

Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi İle Değerlendirilmesi

Veysel GÜMÜŞ, Kasım YENİGÜN

Harran Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

ÖZ

Su, canlıların sürekli ilgi odağı olmuş ve medeniyetler daha çok suya yakın yerlerde hayat bulmuştur. Fazla su taşkınlara neden olurken, az su da insanların yaşamını etkilemekte ve toplu göçlere bile neden olabilmektedir. Ancak artan su ihtiyacını karşılamak için suyun bol olduğu yerlerden az olduğu yerlere taşınması ve su biriktirme hazneleri oluşturulması gibi önlemler alınmıştır. En etkili yol suyun geçmişteki davranışını inceleyip gelecekteki davranışını tahmin etmektir. Zaman içerisinde su miktarındaki değişimin bilinmesi depolanmış ve depolanacak suyun daha dikkatli olarak kullanılmasına ve planlanmasına yardımcı olacaktır.

Bu nedenle çalışmada, Türkiye'nin en önemli havzalarından biri olan Aşağı Fırat Havzasından seçilen istasyonların yıllık ortalama akımlarının trend analizi yapıp, anlamlı bir trend varlığı aranmıştır. Akım verilerinde, klasik parametrik testlerdeki normalite, lineerlik ve bağımsızlık gibi varsayımlarla genel olarak karşılaşılmaktadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında parametrik olmayan testler kullanılmıştır.

Aşağı Fırat Havzası'nda, EİEİ tarafından işletilen 40 akım gözlem istasyonundan, dört istasyon için trend analizi testleri uygulanmıştır. Yıllık ortalama verilerinin doğrusal trendlerini tespit etmek için, çeşitli testler değerlendirilmiş ve bunlar içerisinde en güçlü olduğu belirlenen parametrik olmayan Mann-Kendall testi tercih edilmiştir. Trend tespit edilen istasyonlarda trend başlangıç yılını tespit etmek için ise, parametrik olmayan Mann-Kendall Sıralama Korelasyon testi kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada, ele alınan istasyonların yarısında trend belirlenmiş ve trend tespit edilen istasyonlarda eğimin azalan yönde olduğu görülmüştür. Grafiklerle de gösterilen azalmanın Suriye sınırına yakın olan istasyonlarda yoğunluk kazandığı ve azalan trendin başlangıcının 1973-1985 yılları olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Trend Analizi, Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Sıralama Korelasyon testi, Aşağı Fırat Havzası.

1.Giriş

Su insan yaşamında, tüm canlılarda, kısacası doğada vazgeçilmez en değerli doğal kaynaklardan biridir. Dünya yüzeyinin % 71'inin sularla kaplı olduğu bilinmektedir. Dünyamızın %71'ini örten su tabakasının %98'i okyanuslar ve denizler gibi tuzlu sulardan meydana gelmektedir. Geri kalan %2'si göller, nehirler, ırmaklar, yeraltı suları, bitki ve hayvan dokuları, kutuplardaki buzullar, atmosferdeki su buharı, bulutlar, yağmur ve kar sularıdır.

Tarih boyunca su, canlı varlıkların ilgi odağı olmuş ve medeniyetler daha çok suya yakın yerlerde hayat bulmuştur. Fazla su taşkınlara neden olurken az su da insanların yaşamını etkilemekte ve toplu göçlere bile neden olabilmektedir. Günümüzde nüfusun artması, artan sanayi tesisleri gibi sebepler su ihtiyacının sürekli olarak artırmaktadır. Artan su ihtiyacını karşılamak için suyun bol olduğu yerlerden az olduğu yerlere taşınması ve su biriktirme haznelere inşası gibi önlemler alınabilir. En etkili yol suyun geçmiş davranışını inceleyip gelecekteki davranışını tahmin etmektir. Zaman içerisinde su miktarındaki değişimin bilinmesi depolanacak suyun daha dikkatli olarak kullanılmasına ve planlanmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenlerden dolayı trend analizi gibi istatistik yöntemlere önemli derecede ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Aşağı Fırat Havzasından seçilen istasyonların yıllık ortalama akımlarının trend analizi yapıp, anlamlı bir trend varlığı aranmıştır.

2. Trend Analizi ve Yöntemleri

Bir büyüklüğün zaman boyunca ölçülen değerlerinde anlamlı bir azalma ya da artma (trend) bulunup bulunmadığı istatistik testlerle araştırılabilir. Hidrolojik büyüklükler (yağış, akış) zaman içinde rastgele değişen karakterde olduğundan sürekli bir azalma veya artma eğiliminin araştırılması özel yöntemler kullanmayı gerektirir (Helsel ve Hirsch, 1992).

Klasik parametrik testlerdeki normalite, lineerlik ve bağımsızlık gibi temel varsayımlar genellikle tipik yüzey suyu kalitesi verilerinde sağlanmamaktadır. Aynı zamanda su kalitesi trend analizinde istatistiksel testlerin uygulanması, eldeki zaman serisinin çoğunlukla eksik değerli ve kısıtlı veriler olması yanı sıra kalite parametresinin akım debisi ile ilişkisi ve mevsimsellik gibi bazı problemlerden dolayı daha da karmaşık hale gelmektedir (Kalaycı, Kahya, 1998). Bu nedenden dolayı parametrik olmayan testlerin kullanılması parametrik testlere oranla daha uygundur. Kullanılan parametrik olmayan testler Sen'in T testi, Spearman'ın Rho testi, Mann-Kendall testi, mevsimsel Kendall testi'dir. Bu çalışmada kullanılan test Mann-Kendall testi'dir. Anlamlı bir trend olduğu tespit edildiğinde, Mann-Kendall mertebeye korelasyon testi ile trend başlangıç yılı belirlenmiştir.

Türkiye'de ve dünya da Erdoğan (1989), Toros (1993), İcağa (1994), Türkeş (1996), Kadioğlu (1997), Kalaycı ve Kahya (1998), Kosif (2001), Zhang ve ark.(2001) Burn ve Elnur (2002), Özel (2004), Kahya ve Kalaycı (2004) tarafından bu yöntemler kullanılarak trend analizi çalışması yapılmış ve Mann-Kendal testinin gücü ortaya konulmuştur.

2.1. Mann-Kendall Testi

Mann Kendall testi (Mann, 1945 - Kendall, 1975) nonparametrik bir test olduğundan verilerin dağılımından bağımsızdır. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi ile; “ H_0 : trend yok” ile kontrol edilmektedir (Bayazıt, 1996). Testin uygulanacağı zaman serisi x_1, x_2, \dots, x_n de x_i, x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı P ve $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği $S=P-M$ şeklinde tanımlanır.

Kendall korelasyon katsayısı:

$$\tau = \frac{S}{[n(n-1)/2]} \quad [1]$$

$n \geq 10$ için

$$\mu_s = 0 \text{ ve } \sigma_s = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad [2]$$

olmak üzere;

$$Z = \left. \begin{array}{l} (S-1)/\sigma_s \quad S > 0 \\ 0 \quad S = 0 \\ (S-1)/\sigma_s \quad S < 0 \end{array} \right\} \quad [3]$$

şeklinde tanımlanan Z istatistiğinin dağılımı standart normal dağılımdır. Örnekte birbirine eşit olan gözlemler varsa σ_s aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\sigma_s \sqrt{\left[\frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_i t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \right]} \quad [4]$$

burada t_i değeri eşit olan gözlemlerin sayısını göstermektedir. Örneğin 5 gözlem aynı değeri taşıyorsa $t_1=5$, 3 gözlem aynı değerinde ise $t_2=3$ ve ayrıca değerleri aynı olan 2 gözlemler iki grup bulunuyorsa $t_3=2, t_4=2$ alınacaktır.

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan Z 'nin mutlak değeri seçilen α anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın $Z_{\alpha/2}$ değerinden küçükse sıfır hipotezi kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde trend olmadığı, büyükse trend olduğu ve S değeri pozitif ise artan yönde negatifse azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır. Ayrıca verilerin belirli bir dağılıma uyması zorunluluğu aramadığı için özellikle kullanışlıdır (Yue ve ark. 1993).

2.2. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon İstatistiği

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.

Hidro-meteoroloji zaman serisinde sol taraftan başlayarak veriler x_i , teker teker göz önünde bulundurularak veri yerine kendisinden önce gelen veriler içinde kaç tanesinin

kendisinden büyük olduğu sayılır. Bu sayıya n_i dersek x_i veri değerleri bunlarla yer değiştirerek tam sayılı bir örnek fonksiyon elde edilir.

Bu tam sayıların ardışık toplamları, t_i ile gösterirsek yöntemi sınamak için gerekli büyüklük;

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad [5]$$

şeklinde tanımlanır. Bunun ortalaması

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad [6]$$

varyansı;

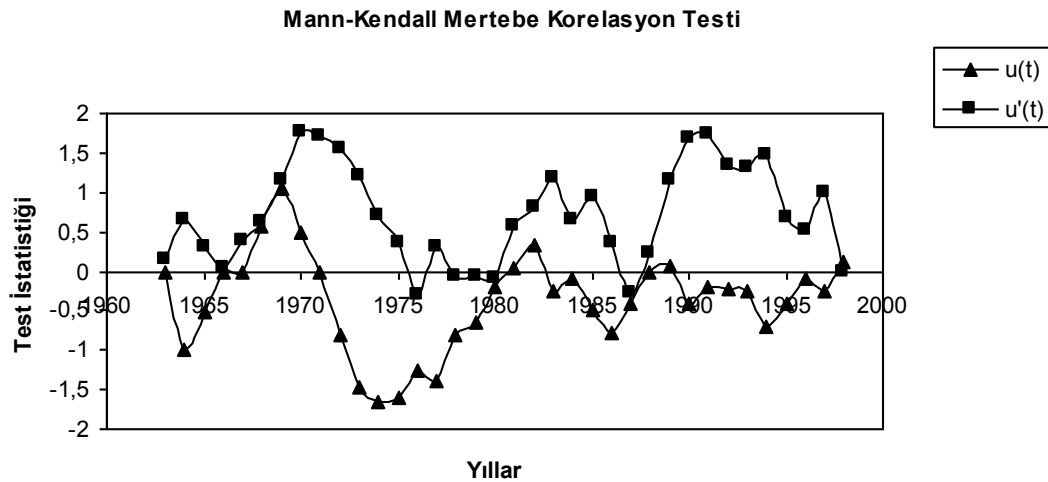
$$\text{var}(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad [7]$$

dir. Mann-Kendall test istatistiği $u(t)$ ise

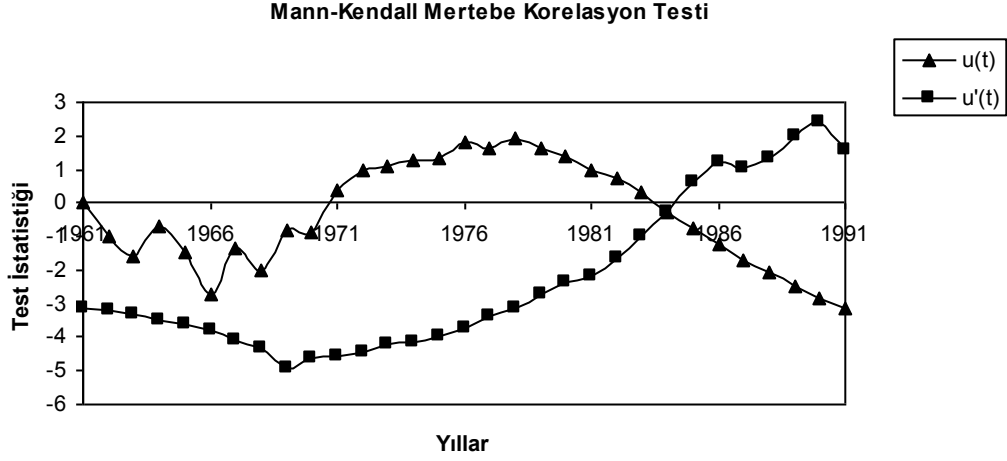
$$u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{\text{var}(t)}} \quad [8]$$

olarak hesaplanır (Sneyers, 1990).

Zamanla bir değişim yok varsayımı, $u(t)$ 'nin sifıra yakın değerleri ile ifade edilirken $u(t)$ 'nin büyük değerleri bir değişiminin olduğunu gösterir. $u(t)$ 'nin ± 1.96 'ya ulaşması trendin önemlilik seviyesinin %95'lere ulaştığını gösterir. $u(t)$ ise seri içinde geri yönde $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanır. Grafikselleştirilmede trend bulunmaması halinde bu 2 eğri birbirini birkaç kere altlı üstlü keserler (Şekil 2.1). Trend olması halinde ise, iki eğrinin birbirini kesmeleri trendin başlangıç yılını verir (Şekil 2.2).



Şekil 2. 1.Trend olmaması durumunda $u(t)$ - $u'(t)$ grafiği.



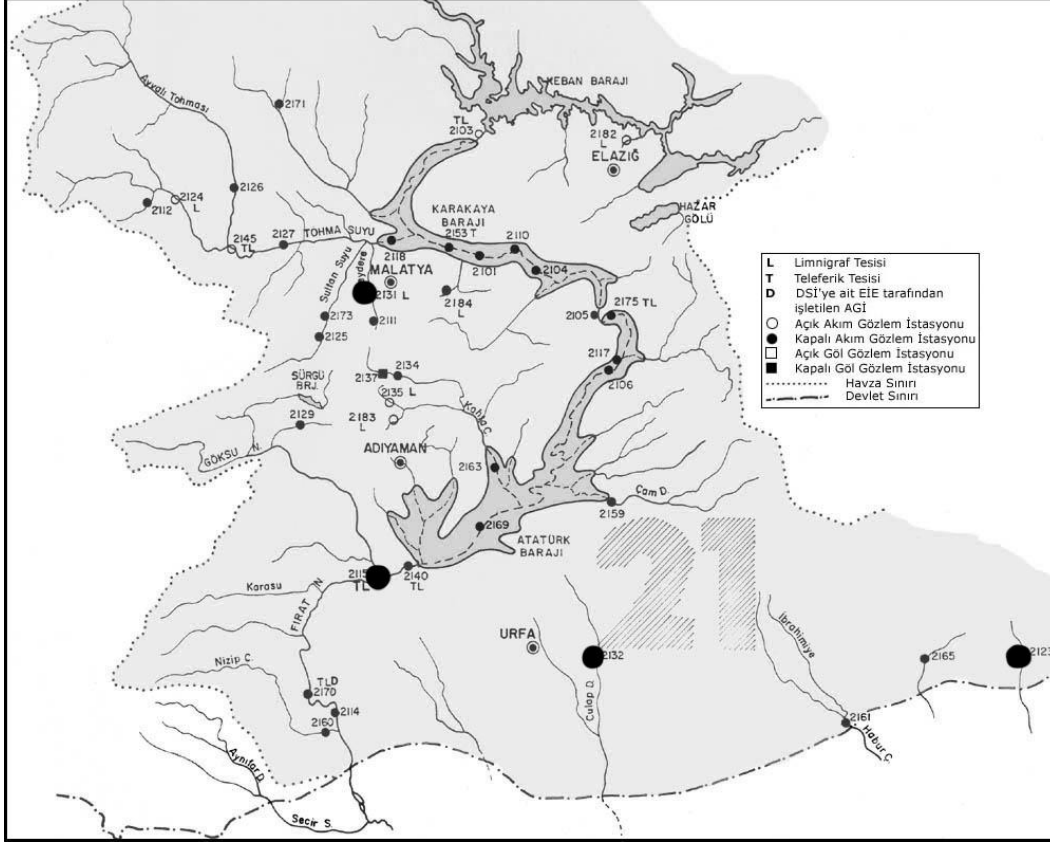
Şekil 2. 2.Trend olması durumunda $u(t)-u'(t)$ grafiği.

3.Aşağı Fırat Havzası İçin Trend Analizi Çalışması

3.1.Analiz İçin Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları ve Gözlem Değerleri

1. İstatistik anlamda nicelik bakımından yeterli örnek olması için veri sayısının 30 veya daha fazla olması,
- 2.Akım değerlerinin, hazne işletmesinden bağımsız olarak görülebilmesi için baraj çıkış noktasında bulunmaması
3. Tüm havza alanını temsil etmesi bakımından havza alanında homojen dağılmış olması
4. Gözlem yıllarında kesiklik ve düzensizlik olmaması ve
- 5.Güncel trend değerlerini bulmak bakımından günümüze yakın verileri bulunan istasyonlar özellikle seçildi.

Aşağı Fırat havzasında, trend analizi çalışması yapmak için EİEİ tarafından işletilen 40 akım gözlem istasyonu (AGİ) yukarıda belirtilen kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirildi ve 2115, 2123, 2131, 2132 numaralı AGİ'ler seçildi (Tablo3.1, Şekil 3.1). Veriler EİEİ akım gözlem yıllığından alınmıştır (EİEİ, 2000).



Şekil 3. 1.Aşağı Fırat havzası ve analiz için seçilen istasyonlar.

Tablo 3. 1.Trend analizi için seçilen istasyonlar.

Bölge	İstasyon Adı	İstasyon No	Ölçüm Periyodu
Aşağı Fırat	Göksu Nehri-Malpınar	2115	1968–2000
Aşağı Fırat	Çağ Çağ Suyu-Çınarköy	2123	1961–1993
Aşağı Fırat	Beyderesi-Kılayık	2131	1957–2000
Aşağı Fırat	Culap Suyu-İncirli	2132	1963–2000

3.2.Analiz Sonuçları

3.2.1.Mann Kendall Analizi Sonuçları

Mann-Kendall testi kullanılarak 2 ayrı güven aralığında yapılan testte %95 güven aralığında 2 AGİ de ve %90 güven aralığında ise 3 AGİ de azalan yönde trend tespit edilmiştir (Tablo3.2, Tablo3.3).

Tablo 3.2.%95 ($\alpha=0.05$) güven aralığında test sonuçları.

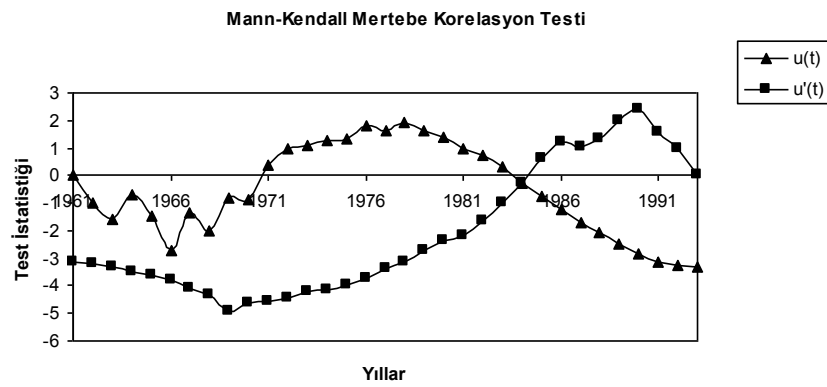
İstasyon No	Ölçüm Periyodu	S	Var (S)	Z	$Z_{0.975}$	Hipotez	Trend Yönü
2115	1968–2000	-76	64,54	-1,16	1.96	Kabul	
2123	1961–1993	-204	64,54	-3,15	1.96	Red	(-)
2131	1957–2000	-166	98,87	-1,67	1.96	Kabul	
2132	1963–2000	-216	76,46	-2,81	1.96	Red	(-)

Tablo 3.3.%90 ($\alpha=0.1$) güven aralığında test sonuçları.

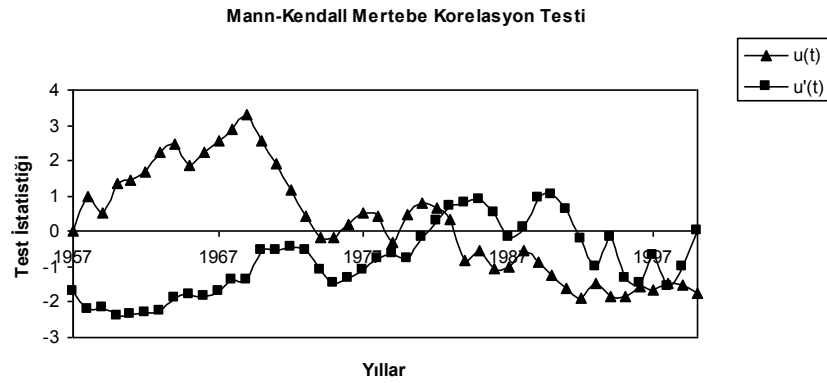
İstasyon No	Ölçüm Periyodu	S	Var (S)	Z	$Z_{0.95}$	Hipotez	Tren Yönü
2115	1968–2000	-76	64,54	-1,16	1.645	Kabul	
2123	1961–1993	-204	64,54	-3,15	1.645	Red	(-)
2131	1957–2000	-166	98,87	-1,67	1.645	Red	(-)
2132	1963–2000	-216	76,46	-2,81	1.645	Red	(-)

3.2.2.Mann Kendal Mertebe Korelasyon Testi Sonuçları

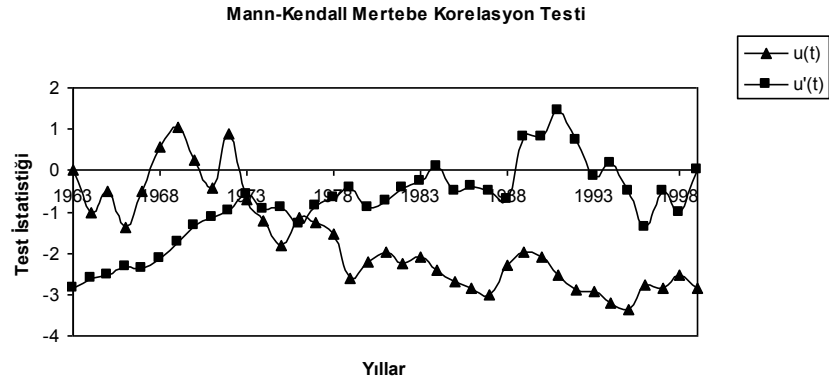
Mann-Kendall mertebeli korelasyon testi sonuçları, trend tespit edilen 2123, 2131, 2132 numaralı istasyonlar için grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3).



Şekil.3.1: 2123 numaralı AGİ için $u(t)$ $u'(t)$ grafiği.



Şekil.3.2: 2131 numaralı AGİ için $u(t)$ $u'(t)$ grafiği.



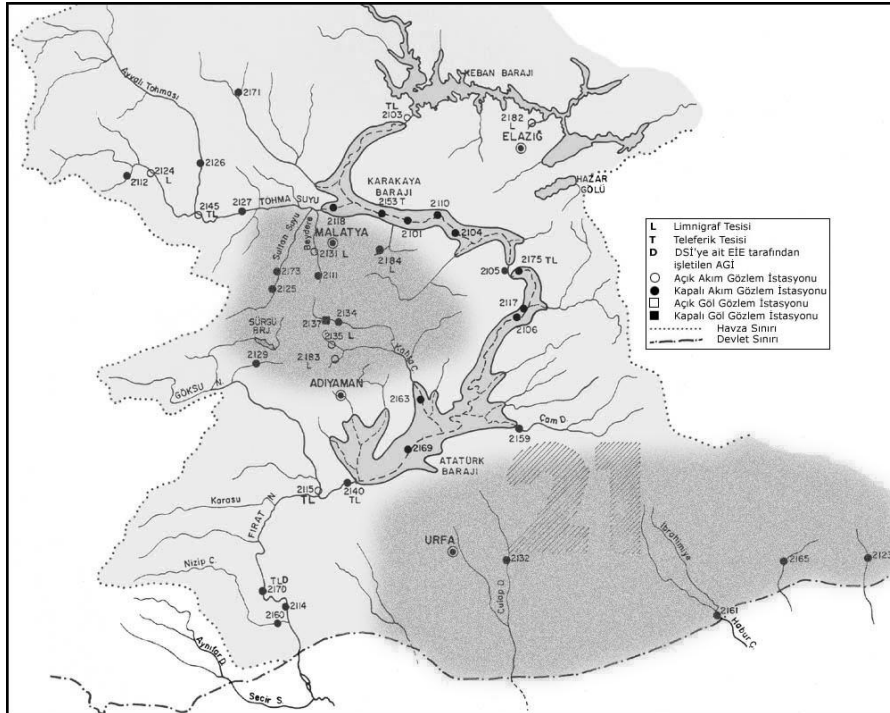
Şekil.3.3: 2132 numaralı AGİ için $u(t)$ $u'(t)$ grafiği.

Grafiklerden yola çıkılarak kesişim noktaları trendin başlangıç yılı olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen zamanlar Tablo 3.4 te gösterilmiştir.

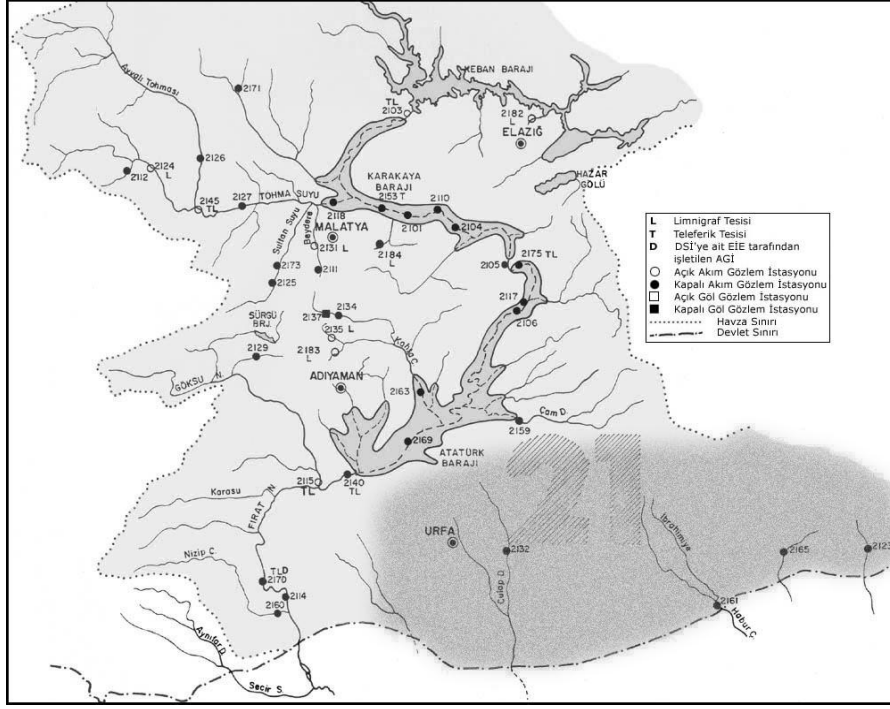
Tablo 3.4. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testi sonucunda trend başlangıç yılları.

İstasyon No	Ölçüm Periyodu	Hipotez	Güven Aralığı	α	Trend Başlangıç Yılı
2123	1961–1993	Red	%95	0.05	1985
2131	1957–2000	Red	%90	0.10	1984
2132	1963–2000	Red	%95	0.05	1973

%90 güven aralığı için(Şekil 3.4) ve %95 güven aralığı için(Şekil 3.5) harita üzerinde azalan trend gösterilmiştir.



Şekil 3.4: %90 Güven Aralığında Tren Oluşması Durumu



Şekil 3.5: %95 Güven Aralığında Trend Oluşması Durumu

4. Sonuç

Aşağı Fırat Havzasında EİEİ tarafından işletilen 4 istasyonun yıllık ortalama akımları parametrik olmayan Mann-Kendall trend testi ile incelendiğinde, güven aralığı %95 olması durumunda 2 istasyonda trend tespit edilmiş ve bu trendin azalan yönde olduğu görülmüştür. Trend tespit edilen istasyonlarda trendin başlangıç yılları Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi ile 1973-1985 olduğu belirlenmiştir. Azalan yönde trend tespit edilen istasyonlar harita üzerinde gösterilmiş ve yoğunluğun Suriye sınırına yakın olan sınır aşan sular kapsamında oldukları görülmüştür.

Güven aralığının azaltılarak %90 a çekilmesi durumunda ise 2131 numaralı AGİ'de azalan trend tespit edilmiştir ve tespit edilen trendin başlangıç yılı 1984 olarak görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmayı (Proje No: HÜBAK-594) destekleyen Harran Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- BAYAZIT, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.
- BURN, D. H., ELNUR M. A. H., 2002. Detection of Hydrologic Trends and Variability. *Journal of Hydrology*, Vol. 255, pp.107–122.
- EİEİ. 2000, Akım Gözlem Yıllığı, Ankara.
- ERDOĞAN , F., 1989, Türkiye’de Yaygın Kuraklık, Meteoroloji Mühendisleri Odası Bülteni 2:1-4.
- HELSEL, D.R., AND HIRSCH, R.M., 1992. *Statistical Methods in Water Resources*, Elsevier, Amsterdam.
- İÇAĞA Y. 1994. *Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods*. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- KADIOĞLU, M., 1997, Trends in surface air temperature data over Turkey, *Int. J.Climatol.*, 17: 511-520.
- KAHYA, E., KALAYCI, S., 2004. Trend Analysis of Stream flow in Turkey. *Journal of Hydrology*, Vol. 289, pp. 128–144.
- KALAYCI S., KAHYA E., 1998. Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi, *J. of Engineering and Environmental Science*.
- KENDALL, M.G., 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London. Konya.
- KOSİF, K., 2001. Samsun İlinde İklim Trendleri. *DSİ Teknik Bülteni*, Cilt 98, Sayfa 3-13.
- MANN, H. B., 1945. Non-parametric Test Against Trend, *Econometrika*, Vol. 13, pp. 245-259.
- ÖZEL, N., 2004, Türkiye’deki Nehir Akımları Aylık Verilerinin Parametrik Olmayan Yöntemlerle Trend Analizi, Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,
- SNEYERS, R., 1990, *On Statistical Analysis of Series of Observations* W.M.O., No:415, Geneva
- TOROS, H., 1993, *Klimatolojik Serilerden Trükiye Genelinde Trend Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- TÜRKEŞ, H., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey, *Int. J. Climatol.* 16.
- YUE, S., ZOU, S., WHITTEMORE, D. 1993. Non-parametric Trend analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, *Journal of Hydrology* 37.
- ZHANG, X., HARVEY, K.D., HOGGY, W.D., ve YUZYK, T.R., 2001, Trends in Canadian Streamflow, *Water Resour. Res.*, 37,4: 987-998