



GÖL SEVİYE TAHMİNİ: EĞİRDİR GÖLÜ

M. Erol KESKİN¹, Yusuf Rona AKSOY^{1*}, Ali Soner AKSOY¹, Barış YILMAZKOÇ¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Eğirdir Gölü
Göl hacmi
Göl su seviyesi
Mann-Kendall eğilim testi
Regresyon analizi

Özet

Bu çalışmada 1986-2016 yılları arası Eğirdir Gölü su seviyesi ve göl hacmi aylık zaman serilerinin istatistik analizi yapılmıştır. Göl su seviyesinde ve göl hacminde gözlem süresi boyunca herhangi bir eğilim olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Mann-Kendall eğilim testi ve basit doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Eğirdir Gölü, gözlem süresi boyunca belli dönemlerde azalma ve artma şeklinde eğilimler içine girmiştir. Gözlem süresi bir bütün olarak ele alındığında ise her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artma eğilimi belirlenmiş ise de göl su seviyesinde ve hacminde belirgin bir artış olmadığı sonucuna varılmıştır.

WATER LEVEL ESTIMATION: LAKE EĞİRDİR

Keywords

Lake Eğirdir
Lake storage
Lake water level
Mann-Kendall trend test
Regression analysis

Abstract

In this study, monthly lake water level and storage volume of Lake Eğirdir are statistically analysed for the period of 1986-2016. It is aimed to determine if a trend exists or not through the observation period. For this aim, the Mann-Kendall trend test and simple linear regression are used. It is observed that Lake Eğirdir experiences increasing and decreasing trends in the observation period. A non-significant increasing trend is determined when the whole observation period is taken into account. Therefore, it is concluded that no significant trend is available in the water level and storage volume of Lake Eğirdir.

Alıntı / Cite

Keskin M.E., Aksoy Y.R., Aksoy A.S., Yılmazkoç B. (2017), Göl Seviye Tahmini: Eğirdir Gölü, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(3), 601-608.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

M. Erol KESKİN - 0000-0003-3749-5169
Yusuf Rona AKSOY - 0000-0003-0995-1024
Ali Soner AKSOY -
Barış YILMAZKOÇ -

| | |
|----------------------------------|------------|
| Başvuru Tarihi / Submission Date | 28.09.2017 |
| Revizyon Tarihi / Revision Date | 14.11.2017 |
| Kabul Tarihi / Accepted Date | 22.11.2017 |
| Yayın Tarihi / Published Date | 21.12.2017 |

1. Giriş

Yaşam kaynağı olan su kütlelerindeki değişimler, uzun araştırmalar yapılması ihtiyacını doğurmuştur. İnsanlık yaşamı su kaynakları ile içli dışlıdır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının miktar ve kalitesi üzerinde araştırmalar yoğunlaşmış, göl gibi kapalı su havzalarının depolama olanakları önem kazanmıştır (Teltik vd., 2008). Dünya'daki çok sayıda gölün su seviyesinde çeşitli nedenlerle gözle görülen iniş ve çıkışlar tespit edilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, göl su seviyesindeki değişime etki eden

sebeplerin iklim değişikliği, meteorolojik ve hidrolojik özellikler (yağış, buharlaşma, akış vs.), ozon tabakasındaki değişimler ve tektonik hareketlilikler düşünülmektedir (Teltik vd., 2008).

Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de değişik bölgelerde durgun haldeki su kütlelerinde, özellikle göllerin su seviyelerinde meydana gelen yükselme veya düşmelerin çok yönlü bir şekilde incelenmesi araştırma konularından biridir. Bu nedenle araştırmacılar, göl su seviyesi tahmininde kullanılan

* İlgili yazar / Corresponding author: ronaaksoy94@gmail.com, +90-538-938-7048

mevcut yöntemleri düzenlemekte veya alternatif tahmin yöntemleri geliştirmektedir.

Son dönemde ortaya çıkan küresel ısınma nedeniyle Türkiye, Dünya'da kısa veya uzun süreli iklim değişikliklerinin yaşanabileceği hassas ülkelerden birisidir. Göl su seviyelerinde buna bağlı olarak da değişimler gözlenebilir. Dünya'da belli başlı göllerin kuruması (Orta Asya'daki Aral Gölü gibi) veya kurumaya yüz tutması (İran'daki Urmıye Gölü gibi) ile birlikte göllerdeki su seviyesi değişimlerinin incelenmesi önem kazanmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, Göller Bölgesi'ndeki Eğirdir Gölü'nün su seviyesinin incelenmesi, göl su seviyesinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Eğirdir Gölü su seviyesine ait aylık veriler analiz edilmiş, Mann-Kendall eğilim testi ve doğrusal regresyon kullanılarak göl su seviyesinde bir eğilim olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Mather (1961) tarafından yapılan çalışmada, Kuzey Amerika'daki Erie Gölü'nde 1958-1963 yılları arasında su seviyesinde 1 m civarında ani yükselme ve ardından ani alçalma gözlenmiştir. Bu değişimin göl havzasına düşen yağış, havzada meydana gelen buharlaşma ve havzada gerçekleşen akıştan kaynaklandığı; artan yağış ve akışın göl su seviyesini yükselttiği, buharlaşmanın su seviyesini azalttığı belirlenmiş; yani göl su seviyesi hidrolojik çevrim ile ilişkilendirilmiştir. Quinn (1982) ve Quinn ve Guerra (1986) tarafından yapılan çalışmalarda Kuzey Amerika'daki Büyük Göller'de de su seviyesinde de 2 m'lik bir yükselme meydana gelmiş, bu yükselmenin yağıştaki artıştan kaynaklandığı belirlenmiştir. Khavich ve Ben-Zvi (1995) tarafından İsrail'deki Kinret Gölü'nde meydana gelen su seviye değişimleri ile ilgili yapılan çalışmada ise iklim etkileri ve bölgesel akış dengesi tespit edilmiş ve su seviye tahminleri yapılmıştır.

Ülkemizde, Van Gölü'nde 1990'lı yılların ortasında gözlenen 2 m'yi bulan ani yükselme bilimsel, teknik ve hatta toplumsal ilgi uyandırmış; bu nedenle Van Gölü üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır (Batur, 1996; Deren, 1996; Gençsoy, 1997; Çelik, 1999; Aksoy vd., 2013). Bölgede 1994-1995 yılları arasında yurt dışından ve yurt içinden bilim çevreleri tarafından yoğun incelemeler yapılmıştır. Her ne kadar Van Gölü'ndeki yükselmeyi tektonik hareketlerle ilişkilendiren çalışmalar var ise de Barka (1996) deprem hareketlerinin gölde 2 m'ye varan seviye artışlarına yol açamayacağını belirtmiştir. Soruna farklı bir şekilde yaklaşan Kadioğlu (1995a, b) ozon tabakasında gözlenen bozulmalara paralel olarak güneş lekelerinin de bu tür bir etki yapacağı yönünde Kempe vd. (1978) tarafından ortaya atılan tespitini geçerli olmadığını ortaya koymuştur.

Diğer çoğu doğal kaynaklı olayda olduğu gibi göl su seviye değişimleri de rastgele karakterli olduğundan modelleme ve geleceğe yönelik tahmin çalışmalarında istatistiksel yöntemler büyük önem taşımaktadır. Van Gölü ile ilgili bu tip çalışmalara örnek olmak üzere Şen vd. (2000), göldeki aylık su seviye değişimlerinin tahmini için stokastik bir model geliştirmiştir. Bu tipte başka bir çalışma Sezen (1996) tarafından yapılmış, Van Gölü su seviyesi ile havzaya düşen yağış arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Benzer bir çalışmada, Erol (1996) tarafından iklim verileri ve su seviye değişimleri arasındaki ilişkinin tespiti için regresyon modelleri kurulmuş, ancak anlamlı sayılabilecek sonuçlar elde edilememiştir.

Cengiz ve Kahya (2006) tarafından Türkiye genelinde ölçüm yapılan göller üzerinde Mann-Kendall testi ile eğilim tespiti ve harmonik analizi yapılmış; sonuç olarak, Anadolu'nun iç bölgelerinde ve güneyinde istatistiksel anlamda azalan bir eğilim tespit edilmiş; bu eğilim akış, yağış ve sıcaklık ile ilişkilendirilmeye çalışılmış; eğilimlerin birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğu görülmüştür. Göller Bölgesi'ndeki Eğirdir Gölü için Keskin ve Terzi (2006a) tarafından yapılan çalışmada buharlaşma tahmin modelleri kullanılmıştır. Keskin ve Terzi (2006b), Keskin vd. (2009) ve Terzi vd. (2006) tarafından yapılan çalışmalarda ise yine Eğirdir Gölü üzerinde bu kez Yapay Sinir Ağları (YSA) ve ANFIS modelleri kullanılarak buharlaşma çalışmaları yapılmıştır.

Van Gölü'nde gözlenen ani yükselmenin tersine Dünya'da birçok bölgede olduğu gibi Türkiye'de de göl su seviyelerinde çekilmeler gözlenmektedir. Bu durum çok daha önemli ve geleceğe yönelik su kaynakları potansiyeli açısından ciddi bir sorundur. Göllerdeki su seviyesi çekilmesine en güzel örnek olarak Tuz Gölü verilebilir. Bilindiği üzere Tuz Gölü'ndeki su seviyesi giderek çekilmekte ve önlem alınmazsa yakın bir zamanda gölün ortadan kalkma tehlikesi bulunmaktadır.

Benzer durumlar Göller Bölgesi'ndeki göller için de geçerlidir. Bu nedenle, bu çalışmada Göller Bölgesi'nde bulunan Eğirdir Gölü ile ilgili bir çalışma yapılması ve göl su seviyesinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi ve olası nedenlerinin ortaya konması hedeflenmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Çalışma Alanı

Göller Bölgesi, Akdeniz Bölgesi'nin batısında Afyonkarahisar, Antalya, Burdur, Konya ve Isparta illerini kapsayan bölgedir (Şekil 1). Acıgöl, Akşehir, Beyşehir, Burdur, Eber, Eğirdir, Ilgın (Çavuşçu), Kovada ve Suğla Gölü bölgenin başlıca gölleridir. Bölgedeki göllerin büyük çoğunluğu tektonik olsa da Isparta'daki Gölcük gibi yer yer volkanik göllere de

rastlanır. Bölgeye adını veren en önemli göllerden dördünün boyutları ve tabandan yükseklikleri batıdan doğuya doğru artar. Acıgöl deniz su seviyesinden 836 m, Burdur Gölü 854 m, Eğirdir Gölü 916 m ve Türkiye'nin üçüncü büyük gölü olan Beyşehir Gölü 1121 m yükseklikindedir. Bunlardan Acıgöl ve Burdur Gölü, dışarı akışı olmayan birer kapalı havza durumundadır, bu nedenle suları tuzludur. Eğirdir ve Beyşehir göllerinin dışı akışı olduğundan suları tatlıdır. Göller Bölgesi tümüyle bir kapalı havza değil, içinde yerel kapalı havza durumundaki göllerle birlikte dışı akışlı göllerin de yer aldığı, hidrografi açısından çeşitlilik gösteren bir bölgedir.



Şekil 1 Göller Bölgesi'nin Türkiye'deki yeri

Eğirdir Gölü, Isparta ili sınırlarında yer alan bir tatlı su gölüdür. $35^{\circ}37'41''$ Kuzey - $38^{\circ}16'55''$ Kuzey enlemleri ile $30^{\circ}44'39''$ Doğu - $30^{\circ}57'43''$ Doğu boylam koordinat sistemlerinde yer alır. Dik kayalara, düz ve sığ bir tabana sahip olan gölün, kıyı uzunluğu 150 km'dir. Eğirdir Gölü'nde Kemer Boğazı'nın kuzeyinde yer alan bölümü Hoyran, güneyinde yer alan bölümü Eğirdir olarak bilinmektedir. Kemer Boğazı, Doğu-Batı doğrultusunda daralma göstererek yaklaşık 1.8 km'lik mesafe ile gölün iki bölümlü görünüm almasına neden olmaktadır. Eğirdir Gölü'nün yüzey alanı insanların su kullanımına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Karstik yapıdaki gölün özellikle batı kesimlerinde yer alan düdenlerin bir kısmı kapatılmıştır. İçme suyu, tarım vb. amaçlarla kullanılmak üzere gölde DSİ tarafından çok sayıda pompaj istasyonları kurulmuştur. Eğirdir Gölü'nün en önemli özelliklerinden bir diğeri denizle olan bağlantısıdır. Eğirdir Gölü ile Kovada Gölü arasında doğal bağlantı oluşturan 22 km'lik Kovada Kanalı yer almaktadır. Kovada Kanalı ile Kovada Gölü'ne gelen sular Kovada Vadisi'nden, Aksu Çayı'na, oradan da karstik yollarla Akdeniz'e boşalmakta iken son 20 yıldır gölün suları Çandır Ovası'nda yaptırılan Karacaören I ve II Barajlarına gelmektedir.

Eğirdir Gölü, Türkiye'nin en büyük ikinci tatlı su gölüdür. Gölün maksimum su kotu ile çevrelenen su alanı "I. Derece Doğal Sit Alanı" olarak belirlenmiştir. Maksimum su kotundan itibaren 300 m'lik bir bant ise "III. Derece Doğal Sit Alanı" olarak kabul edilmiştir. Eğirdir Gölü, "A Sınıfı Sulak Alan" listesindedir. Göl havzası içerisinde Kovada Gölü Milli Parkı ve Gelincik Dağı Tabiat Parkı bulunmaktadır.

Eğirdir Gölü, Isparta ilinin ve çevresindeki yerleşim birimlerinin içme suyu ihtiyacını karşılar. Aynı

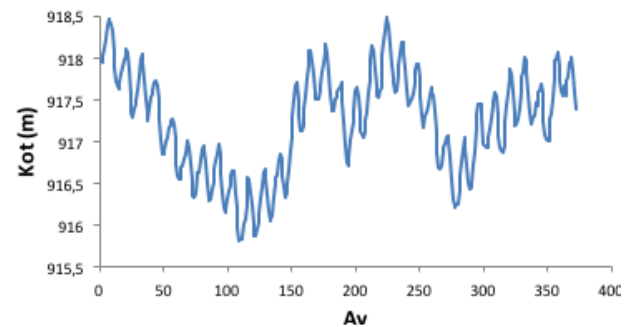
zamanda Isparta, Gönen, Uluborlu, Senirkent, Yalvaç, Gelendost ve Eğirdir ovalarında sulama suyu olarak kullanılır. Ovaların göl kıyılarına açıldığı gölün sığ kısımları tamamen saz ve kamışlarla kaplıdır.

Göl, kapalı havzaya sahip olduğu halde tabanından bol miktarda kaynak suları ile beslenmekte ve göl suyunun 1/3'ü her yıl yenilenmektedir. Gölü besleyen en önemli su girdileri; gölün tabanından kaynaklanan su kaynaklarıdır. Aynı zamanda çevre dağlardan inen ve yağış suları ile beslenen irili ufaklı çok sayıda dere ve çay vardır. Bunlardan en önemlileri; Yalvaç ilçesinden gelen ve Gelendost ilçesinden göle karışan Akçay, Uluborlu ve Senirkent ilçelerinden geçerek göle inen Pupa Çayı, Hoyran ovasından inen Değirmen Çayı ve Aksu çayından bir kanalla göle bağlanan Aksu Deresi'dir. Gölün giderleri, DSİ pompa istasyonları, Kovada Kanalı ve yaz aylarında gerçekleşen aşırı buharlaşmadır.

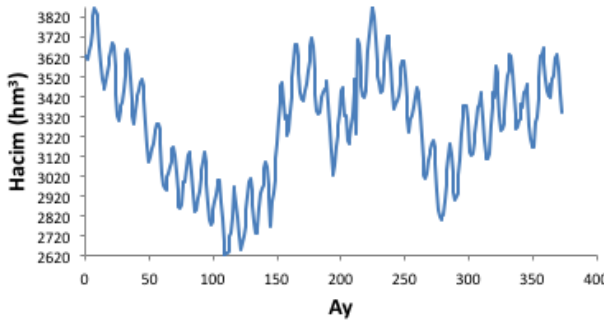
3.2. Kullanılan Veri

Bu çalışmada Eğirdir Gölü'nün su seviye ölçümleri Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Veriler, 1986-2016 su yıllarına ait aylık göl su seviyesi (kot), alan ve hacim değerlerinden oluşmaktadır. Alan değerlerinden 2008 yılı Eylül ayı ile 2015 yılı Nisan ayından 2016 yılı Eylül ayına kadar olan toplam 19 aylık veri eksik olduğundan, bu aylara ait veriler ilgili aya ait gözlenmiş uzun yıllar ortalamaları alınmak suretiyle tamamlanmıştır. Eksik verisi tamamlanmış Eğirdir Gölü seviye (kot) zaman serisi Şekil 2'de verilmiştir.

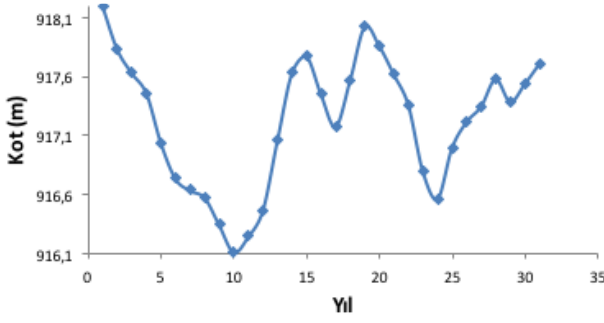
Yine DSİ tarafından sağlanan aylık göl hacmi verileri yıllara göre grafik halinde Şekil 3'te verilmiştir. Aylık göl su seviyesi (kot) ve göl su hacmi verilerinin ortalamaları alınmak suretiyle yıllık değerlere dönüştürülmüş ve sırasıyla Şekil 4 ve 5'te verilmiştir. Buna göre Eğirdir Gölü'nde su seviyesinin 1986 yılından 1995 yılına kadar olan 10 yıl boyunca bir azalma gösterdiği, ardından 2000 yılına kadar olan dönemde yükselme eğilimine girdiği görülmektedir. 2000 yılından itibaren azalmalar ve yükselmeler şeklinde göl su seviyesi değişimleri göstermektedir. Göl su seviyesindeki bu değişimler göl su hacminde de aynen gözlenmektedir.



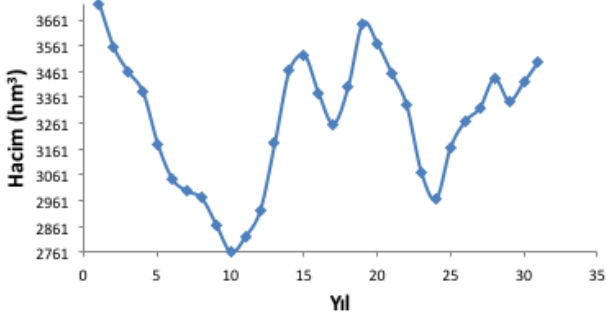
Şekil 2 Eğirdir Gölü aylık su seviyesi (kot) ölçümleri (1986-2016 su yılları)



Şekil 3 Eğirdir Gölü aylık su hacmi ölçümleri (1986-2016 su yılları)



Şekil 4 Eğirdir Gölü su seviyesinin (kot) yıllar boyunca değişimi (1986-2016)



Şekil 5 Eğirdir Gölü su hacminin yıllar boyunca değişimi (1986-2016)

Tablo 2 Göl hacmi istatistik özellikleri

| Veri | Ortalama (hm³) | Standart Sapma (hm³) | C _v | C _s | r ₁ |
|---------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| Yıllık | 3270.18 | 255.53 | 0.078 | -0.360 | 0.835 |
| Aylık | 3270.18 | 281.86 | 0.086 | -0.236 | 0.966 |
| Ekim | 3132.79 | 275.13 | 0.088 | -0.240 | 0.774 |
| Kasım | 3126.19 | 265.98 | 0.085 | -0.228 | 0.798 |
| Aralık | 3144.57 | 266.15 | 0.085 | -0.240 | 0.791 |
| Ocak | 3192.42 | 256.30 | 0.080 | -0.420 | 0.801 |
| Şubat | 3249.11 | 260.76 | 0.080 | -0.321 | 0.797 |
| Mart | 3305.86 | 265.69 | 0.080 | -0.329 | 0.795 |
| Nisan | 3365.34 | 268.25 | 0.080 | -0.359 | 0.804 |
| Mayıs | 3405.56 | 259.04 | 0.076 | -0.119 | 0.701 |
| Haziran | 3440.21 | 260.22 | 0.076 | -0.367 | 0.824 |
| Temmuz | 3393.46 | 268.40 | 0.079 | -0.419 | 0.804 |
| Ağustos | 3294.83 | 262.31 | 0.080 | -0.360 | 0.775 |
| Eylül | 3191.76 | 259.19 | 0.081 | -0.349 | 0.787 |

3.3. İstatistik Analiz

Ortalama, standart sapma, değişim katsayısı (C_v), çarpıklık katsayısı (C_s) ve birinci mertebeli otokorelasyon katsayısı (r₁) yıllık ve aylık göl su seviyeleri için hesaplanmış ve Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre en düşük su seviyesi Kasım ayında, en yüksek su seviyesi de Haziran ayında gözlenmiştir.

Tablo 1 Göl su seviyesi istatistikleri

| Veri | Ortalama (m) | Standart Sapma (m) | C _v | C _s | r ₁ |
|---------|--------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| Yıllık | 917.23 | 0.55 | 0.001 | -0.392 | 0.838 |
| Aylık | 917.23 | 0.61 | 0.001 | -0.264 | 0.972 |
| Ekim | 916.93 | 0.58 | 0.001 | -0.238 | 0.800 |
| Kasım | 916.91 | 0.58 | 0.001 | -0.253 | 0.799 |
| Aralık | 916.95 | 0.58 | 0.001 | -0.265 | 0.793 |
| Ocak | 917.18 | 0.55 | 0.001 | -0.449 | 0.804 |
| Şubat | 917.18 | 0.56 | 0.001 | -0.351 | 0.799 |
| Mart | 917.30 | 0.57 | 0.001 | -0.361 | 0.796 |
| Nisan | 917.43 | 0.57 | 0.001 | -0.382 | 0.805 |
| Mayıs | 917.55 | 0.55 | 0.001 | -0.302 | 0.807 |
| Haziran | 917.59 | 0.55 | 0.001 | -0.387 | 0.825 |
| Temmuz | 917.49 | 0.57 | 0.001 | -0.440 | 0.805 |
| Ağustos | 917.28 | 0.56 | 0.001 | -0.382 | 0.777 |
| Eylül | 917.05 | 0.56 | 0.001 | -0.340 | 0.783 |

Göl su seviyesi için hesaplanan istatistikler yıllık ve aylık göl su hacimleri için de hesaplanmış ve Tablo 2'de verilmiştir. Göl su seviyesinde olduğu gibi gölde en az su hacmi Kasım ayında, en fazla su hacmi de Haziran ayında gözlenmiştir.

4. Eğilim Testi ve Regresyon Analizi

Bu çalışmada parametrik olmayan Mann-Kendall eğilim testi ile doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Kullanılan yöntemler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

4.1. Mann-Kendall Eğilim Testi

Mann-Kendall eğilim testi su kalitesi, akım, sıcaklık ve yağış gibi hidrometeorolojik zaman serilerindeki eğilimlerin belirlenmesinde geniş bir şekilde kullanılmıştır. Mann-Kendall testi eksik verilerin varlığına müsamaha edebilen ve verilerde belli bir dağılıma uyma zorunluluğu aramayan bir teknik içerdiğinden kullanışlı bir yöntemdir. Mann-Kendall Test istatistiği (S) verilerin dağılımından bağımsız (parametrik olmayan) bir istatistik olup hesaplanması aşağıdaki işlem sırasına göre yapılır (Bayazit, 1996):

x_i; zamana göre dizilmiş gözlem değerleri olmak üzere;

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Burada x_j ve x_k ard arda gelen verilerdir; n veri kümesi uzunluğudur. Denklem (1)'de geçen

$$\begin{aligned} \text{sgn}(x_j - x_k) &= +1; \text{ eğer } (x_j - x_k) > 0 \text{ ise} \\ \text{sgn}(x_j - x_k) &= 0; \text{ eğer } (x_j - x_k) = 0 \text{ ise} \\ \text{sgn}(x_j - x_k) &= -1; \text{ eğer } (x_j - x_k) < 0 \text{ ise} \end{aligned} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Test istatistiğinin varyansı için

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (3)$$

kullanılmaktadır. Eğer verilerde benzer değerler (bağ durumu) varsa

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18} \quad (4)$$

ile belirlenir. Burada, t herhangi bir bağ durumundaki benzer x 'lerin sayısını ve \sum bütün bağ durumları üzerinden alınan toplamı göstermektedir. Böylelikle z standart normal değişken değeri

$$\begin{aligned} z &= \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \text{ ise} \\ z &= 0 & S = 0 \text{ ise} \\ z &= \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \text{ ise} \end{aligned} \quad (5)$$

ile hesaplanarak kritik z değeri ile karşılaştırılır.

İstatistik eğilim testleri ile gözlenen değerlerde bir eğilim olmadığı hipotezi kontrol edilerek "kabul" veya "ret" kararı verilir. Karar, hipotezde seçilen α anlamlılık düzeyine bağlıdır. z için seçilen bir α anlamlılık düzeyinde iki uçlu test uygulanır. H_0 hipotezine göre $k \neq j$ olmak üzere tüm ($k, j \leq n$ için) seride x_j ve x_k değerlerinin dağılımı zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rastgele değişkenlerdir. H_1 hipotezine göre ise $k \neq j$ olmak üzere tüm ($k, j \leq n$ için) seride x_j ve x_k değerlerinin dağılımı benzer değildir, yani seride lineer bir trend bulunmaktadır. Eğer $|z| \geq z_{\alpha/2}$ ise H_0 hipotezi reddedilir. Hesaplanan S değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trend vardır.

4.2. Doğrusal Regresyon Analizi

İstatistikte rastgele değişkenler arasında kurulan bir bağıntıyı ifade eden denkleme regresyon denklemi, denklemin belirlenmesi için yapılan analize ise regresyon analizi denilir. İki değişken arasındaki en basit ilişki doğrusal ilişkidir (Bayazıt, 1996). Bu ilişkiye ait denklem:

$$y = b_0 \pm b_1 x \quad (6)$$

şeklindeki doğru denklemidir. Denklemdeki y bağımlı değişken, x ise bağımsız değişkendir. b_0 ve b_1 ise

regresyon katsayılarıdır. Denklem (6)'da geçen parametrelerin eldeki örnekten belirlenmesi için

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2} \quad (7)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i - b_1 \sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (8)$$

kullanılmaktadır.

Göz önüne alınan iki rastgele değişken arasındaki bağımlılığın derecesini gösteren korelasyon katsayısı da

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N s_x s_y} \quad (9)$$

ile hesaplanır. Burada, \bar{x} ve \bar{y} sırasıyla değişkenlerin ortalamasını, s_x ve s_y standart sapmalarını, N de değişkenlerdeki gözlem sayısını göstermektedir. Korelasyon katsayısı $-1 \leq r \leq 1$ aralığında değişir. Korelasyon katsayısının -1 'e eşit olması noktaların tam olarak negatif eğimli bir doğru üzerinde yer aldığını, $+1$ 'e eşit olması ise noktaların tam olarak pozitif eğimli bir doğru üzerinde yer aldığını gösterir. Korelasyon katsayısının sıfır olması veya sıfıra yakın olması değişkenler arasında doğrusal bir bağımlılığın olmadığını gösterir. Pratikte korelasyon katsayısının karesi olarak tanımlanan determinasyon katsayısı (r^2) bağımlılığın belirlenmesinde kullanılır. Determinasyon katsayısı 0 ile 1 arasında değişir ($0 \leq r^2 \leq 1$). Korelasyon katsayısına benzer şekilde, 1 'e yakın olması bağımlılığın varlığını, sıfıra yakın olması ise bağımlılığın olmadığını gösterir.

5. Araştırma Bulguları

5.1. Mann-Kendall Eğilim Testi Sonuçları

Aylık göl su seviyesi verilerinden hesaplanan yıllık göl su seviyesi için Mann-Kendall eğilim testi uygulanmıştır. Mann-Kendall eğilim testi her bir ay için ayrı ayrı olmak üzere tekrarlanmıştır. Mann-Kendall testi aynı şekilde göl hacmi için de uygulanmıştır. Buna göre, göl su seviyesi için Tablo 3, göl hacmi için de Tablo 4'teki istatistikler elde edilmiştir. Bunun için anlamlılık düzeyi olarak $\alpha = 0.05$ seçildiğinden $z_{\alpha/2} = z_{0,025}$ değeri standart normal dağılım tablosundan 1.96 olarak okunmaktadır. Hesaplanan z değerinin (-1.96, 1.96) kabul bölgesinin içinde kalması durumunda H_0 hipotezi kabul edilip eğilim olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Değerlerin kabul bölgesinin dışında kalması durumunda ise H_0 hipotezi reddedilip eğilim olduğu sonucuna varılır (Önöz vd., 2007). Tablo 3'te göl su seviyesi ve Tablo 4'te göl hacmi için aylık olarak hesaplanan test istatistiği değerleri (-1.96, 1.96) kabul bölgesinin dışında kaldıklarından göl su seviyesinde ve hacminde eğilim olduğu hipotezi reddedilmiştir. Buna göre; Eğirdir Gölü su seviyesi, gözlem süresi boyunca her ne

kadar belli dönemlerde çekilmiş ve sonrasında yükselmiş ise de gözlem süresi bir bütün olarak değerlendirildiğinde göl su seviyesinde bir eğilim olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 3 Eğirdir Gölü su seviyesi Mann-Kendall eğilim testi istatistikleri

| Ay | Z | S | Var(S) | H ₀ (Kabul/Ret) |
|---------|--------|----|----------|-------------------------------|
| Yıllık | 0.4759 | 29 | 3461.662 | Ret |
| Ocak | 0.085 | 6 | 3460.208 | Ret |
| Şubat | 0.4929 | 30 | 3461.612 | Ret |
| Mart | 0.5269 | 32 | 3461.521 | Ret |
| Nisan | 0.6969 | 42 | 3461.201 | Ret |
| Mayıs | 0.5439 | 33 | 3461.48 | Ret |
| Haziran | 0.3668 | 53 | 20097.78 | Ret |
| Temmuz | 0.9178 | 55 | 3461.716 | Ret |
| Ağustos | 0.7988 | 48 | 3461.941 | Ret |
| Eylül | 1.0198 | 61 | 3461.565 | Ret |
| Ekim | 0.4249 | 26 | 3461.837 | Ret |
| Kasım | 0.4419 | 27 | 3461.774 | Ret |
| Aralık | 0.2829 | 18 | 3611.037 | Ret |

Tablo 4 Eğirdir Gölü hacmi Mann-Kendall eğilim testi istatistikleri

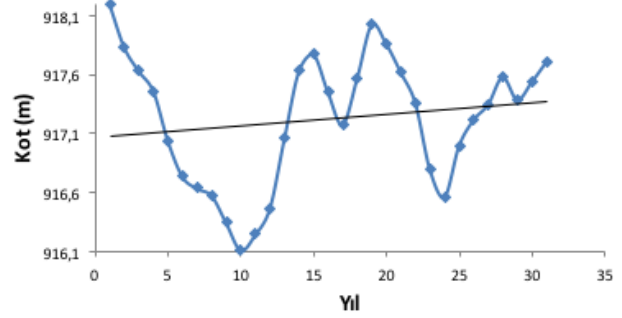
| Ay | Z | S | Var(S) | H ₀ (Kabul/Ret) |
|---------|--------|----|----------|-------------------------------|
| Yıllık | 0.4759 | 29 | 3461.662 | Ret |
| Ocak | 0.102 | 7 | 3460.208 | Ret |
| Şubat | 0.4929 | 30 | 3461.612 | Ret |
| Mart | 0.5269 | 32 | 3461.521 | Ret |
| Nisan | 0.6629 | 40 | 3461.252 | Ret |
| Mayıs | 0.5269 | 32 | 3461.521 | Ret |
| Haziran | 0.8668 | 52 | 3461.805 | Ret |
| Temmuz | 0.8668 | 52 | 3461.805 | Ret |
| Ağustos | 0.8158 | 49 | 3461.904 | Ret |
| Eylül | 1.0368 | 62 | 3461.543 | Ret |
| Ekim | 0.4249 | 26 | 3461.837 | Ret |
| Kasım | 0.4419 | 27 | 3461.774 | Ret |
| Aralık | 0.2889 | 18 | 3462.603 | Ret |

5.2. Doğrusal Regresyon Sonuçları

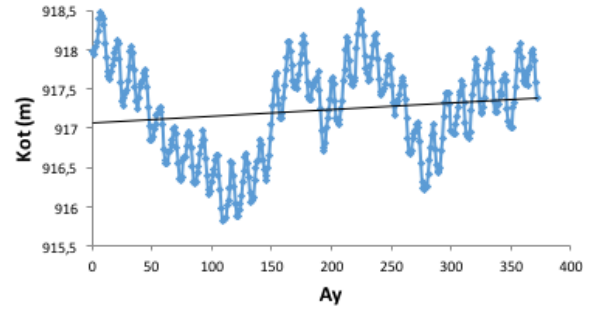
Mann-Kendall eğilim testinde olduğu gibi göl su seviyesi ve göl hacmi üzerinde doğrusal regresyon uygulanarak bir eğilim olup olmadığı incelenmiştir. Sonuçlar göl su seviyesi ve hacmi için ayrı ayrı verilmiştir.

Doğrusal regresyon analizi yıllık ve aylık göl su seviyeleri için yapılmıştır. Analizde verilere doğrusal bir eğilim çizgisi uydurulmuştur. Yıllık ve aylık göl su seviyesi için eğilim çizgisi uydurulan zaman serileri Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir. Benzer şekilde göl hacmi

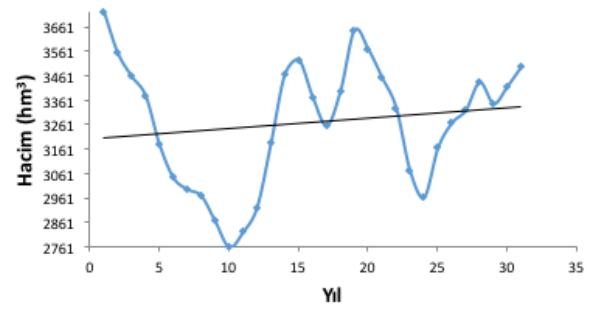
verileri kullanılarak da doğrusal regresyon analizi aylık ve yıllık veriler için yapılmış, sonuçlar Şekil 8 ve 9'da verilmiştir. Buna göre; her ne kadar belli dönemlerde göl su seviyesi çekilmiş ve göl hacmi azalmış; izleyen belli dönemlerde göl su seviyesi yükselmiş ve göl hacmi artmış ise de gözlem süresi bir bütün olarak değerlendirildiğinde ortaya çıkan eğilimin istatistik olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır.



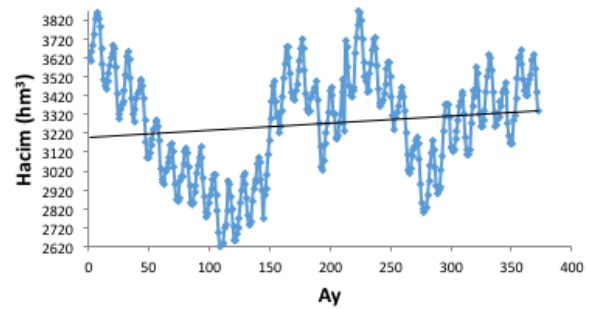
Şekil 6 Yıllık göl su seviyesinin doğrusal regresyonu



Şekil 7 Aylık göl su seviyesinin doğrusal regresyonu



Şekil 8 Yıllık göl su seviyesinin doğrusal regresyonu



Şekil 9 Aylık göl su seviyesinin doğrusal regresyonu

6. Sonuç ve Tartışma

Eğirdir Gölü gibi önemli bir tatlı su kaynağındaki su seviyesi değişimlerinin (alçalmanın veya yükselmenin) izlenmesi Göller Bölgesi'nin su ihtiyacının karşılanması açısından önemlidir. Bu nedenle Eğirdir Gölü'nün 1986-2016 su yılları arasındaki aylık su seviyesi ve göl hacmi verileri temin edilmiş; bu veriler üzerinde Mann-Kendall eğilim testi uygulanmış ve doğrusal regresyon analizi yapılmıştır.

Analizlere göre;

1. Eğirdir Gölü su seviyesinde 1986-1995 yılları arasında azalma meydana geldiği görülmüştür.
2. Göl su seviyesi 1995 yılından 2000 yılına kadar 5 yıl boyunca yükselme eğilimine girmiştir.
3. 2000 yılından itibaren 2016 yılına kadar ise göl su seviyesinde azalmalar ve yükselmeler şeklinde değişimler gözlenmiştir.
4. Buna karşın 1986-2016 yılları arasındaki gözlem süresi bir bütün olarak ele alındığında göl su seviyesinde artış olduğu anlaşılmıştır. Bu artış hem yıllık hem de aylık bazda kendini göstermiştir.
5. Göl su seviyesindeki artış hem Mann-Kendall hem de regresyon analizi yöntemleri ile ortaya konmuştur.
6. Her iki yöntem hem yıllık, hem de aylık verilerde uyumlu sonuçlar vermiştir. Yani Mann-Kendall testi ile ortaya konan artış şeklindeki değişimler regresyon analizinde de belirlenmiştir.
7. Her bir aya ait göl su seviyesi ve hacim verileri ile yapılan Mann-Kendall ve regresyon analizi de uyumlu sonuçlar vermiş, her bir ay için (istatistik olarak anlamlı olmamakla birlikte) artışlar hesaplanmıştır.

Teşekkür

1919B011600732 başvuru numaralı bu çalışma TÜBİTAK 2209-A programı kapsamında desteklenmiştir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Aksoy H., Ünal N.E., Eriş E., Yüce M.İ., 2013, Stochastic modeling of Lake Van water level time series with jumps and multiple trends, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 2297-2303.
Barka A., 1996, Van Gölü ve Çevresinin Aktif Tektonik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Göl Taraçalarının

Yaşlandırılması, İTÜ Maden Fak. Genel Jeoloji ABD, Ayazağa, İstanbul.
Batur E., 1996, Van Gölü Su Bütçesi ve Havza İklimi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
Bayazıt M., 1996, İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ Matbaası, İstanbul.
Cengiz T.M., Kahya E., 2006, Türkiye Göl Su Seviyelerinin Eğilim ve Harmonik Analizi, İTÜDer./d, Sayı:3, Kısım: 2, Cilt:5, 215-224
Çelik M., 1999, Van Gölü su seviyesinin yükselme nedenleri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
Deren S., 1996, Van Gölü Seviye Yükselmesi ve Fiziksel Çevre Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., İstanbul.
Erol F., 1996, Van Gölü seviye değişimlerine matematik model yaklaşımı, Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Enst., Van.
Gençsoy İ., 1997, Van Gölü'ndeki su seviyesi değişimlerinin hidrometeorolojik parametrelerle ilişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., İstanbul.
Kadioğlu M., 1995a, Van Gölü ve Yükselen Su seviyesi, Türkiye Müh. Haberleri Dergisi, 379, 95-96.
Kadioğlu M., 1995b, Van Gölü'ndeki su seviyesi yükselmesinin meteorolojik faktörler ile olan ilgisi, Van Gölü Su Seviyesi Yükselmesi Nedenleri ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 20-22 Haziran 1995, Van, 21-29.
Kempe S., Khoo F., Gürleyik Y., 1978, Hydrography of Lake Van and its drainage area. In the Geology of Lake Van ed. by E.T. Degens and F. Kurtman, MTA Press, Ankara, 169 s.
Khavich V., Ben-zvi A., 1995, Forest of daily water Levels for Lake Kinret, Isreal. *Bulletin of Hydrological Science*, 40, 2.
Keskin M. E., Terzi Ö. 2006a, Evaporation estimation models for Lake Eğirdir, Turkey. *Hydrological Processes*, 20(11), 2381-2391.
Keskin M.E., Terzi Ö., 2006b, Artificial Neural Network Models of Daily Pan Evaporation. *J. Hydrol. Eng.*, 11(65), 65-70.
Keskin M.E., Terzi Ö., Taylan D., 2009, Estimating daily pan evaporation using adaptive neural-based fuzzy inference system, *Theoretical and Applied Climatology*, 98 (1), 79-87.
Mather J.R., 1961, The Climatic Water Balance. *Publications in Climatology*, 14(3) 251-264.
Önöz B., Yeğen E.B., Cebe E.N., 2007, Türkiye Akarsularında Mevsimsel Trend Analizi. V. Ulusal Hidroloji Kongresi, 5-7 Eylül 2007, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 267-277, Ankara.
Quinn F.H., 1982, Trends and extremes of Lake Erie water supplies. *Proceedings International Symposium on Hydrometeorology*, American Water Resources Association, Minneapolis 267-270.
Quinn F.H., Guerra B., 1986, Current Perspectives on the Lake Erie Water Balance, *Journal of Great Lakes Res.*, 12(2) 109-116.

- Sezen G., 1996, Van Gölü Su Seviyesinin Yağışla Alakası, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şen Z., Kadioğlu M., Batur E., 2000, Stochastic Modeling of the Van Lake Monthly Level Fluctations in Turkey, *Theoretical and Applied Climatology*, 65, 99-110.
- Teltik İ., Aksoy H., Ünal N.E., 2008, Van Gölü Su Seviyesi Stokastik Modelleri, Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008, DSİ XVII. Bölge Müdürlüğü, Van, s. 74-81.
- Terzi Ö., Keskin M.E., Taylan E.D., 2006, Estimating Evaporation Using ANFIS, *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 132:5, 503-507.