

## Trend Analysis Methods for Hydro-Meteorological Parameters

Can Bulent Karakus

Cumhuriyet University, Department of Urban and Regional Planning, 58140 Sivas- Turkey  
E-mail: bkarakus@cumhuriyet.edu.tr

### Abstract

Precipitation, temperature and streamflow parameters are the most important hydro-meteorological variables that reveal climate change/climate variability in the planning and management of water resources. Parametric and non-parametric trend tests are used to analyze long-term gradual changes or trends on hydro-meteorological variables. The Mann-Kendall test and Sen's slope estimation method are used as widely as from past to present and have shown very good performance in determining the trend for hydro-meteorological variables. The trend analysis for hydro-meteorological parameters will provide many benefits to water managers in better management and planning of water resources. In this study; informations on the most commonly used trend tests on hydro-meteorological variables was compiled, examples of trend analysis for different regions of the world were put forward, and a general evaluation was made on the importance of trend analysis in the direction of these examples.

**Keywords:** Climate change, precipitation, temperature, streamflow, trend analysis, Mann-Kendall test

## Hidro-Meteorolojik Parametreler İçin Trend Analizi Yöntemleri

### Özet

Yağış, sıcaklık ve akış parametreleri, su kaynaklarının planlanmasında ve yönetiminde iklim değişimi/iklim değişkenliğini ortaya koyan en önemli hidro-meteorolojik değişkenlerdir. Hidro-meteorolojik değişkenler üzerinde uzun zamanlı kademeli değişimleri veya eğilimleri analiz etmek için parametrik ve parametrik olmayan trend testleri kullanılmaktadır. Hidro-meteorolojik değişkenler için trendin belirlenmesinde Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim tahmini yöntemi geçmişten günümüze kadar çok yaygın olarak kullanılmakta ve çok iyi bir performans ortaya koymaktadır. Hidro-meteorolojik parametrelere ilişkin yapılacak olan trend analizi, su kaynaklarının daha iyi yönetimi ve planlanmasında su yöneticilerine birçok fayda sağlayacaktır. Bu çalışmada; hidro-meteorolojik değişkenler üzerinde en yaygın olarak kullanılan trend testlerine ilişkin bilgiler derlenmiş, dünyanın farklı bölgeleri için trend analizi örnekleri ortaya konulmuş ve bu örnekler doğrultusunda trend analizinin önemi konusunda genel bir değerlendirme yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişimi, yağış, sıcaklık, akış, trend analizi, Mann-Kendall testi

### 1. Giriş

İklim değişimi, yıllar veya daha uzun periyodlar için var olan iklim ortalamalarındaki büyük değişimler olarak ifade edilmektedir. İklim değişimi küresel ölçekte oluşmasına rağmen, iklim değişiminin etkisi bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir [1]. Bundan dolayı, iklim değişiminin izlenmesinde meteorolojik değişkenlerdeki değişimlerin analizi oldukça önemli bir konudur [2].

Özellikle bir bölge için mevcut ve geçmişteki hidro-meteorolojik değişkenlerin değişimleri ve trendlerin bilgisi, nüfus artışı ve ekonomik büyümeden dolayı suya olan gereksinimin artması ve küresel ısınma, su

ve enerji döngüsü kapsamında gelecekteki gelişim ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ile yakından ilişkilidir [3,4].

Barsugli ve ark. [5] ve Hamlet [6] tarafından belirtildiğine göre; son yıllarda, yerel ve bölgesel ölçekte yüzey iklimindeki tarihsel trendler oldukça dikkate değer bir konu olarak kabul edilmektedir ve iklim üzerinde oluşabilecek olumsuz değişimleri azaltmak için birçok strateji geliştirilmiştir. Tarihsel iklim üzerindeki küresel veya geleneksel ölçekteki gözlemler veya gelecekteki iklim projeksiyonları, yerel ve bölgesel ölçek planlamaları için daha az kullanışlıdır [5]. Bu nedenle, bölgesel veya yerel ölçekte gelecekteki iklim projeksiyonlarının veya tarihsel trendlerin değerlendirilmesi gereklidir [7].

Hem iklim değişkenliği hem de iklim değişimi ile ilgili yapılan tartışmaların çoğu sıcaklık, yağış ve akım gibi hidro-meteorolojik parametrelerdeki trendlerin izlenmesi ile doğrudan ilişkilidir [8]. Su kaynakları üzerindeki iklim değişiminin gelecekteki potansiyel etkilerini daha iyi değerlendirmek için hidrolojik olaylarla ilişkili trendleri araştırmak oldukça önemlidir [9].

Bir bölgenin iklim durumu değerlendirildiği zaman, hidro-meteorolojik verilerdeki trendlerin belirlenmesi yaygın olarak kullanılan bir işlemdir. Bu işlem, verilerin zamansal değişiminin genel bir tahminini ortaya koymaktadır. Trend analizi, iklimin iç dinamiklerinin ayrıntıları hakkında bilgi vermez ama değişimin büyüklüğü ve yönü hakkında bilgi sağlar [10].

Sıcaklık ve yağışlardaki trendler, iklim değişiminin en önemli göstergelerinden ikisidir [11]. Gelecekteki iklim şartlarının tahmin edilmesi için her iki parametrenin değişkenlik düzeyleri araştırılmalı ve tam olarak anlaşılmalıdır. Bundan dolayı son zamanlarda iklim değişkenliği temeline odaklı çalışmalar yağış ve sıcaklık trendlerinin belirlenmesi yönünde yoğunlaşmıştır [12]. Yağışların trend analizi, su kaynakları planlanması ve yönetimi için iklim değişimi sonucu ortaya çıkan etkilerin belirlenmesinde önemlidir [13].

Bir bölgedeki yağış miktarı; hidroelektrik enerji üretimi, tarımsal, endüstriyel ve evsel su temini gibi çeşitli ihtiyaçları karşılamak için mevcut su miktarının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Kuraklık ve sel olaylarının ciddi derecede artmasıyla küresel iklim değişimleri, suyun kullanılabilirliğinde önemli bir etkiye sahip olan yağış modellerini etkileyebilmektedir [14]. Kısa zaman periyodlarındaki yağışın yoğunluğu ve değişkenliği, yağış rejimi çalışmalarında çok önemlidir ve her iki faktör; su baskını, kentsel alanlarda görülen seller, heyelanlar veya bitkilerin imhası gibi felaketleri tetikleyen faktörler olarak davranabilir [15]. Küresel ısınmadan dolayı yağışlardaki değişimler, hidrolojik dizayn ve yönetim pratiklerinin bir gereksinimi olarak hidrolojik döngüyü, dere-akış modellerini ve su gereksinimlerini etkileyecektir. Akışlardaki değişimler ve onların dağılımları muhtemelen gelecekteki iklim senaryolarına dayandırılacaktır [16].

Uzun zamanlı hidro-meteorolojik değişimlerin belirlenmesinde akarsu akım verileri de kullanılmaktadır. Su yönetimi çerçevesinde, planlama amaçları için akışlardaki ani değişimlerin ve trendin tanımlanması önemlidir [17]. Gözlemsel ve tarihsel akarsu akış verileri, su kaynakları projelerinin dizaynında ve planlanmasında en önemli faktörlerdir. Bu veriler zamana bağlı karakteristiğe sahiptir ve iklim değişimi ve antropojenik aktiviteler gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Su kaynakları çalışmalarındaki başlıca adımlardan biri, gözlenen akarsu akışlarındaki trendleri ve bu trendlerin nerede ve ne zaman oluştuğunu tanımlamaktır. Akarsu akışlarındaki önemli trendlerin belirlenmesi, su yönetimi ve politikalarında alınacak kararları etkileyecektir [18].

Hidro-meteorolojik zaman serilerindeki trendleri tespit etmek için kullanılan çeşitli parametrik ve parametrik olmayan testler vardır [2,19]. Parametrik olmayan Mann-Kendall (MK) testi [20,21], parametrik yöntemlere göre bazı avantajlara sahip olmasından dolayı trend analizi için birçok araştırmacı tarafından tercih edilen en popüler yöntemlerden biridir [19]. Parametrik olmayan Mann-Kendall testi su kalitesi, akarsu akımı, sıcaklık ve yağış gibi hidro-meteorolojik zaman serilerindeki trendlerin önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [22].

Bu çalışmanın amacı; su kaynakları yönetimi ve planlanmasında hidro-meteorolojik değişkenler üzerinde trend analizinin önemini ortaya koymaktır. Bu kapsamda hidro-meteorolojik değişkenler üzerinde en yaygın olarak kullanılan trend testlerine ilişkin bilgiler derlenmiş, dünyanın farklı bölgeleri için trend analizi örnekleri ortaya konulmuş ve bu örnekler doğrultusunda trend analizinin önemi konusunda genel bir değerlendirme yapılmıştır.

## 2. Trend Analizi

Nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme neticesinde ortaya çıkan çevre kirliliği; yağış, sıcaklık ve akış gibi hidro-meteorolojik parametreler üzerinde önemli değişikliklere sebep olmaktadır. İklim elemanları üzerinde oluşabilecek her türlü değişim, su kaynaklarının planlanmasını olumsuz etkileyecek ve kısıtlı miktarlarda bulunan su kaynakları üzerindeki baskıyı arttıracaktır. Bu tür olumsuzları ortadan kaldırmak için gelecekteki iklim şartlarının tahmin edilmesi ve hidro-meteorolojik parametrelerin değişkenlik

düzeylerinin ortaya konulması gerekmektedir. İklim değişimi sonucu ortaya çıkan etkilerin belirlenmesinde hidro-meteorolojik parametrelerin zamansal değişiminin genel bir tahmini için trend analizi testleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda; trend analizi yöntemlerine ilişkin bilgiler aşağıda detaylı bir şekilde verilmiştir.

## 2.1. Trend Testi

Bir trend testi, hidrolojik ve meteorolojik veriler üzerinde kademeli değişimleri veya eğilimleri analiz etmek için uygulanmaktadır [23]. Trend analiz yöntemleri, eldeki bir veri setinde azalma ya da artma eğiliminin olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır [24]. Parametrik olmayan testler çoğunlukla normal olarak dağılmamış ve hidrolojik zaman serilerinde çok sık karşılaşılan ve eksik veriler için kullanılmaktadır [19,22]. Parametrik olmayan yöntemlerin seçimi, problemi veri setinin istatistiksel dağılımından bağımsız hale getireceği için avantajlıdır [24,22].

### 2.1.1. Mann-Kendall Testi

Bu test parametrik olmayan bir test olup, hidrolojik ve meteorolojik zaman serilerindeki önemli trendleri belirlemek için dünyada en yaygın olarak kullanılan trend izleme yöntemlerinden biridir [19,23,25]. Bu test, çevresel bilimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü basit yapıdadır, güvenilirdir, eksik verilerin ve belirli bir limitin altındaki verilerin üstesinden gelebilir [26]. Bu test, örnek verilerin göreceli büyüklüklerini karşılaştırır [27]. Testin birinci avantajı, verilerin hiçbir özel dağılıma gerek duymamasıdır [28,29]. Testin ikinci avantajı ise, homojen olmayan zaman serilerinden dolayı ani kırılmalar konusunda düşük duyarlılık göstermesidir. Mann-Kendall Testi'nin ana odak noktası, bir zaman serisindeki ardışık unsurlar arasındaki tüm ikili farklılıkları belirlemektir [28].

Bu yöntemde, trendin varlığı sıfır hipotezi ( $H_0$ ) ile test edilir. Sıfır hipotezinin kabulüne ya da reddine bağlı olarak, trendin olup olmadığına karar verilir [24].

Mann-Kendall test istatistiği [20,21] aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

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

Burada;

$n$ ; veri noktası sayısı,

$x_i$  ve  $x_j$ ;  $i$  ve  $j$  zaman serilerindeki ( $j > i$ ) veri değerleri  $\text{sgn}(x_j - x_i)$ ; işaret fonksiyonu olup aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{eğer } x_j - x_i > 0 \\ 0, & \text{eğer } x_j - x_i = 0 \\ -1, & \text{eğer } x_j - x_i < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Varyans ise aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir.

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

Burada;  $n$  = veri noktası sayısı,  $m$  = bağlı grupların sayısı,  $t_i = i$  kapsamındaki bağların sayısıdır. Bir bağlı grup, aynı değere sahip örnek veriler dizisinden oluşur. Örnek büyüklüğünün  $n > 10$  şartını sağlaması durumunda, standart normal test istatistik  $Z_S$  değeri aşağıdaki denklem vasıtasıyla hesaplanmaktadır [2]. Varyansı belirlenen Mann-Kendall testinin önemli olup olmadığı standart normal değişken  $Z$ 'nin aşağıdaki eşitlikle hesaplanıp kritik  $Z$  değeriyle karşılaştırılmasıyla belirlenir [30]. Negatif  $Z_S$  değerleri azalan bir trend anlamına gelirken pozitif  $Z_S$  değeri ise artan bir trendi ifade etmektedir [2].

$$Z_S = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{eğer } S > 0 \\ 0, & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{eğer } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Mann-Kendall yaklaşımında; eğer veriler seri bir şekilde pozitif bir korelasyona sahipse trendin önemi önemsenabilir düzeyde iken eğer veriler seri bir şekilde negatif bir korelasyona sahipse trendin önemi önemsenemez düzeydedir [31].

### 2.1.2. Sen'in Trend Eğimi Yöntemi

Sen [32], n sayıdaki veri örneklerinde trendin eğimini tahmin etmek için parametrik olmayan bir yöntem geliştirmiştir [2]. Sen [32] tarafından ifade edildiğine göre; genel olarak bir zaman serisindeki trendin büyüklüğü ya regresyon analizi (parametrik test) kullanılarak ya da Sen'in trend eğimi yöntemi kullanılarak belirlenmektedir [14]. Her iki yöntem zaman serilerinde lineer bir trend özelliği göstermektedir. Regresyon analizi, bağımlı değişken olarak yağış/sıcaklık ile ve bağımsız değişken olarak zaman ile yapılmaktadır. Regresyon analizi, zaman serileri üzerinde veya anomaliler (ortalamadan standart sapmaya) üzerinde doğrudan gerçekleştirilebilmektedir. Bir lineer denklem  $y = mt + c$  şeklinde ifade edilir. Burada; c = sabit değer, m = trend (eğim)'dir. Bir lineer trend, değişkenlerdeki artış/azalış oranlarını sağlayan en basit regresyon çizgisinin eğilimi yoluyla gösterilmektedir.

Lettenmaier ve ark. [33] ve Partal ve Kahya [25], Sen'in eğim tahmini yönteminin hidro-meteorolojik zaman serilerindeki trendlerin büyüklüklerini belirlemek için yaygın olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Bu yöntemde, tüm veri çiftlerinin eğimleri ( $T_i$ ) aşağıdaki denklem yoluyla hesaplanmaktadır.

$$i = 1, 2, \dots, n \text{ için} \quad T_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (5)$$

Burada;  $x_j$  ve  $x_k$ , j ve k ( $j > k$ ) zamanındaki veri değerleridir.  $T_i$ 'nin n değerlerinin medyanı Sen'in tahmin eğilimini ortaya koymakta ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\beta = \begin{cases} \frac{T_{N+1}}{2} & n \text{ (tek)} \\ \frac{1}{2} \left( T_{\frac{N}{2}} + T_{\frac{N+2}{2}} \right) & n \text{ (çift)} \end{cases} \quad (6)$$

Zaman serilerinde  $\beta$  göstergesinin pozitif değeri artan bir trend gösterirken  $\beta$  göstergesinin negatif değeri azalan trend anlamına gelmektedir [14].

### 2.1.3. Mann-Whitney Testi

Mann-Whitney testi, iki bağımsız grup ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir ve normal dağılım özelliği göstermez. Son 30 yılda Mann-Whitney testi; su kalitesi, akarsu akışı ve yağış gibi hidrolojik zaman serilerindeki ortalamalarda değişimin veya kaymanın önemini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [34]. Hidrolojik ve meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmak için bu testin kullanımı çok yaygındır. Mann-Whitney test istatistiği aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir [35].

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \text{stra}(x_i) - \frac{N_1(N_1+N_2+1)}{2}}{\sqrt{\frac{N_1N_2(N_1+N_2+1)}{12}}} \quad (7)$$

Burada;  $x_i$ ; gözlemlerin sırası,  $N_1$ ; yağış verileri için yağışlı ve yağışsız yılların sayısı,  $N_2$ ; yağış veya sıcaklık verileri için nötr yılların sayısı.  $H_0$  (sıfır hipotezi), yağış parametresi için ortalama<sub>yağışlı</sub> = ortalama<sub>nötr</sub> = ortalama<sub>yağışsız</sub> veya sıcaklık parametresi için ortalama<sub>sıcak</sub> = ortalama<sub>nötr</sub> = ortalama<sub>soğuk</sub> olarak ifade edilmektedir ve  $H_1$ , ortalamaların en az ikisinin farklı olma durumunda geçerlidir. Eğer,  $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$  ise  $H_0$  hipotezi reddedilir. Burada;  $Z_{1-\alpha/2}$ , standart normal olasılık dağılımı üzerinde  $1 - \alpha/2$  noktasıdır ve testin  $\pm$  önem düzeyini göstermektedir [36].

### 2.1.4. Lineer Regresyon Testi

Lineer regresyon analizi bir "y" değişkeninin bir "x" değişkenine bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin; çoklu lineer regresyon analizi ise, "y" değişkeninin birden fazla değişkene bağlı olarak göstermiş olduğu değişimin belirlenmesi için kullanılan regresyon analiz yöntemleridir [37]. Lineer regresyonda,  $y = ax + b$  şeklindeki regresyon denkleminde, a sabiti değişimin yönünü ve miktarını vermektedir. a'nın pozitif olması artan bir değişimi, negatif olması azalan bir değişimi ifade eder. a'nın sıfırdan çok farklı olmaması ise bir değişimin olmadığını gösterir [38].

### 2.1.5. Spearman'ın Rho Testi

Bu test, trend analizi için kullanılan parametrik olmayan bir testtir ve Mann-Kendall testi ile karşılaştırmalı olarak uygulanmaktadır. Bu testte, zaman serisi verilerinin bağımsız ve eşit olarak dağıtıldığı varsayılmaktadır [39].  $H_0$  (sıfır hipotezi), zaman içerisinde hiçbir trendin olmadığı anlamına gelirken  $H_1$  alternatif hipotezi ise artan veya azalan yönde bir trendi belirtmektedir [22]. Bu test istatistiği  $R_{sp}$  ve standardize edilmiş istatistiği ise  $Z_{sp}$  olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir [39].

$$R_{sp} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (D_i - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (8)$$

$$Z_{sp} = R_{sp} \sqrt{\frac{n-2}{1-R_{sp}^2}} \quad (9)$$

Bu denklemlerde;  $D_i = i$  gözlemlerinin sıra numarası,  $n =$  zaman serisi verilerinin toplam uzunluğu,  $i =$  verilerin gözlem sırası,  $Z_{sp} = (n-2)$  özgürlük derecesi ile Student's t dağılımıdır.  $Z_{sp}$ 'nin pozitif değerleri hidrolojik zaman serilerindeki artan bir trendi gösterirken negatif  $Z_{sp}$  değerleri ise azalan bir trendi göstermektedir. Eğer  $|z|$  değeri, seçilen  $\alpha$  anlamlılık seviyesinde standart normal dağılım tablosundan tespit edilen  $z_\alpha$  değerinden büyük ise ( $|z| > z_\alpha$ ) gözlem değerlerinin zamanla değişmediği üzerine kurulan  $H_0$  hipotezi reddedilir ve belirli bir trend olduğu sonucuna varılır [30].

### 2.1.6. Theil-Sen Yaklaşımı

Theil-Sen Yaklaşımı (TSA) olarak adlandırılan parametrik olmayan bu yöntem trendin eğimini (büyüklüğünü) ölçmek için birçok araştırmacı tarafından popüler bir yöntem olarak kullanılmaktadır [40]. Theil [41] ve Sen [32] tarafından tanımlanan Theil-Sen Yaklaşımı (TSA), en küçük kareler yöntemine göre daha sağlam eğim tahmini ortaya koymaktadır [42]. TSA, aykırı ve aşırı değerler için de yoğunlaşmakta ve zaman serilerindeki normal olarak dağılmış veriler için bile en küçük kareler yöntemiyle rekabet edebilmektedir [40].

### 2.1.7. Pettit Testi

Pettitt [43] tarafından belirtildiğine göre; bir zaman serisindeki değişim noktasını belirlemek için parametrik olmayan bu yöntem aylık veya yıllık ölçekte değişim noktasını bulabilmektedir. Sıfır hipotezi serinin bağımsız ve rasgele dağılımının olduğunu belirtirken alternatif hipotez ise ani bir değişim olma durumunu belirtir [44].

## 3. Dünyada ve Türkiye'de Trend Analizi Çalışmaları

Son zamanlarda iklim değişkenliği üzerine yapılan çalışmaların çoğu yağış, sıcaklık ve akarsu akımı parametrelerinin trendlerinin belirlenmesi yönünde yapılmıştır. Birçok araştırmacı; yağış, sıcaklık ve akarsu akım verilerini kullanarak hidro-meteorolojik değişkenlerdeki trendleri ve trendlerin değişimini belirlemek için trend analizi yöntemlerini kullanmışlardır. Araştırmacıların birçoğu trend analizinin gerçekleştirilmesinde Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim tahmini yönteminin oldukça kullanışlı olduğunu ve bu yöntemlerle elde edilen verilerin iklim değişimi çalışmalarında oldukça faydalı bilgiler ortaya koyduğunu belirtmişlerdir. Dünyada ve Türkiye'de hidro-meteorolojik parametrelerin trend analizi ile ilgili olarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

### 3.1. Yağış ve Sıcaklık Trend Analizi

Karabulut ve ark. [12], Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yer alan Samsun ili için 1931-2006 ve 1974-2006 periyodları için yıllık, mevsimlik ve aylık olarak sıcaklık ve yağış parametrelerindeki trendleri incelemişlerdir. İklim trendlerini belirlemek için parametrik olmayan testler (Mann-Kendall ve Sen'in eğim tahmini), lineer regresyon ve birikimli sapma eğrisi yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışma sonuçlarına göre; 1931-2006 periyodu için kış mevsiminde hafif yağış azalması gözlenmesine rağmen çalışma alanında istatistiksel olarak pozitif veya negatif yönde bir trend olmadığı gözlenmiştir. Buna karşılık olarak, 1974-2006 periyodunda yıllık ve mevsimlik olarak hafif yağış artışı gözlenmiştir. 1931-2006 periyodu boyunca elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak önemli boyutlarda olmamasına rağmen sıcaklık verileri hafif derecede artış göstermiştir. Diğer taraftan, 1974-2006 periyodu için sıcaklık trend analizi sonuçları istatistiksel olarak önemli bir trend göstermiştir. Son 32 yıl boyunca yaz ayları için sıcaklık verileri istatistiksel olarak önemli bir trend göstermiştir.



Tabari ve ark. [45] tarafından yapılan çalışmada; 1966-2005 yılları arasında İran'ın batı, güney ve güneybatısında yıllık maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış parametrelerinin zamansal trendleri incelenmiştir. İklim trendlerinin büyüklükleri ve istatistiksel eğilimleri Mann-Kendall ve Mann-Whitney istatistik testleri yardımıyla ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre; istasyonların çoğunda 1970'li yıllarda yıllık maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklarda bir yükselme trendinin başladığı gözlenmiştir. Ortalama değer olarak; on yıllık süre zarfında yıllık maksimum, minimum ve ortalama sıcaklıklardaki pozitif trendlerin büyüklükleri sırasıyla +0.412, +0.452 ve +0.493 olarak gerçekleşmiştir. Bununla beraber, yağış serilerinin değişimleri üniform olmamakla beraber yağış serileri artan ve azalan trendler göstermiştir.

Martinez ve ark. [7] tarafından yapılan çalışmada; Florida eyaletinde 1970-2009 ve 1895-2009 zaman periyodu için ABD Tarihsel İklimbilim Ağı (USHCN)'nda yer alan istasyonlar kullanılarak yağış, ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık ve sıcaklık aralıklarındaki yıllık, mevsimlik ve aylık trendler değerlendirilmiştir. Parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim testi kullanılarak istasyon trendlerinin büyüklüğü ve önemi belirlenmiştir. 1970-2009 ve 1895-2009 zaman aralığı için aylık olarak yağışlardaki önemli azalma trendlerinin Ekim ve Mayıs aylarında olduğu bulunmuştur. 1970-2009 zaman periyodunda ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklardaki trendler, genel olarak yüksek bir pozitif trend oranıyla pozitif yönde gerçekleşmiştir. İstasyon yerleşimi derecelendirmesine bağlı olarak her iki zaman periyodu içerisinde trendlerin değerlendirilmesi sıcaklık değişkenlerinde önemli farklılıklar göstermiştir.

Santos ve Fragoso [15], kuzey Portekiz'deki aşırı yağış endekslerinin zamansal ve mekânsal değişkenliğini belirlemek için 1950-2000 zaman periyoduna ait 39 meteorolojik ve ölçü istasyonundan veriler üzerinde uzun zamanlı trendleri ortaya koymak için Mann-Kendall parametrik olmayan testini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; ilkbahar, kış ve yaz mevsimleri bazında yıllık ölçek boyunca aşırı yağış endekslerinde bir azalma görülmüştür ama sonbahar mevsiminde hafif bir artış görülmüştür. Serilerin birçoğu için, analiz edilmiş olan aşırı yağış parametrelerinde istatistiksel olarak önemli bir trendin olmadığı belirlenmiştir. Mevsimsel ölçekte ise; yağış serilerinin % 80'den fazlasında aşırı yağış endeksleri kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde azalan bir eğilim göstermiştir. Sonbahar mevsiminde çalışılan dört endekte karşıt bir durum görülmüş, serilerin % 70'den fazlasının pozitif trende sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber, serilerin yalnızca % 15'i kış mevsiminde, % 46'sı ilkbahar mevsiminde, yalnızca % 2'si yaz mevsiminde ve % 4'ü sonbahar mevsiminde önemli bir trend göstermiştir.

Taxak ve ark. [46], 1901-2012 zaman periyodu süresince Hindistan'da yer alan Wainganga nehir havzasında yıllık ve mevsimsel ölçeklerde uzun zamanlı mekânsal ve zamansal trendlerin analizini ortaya koymuşlardır. Yağış verilerindeki trendleri belirlemek için Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Belirtilen zaman periyodu süresince değişimin büyüklüğünü ortaya koymak için Theil ve Sen'in eğim tahmin yöntemi kullanılmıştır. En olası değişim yılını belirlemek için, Pettitt-Mann-Whitney testi uygulanmıştır. Çalışma periyodu boyunca, yıllık yağışlarda % 8.45'lik bir azalma tahmin edilmiştir. Yıllık ve muson yağışlarında değişimin olduğu en olası yılın 1948 yılı olduğu bulunmuştur. 1901-1949 periyodu süresince havzada artan bir yağış trendi var iken, 1949-2012 periyodu süresince azalan bir yağış trendi belirlenmiştir.

Bari ve ark. [47] tarafından yapılan çalışmada; 1964-2013 yılları arasında Bangladeş'in kuzeyinde mevsimsel ve yıllık yağış trendleri ve bu trendler arasındaki dalgalanmalar ortaya konulmuştur. Yağış trendlerini ve bu trendlerin büyüklüklerini belirlemek için Sen'in eğim tahmincisi yardımıyla parametrik olmayan Mann-Kendall testi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; yağış istasyonlarının çoğunda yağışların arttığı görülmüştür. Bununla beraber, pozitif ve negatif trendlerin tümü istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde önemsiz olarak bulunmuştur.

Wu ve ark. [48] tarafından yapılan çalışmada; Çin'deki Mekong Nehir havzasının üst kısımlarında yağış trendlerinin mekânsal-zamansal analizi, Mann-Kendall ve lineer regresyon testi kullanılarak yapılmıştır. Zamansal trend analizi şunu göstermiştir ki; yıllık yağışlar havzanın güneyinde artan bir trende sahipken güney bölgede azalan bir trende sahiptir. Havzanın kuzey bölgesindeki yağışlar, kış mevsiminde % 1'lik önem seviyesinde anlamlı bir şekilde artış göstermiştir.

### 3.2. Akarsu Akışı Trend Analizi

Jiang ve Wang [49], 1953-2011 zaman periyoduna ait uzun zamanlı hidrolojik ve meteorolojik verileri kullanarak kuzey-doğu Çin'in en büyük havzalardan birisi olan Liao nehir havzasındaki akarsu akışı değişimlerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Araştırmacılar, hidro-meteorolojik değişkenlerin değişim noktalarını ve trendleri ortaya koymak için parametrik olmayan Mann-Kendall testi, Pettitt testi ve kümülatif anomali eğrisi kullanmışlardır. 59 yıllık zaman periyodunda, yıllık ve mevsimlik ortalama

akarsu akışlarının önemli derecede azalan bir trend sergilediği görülmüştür. Aylık ortalama akarsu akışı Ocak, Şubat ve Mayıs aylarında artan bir trend gösterirken, diğer mevsimlerde azalan bir trend göstermiştir.

Sagarika ve ark. [17] tarafından yapılan çalışmada, ABD'deki hidrolojik bölgelere göre sınıflandırılmış olan 240 adet akış istasyonunda kapsamlı, kademeli ve ani akış değişikliklerinin izlenmesi amaçlanmıştır. Akış hacimlerindeki değişimler su yılı, sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri için 1951-2010 zaman periyodundaki veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Kısa ve uzun zamanlı süreklilikler için ortaya konulan değişimler ile trendleri değerlendirmek için Mann-Kendall testi kullanılmış, değişim noktalarını değerlendirmek için de Pettitt testi kullanılmıştır. Trend sonuçları şunu göstermiştir ki; doğu ABD'nin çoğunda akış modellerinin artışı göze çarpmaktadır. Araştırmacılar; Mann-Kendall testinin kısa ve uzun zamanlı sürekliliklerin ve trendler üzerinde bu sürekliliklerin etkisinin değerlendirilmesine yardım edebileceğini ve bu çalışmadan elde edilen bulguların iklim değişimi ve değişkenliği durumlarında su kaynaklarının daha iyi yönetimi ve planlanmasında su yöneticilerine yardımcı olabileceğini ortaya koymuşlardır.

Zhang ve ark. [23], su kaynaklarının tarihsel değişiminin etkilerini ve çözümlerini belirlemek için Çin'in kuzeybatısında yer alan Heihe nehir havzası üzerindeki akışlardaki ani değişimleri ve trendleri belirlemek için 1960-2012 yılları arasındaki sıcaklık ve yağış parametrelerine bağlı olarak Mann-Kendall testi ve Pettitt testini kullanmışlardır. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlara göre; Heihe nehir havzası'nın üst kısımlarında akışlarda daha belirgin olarak gözlenen bir trend artışının olduğu, orta akım istasyonlarının çoğunun azalan bir trend gösterdiği, yukarı akım istasyonlarının çoğunun ise artan bir trend gösterdiği belirlenmiştir.

Nalley ve ark. [9], Ontario ve Quebec'in güney kısımlarında (Kanada) 1954-2008 zaman aralığındaki yedi meteoroloji istasyonundan ve sekiz akım gözlem istasyonundan elde edilmiş olan aylık, mevsimlik ve yıllık verileri esas alarak, ortalama akım ve toplam yağış verilerindeki trendleri belirlemek amacıyla Mann-Kendall testini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; pozitif trendlerin çoğunun 1960'lı yılların ortalarında ve 1970'li yılların başlarında başladığı gözlenmiştir.

Kahya ve Kalaycı [50], Türkiye'nin 26 havzasından elde edilen 31 yıllık zaman periyodu içerisinde aylık akarsu akımı verileri üzerinde trendleri ortaya koyabilmek amacıyla parametrik olmayan testlerden olan Sen'in Eğim Tahmini, Spearman'ın Rho, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall yöntemlerini uygulamışlardır. Araştırmacıların elde ettiği sonuçlara göre; 0,05 veya daha aşağısındaki güven seviyelerinde Türkiye'nin batısındaki havzalarda azalan yönlü bir trend var iken Türkiye'nin doğusundaki havzalarda ise herhangi bir trend gözlenmemiştir.

Yerdelen [44] tarafından yapılan çalışmada; Susurluk havzasındaki yıllık ortalama akım verileri istatistiki olarak değerlendirilerek bir trendin ve eğer varsa hidrolojik bir değişim noktasının varlığı araştırılmıştır. Susurluk havzasında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen ve ölçüm süreleri 39 ile 68 yıl arasında değişmekte olan 6 ölçüm istasyonunun akım verileri üzerinde trend analizi için Mann-Kendall mertebeye korelasyon yöntemi kullanılmıştır. Trend analizi sonucunda havzadaki nehir akımlarında azalan yönde bir trend belirlenmiş, Pettitt ve Standart Normal Homojenlik yöntemleri yardımı ile de değişim yılı tespit edilmeye çalışılmıştır. 6 akım gözlem istasyonunun 5'inde % 95 güven aralığında değişim yılı belirlenmiş, yıllık ortalama akımların değişim yılını belirlemek için kullanılan iki yöntemin birbirleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca homojenlik testi ile elde edilen değişim yılları ile Mann-Kendall mertebeye korelasyon yöntemi tarafından belirlenen trend başlangıç yıllarının uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Yenigün ve ark. [18], Türkiye'nin en büyük havzası olan Fırat havzasındaki seçilmiş olan 22 istasyonun yıllık ortalama, minimum ve maksimum akış verilerinin trend analizi için parametrik olmayan trend testlerini (Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testi) kullanmışlardır. Trendin başlangıç yılını belirlemek için Mann-Kendall Sıralı Korelasyon testi kullanılmış, Sen'in eğim tahmin yöntemi kullanılarak da trendlerin lineer eğimleri hesaplanmıştır. Belirtilen bu test yöntemlerine bağlı olarak yıllık minimum akarsu akışları göz önüne alındığında, altı istasyon için önemli derecede azalan trendler belirlenirken yalnızca bir istasyon için artan bir trend gözlenmiştir. Yıllık maksimum akarsu akışı ile ilişkili olarak hiçbir istasyon için trend gözlenmezken, yalnızca bir istasyon için yıllık ortalama akarsu akışında azalan bir trend bulunmuştur.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada; su kaynakları yönetimi ile hidro-meteorolojik değişkenlerin trend analizi ilişkisi, hidro-meteorolojik değişkenler üzerinde en yaygın olarak kullanılan trend testlerine ilişkin bilgiler ve dünyanın farklı bölgeleri için trend analizi örnekleri ortaya konulmuştur.

Literatür bilgileri doğrultusunda geçmişten günümüze kadar yapılmış olan çalışmalar, uzun zamanlı periyodlar dikkate alındığında yıllar itibarıyla genel olarak ısınma yönlü bir trendin ortaya çıktığını ve

havza bazında yağış ve akış parametrelerinin azalan yönde bir trend gösterdiğini belirlemiştir. Yağış ve akış parametrelerindeki bu azalma eğiliminin doğal çevre başta olmak üzere enerji, sanayi, tarım, yerleşme, ulaştırma gibi tüm koşullar üzerinde etkili olabileceği düşünülmektedir [51].

Hidro-meteorolojik değişkenlerin doğal çevre üzerindeki etkilerinin belirlenmesinin en etkin yolu trend analizidir. Yağış, sıcaklık ve akış gibi hidro-meteorolojik parametreler üzerinde gerçekleştirilen trend analizi, su kaynakları yönetimi ve planlamasında, hidrolojik döngü kapsamında su gereksinimlerinin belirlenmesinde ve iklim değişiminin gelecekteki potansiyel etkilerinin daha iyi değerlendirilmesinde etkili bir yöntem olarak göze çarpmaktadır. Genelde, Mann-Kendall ve Sen'in trend eğimi istatistiksel testlerinin sonuçları hidro-meteorolojik değişkenlerin trendlerinin belirlenmesinde kullanılan oldukça kuvvetli yöntemlerdir [2]. Mann-Kendall ve Sen'in trend eğimi yöntemlerinin diğer yöntemlere göre birçok avantaja sahip olmasından dolayı bu yöntemler birçok araştırmada en fazla tercih edilen yöntemler olarak görülmektedir.

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve iklim değişimi çalışmaları kapsamında; tarımsal, endüstriyel ve evsel su temini gibi mevcut ve gelecekteki su miktarının belirlenmesinde, sel ve heyelan gibi doğal afetlerin tahmin edilmesinde ve su kaynakları planlaması ile ilgili kararların alınmasında hidro-meteorolojik parametrelerdeki trendlerin izlenmesi ve verilerin zamansal değişiminin genel bir tahmininin ortaya konulması çok önemli faydalar sağlayacaktır.

Sonuç olarak; Dünyada bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar, gelecekteki iklim şartlarının tahmin edilmesi için hidro-meteorolojik değişkenlerin değişkenlik düzeylerinin trend analizi yöntemleriyle araştırılması gerektiğini ve elde edilen sonuçların su kaynakları yönetimi ve planlamasında tam olarak anlaşılması ve uygulama aşamasında da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

#### Kaynaklar

- [1] Trajkovic, S., Kolakovic, S. (2009). Wind-Adjusted Turc Equation for Estimating Reference Evapotranspiration at Humid European Location. *Hydrology Research*, 40 (1), 45–52.
- [2] Gocic, M. and Trajkovic, S. (2013). Analysis of Changes In Meteorological Variables Using Mann-Kendall And Sen's Slope Estimator Statistical Tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172–182.
- [3] Oguntunde, P.G., Friesen, J., Van De Giesen, N., Savenije, H.H.G. (2006). Hydroclimatology of The Volta River Basin in West Africa: Trends and Variability From 1901 To 2002. *Phys. Chem. Earth*, 31, 1180–1188.
- [4] Cannarozzo, M., Noto, L.V., Viola, F. (2006). Spatial Distribution of Rainfall Trends in Sicily (1921–2000). *Phys. Chem. Earth*, 31, 1201–1211.
- [5] Barsugli, J., Anderson, C., Smith, J.B., Vogel, J.M. (2009). Options for Improving Climate Modeling to Assist Water Utility Planning for Climate Change. White Paper, Water Utility Climate Alliance.
- [6] Hamlet, A.F. (2011). Assessing Water Resources Adaptive Capacity to Climate Change Impacts in The Pacific Northwest Region of North America. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15, 1427–1443.
- [7] Martinez, C. J., Maleski, J.J., Miller, M.F. (2012). Trends in Precipitation and Temperature in Florida (USA). *Journal of Hydrology*, 452–453, 259–281.
- [8] Birsan, M.V., Molnar, P., Burlando, P., Pfaundler, M. (2005). Streamflow Trends in Switzerland”, *J. Hydrol.* 314 (1–4), 312–329.
- [9] Nalley, D., Adamowski, J., Khalil, B. (2012). Using Discrete Wavelet Transforms to Analyze Trends In Streamflow and Precipitation in Quebec and Ontario (1954–2008). *Journal of Hydrology*, 475, 204–228.



- [10] Ahmad, W., Fatima, A., Awan U.K., Anwar, A. (2014). Analysis of Long Term Meteorological Trends in The Middle and Lower Indus Basin of Pakistan-A Non-Parametric Statistical Approach. *Global and Planetary Change*, 122, 282–291.
- [11] Guo, Z.M., Miao, Q.L., Li, X. (2005). Change Characteristics of Temperature in North China Since Recent 50 Years. *Arid Land Geography*, 25 (4), 448-54.
- [12] Karabulut, M., Gürbüz, M., Korkmaz, H. (2008). Precipitation and Temperature Trend Analyses in Samsun. *J. Int. Environmental Application & Science*, 3(5), 399-408.
- [13] Haigh, M.J. (2004). Sustainable Management of Headwater Resources: The Nairobi Headwater Declaration (2002) and Beyond. *Asian J. Water, Environ. Pollut.*, 1(1–2), 17–28.
- [14] Jain, S.K., Kumar, V. (2012). Trend Analysis of Rainfall and Temperature Data for India. *Current Science*, 102 (1), 37-49.
- [15] Santos, M., Fragoso, M. (2013). Precipitation Variability in Northern Portugal: Data Homogeneity Assessment and Trends in Extreme Precipitation Indices. *Atmospheric Research*, 131, 34–45.
- [16] 2. IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (eds Solomon, S. D. et al.), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [17] Sagarika, S., Kalra, A., Ahmad, S. (2014). Evaluating The Effect of Persistence on Long-Term Trends and Analyzing Step Changes in Streamflows of The Continental United States. *Journal of Hydrology*, 517, 36–53.
- [18] Yenigün, K., Gümüş, V., Bulut, H. (2008). Trends in Streamflow of Euphrates Basin, Turkey. *ICE Water Management*, 161 (4), 189-198, Thomas Telford.
- [19] Duhan, D., Pandey, A. (2013). Statistical Analysis of Long Term Spatial and Temporal Trends of Precipitation During 1901–2002 at Madhya Pradesh, India. *Atmospheric Research*, 122, 136–149.
- [20] Mann, H.B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13, 245–259.
- [21] Kendall, M.G. (1975). Rank Correlation Methods. Griffin, London, UK.
- [22] Yue, S., Pilon, P., Cavadias G. (2002). Power of The Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests for Detecting Monotonic Trends in Hydrological Series. *Journal of Hydrology*, 259 (1–4), 254–271.
- [23] Zhang, A., Zheng, C., Wang, S., Yao, Y. (2015). Analysis of Streamflow Variations in The Heihe River Basin, Northwest China: Trends, Abrupt Changes, Driving Factors and Ecological Influences. *Journal of Hydrology (Regional Studies)*, 3, 106–124.
- [24] Yenigün, K., Ülgen, M.U. (2016). İklim Değişikliği Ekseninde Maksimum Akım Verilerindeki Trendler ve Baraj Güvenliğine Etkisinin İzlenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7 (2), 343-354 (Özel Sayı).
- [25] Partal, T., Kahya, E. (2006). Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. *Hydrol. Processes*, 20, 2011–2026.
- [26] Salmi, T., Maatta, A., Anttila, P., Airola, T.R., Amnel, T. (2002). Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by The Mann–Kendall Test and Sen's Slope Estimates-The Excel Template Application Makesens. *Publications On Air Quality*, Finnish Meteorological Institute, 1456-789X.

- [27] Gilbert, R.O. (1987). *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- [28] Jaagus, J. (2006). Climatic Changes in Estonia During The Second Half of The 20th Century in Relationship With Changes in Large-Scale Atmospheric Circulation. *Theor. Appl. Climatol.*, 83, 77–88.
- [29] Yu, Y.S., Zou, S., Whittemore, D. (1993). Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150, 61-80.
- [30] Büyükyıldız, M., Berktaş, A. (2004). Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi. *J. Fac. Eng. Arch. Selcuk Univ.*, 19 (2).
- [31] Kumar, R., Singh, S., Randhawa, S.S., Singh, K.K., Rana, J.C. (2009). Temperature Trend Analysis in The Glacier Region of Naradu Valley, Himachal Himalaya, India. *C. R. Geoscience*, 346, 213–222.
- [32] Sen, P. K. (1968). Estimates of The Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *J. Am. Stat. Assoc.*, 63, 1379–1389.
- [33] Lettenmaier, D. P., Wood, E. F. Wallis, J. R. (1994). Hydroclimatological Trends in The Continental United States. *J. Climate*, 7 (1948–88), 586–607.
- [34] Yue, S., Wang, C.Y. (2002). The Influence of Serial Correlation on The Mann–Whitney Test for Detecting A Shift in Median. *Advances in Water Resources*, 25, 325–333.
- [35] Chen, Y.N., Xu, Z.X. (2005). Plausible Impact of Global Climate Change on Water Resources in The Tarim River Basin. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 48, 65-73.
- [36] Durdu, Ö.F. (2010). Effects of Climate Change on Water Resources of The Büyük Menderes River Basin, Western Turkey. *Turk J. Agric. For.*, 34, 319-332, TÜBİTAK.
- [37] Deniz, E., Atik, K. (2007). Güneş Işınım Şiddeti Tahminlerinde Yapay Sinir Ağları ve Regresyon Analiz Yöntemleri Kullanımının İncelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 27 (2), 15-20.
- [38] Bacanlı, Ü.G., Tuğrul, A.T. (2016). Baraj Göllerinin İklimsel Etkisi ve Vali Recep Yazıcıoğlu Gökınar Baraj Gölü Örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (3), 154-159.
- [39] Ahmad, I., Tang, D., Wang, T., Wang, M., Wagan, B. (2015). Precipitation Trends Over Time Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances In Meteorology*, Volume 2015, Article ID 431860, 15 pages.
- [40] Sayemuzzaman, M., Jha, M.K. (2014). Seasonal and Annual Precipitation Time Series Trend Analysis in North Carolina, United States. *Atmospheric Research*, 137, 183–194.
- [41] Theil, H. (1950). A Rank-Invariant Method of Linear and Polynomial Regression Analysis. *Proc. K. Ned. Akad. Wet.* A53, 386–392.
- [42] Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A. (1982). Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality Data. *Water Resour. Res.*, 18, 107–121.
- [43] Pettitt, A.N. (1979). A Non-Parametric Approach to The Change-Point Detection. *Applied Statistics*, 28, 126-135.
- [44] Yerdelen, C. (2013). Susurluk Havzası Yıllık Akımlarının Trend Analizi ve Değişim Noktasının Araştırılması. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (2), 44.

- [45] Tabari, H., Somee, B.S., Zadeh, M.R. (2011). Testing for Long-Term Trends in Climatic Variables in Iran. *Atmospheric Research*, 100, 132–140.
- [46] Taxak, A.K., Murumkar, A.R., Arya, D.S. (2014). Long Term Spatial and Temporal Rainfall Trends and Homogeneity Analysis in Wainganga Basin, Central India. *Weather and Climate Extremes*, 4, 50–61.
- [47] Bari, S.H., Rahman, M.T.U., Hoque, M.A., Hussain, M.M. (2016). Analysis of Seasonal and Annual Rainfall Trends in The Northern Region of Bangladesh. *Atmospheric Research*, 176–177, 148–158.
- [48] Wu, F., Wang, X., Cai, Y., Li, C. (2016). Spatiotemporal Analysis of Precipitation Trends Under Climate Change in The Upper Reach of Mekong River Basin. *Quaternary International*, 392, 137-146.
- [49] Jiang, C., Wang, F. (2016). Temporal Changes of Streamflow and Its Causes in The Liao River Basin Over The Period of 1953–2011, Northeastern China. *Catena*, 145, 227–238.
- [50] Kahya, E., Kalaycı, S. (2004). Trend Analysis of Streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289, 128–144.
- [51] Karabulut, M., Cosun, F. (2009). Kahramanmaraş İlinde Yağışların Trend Analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7 (1), 65-83.