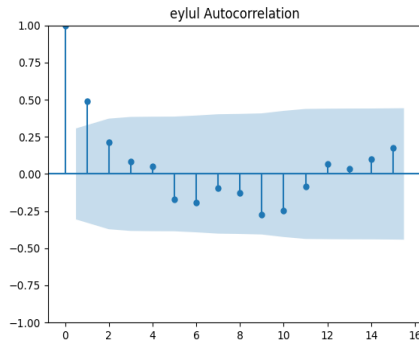
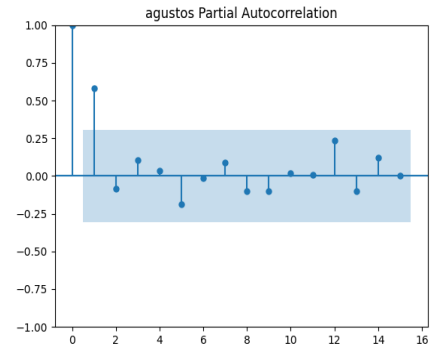
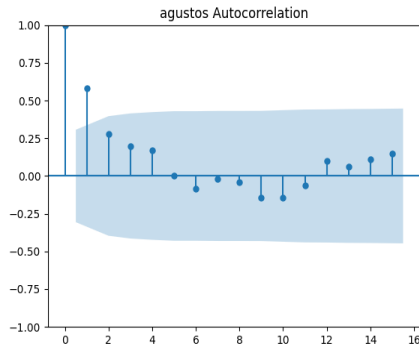
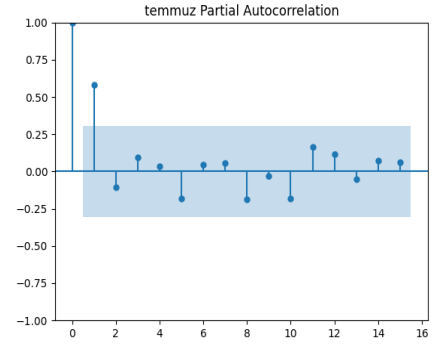
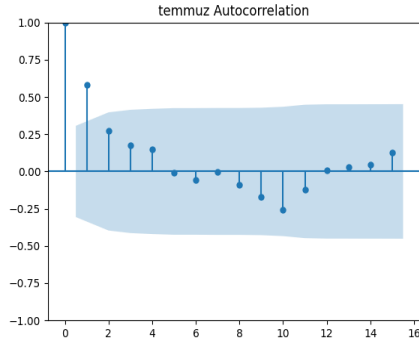
Python ile analiz edilen Nisan, Mayıs ve Haziran Aylarında Görülen Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri





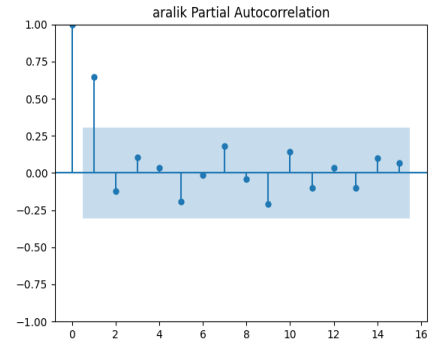
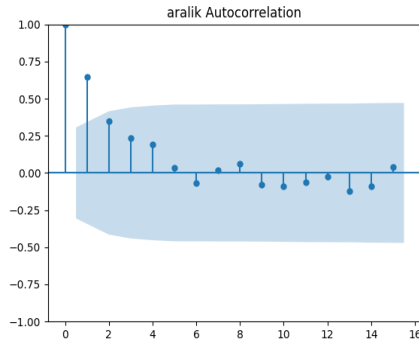
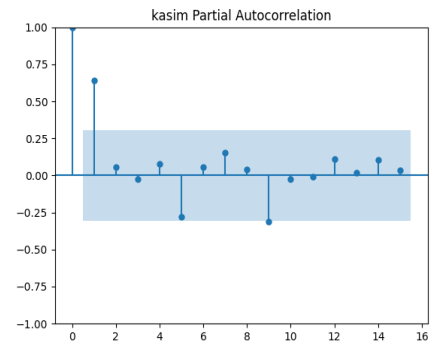
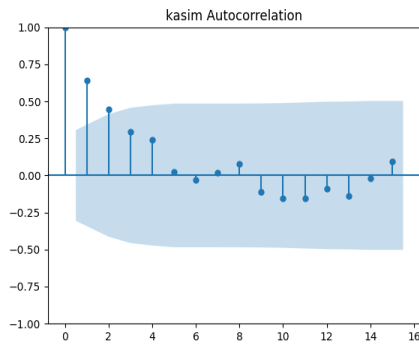
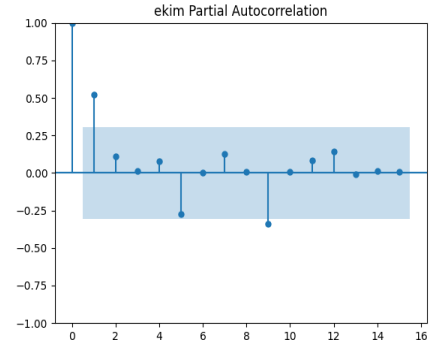
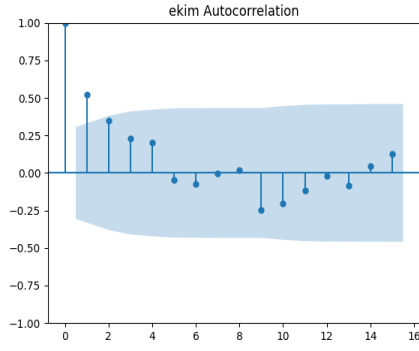
EK5

Python ile analiz edilen Temmuz, Ağustos ve Eylül Aylarında Görülen Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri



EK2

Python ile analiz edilen Ekim, Kasım ve Aralık Aylarında Görülen Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri



EK3

Python ile analiz edilen 1981-2022 yıllarının Aylık Ortalamalarının Otokorelasyon ve Kısmi Otokorelasyon Grafikleri

