



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0216

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011  
Accepted: October 2011  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Meral Büyükyıldız**  
**Volkan Yılmaz**  
Selcuk University  
[meralbuidiz@selcuk.edu.tr](mailto:meralbuidiz@selcuk.edu.tr)  
Konya-Turkey

**TÜRKİYE'DEKİ BAZI GÖLLERİN SU SEVİYESİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

**ÖZET**

Günümüzün en önemli çevre sorunlarının başında küresel ısınma ve iklim değişikliği gelmektedir. Bu değişikliklerden dolayı, deniz ve göl seviyelerinde meydana gelen artışlar veya azalmalardan, özellikle kıyı bölgelerde yaşayanlar etkilenmektedirler. Göl seviyelerinin çok alçaldığı veya çok yükseldiği zamanlarda çevrede büyük ekonomik kayıplar ve çevre sorunlarının ortaya çıkması nedeniyle, bu problem özellikle 20 yüzyılın başından beri pek çok araştırmaya konu olmuştur. Göl su seviyelerindeki değişimler pek çok iklim elemanının değişiminden etkilenmektedir. Bu çalışmada ülkemizdeki en büyük beş göldeki minimum, maksimum ve ortalama su seviyelerindeki değişimler parametrik olmayan Mann-Kendall ve Sen's T metodları ile incelenmiş, istatistiksel olarak anlam ifade eden değişimlerin başlangıç yılları ise parametrik olmayan Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi ile belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Göl Seviyesi, Trend, Mann-Kendall, Sen's T, İklim Değişimi

**INVESTIGATION OF WATER LEVEL CHANGES OF SOME LAKES IN TURKEY**

**ABSTRACT**

Global warming and climate changes are significant environmental issues. Especially people living in coastal areas are affected from the increases or decreases at sea/lake levels occurring due to these changes. This problem has been the subject of many researches especially since the beginning of the 20<sup>th</sup> century due to large economic losses and environmental problems in the environment, when excessive descends or riss in lake levels have been observed. Changes in lake water levels are affected from the changes of many climate elements. Therefore, in this study, the changes in the minimum, maximum and average water levels of five largest lakes in Turkey were examined using non-parametric Mann-Kendall and Sen's T methods. The starting years of statistically meaningful changes were determined by non-parametric Mann Kendall Rank Correlation test.

**Keywords:** Lake Level, Trend, Mann-Kendall, Sen's T, Climate Change

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Özellikle son yıllarda tüm dünyada hissedilen küresel ısınma ve iklim değişiklikleri ülkemizi de etkilemektedir. Yapılan çalışmalara göre; 20. yüzyılın başlangıcından itibaren sıcaklık, yağış, buharlaşma, akım, su seviyesi gibi pek çok klimatolojik değişimde küresel ısınmaya bağlı önemli değişimler gözlenmiştir. Bu değişimler, gerek dünyada gerek ülkemizde su kaynaklarının zamansal ve alansal dağılımında önemli değişikliklere neden olmaktadır.

Küresel ısınmadan dolayı, dünya ikliminin değişmesinin yarattığı etkiler, bölgesel farklılıklar göstermektedir. Küresel iklim değişimi sonucunda son yıllarda giderek artan bir şiddette ve sıklıkta meydana gelen kuraklık, ani sel ve kıyılarda yaşanan su baskınlarında önemli artışların olması ve bunun sonucunda gelecekte de daha büyük can ve ekonomik kayıplara neden olması beklenmektedir [1].

Türkiye, küresel ısınmadan kaynaklanan değişimlerle özellikle su kaynaklarının azalması, tarım ürünlerinden elde edilecek verim düşüklüğü, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi olumsuzluklarla karşı karşıya kalabilecektir. Yapılan bilimsel araştırmalara göre de ülkemiz, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından riskli ülkeler arasında gösterilmektedir [2].

Su kaynakları açısından önemli olan rezervuarlar, tarım arazisinin sulanması, etrafında mesire yeri oluşturularak turizme kazandırılması, iç su yolu taşımacılığı gibi faydalarının yanında, su seviyesinin çok yükselmesi durumunda da su baskınlarıyla yerleşim yerlerini, demiryolu ve karayolu ulaşımını, kıyıda yer alan dinlenme ve eğitim tesislerini ve ekili tarlaları olumsuz yönde etkilemektedir [3].

Faydalarının yanısıra su kotunun yükselmesi halinde zararları da olabilen göl sularından azami fayda elde edilmesi ve zararlarının da en aza indirilebilmesi için, göl suyu kotu değişiminin önceden bilinmesi ve gerektiğinde kontrol altına alınması gerekmektedir. Göl suyunun beslenmesinin genelde yağış ve akışla olması yanında kayıpların buharlaşma ile olması göz önüne alındığında, göl su seviyesinin hareketi ile bu üç hidrometeorolojik değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak önemli bir aşama olacaktır [4].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Yapılan çalışmada Türkiye'deki beş büyük göle ait ve EİE tarafından işletilen 5 istasyonun yıllık minimum, maksimum ve ortalama su seviyelerindeki değişimlerle, her bir aya ait minimum, maksimum ve ortalama su seviyesi değişimleri incelenmiştir. Çeşitli iklim yapıları içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biri olarak görülen ülkemizde; sulama suyu, içme suyu, ulaşım, tuz ihtiyacının karşılanması gibi çeşitli amaçlar için kullanılan göllerimizdeki su seviyelerinin değişiminin incelenmesi, gerek elde edilecek kazanımların artırılması gerek karşılaşılabilecek zararların bertaraf edilebilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

## 3. VERİ VE METOD (DATA AND METHOD)

Bu çalışmada ülkemizdeki en büyük beş gölün yıllık ortalama, maksimum ve minimum su seviyeleri ile her bir aya ait maksimum, minimum ve ortalama su seviyelerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla, ilgili göllerdeki EİE tarafından işletilen göl gözlem istasyonlarına ait veriler kullanılmıştır. Kullanılan istasyonlara ait bazı bilgiler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan istasyonların bazı özellikleri  
(Table 1. Some characteristics of stations used in this study)

Havza adı	İstasyon No ve Adı	Yeri	Gözlem süresi
Müteferrik Marmara Suları	203-İznik Gölü-Mamure	29° 21' 43'' D 40° 25' 00'' K	1955-2002
Müteferrik Orta Akdeniz Suları	905-Eğirdir Gölü-Eğirdir	30° 49' 46'' D 37° 52' 53'' K	1953-2005
Orta Anadolu Kapalı Havzası	1619-Tuz Gölü-Kaldırım Tuzlası	33° 25' 07'' D 38° 57' 20'' K	1960-2005
	1624-Beyşehir Gölü-Beyşehir	31° 43' 22'' D 37° 40' 54'' K	1953-2005
Van Gölü Kapalı Havzası	2501-Van Gölü-Tatvan	42° 17' 39'' D 38° 29' 34'' K	1944-2005

Göl su seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı trendlerin belirlenmesi amacıyla, normal dağılıma uyma, lineerlik gibi şartların aranmadığı, ayrıca verilerin kısıtlı olmasından ve eksik veri bulunmasından etkilenmeyen parametrik olmayan testlerden Mann-Kendall ve Sen'in T metodu kullanılmış, trendlerin başlangıç yılları da yine parametrik olmayan Mann-Kendall Meritbe Korelasyon Testi ile belirlenmiştir.

### 3.1. Sen'in T Testi (Sen's T Test)

Dağılımdan bağımsız olup mevsimsel olaylardan etkilenmeyen test istatistiği aşağıda verilen prosedür ile hesaplanır [5]. Önce değişken değerleri;  $i$  yılları ( $i=1, \dots, n$ ) ve  $j$  ayları ( $j=1, \dots, 12$ ) gösteren indisler olmak üzere  $X_{ij}$  ile simgelenir.

- $j$ . ay ve  $i$ . yıl için  $X_{.j}$  ve  $X_{i.}$  ortalama değerleri bulunur,
- $X_{ij}$  orijinal aylık değerlerinden, karşılık gelen ayın ortalaması çıkarılarak  $(X_{ij}-X_{.j})$  fark değerleri elde edilir. Böylece mevsimsel etkiler ortadan kaldırılır,
- Bu farklar küçükten büyüğe dizilerek en küçüğüne 1, en büyüğüne 12n sıra değerleri verilir. Sembolik olarak bu işlem  $R_{ij}=\text{Rank}(X_{ij}-X_{.j})$  eşitliği ile hesaplanır. Verilerde aynı değere sahip farklar (*bağ durumu*) varsa, bunların gerçekte alması gereken sıra değerlerinin ortalaması dikkate alınır,
- Elde edilen sıraların her bir ay ve her bir yıl için ortalamaları  $R_{.j}=\sum_i R_{ij}/n$  ve  $R_i=\sum_j R_{ij}/12$  eşitlikleri ile bulunur ve son işlem olarak,

- Sen'in T testi istatistiği aşağıdaki formülden hesaplanır.

Denklem 1'deki  $m$  mevsimsel zaman periyotlarını göstermekte olup yıllık çalışmalarda 1'e, aylık çalışmalarda 12'ye eşittir.  $\alpha$  önem seviyesinde  $|T|>z$  (standart normal değişken) durumunda trendin yokluğu üzerine kurulan  $H_0$  hipotezi reddedilir ve belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır.

$$T = \left[ \frac{12m^2}{n(n+1) \sum_{i,j} (R_{ij} - R_{.j})^2} \right]^{1/2} \left[ \sum_{i=1}^n \left( i - \frac{n+1}{2} \right) \left( R_i - \frac{nm+1}{2} \right) \right] \quad (1)$$

Sen'in T testi sonucunda elde edilen pozitif değerler azalan yönde, negatif değerler ise artan yönde bir değişim olduğunu ifade etmektedir.

### 3.2. Mann Kendall Testi (Mann-Kendall Test)

Kendall'ın tau istatistiği olarak da bilinen bu test, su kalitesi, akım, sıcaklık ve yağış gibi hidrometeorolojik zaman serilerindeki trendlerin belirlenmesinde geniş bir şekilde kullanılmıştır [6 ve 7]. Mann-Kendall testinde zamana göre sıralanmış  $x_1, \dots, x_n$  gözlemleri,  $H_0$  hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenlerdir [8].  $H_1$  hipotezine göre ise ( $k \neq j$ ) olmak üzere tüm ( $k, j \leq n$ ) için seride  $x_k$  ve  $x_j$  değerlerinin dağılımı benzer değildir, yani seride lineer bir trend bulunmaktadır. Sen'in T testinde olduğu gibi mevsimselliği çıkartılmış verilere uygulanan bu testin istatistiği (S), (2) ve (3) eşitliklerinden hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{eğer } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{eğer } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{eğer } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Asimptotik olarak normal bir dağılıma sahip ve ortalaması sıfır olan test istatistiği S'nin varyansı;

$$\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18 \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır. Eğer verilerde benzer değerler (bağ durumu) varsa, bu ifadenin payından  $\sum t(t-1)(2t+5)$  değeri çıkartılır. Burada t herhangi bir bağ durumundaki benzer x'lerin sayısını ve  $\sum t$  bütün bağ durumları üzerinden alınan toplamı göstermektedir. Süreklilik düzeltme birimi [denklem (5)'deki paylarda bulunan 1 değeri] kullanılırsa,  $n \leq 10$  olmak üzere S istatistiğinin teorik olasılık dağılımı için normal dağılım oldukça uygundur [9]. Böylece standart normal değişken (z) aşağıdaki eşitlikle hesaplanarak kritik z değeriyle karşılaştırılır.

Eğer  $\alpha$  önem seviyesinde  $|z| \leq z_{\alpha/2}$  ise,  $H_0$  hipotezi kabul edilir, aksi durumda reddedilir.

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

Hesaplanan S değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin varlığına işaret eder. Bu teknik, eksik verilerin varlığına müsaade ettiği ve verilerin belirli bir dağılıma uyma zorunluluğunu aramadığı için özellikle kullanışlıdır [9].

### 3.3. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi (Mann-Kendall Rank Correlation Test)

Parametresiz olan bu test, uygulanan seride zamanla artma mı azalma mı olduğunu bulmak için kullanılır. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir.

Bu testte gerçek veri yerine, seri içindeki mertebesi ( $y_i$ ) kullanılır. Her bir  $y_i$ , önceki mertebelerden büyük olanları sayılarak  $n_i$  gibi bir sayı ile tanımlanır.  $n_i$ 'lerin toplamları ile test istatistiği t bulunur:

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (6)$$

Bu istatistiğin ortalama ve varyansı sırasıyla,

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (7)$$

$$\text{var } t = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (8)$$

Mann-Kendall test istatistiği  $u(t)$  ise;

$$u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{\text{var } t} \quad (9)$$

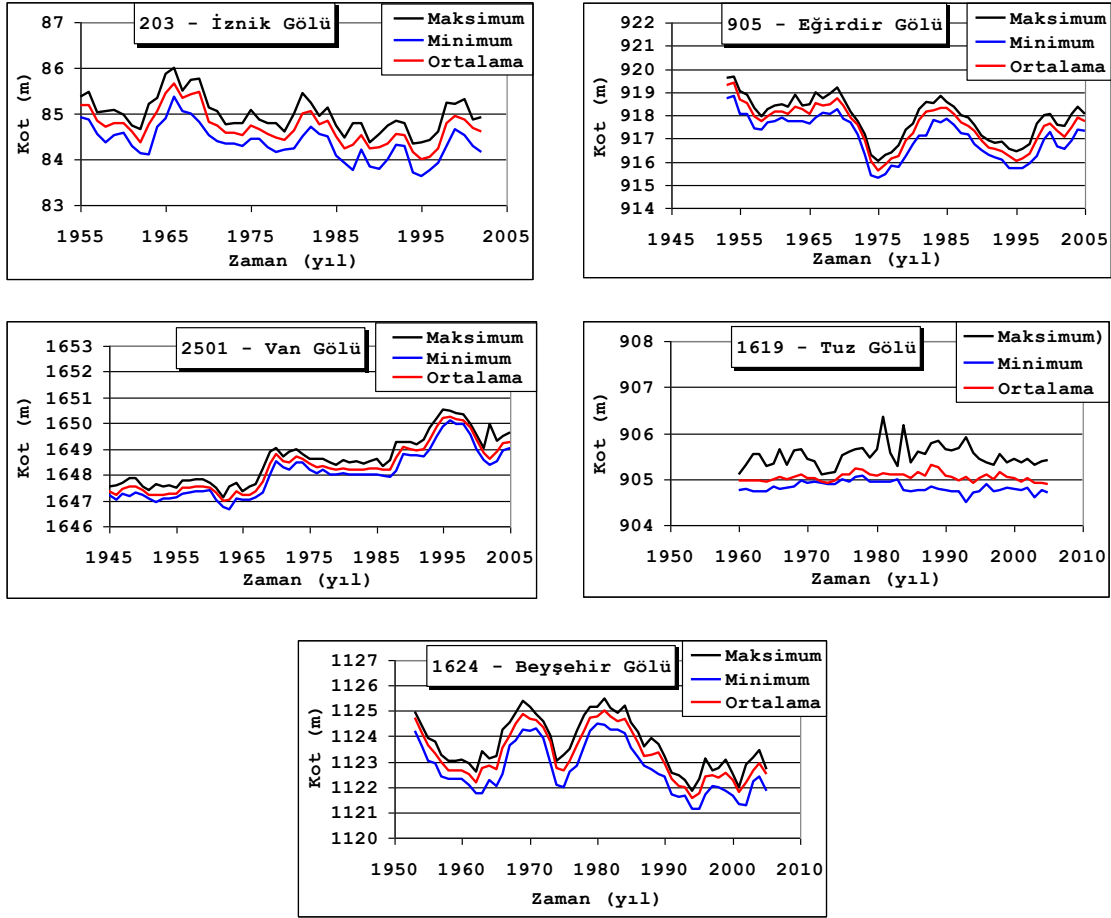
olarak hesaplanır [10].

Zamanla bir değişim yok varsayımı,  $u(t)$ 'nin sifıra yakın değerleri ile ifade edilirken  $u(t)$ 'nin büyük değerleri bir değişimin olduğunu gösterir.  $u(t)$ 'nin  $\pm 1.96$ 'ya ulaşması trendin anlamlılık seviyesinin %95'lere ulaştığını gösterir.  $u'(t)$  ise seri içinde sıra numaraları büyükten küçüğe doğru dikkate alınarak  $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanır. Grafikselleştirilerek  $u(t)$  ve  $u'(t)$  değişimin başladığı yerde birbirine yaklaşır sonra birbirlerinden uzaklaşarak trendin başladığı yer ile kuvvetini gösterirler. Eğer seri içinde bir trend yok ise  $u(t)$  ve  $u'(t)$  birbirlerine bir çok defa yaklaşarak yakın salınımlar yapacaklardır.

#### 4. UYGULAMA (APPLICATION)

Yapılan çalışmada kullanılan istasyonlara ait, yıllık maksimum, minimum ve ortalama su seviyesi kotlarının zamanla değişimini gösteren grafikler Şekil 1'de görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde, ilgili göllerde su seviyesi kotu ile ilgili genel bir değerlendirme yapabilmek mümkündür. Şekil 1'e göre İznik Gölü, Eğirdir Gölü ve Beyşehir Gölü su seviyelerinin zamanla azalan bir değişim, Van Gölü su seviyelerinin ise zamanla artan bir değişim gösterdiği bariz olarak görülebilmektedir. Buna karşılık, Tuz Gölü su seviyeleri için bir ön değerlendirme yapabilmek pek mümkün olamamaktadır.

Türkiye'nin 5 büyük gölüne ait yıllık maksimum, minimum ve ortalama göl su seviyeleri için Şekil 1'deki grafiklerden yapılan bu ön değerlendirmelerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise parametrik olmayan Mann Kendall ve Sen'in T testleri ile belirlenmiş ve test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Trend analiz sonuçları 0.05  $\alpha$  önem seviyesindeki 1.96 kritik değeriyle karşılaştırılarak, iki teste ait sonucun da istatistiksel anlamda önemli olmasına göre trendin varlığına karar verilmiştir. Mann-Kendall test sonuçlarına göre; (+) işaret artan, Sen'in T test sonuçlarına göre ise (+) işaret azalan trendi ifade etmektedir. Göl su seviyelerine ait trend analiz sonuçları, ilgili göllerin Türkiye'deki konumlarına göre de Şekil 2'de gösterilmiştir.



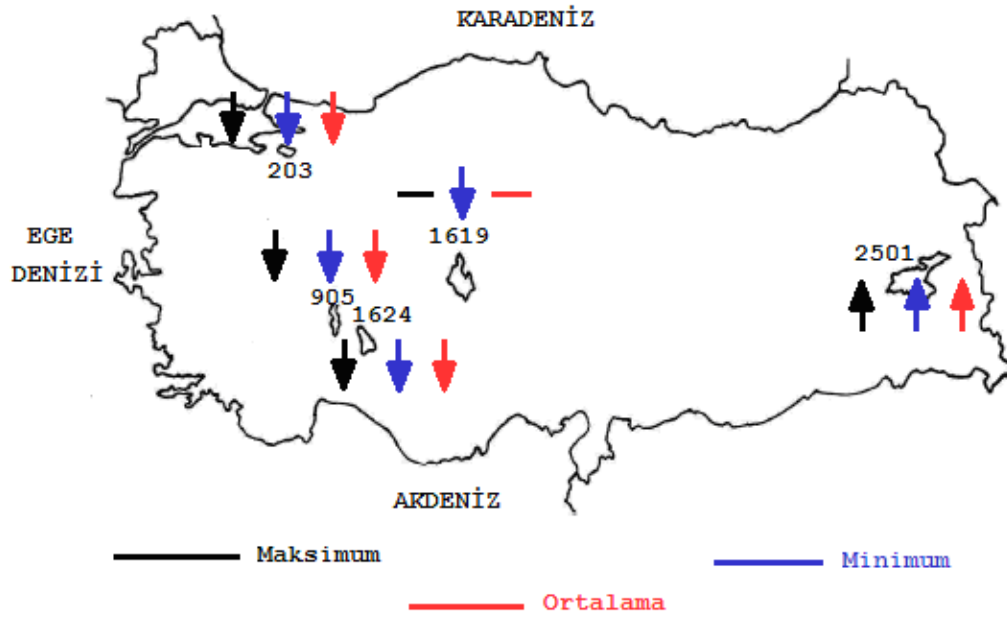
Şekil 1. Göl su seviyelerinin zamanla değişimi  
(Figure 1. Temporal change of lake water levels)

Tablo 2. Yıllık maksimum, minimum ve ortalama göl su seviyelerinin trend analiz sonuçları  
(Table 2. Results of trend analysis of annual maximum, minimum and average lake water levels)

İstasyon No ve Adı	Su Seviyesi	Mann-Kendall	Sen'in T	Trend	Trend Başlangıç Yılları
2501-Van Gölü Tatvan	Max.	7,07	-6,68	Artan	1982
	Min.	7,05	-6,65	Artan	1980
	Ort.	6,97	-6,63	Artan	1980
1619-Tuz Gölü Kaldırım Tuzlası	Max.	0,55	-0,74	Yok	-
	Min.	-1,77	2,53	Azalan	1991
	Ort.	0,07	-0,15	Yok	-
1624-Beyşehir Gölü Beyşehir	Max.	-2,48	2,73	Azalan	1991
	Min.	-3,01	3,04	Azalan	1991
	Ort.	-2,71	2,96	Azalan	1991
905-Eğirdir Gölü Eğirdir	Max.	-3,57	3,81	Azalan	1971
	Min.	-4,15	4,35	Azalan	1970
	Ort.	-3,90	4,15	Azalan	1971
203-İznik Gölü Mamure	Max.	-2,91	2,93	Azalan	1976
	Min.	-3,64	3,72	Azalan	1973
	Ort.	-3,15	3,41	Azalan	1975

Tablo 2'deki sonuçlara göre Van Gölü'nde yıllık maksimum, minimum ve ortalama su seviyelerinin hepsinde her iki yöntemle de istatistiksel olarak anlamlı ve artan yönde trendler belirlenirken, Beyşehir, Eğirdir ve İznik göllerine ait su seviyelerinde ise her iki yöntemle de azalan yönde trendler elde edilmiştir. Tuz Gölü'nde ise yıllık maksimum ve ortalama su seviyelerinde Mann-Kendall ve Sen'in T testi sonuçları 1,96 kritik değerinden küçük olduğu için istatistiksel olarak anlamlı eğilimler tespit edilememiştir. Yıllık minimum su seviyesinde ise Mann-Kendall testine göre trend elde edilemezken, Sen'in T testine göre azalan yönde bir eğilim belirlenmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar ile, su seviyelerinin zamanla değişimini gösteren grafiklere göre yapılan ön değerlendirmeler birbirini desteklemektedir.

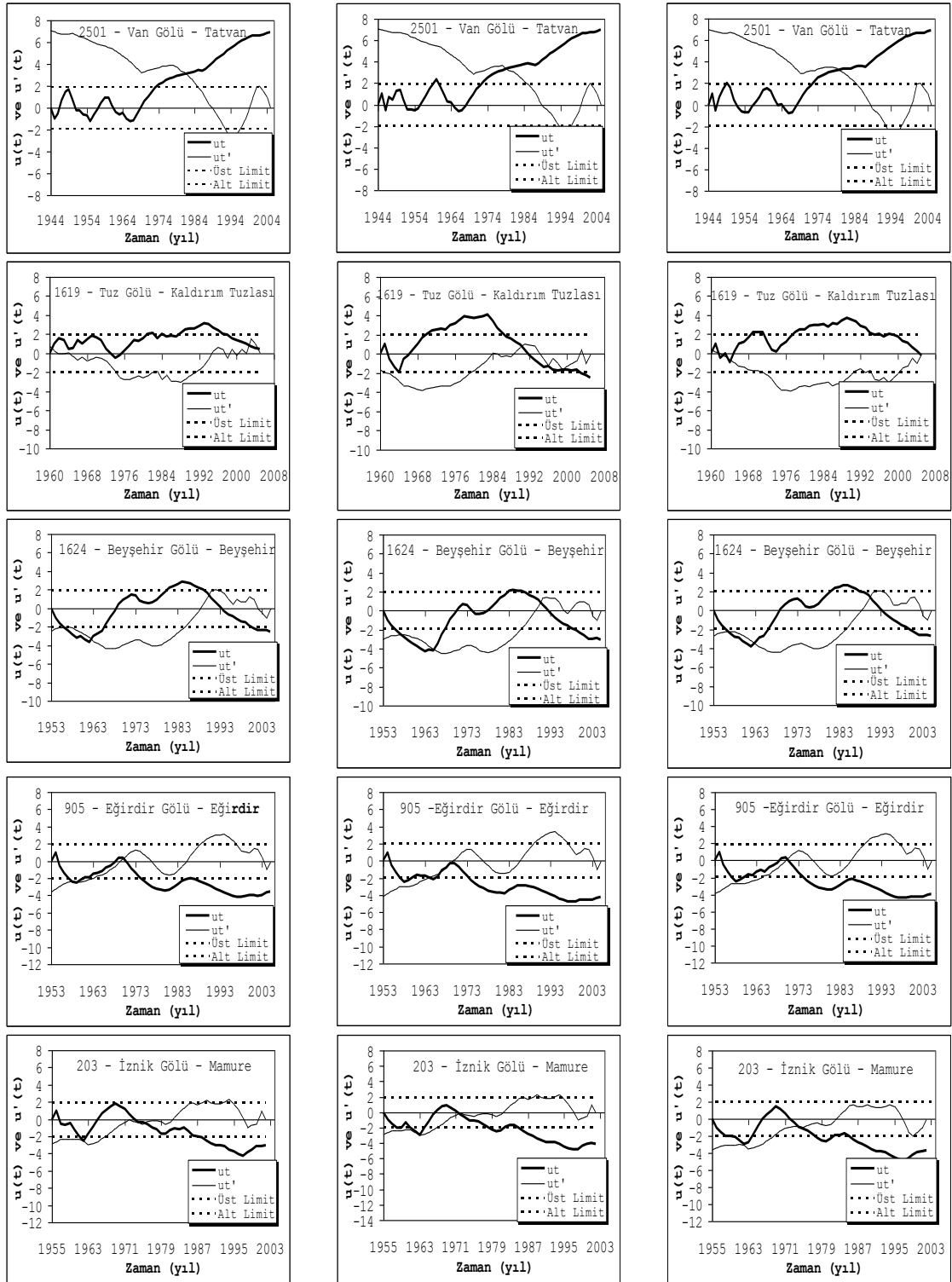
Şekil 2'ye göre incelenen göl seviyelerindeki azalan eğilimler, Türkiye'nin güneybatı ve orta-batı bölgelerinde, artan eğilimler ise ülkenin doğu kesiminde görülmektedir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan göllerin Türkiye'deki konumları ve trend analiz sonuçları  
(Figure 2. Locations of lakes used in this study in Turkey and results of trend analysis)

Trendlerin başlangıç yılları, su seviyelerine uygulanan Mann-Kendall Sıra Korelasyon testine göre grafiksel olarak elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir.

Şekil 3'de verilen Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi grafiklerine göre de göl su seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim olup olmadığını, var ise yönünü ve trendin başlangıç noktasını belirlemek mümkündür. Bu grafiklere göre u<sub>t</sub> eğrisi, alt ve üst limitlerin (1.96 kritik değeri) dışına çıkıp çıkmama durumuna göre trendin varlığını veya yokluğunu temsil etmektedir. Yönü ise artış veya azalışı göstermektedir. Buna göre Van Gölü'ne ait her üç grafikte de u(t) eğrisi, u'(t) eğrisini kestikten sonra üst limitin dışına çıkarak son bulmaktadır. Bu durum bu gölde göl su seviyesi değerlerinin bir artış eğiliminde olduğu anlamına gelmektedir.



a) maksimum

b) minimum

c) ortalama

Şekil 3. Göl su seviyeleri için Mann-Kendallı Meritve Korelasyon testi grafikleri  
(Figure 3. The graphics of Mann-Kendall Rank Correlation test for lake water levels)

Beyşehir, Eğirdir ve İznik göllerine ait grafiklerde ise  $u(t)$  eğrisi,  $u'(t)$  eğrisini kesip alt limitin dışında son bulmakta ve sonuç



olarak söz konusu göllerde maksimum, minimum ve ortalama göl su seviyeleri için azalan anlamlı trendler görülmektedir. Şekil 3'deki Tuz Gölü'ne ait maksimum ve ortalama su seviyesi grafiklerine göre  $u(t)$  ve  $u'(t)$  eğrileri 1960'lı yılların başında kesişip daha sonra birbirlerinden uzaklaşmışlar hatta güven limitlerinin dışına çıkmışlardır. Fakat dikkate alınan gözlem periyodunun sonunda iki eğri birbirine yaklaşarak güven limitleri arasında son bulmuştur. Dolayısıyla, söz konusu seviyeler için anlamlı bir trendden söz etmek mümkün değildir. Ancak, Tuz Gölü yıllık minimum su seviyelerine ait Şekil 3'deki grafikte  $u(t)$  eğrisi  $u'(t)$  eğrisini kestikten sonra azalarak alt limitin hemen dışında son bulmuştur. Dolayısı ile, bu seviye için azalan yönde bir trend söz konusudur.

Söz konusu göllere ait su seviyelerinin her bir aylık değişimleri yine Mann-Kendall ve Sen'in T testleri ile incelenmiş ve sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Üçgen ile gösterilen sonuçlar  $0.05 \alpha$  önem seviyesindeki 1.96 kritik değerinden büyük olan anlamlı trendleri, ok ile gösterilen sonuçlar ise 1.96 kritik değerinden küçük ve istatistiksel olarak anlamlı olmayan değişimleri ifade etmektedir. Bu sonuçlara göre Van Gölü'nde su seviyelerinin hepsinde her ayda artan yönde trendler belirlenirken, Tuz Gölü hariç diğer göllerde bütün aylarda azalan yönde trendler belirlenmiştir. Tuz Gölü'nde ise tespit edilen trendlerin %73'ü azalan, %27'si artan yönde bir değişim göstermektedir. Azalan trendler, genellikle sıcaklığın fazla, dolayısıyla da buharlaşmanın fazla olduğu aylarda elde edilmiştir.

Tablo 3. Her bir aya ait yıllık göl su seviyelerinin trend analiz sonuçları  
(Table 3. Results of trend analysis of annual lake water level for each month)

İstasyon		E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E
2501 (Van Gölü)	Max.	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Min.	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Ort.	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
1619 (Tuz Gölü)	Max.	↓	↑	↑	↑	↑	↑	▲	↑	↑	↓	↓	▼
	Min.	▼	▼	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	▼
	Ort.	▼	↓	↑	▲	↑	↑	▲	↑	↑	▼	▼	▼
1624 (Beyşehir Gölü)	Max.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Min.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Ort.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
905 (Eğirdir Gölü)	Max.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Min.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Ort.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
203 (İzmit Gölü)	Max.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Min.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
	Ort.	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼

Daha önce Türkiye'de gerek göl seviyeleri, gerekse de göl seviyeleri üzerinde etkili olabilecek hidrometeorolojik değişkenler ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır [11, 12, 13, 14, 15 ve 16]. Genellikle göllerdeki su seviyesi değişimleri yağış, akım, buharlaşma ve sıcaklık gibi faktörlerin birbirleri ile etkileşiminin bir yansımasıdır.

Kâhya ve Kalaycı tarafından Türkiye nehir akımları üzerinde yapılan bir çalışmada, Van Gölü'nün bulunduğu, ülkenin doğu bölgesindeki akımlarda anlamlı artan trendler elde edilirken, Beyşehir, Eğirdir ve İzmit göllerinin olduğu bölgelerde nehir akımlarında istatistiksel olarak anlamlı azalan trendler belirlenmiştir. Tuz Gölü civarında ise, gölün güneybatı tarafı azalan

trendlerin etkisinde iken, kuzeydoğu kısmında ise anlamlı bir değişim elde edilememiştir [15].

Akımlar üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise, Türkiye'nin Trakya, batı, güney ve orta bölgelerinde anlamlı azalan bir eğilim tespit edilmiştir [Bayazıt 17]. Ayrıca EİE tarafından yapılan çalışmada bu bölgelere ek olarak, Güneydoğu Anadolu'daki ortalama akımlarda azalma bulunurken Kuzey ve Doğu Anadolu bölgelerinde artış eğilimi saptamışlardır.

Türkiye yağış verileri ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada ise, hem yıllık toplam yağışların hem de her bir aya ait aylık toplam yağışların değişimi incelenmiştir [14]. Her aya ait yağışlarda genellikle ülke genelinde özellikle Eylül ve kış aylarında azalan trendler belirlenirken, Eylül ve Ocak ayları azalan trendlerin en çok gözlemlendiği aylar olmuştur. Ocak ayı için, Türkiye'nin güneybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde negatif trendler elde edilirken, Şubat ayı yağışlarında kuzey kesimlerde birkaç pozitif trendin dışında elde edilen değişimler hep azalan yönde olmuştur. Mart ayında elde edilen yağış trendleri ise kuzey ve doğu kesimlerinde azalan yönde bir eğilime sahiptir. Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Kasım aylarında ülke genelinde yağış verilerinde pek fazla anlamlı trend elde edilememiş, elde edilen trendler de pozitif yönde olmuştur. Sonuç olarak aylık yağışlar genellikle ülkenin doğusunda artan diğer kesimlerinde azalan yönde trend göstermiş, negatif trendler genellikle kış aylarında, pozitif trendler ise ilkbahar ve yaz aylarında görülmüştür [14]. Her bir aya ait yağışlarda elde edilen pozitif trendlerin genellikle ülkenin doğusunda tespit edilmesi, Van Gölü su seviyelerinde pozitif trendlerin elde edildiği bu çalışmanın sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Türkiye yıllık toplam yağışlarında ise, ülkenin orta ve doğu kesimlerinde birkaç pozitif trende karşılık güney ve batı kesimleri ile kuzeydoğu ve doğuda azalan trendler tespit edilmiştir.

Türkiye yıllık yağışları üzerine yapılan diğer bir çalışmada da önemli azalan trendler tespit edilmiş, bu trendler ülkenin güney ve batı bölgelerinde görülmüştür [18]. Yağışlarla ilgili yapılan diğer çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir [11 ve 13].

Türkeş ve arkadaşları, sıcaklık verilerinin eğilim analizlerini yapmış, özellikle Marmara ve Akdeniz bölgelerinde genel bir azalma eğilimi tespit etmişler, sadece Doğu Anadolu'da hafif bir artış eğilimi saptamışlardır [19]

Göl su seviyelerinde etkili bir diğer parametre olan buharlaşma verilerinin değişimi üzerine yapılan bir çalışmada Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında genel olarak artma eğilimi görülürken, Nisan ve Eylül aylarının azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bölgesel ölçekte ise ülke genelinde özellikle Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgesinde buharlaşma verilerinde artış eğilimi belirlenmiştir. En fazla önemli artış Doğu Anadolu Bölgesi'nde olurken, Marmara Bölgesi'nde 1 adet önemli artış olmuştur [12]. Türkiye'de sıcaklık üzerine yapılan bir çalışmada ise yıllık sıcaklıklarda önemsiz artış eğilimleri bulunmuştur.

Cengiz ve Kâhya Türkiye'de 25 adet istasyondaki yıllık ortalama göl su seviyeleri üzerine yaptıkları çalışmada, 9 istasyonun göl seviyelerinde anlamlı trendler bulunurken, bunların yaklaşık yarısı azalma yönünde olup ülkenin güneybatı ve orta-batı bölgelerinde, geriye kalanı ise ülkenin kuzey ve doğusundaki göllerde artan eğilimdedir [16]. Artan göl seviyeleri eğilimleri Karadeniz ve Doğu Anadolu yağış rejiminde, azalan göl seviyeleri eğilimleri ise Akdeniz ve İç Anadolu yağış rejimindedir. Cengiz ve Kâhya tarafından yapılan bu çalışmada, Van Gölü yıllık ortalama su seviyelerinde, incelenen gözlem periyodunda (1959-2002) artan eğilim elde edilirken, Tuz Gölü,

Beyşehir Gölü, Eğirdir ve İznik gölleri yıllık ortalama göl su seviyelerinde yine aynı periyot içerisinde herhangi bir eğilim belirlenmemiştir. Türkiye'nin en büyük 5 gölüne ait yıllık maksimum, minimum ve ortalama su seviyeleri üzerine yapılan bu çalışmadaki ortalama göl su seviyelerine ait sonuçlara göre; yıllık ortalama su seviyeleri için Van Gölü'nde elde edilen artış eğilimi ile Tuz Gölü'nde herhangi bir trend belirlenmemiş olması Cengiz ve Kâhya [16] tarafından yapılan çalışma ile benzerlik gösterirken, diğer göllerde ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu farklı durum, her iki çalışmanın analizlerinde kullanılan verilerin gözlem periyotlarındaki farklılıklardan ileri gelmiş olabileceği şeklinde yorumlanabilir. Zira Cengiz ve Kâhya [16] yaptıkları çalışmada, söz konusu göl gözlem istasyonları için, gözlem periyodu olarak 1959-2002 yılları arasını dikkate alırken, bu çalışmada kullanılan gözlem periyotları ise Tablo 1'de verilmiş olup farklı zaman aralığındadır.

##### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada Türkiye'nin en büyük beş gölüne ait yıllık maksimum, minimum ve ortalama göl su seviyeleri değişimleri parametrik olmayan Mann-Kendall ve Sen'in T testi ile test edilmiş, trend başlangıç yılları ise Mann-Kendall Mertebeye Korelasyon Testi ile tespit edilmiştir. Van Gölü'ne ait seviyelerde çok büyük anlamlı artan trendler belirlenirken, Beyşehir, Eğirdir ve İznik göllerinde tüm seviyelerde, Tuz Gölü'nde ise minimum göl seviyelerinde anlamlı azalan trendler belirlenmiştir. Van Gölü Doğu Anadolu Yağış Rejimi Bölgesinde, Tuz Gölü İç Anadolu, Beyşehir ve Eğirdir Gölü Akdeniz Geçiş, İznik Gölü ise Marmara Geçiş Yağış Rejim Bölgelerindedir. Elde edilen sonuçlar göl su seviyesi üzerinde etkili olan yağış, akım, sıcaklık, buharlaşma gibi hidrometeorolojik değişkenler üzerine yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında, genellikle birbirlerini destekleyici nitelikte sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Van Gölü su seviyelerinde elde edilen büyük anlamlı artan trendler bölge açısından büyük önem arz etmektedir. Kapalı bir havzaya sahip olup, doğal ya da suni herhangi bir çıkışı olmayan Van Gölü suları yüksek derecede sodalı olması sebebi ile içme ve sulama suyu olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenlerle göl suyunun kullanımı oldukça kısıtlıdır. Göldeki su seviyesi, 1967-1970 yılları arasında olduğu gibi, 1987 yılından sonra da önemli miktarda artış göstermiştir. Kapalı bir havza gölü olan Van Gölü'ndeki bu yükselme, göl çevresindeki sosyo-ekonomik faaliyetlerin aksamasına ve göl civarının doğal afet bölgesi ilan edilmesine, 1655 m kotunun aşışının yerleşime kapatılmasına ve 1652 m kotunun altındaki özel mülkiyetin kamulaştırılmasına neden olmuştur [20]. Göl su seviyesindeki bu artış miktarı, bölgedeki etkisi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, Van Gölü su seviyesi ve değişiminde etkili olabilecek yağış, akım, sıcaklık, buharlaşma gibi değişkenlerin değişimi de sürekli olarak incelenmelidir.

Türkiye'nin büyüklük olarak 3. büyük, tatlı su gölü olarak da en büyük gölü olan Beyşehir Gölü'nden ise halen içme suyu temini, tarımsal sulama, balıkçılık, turizm vb. amaçlar için faydalanılmaktadır. Ancak, son yıllarda göl su seviyesi, yağış yetersizliği ve aşırı su çekimi nedenleriyle oldukça alçalmıştır [21]. Küresel iklim değişiklikleri ve bunların olumsuz etkilerinin yoğun şekilde tartışıldığı günümüzde, ülkemizde bu olumsuz etkilerin en fazla görüleceği öncelikli bölgeler arasında görülen İç Anadolu Bölgesi gelmektedir. Dolayısıyla ülke tarımında önemli bir yere sahip olan Konya ili ve bölgedeki su kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan Beyşehir Gölü su seviyesindeki değişim ve etkili faktörler sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır.

Beyşehir Gölü'nden sonra Türkiye'nin sularından faydalanılan ikinci büyük gölü olan Eğirdir Gölü'nde gerek içme suyu gerekse de sulama suyu olarak hizmet vermektedir. Bu nedenle, bu gölde tespit edilen azalma trendi dikkate alındığında bölge için bu azalmalar büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, dünyanın en büyük tuz göllerinden biri olan Tuz Gölü'nde ise, minimum su seviyelerindeki azalma eğilimi hariç anlamlı trendler elde edilememiştir. Türkiye'nin tuz ihtiyacının yüzde 60'ını karşılayan ve uluslararası öneme sahip sulak alanlarımızdan olan Tuz Gölü, hem kurumaya hem de kirlenmeye karşı tehdit altındadır. Gölü besleyen yerüstü sularının bitmesi, yeraltı sularının bilinçsizce tüketilmesi ve tarımsal arazilerde aşırı su kullanılması sonucu göl yarı yarıya küçülmüştür. Türkiye'nin en az yağış alan bölgesinde yer alan Tuz Gölü çevresine yağış düşse bile, yağışlarla oluşan sular, yakın çevresinde yapılan tarım nedeniyle göle ulaşmadan kullanılmaktadır. Bu durum da göl seviyesinin azalmasında oldukça etkili olmaktadır. Bu sebeplerle Tuz Gölü seviyesindeki değişim gerek bölge gerekse de ülke açısından büyük önem arz etmektedir.

Türkiye karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biri olarak tanımlanmaktadır [22]. Bu nedenle, ülke su kaynaklarının envanterinin çıkarılması, su kaynaklarının korunması, söz konusu bölgelerde geleceğe yönelik yatırımların yapılabilmesi için göl su seviyeleri ve seviye değişiminde etkili olan hidrometeorolojik değişkenlerin değişimi kontrol altında tutulmalı, göl su seviye tahminlerinin yapılabilmesi amacıyla modeller geliştirilmelidir.

#### **NOT (NOTICE)**

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Em, A., (2005). Hidrolojik değişken yağışa göre GAP bölgesindeki kuraklığın trend analizi bakımından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
2. Gümü, V., (2006). Fırat Havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
3. Erkek, C. ve Ağıralıoğlu, N., (2002). Su kaynakları mühendisliği. Dördüncü baskı, Yayın no: 1247, İstanbul, Beta Basım.
4. Yurtcu, Ş., (2006). Eber Gölü su seviye değişiminin bulanık mantıkla modellenmesi. Teknoloji, Cilt 9, Sayı 1, ss:67-77.
5. Van Belle, G. ve Hughes, J.P., (1984). Nonparametric tests for trend in water quality. Water Resources Research 20 (1), pp:127-136.
6. Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D., and Yuzyk, T.R., (2001). Trends in Canadian streamflow. Water Resources Research 37 (4), pp:987-998.
7. Yue, S., Pilon, P., and Cavadias, G., (2002). Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. Journal of Hydrology, Vol.259, pp:254-271.
8. Yu, Y.S., Zou, S., and Whittemore, D., (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. Journal of Hydrology, Vol.150, pp: 61-80.

9. Hirsch, R.M., Slack, J.R., and Smith, R.A., (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, Vol. 18, No. 1, pp: 107-121.
10. Sneyers, R., (1990). On the statistical analysis of series of observations. WMO, No:415, Geneva.
11. Özfıdaner, M., (2007). Türkiye yağış verilerinin trend analizi ve nehir akımları üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
12. Aydın, F., (2009). Türkiye buharlaşma verilerinin bölgesel ortalama gidiş analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
13. Aksu, H., Kuşcu, S., and Simsek, O., (2010). Trend analysis of hydrometeorological parameters in climate regions of Turkey. BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia -25, 29 May.
14. Partal, T. ve Kahya, E., (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes* 20, pp:2011-2026.
15. Kahya, E. ve Kalaycı, S., (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology* 289, pp:128-144.
16. Cengiz, T.M. ve Kahya, E., (2006). Türkiye göl su seviyelerinin eğilim ve harmonik analizi. *itüdergisi/d mühendislik Cilt:5, Sayı:3, Kısım:2, ss:215-224*
17. Bayazıt M., Cıgızoğlu H.K. ve Önöz B., (2002). Türkiye akarsularında trend analizi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 420-421-422, 4-6.
18. Türkeş, M., (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 16, pp:1057-1076.
19. Türkeş, M., Sümer, U.M. ve Kılıç, G., (1995). Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability. *International Journal of Climatology* 15, pp:557-569.
20. Batur, E., Kadiođlu, M., Özkaya, M., Saban, M., Akın, İ. ve Kaya, Y., (2008). Van Gölü su seviye modellemesi ve ekstrem seviyelerin tahmini. Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliđi Konferansı, DSİ XVII. Bölge Müdürlüđü, Van.
21. Konya İl Genel Meclisi 'Beyşehir Gölü Araştırma Komisyonu', Editör: Babaođlu, M., (2007). Beyşehir Gölü'nün sorunları ve alınması gereken önlemler.
22. Türkeş, M., (1998). İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye'de çölleşmeye eğilimli alanlar. *Bildiriler Kitabı, II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu*, Ankara.