

Debi ve sediment değişkenlerinin trend analizi

Murat AY^{*1}, Özgür KIŞI²

¹ Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yozgat

² Canik Başarı Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

Öz

Bir akarsudaki değişkenlerin ölçüm ve izleme çalışmalarının sistemli bir şekilde yapılması hem bölgedeki inşaat geliştirme projeleri hem de havza bilgi sistemleri için önemli bir aşamadır. Örneğin, kritik bir parametre olan nehir akışının ölçülmesinin, akarsuyun enerji üretim potansiyeli, içme veya sulama suyu kullanımı, bölgedeki taşkın kontrolü ve diğer bir takım amaçlardan dolayı bölgeye yapılan veya yapılacak olan projelerde önemli bir aşama olduğu bilinmektedir. Aynı şekilde sediment miktarının da ölçülmesi planlama ve bölgedeki su yapılarının işlevselliği açısından önemlidir. Ayrıca, sedimentin debi değişkeni ile aralarında bir ilişkinin de olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada, Şen (2012) tarafından önerilen oldukça yeni bir eğilim metodu, Türkiye'nin Kızılırmak Havzası'ndan Fatlı (Kelkit Çayı), Durucasu (Yeşilirmak Nehri), Gömeleönü (Yeşilirmak Nehri) ve Çiçekbükü (Kelkit Çayı) istasyonlarında aylık olarak ölçülen akış ve sediment verilerine uygulanmıştır. Daha sonra aynı verilere Mann-Kendall eğilim testi de uygulanarak sonuçlar tartışılmıştır. Neticede, yeni önerilen Şen metodunda, özellikle görsel olarak veri değerlendirme aşamasında tüm aralıklardaki eğilimlerin yorumlanabilmesi önemli bir avantaj olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Debi, Mann-Kendall test, Sediment, Şen eğilim testi, Türkiye.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Murat AY. murat.ay@bozok.edu.tr; Tel: (354) 242 10 01 (2116)

Giriş

Yer kürede ve atmosferde meydana gelen değişiklikler meteorolojik olayları ve buna bağlı olarak hidrolojik çevrimi etkilemektedir. Bu etkilerin nitelikleri ve nicelikleri de bölgeden bölgeye değişebilmekte ve etkileri hâlâ araştırılmaktadır. Bu karmaşık sistemin içerisinde yer alan debi değişkeninin miktarında da değişme ve bazı bölgelerde azalma veya artma olmaktadır. Bu durum, çözülmesi gereken farklı problemler ortaya çıkarmaktadır. Son yıllardaki çalışmalara bakıldığında konunun teknik boyutlarının yanında sosyal boyutları da düşünüldüğünde olayın karmaşıklığı açıkça görülmektedir (Reddy and Syme, 2014).

Nehir akışının ölçülmesi; bir akarsuyun enerji üretim potansiyeli, içme veya sulama suyu kullanımı, bölgedeki taşkın kontrolü ve benzeri amaçlarla bölgeye yapılan veya yapılacak olan projeler için oldukça önemlidir. Bu kapsamda, meteorolojik, hidrolojik ve iklimsel olaylardan ötürü değişen veya sabit kalan parametre değerlerinin ne yönde bir eğilimde olduğunu belirlemek de ayrıca önem arz etmektedir. Diğer önemli ikinci bir değişken ise akarsuların akımla birlikte taşıdığı sediment (katı madde) miktarıdır. Sediment, özellikle su yapılarının servis ömrünün kılmasına sebep olmaktadır. Bu durum yapıdan elde edilebilecek yaygın etkiyi azaltmakta ve maddi/manevi zararlara sebep olmaktadır.

İncelenen birçok meteorolojik ve hidrolojik olaylardaki değişkenlerin eğilimine yönelik hem Türkiye’de hem de diğer ülkelerde araştırmalar (Lettenmaier vd., 1994; Turkes, 1996; Kadioğlu, 1997; Whitfield, 2000; Zhang vd., 2001; Burn ve Elnur, 2002; Cigizoglu vd., 2002; Kahya ve Kalaycı, 2004; Marengo, 2004; IPCC, 2007; Novotny ve Stefan, 2007; Ay ve Kişi, 2013; Duhan ve Pandey, 2013; Gocic ve Trajkovic,

2013; Haktanır vd., 2013; Şen, 2012, 2013a, 2013b; Kişi ve Ay, 2013a; Kişi ve Ay, 2013b; Ay ve Kişi, 2014a; Ay ve Kişi, 2014b; Kişi ve Ay, 2014) devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda en çok üzerinde durulan değişkenlerin sıcaklık, debi ve yağış değişkenleri olduğu görülmektedir. Sediment miktarının trend analizleri ile ilgili ise literatürdeki çalışmalar kısıtlıdır (Keown vd. 1998; Syvitski vd., 1998; Hoos vd., 2000; Walling ve Fang, 2003; Le vd. 2007; Heimann vd. 2011; Gao vd., 2012). Sediment değişkeninin de diğer değişkenler (sıcaklık, debi ve yağış) gibi hidrolojik çevrim içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ise Yeşilırmak Havzası’ndan seçilen Fatlı (Kelkit Çayı), Durucasu (Yeşilırmak Nehri), Gömeleönü (Yeşilırmak Nehri) ve Çiçekbükü (Kelkit Çayı) istasyonlarında aylık olarak ölçülen debi (m^3/s) ve sediment miktarı (ton/gün) verilerine hem Mann (1945)-Kendall (1975) hem de yeni önerilen Şen (2012) yöntemleri ile analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Veri Toplama

Türkiye’nin 25 hidrolojik havzalarından 14. havzası olan Yeşilırmak Havzası’ndan seçilen 4 farklı akım gözlem istasyonu (AGİ) ve sediment gözlem istasyonundan (SGİ) 1991 ile 1999 yıllarında aylık olarak ölçülen debi ve sediment miktarı (Q_s) verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler hakkındaki temel istatistikî bilgiler Tablo 1 ve 2’de verilmiştir. Her iki Tabloda de debi ve sediment miktarı değişkenleri sağa (pozitif) çarpık dağılımda olduğu görülmektedir. İstasyonlardaki verilerin minimum, ortalama ve maksimumlarına bakıldığında uç (ekstrem) değerlerin olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Debi değişkeni için istasyon bilgileri

İstasyon	Veri aralığı	Veri sayısı	Maksimum (m ³ /s)	Minimum (m ³ /s)	Ortalama (m ³ /s)	Standart sapma (m ³ /s)	Çarpıklık katsayısı
1401/Fath	1991-1999	106	288	4.73	87.2	58.0	+1.05
1413/Durucasu	1991-1999	108	415	9.98	61.2	67.3	+2.67
1418/Gömeleönü	1991-1999	106	123	1.91	20.8	27.3	+2.19
1422/Çiçekbükü	1991-1999	106	65.5	0.16	9.48	14.2	+2.27

Tablo 2. Sediment miktarı (Q_s) için istasyon bilgileri

İstasyon	Veri aralığı	Veri sayısı	Maksimum (ton/gün)	Minimum (ton/gün)	Ortalama (ton/gün)	Standart sapma (ton/gün)	Çarpıklık katsayısı
1401/Fath	1991-1999	106	113893	3.4	6546	15577	+4.41
1413/Durucasu	1991-1999	108	217266	16.6	13165	40089	+4.28
1418/Gömeleönü	1991-1999	106	35512	1.5	2133	6341	+3.76
1422/Çiçekbükü	1991-1999	106	7441	0.1	422	1165	+3.84

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından sediment miktarı hesaplanırken; nehir yatağına girilerek akım ölçüsü yapılan sularda U.S.DH-48, askıdan (teleferik kren kullanarak) akım ölçüsü yapılan sularda ise U.S.D-49 süspansediment örnek alma aletleri kullanılmaktadır. Alınan süspansediment örnekleri (su+sediment) analizleri için laboratuvara gönderilmekte ve filtrasyon yöntemiyle içindeki sediment miktarları bulunup aşağıdaki Denklem 1 ile konsantrasyon hesaplanmaktadır.

$$\text{Sediment kons. (ppm)} = \frac{\text{Sediment (Kum+Kil+Silt) ağırlığı}}{\text{Örnek (Su+ Sediment) ağırlığı}} * 10^6 \quad (1)$$

Daha sonra laboratuvarında elde edilen net sedimente elek analizi yöntemi uygulanmaktadır. Net sediment 0.0625 mm çaplı eleklerden geçirilmekte, elekğin üstünde kalan kısmının ağırlığı kum ağırlığı, alta geçen kısmının ağırlığı ise (kil+silt) ağırlığı olarak alınmaktadır. SGİ'nin ortalama süspansediment dane büyüklük dağılımları bulunurken, istasyondaki gözlem süresi boyunca bulunan bütün örneklerin, analiz edilen kum ağırlıkları ve (kil+silt) ağırlıkları ayrı ayrı toplanmaktadır. Bulunan toplam kum ağırlığının toplam net sediment (kum+kil+silt) ağırlığına göre yüzdesi alınmaktadır. Böylece örneklerin yüzde kum, kil ve silt içerikleri belirlenmektedir. SGİ'den toplanan örneklerin ppm değerlerinden ve Denklem 2 kullanılarak akarsuyun o andaki debisine karşılık gelen süspansediment

miktarı ton/gün olarak bulunmaktadır. Bu eşitlikte Q_s: akarsudan geçen günlük sediment miktarı (ton/gün), Q: sediment örneği alındığı anda ölçülen akım (m³/sn), ve C: laboratuvarında hesaplanan sediment konsantrasyonu "ppm" olarak tanımlanmıştır (YEGM, 2000).

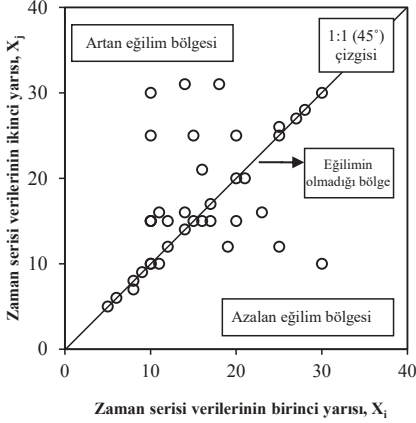
$$Q_s = Q \times C \times 0.0864 \quad (2)$$

Hidrolojik çevrimin önemli elemanları olan yağış, debi gibi değişkenlerinin zaman serilerindeki eğilim analizlerinde, parametrik ve parametrik olmayan sayısal analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu analiz yöntemlerinden lineer regresyon modeli parametrik bir yöntem olup MK Testi, Spearman's rho (SR) ve Sen's Eğim testleri ise parametrik olmayan yöntemler arasında yer almaktadır. Bu yöntemler literatürde sıklıkla kullanılmakta olup aşağıdaki başlıklarda bu çalışmada kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

Şen (2012) eğilim belirleme yöntemi

Bu yöntemde, ölçümü alınan değişkenin veri serisi, ölçüm başlangıç tarihinden son ölçüm tarihine doğru sıralanır. Daha sonra, oluşan seri ilk tarihten itibaren iki eşit parçaya bölünür ve ayrı ayrı kendi içinde küçükten büyüğe doğru sıralanır. Daha sonra, Kartezyen koordinat sistemine göre, oluşan iki veri sütununun ilki (X_i) X-eksenine, diğeri (X_j) ise Y-eksenine yerleştirilir (Şekil 1). Oluşan iki boyutlu grafik üzerinde veri noktaları 1:1 (45°) çizgisinin

üzerine toplanmış ise bir eğilim yoktur (*a trendless time series*); altında ise azalan bir eğilim (*a decreasing trend*) vardır; üstünde ise artan bir eğilim (*an increasing trend*) vardır şeklinde yorumlanmaktadır (Şen, 2012; Şen, 2013a, b).



Şekil 1. Verilerin Kartezyen koordinatlar üzerinde gösterilmesi (Şen, 2012)

Yöntem, Şen (2013b) tarafından Merkez/Bursa (yıllık ve aylık toplam yağış, mm), Uludağ/Bursa (yıllık ve aylık toplam yağış, mm), Euphates Nehri (yıllık debi, m³/sn) ve Danube Nehri (yıllık debi, m³/sn) uzun zaman ölçülmüş değişkenleri üzerinde uygulanmıştır. Ayrıca, bir başka çalışmada, Şen (2012) Aslantaş Barajı (yıllık akım, hm³), Menzelet Barajı (yıllık toplam akım, hm³), Cizre İstasyonu (yıllık toplam yağış, mm) ve Danube Nehri (debi, m³/sn) verilerine uygulanmıştır. Diğer bir çalışmada ise bu metod Şen (2013a) tarafından Göztepe, Florya, Edirne, Bolu ve Bursa istasyonlarında uzun zaman ölçülmüş sıcaklık değişkeni verilerine uygulanmıştır. Diğer bir çalışma olarak, Kisi ve Ay (2014) tarafından metod, Kızılırmak havzasında ölçülen bir takım su kalitesi değişkenlerine uygulanmıştır.

Mann-Kendall (MK) eğilim belirleme yöntemi

Bu yöntem, ölçümü alınan bir değişkenin zaman serisinin eğilim gösterip göstermediğini belirlemek için özellikle iklimbilim (klimatoloji) ve su bilimleri (hidroloji) problemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Mann, 1945; Kendall, 1975; Helsel ve Hirsch, 2002; Gocic ve Trajkovic, 2013). İlk olarak, ölçüm tarihinden bitiş tarihine $i=1, \dots, n-1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri sütunu ayarlanır. Daha sonra, x_i veri sütunu başlangıç olarak kullanılır ve diğer sıralanmış x_j ile Denklem 3'deki *signum* fonksiyonu kullanılarak Denklem 4'deki MK test istatistiği toplam (S) değeri hesaplanır. Bu denklem, tüm veri çiftlerinin farkı ($x_j - x_i$) sonucu oluşan pozitif ve negatif değerlerin sayısının toplamını ifade etmektedir.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1; & \text{Eğer } x_j > x_i \\ 0; & \text{Eğer } x_j = x_i \\ -1; & \text{Eğer } x_j < x_i \end{cases} \quad (3)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (4)$$

Denklem 5'te, n : veri serisi uzunluğu olup P : serideki bağlı grupların sayıları, t_i değeri ise i uzunluğundaki bir seride bağlı gözlemlerin sayısını göstermektedir. Denklemdeki, toplama terimi veri serisinde bağlı (eşit) gözlemler olduğunda kullanılır.

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

Veri uzunluğu, $n > 10$ olduğu seriler için Denklem 5'teki varyans hesabı yapılır ve burada verilerin yaklaşık olarak normal dağılıma (Standard sapma (σ)=1 ve ortalama (μ)=0) uyduğu öngörülmektedir. Denklem 5 ile varyans hesaplandıktan sonra, Denklem 6'da MK test istatistiğinin (S) sınırlarına göre Z değeri

hesaplanmaktadır. Hesaplanan Z değeri de, belirlenen çift yönlü olasılık ($\alpha = \%10$ veya $\alpha = \%5$) düzeylerine karşılık gelen normal dağılım Tablosundeki standart Z değerleriyle karşılaştırılmaktadır.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; & \text{Eğer } S > 0 \\ 0; & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Testlerin anlamlılık düzeyleri genellikle normal dağılım için çoğu mühendislik uygulamalarında sıklıkla kullanılan 0.10 ($\alpha = \%10$) ve 0.05 ($\alpha = \%5$) olasılığına sahip çift yönlü hipotez testleri öngörülmektedir. Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan Z değeri, α anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımın $Z_{1-\alpha/2}$ değerinden büyük olduğu zaman sıfır hipotezi (H_0) reddedilmektedir. Yani, zaman serisinde eğilim olduğu sonucu çıkmaktadır. Tersini durumda ise, hesaplanan Z değeri Tablodaki $Z_{1-\alpha/2}$ değerinden küçük olduğunda ise zaman serisinde istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin olmadığı sonucuna varılmaktadır. Denklem 4 ile hesaplanan S test istatistiğinin değeri pozitif ise, incelenen olayda artan yönde, negatif ise azalan yönde bir eğilim olduğu sonucuna varılmaktadır.

Uygulama

MK ve Şen trend testlerinin sonuçları ayrı ayrı tartışılmış ve sonuçlar Tablo ve grafik halinde yorumlanmıştır. Her bir istasyona ait verilerin zaman aralıkları ve MK testi sonuçları Tablo 3 ve 4'te verilmiştir. Tablo 3'te MK test sonuçlarına göre tüm istasyonlarda hesaplanan Z değerleri $\alpha = \%10$ ve $\alpha = \%5$ çift taraflı anlamlılık düzeyine karşılık gelen Z değerlerinden küçük olduğu için trendin olmadığı şeklinde kurulan H_0 hipotezi kabul edilmekte olup Tablodaki istasyonlarda ölçülen akışlarda istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin olmadığı sonucuna varılmaktadır. Tablo 4'te ise aynı şekilde sediment miktarı için MK test sonuçlarına göre tüm istasyonlarda hesaplanan Z değerleri $\alpha = \%10$ ve $\alpha = \%5$ çift taraflı anlamlılık düzeylerine karşılık gelen Z değerlerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi kabul edilmekte olup bu istasyonlarda ölçülen sediment miktarı değişkeninde de istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin olmadığı sonucuna varılmaktadır.

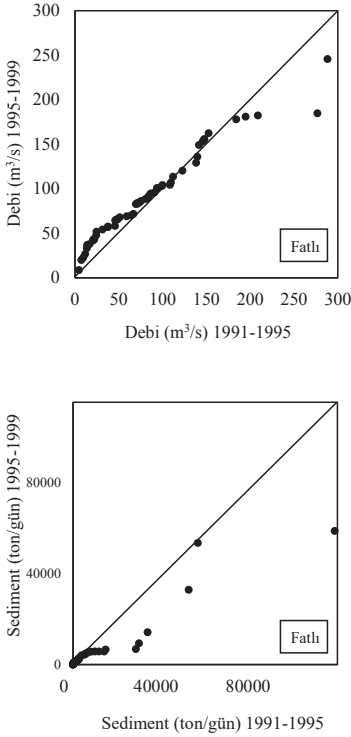
Tablo 3. Aylık debi değişkeni için Mann-Kendall test sonuçları

İstasyon	Veri aralığı	Test istatistiği (S)	Hesaplanan $\pm Z$ değeri	Z, Kritik olasılık değeri ($\alpha = \%10$)	Z, Kritik olasılık değeri ($\alpha = \%5$)	Eğilim (+ veya -)	H_0 Hipotezi
1401/ Fath	1991-1999	501	1.33	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul
1413/ Durucasu	1991-1999	-507	-1.34	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul
1418/ Gömeleönü	1991-1999	103	0.28	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul
1422/ Çiçekbükü	1991-1999	153	0.42	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul

Tablo 4. Aylık sediment miktarı için Mann-Kendall test sonuçları

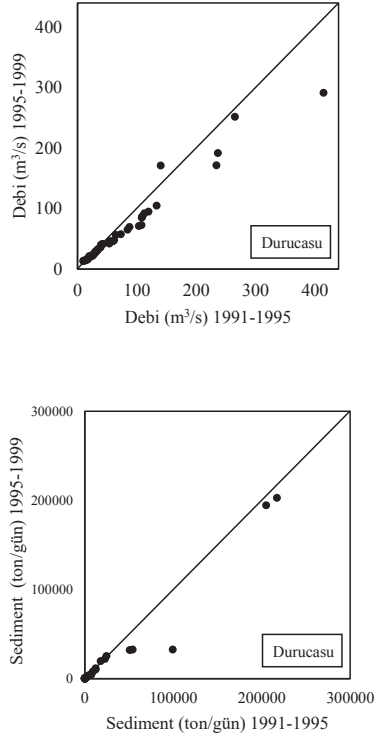
İstasyon	Veri aralığı	Test istatistiği (S)	Hesaplanan $\pm Z$ değeri	Z, Kritik olasılık değeri ($\alpha = \%10$)	Z, Kritik olasılık değeri ($\alpha = \%5$)	Eğilim (+ veya -)	H_0 Hipotezi
1401/ Fath	1991-1999	-15	-0.04	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul
1413/ Durucasu	1991-1999	-546	-1.45	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul
1418/ Gömeleönü	1991-1999	282	0.77	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul
1422/ Çiçekbükü	1991-1999	-147	-0.40	± 1.645	± 1.96	Yok	Kabul

Uygulanan diğer bir metot olan Şen (2012) eğilim testi sonuçları ise Şekil 2-5'te verilmiştir. Şekil 2'de 1401 nolu Fatlı istasyonu'na ait aylık debi ve sediment miktarının saçılma grafikleri yan yana gösterilmiştir. Soldaki şekilden, yaklaşık $70 \text{ m}^3/\text{s}$ 'den düşük değerlerde az derecede artan bir eğilim, yüksek akış değerlerinde (yaklaşık $170\text{-}300 \text{ m}^3/\text{s}$) azalan ve orta değerlerde ise belirgin bir eğilimin olmadığı görülmektedir. Sediment miktarının trend grafiğine bakıldığında ise düşük değerlerde genel olarak bir trendin olmadığı ancak orta ve yüksek sediment değerlerinde azalan bir eğilim olduğu söylenebilir.



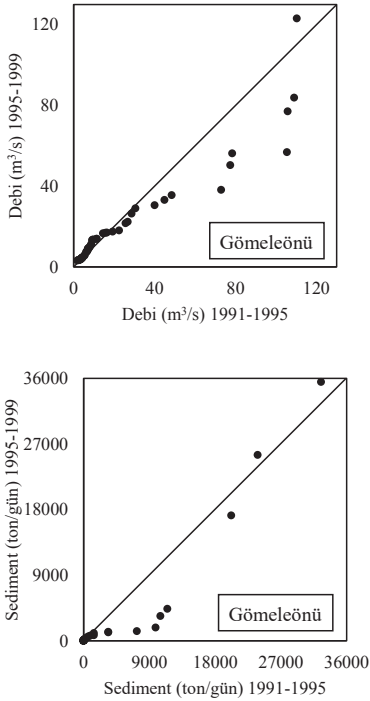
Şekil 2. 1401- Fatlı (1991-1999) İstasyonu'nun debi ve sediment ölçümlerine ait Şen(2012) metodu sonuçları

1413 nolu Durucasu istasyonunda ölçülen debi ve sediment miktarının saçılım grafikleri Şekil 3'te verilmiştir. Debi ölçümlerinin çoğu 1:1 çizgisinin altındaki alanda toplandığı ve genel olarak azalan bir eğilimin olduğu görülmektedir. Sediment miktarının grafiğinde ise düşük değerlerde az da olsa azalan, yüksek miktarlarda ise önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir.



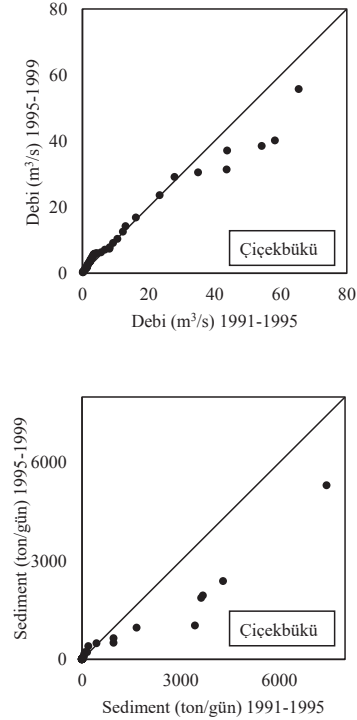
Şekil 3. 1413-Durucasu (1991-1999) İstasyonu'nun debi ve sediment ölçümlerine ait Şen(2012) metodu sonuçları

Şekil 4'te, 1418 nolu Gömeleönü İstasyonu'nda ölçülen debi miktarında düşük değerlerde herhangi bir eğilim yokken ortalama ve yüksek değerlerde (ekstrem bir veri haricinde) genel olarak azalan bir eğilimin olduğu söylenebilir. Düşük değerlerde ise bir trendin olmadığı söylenebilir. Sediment miktarında ise düşük değerlerde azalan bir eğilimin olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 1418- Gömeleönü (1991-1999) İstasyonu'nun debi ve sediment ölçümlerine ait Şen(2012) metodu sonuçları

Şekil 5'te 1422 nolu Çiçekbükü İstasyonu'nda ölçülen debi değişkeninin düşük ve orta değerlerinde bir eğilimin olmadığı ancak yüksek debi miktarlarında (>35 m³/s) azalan bir eğilimin olduğu söylenebilir. Sediment miktarına bakıldığında ise yaklaşık 50 ton/gün'den düşük miktarlarda göze çarpan bir eğilimin olmadığı, ancak orta ve yüksek sediment miktarlarında (>50 ton/gün) ise önemli ölçüde azalan bir eğilim görülmektedir.



Şekil 5. 1422- Çiçekbükü (1991-1999) İstasyonu'nun debi ve sediment ölçümlerine ait Şen(2012) metodu sonuçları

Sonuçlar ve öneriler

Yarı-kurak iklim kuşağında olan Türkiye'nin Yeşilirmak Havzası'ndan seçilen 4 farklı sediment ve debi gözlem istasyonlarında aylık olarak ölçülen akış verileri ve sediment miktarları (Q_s) kullanılarak hem Mann-Kendall hem de yeni önerilen Şen yöntemleri ile eğilim analizleri yapılmıştır.

MK yöntemine göre, hem debi hem de sediment miktarı değişkenlerin her ikisi için eğilim bulunmamıştır. Şen yöntemine göre ise, debi ve sediment miktarları grafiklerine birlikte bakıldığında, görülen düşük, orta ve yüksek değerlerin hemen hemen birbirlerine yakın sonuçlarda olduğu görülmüştür. Ancak 1401 nolu Fatlı istasyonunda düşük debi değerlerinde az da olsa artan bir eğilim görülmesine rağmen sediment miktarının düşük değerlerinde bir trendin olmadığı görülmüştür. Buradan çıkarılabilecek en önemli sonuçlardan bir tanesi Şen metodu ile MK metodu arasında bir takım farkların olduğudur. Bunlardan biri, Şen yöntemi hiçbir kabule dayanmamakta ve daha az veri ile de analiz yapılabilmektedir. İkinci üstünlüğü ise eğilim grafik olarak değerlendirilmesi ve tüm aralıklardaki veriler için eğilimlerin gözlenebilmesidir. Bu sayede de genel olarak yüksek debilerin olduğu Mart ve Nisan ayları ile düşük debilerin olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında, akarsudaki debinin nasıl bir eğilimde olduğu yaklaşık olarak yorumlanabilir. Bu çıkarımdan da sediment miktarı hakkında da fikir yürütülebilir. Netice itibarıyla, uygulanan eğilim belirleme yöntemleri incelenen bölgelerin debi değişkeni ve sediment miktarı için bir bakış açısı geliştirmede yardımcı olduğu söylenebilir. Ayrıca, günümüz koşulları ve iklim değişikliği olgusunun daha iyi analiz edilebilmesi için tüm bölgelerdeki ölçüm alınan istasyon sayılarının artırılması, bu gibi yöntemlerin daha güvenilir sonuç vermesi açısından gerekli olup tasarlanan mühendislik yapılarının da fonksiyonelliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan verileri sağlayan Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün (YEGM) saha çalışmalarındaki personellerine ve ofis çalışanlarına içtenlikle teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Ay, M. and Kisi, O. "Investigation of trend analysis of monthly total precipitation by an innovative method" Theoretical and Applied Climatology, DOI 10.1007/s00704-014-1198-8, 2014a.
- Ay, M. and Kisi, O. "Trend analysis of streamflow in the Kızılırmak River, Turkey." 11 th International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE)-2014 , Istanbul, Turkey. 21-25 October, Istanbul, Turkey, 2014b.
- Ay, M. ve Kişi, Ö.. "Türkiye'deki bazı illerin yağış eğilimlerinin araştırılması. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-(TİKDEK-2013). ISBN: 978-605-62559-0-8, Sayfa: 109-117, 03-05 Haziran, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), İstanbul, 2013.
- Birsan, M. V., Molnar, P., Burlandop, P. and Pfaunderm, M. "Streamflow trends in Switzerland." Journal of Hydrology, 314 (1-4), 312-329, 2005.
- Burn, D.H. and Elnur, M.A.H. "Detection of hydrologic trends and variability." Journal of Hydrology, 255, 107-122, 2002.
- Cigizoglu, H. K., Bayazit, M. and Onoz, B.. "Trends in the maximum, mean and low flows of Turkish rivers." Journal of Hydrometeorology, 6(3), 280-290, 2005.
- Duhan, D. and Pandey, A. "Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901-2002 at Madhya Pradesh, India." Atmospheric Research, 122, 136-149, 2013.
- Gao, Z.L., Fu, Y.L., Li, Y.H., Liu, J.X., Chen, N. and Zhang, X.P. Trends of streamflow, sediment load and their dynamic relation for the catchments in the middle reaches of the Yellow River over the past five decades." Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 3219-3231, 2012.
- Gocic, M. and Trajkovic, S.. 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, 2013.
- Haktanir, T., Bajabaa, S. and Masoud, M.. "Stochastic analyses of maximum daily rainfall series recorded at two stations across the Mediterranean Sea." *Arabian Journal of Geosciences*, 6(10), 3943-3958, 2013.
- Heimann, D.C., Sprague, L.A. and Blevins, D.W.. "Trends in Suspended-Sediment Loads and Concentrations in the Mississippi River Basin, Scientific Investigations Report-5200, 1950-2009, 2011.
- Helsel, D.R. and Hirsch, R.M. "Statistical Methods in Water Resources." *Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey Book 4, Chapter A3, Hydrologic Analysis, and Interpretation*, 2002.
- Hoos, A.B., Robinson, J.A., Aycok, R.A., Knight, R.R., and Woodside, M.D. "Sources, instream transport, and trends of nitrogen, phosphorus, and sediment in the lower Tennessee River Basin, 1980-96": USGS Water-Resources Investigations Report 99-4139, 96p, 2000.
- IPCC 2007. *Climate change 2007: Climate change impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers, 23.
- Kadioğlu, M. "Trends In Surface Air Temperature Data Over Turkey." *International Journal of Climatology*, 15, 511-520, 1997.
- Kahya, E. and Kalayci, S. "Trend analysis of streamflow in Turkey." *Journal of Hydrology*, 289(1-4), 128-144, 2004.
- Kendall, M. G. *Rank correlation methods*, Oxford University Press, New York. 1975.
- Keown, M.P., Dardeau, E.A., Jr., and Causey, E.M.. *Historic trends in the sediment flow regime of the Mississippi River*. *Water Resources Research*, 22(1), 555-564, 1986.
- Marengo, J.A. "Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin." *Theoretical and Applied Climatology*, 78, 79-96, 2004.
- Mortsch, L., Hengeveld, H., Lister, M., Lofgren, B., Quinn, F., Slivitzky, M. and Wenger, L. "Climate change impacts on the hydrology of the Great Lakes-St. Lawrence system". *Canadian Water Resources Journal*, 25(2), 153-179, 2000.
- Novotny, E.V. and Stefan, H.G. "Streamflow in Minnesota: Indicator of climate change." *Journal of Hydrology*, 334, 319-333, 2007.
- Reddy, V.R. and Syme, G.J. "Social sciences and hydrology: An introduction." *Journal of Hydrology*, 518, Part A, 1-4, 2014.
- Kisi, O. and Ay, M. "Comparison of Mann Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey." *Journal of Hydrology*, 513, 362-375, 2014.
- Kişi, Ö. ve Ay, M. "Türkiye'deki bazı illerin aylık toplam yağış yüksekliklerine göre yağış eğilimlerinin araştırılması." VII. Ulusal Hidroloji Kongresi. ISBN: 978-9944-452-72-4, Sayfa: 513-521, 26-27 Eylül, Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ), Isparta, 2013a.
- Kişi, Ö. ve Ay, M. *Nehir akışlarının yeni bir eğilim metoduyla incelenmesi*. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu. ISBN: 978-605-01-0520-9, İMO Yayın No: E/13/ 06, Sayfa: 423-431, 24-26 Ekim, Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Trabzon, 2013b.
- Kottogoda, N.T. *Stochastic water resources technology*. The MacMillan Press, 1980.
- Le T.P.Q., Garnier, J., Gilles, B., Sylvain, T., Minh, C.V. "The changing flow regime and sediment load of the Red River, Vietnam." *Journal of Hydrology*, 334, 199-214, 2007.
- Lettenmaier, D.P., Wood, E.F. and Wallis, J.R. "Hydroclimatological trends in the continental United States, 1948-1988." *Journal of Climate*, 7(4), 586-607, 1994.
- Lorenz, D.L., Robertson, D.M., Hall, D.W., and Saad, D.A. Trends in streamflow and nutrient and suspended sediment concentrations and loads in the upper Mississippi, Ohio, Red, and Great Lakes River Basins, 1975-2004: USGS Scientific Investigations Report 2008-5213, 82p, 2009.
- Lori, A. Sprague, Melanie L. Clark, David L. Rus, Ronald B. Zelt, Jennifer L. Flynn, and Jerri V. Davis. "Nutrient and suspended sediment trends in the Missouri River basin, 1993-2003, Scientific Investigations Report 523", 2006.
- Mann, H.B. "Nonparametric tests against trend." *Econometrica*, 13(3), 245-259, 1945.
- Şen, Z. "Innovative trend analysis methodology." *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046, 2012.
- Şen, Z. *Trend Identification Simulation and Application*. ASCE, *Journal of Hydrologic Engineering*. doi: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000811, 2013a.
- Şen, Z. "Square Diagonal Trend Test Procedure". 6th *International Perspective on Water Resources & The Environment*. January, 07-09. Konferansta sunulan tam bildiri kompakt diskte yer almaktadır. İzmir, Turkey, 2013b.
- Syvitski, J.P.M., Morehead, M.D., Nicholson, M. "HYDROTREND: a climate-driven hydrologic

- transport model for predicting discharge and sediment load to lakes or oceans." *Computers and Geosciences* 24, 51-68, 1998.
- Turkes, M. "Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey." *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076, 1996.
- Walling, D.E. and Fang, D. "Recent trends in suspended sediment loads of the world's rivers." *Global and Planetary Change*, 39, 111-126, 2003.
- Whitfield, P. H. and Cannon, A.J. "Recent variations in climate and hydrology in Canada." *Canadian Water Resources Journal*, 25(1), 19-65, 2000.
- YEGM, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. *Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları Kitabı*. Yayın: 20- 17, 617 sayfa, ISBN 975-7566-91-8, Ankara, 2000.
- Yevjevich, V. *Stochastic processes in hydrology*. Water Resources Publications, 276p. Fort Collins, CO., 1972.
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg W.D. and Yuzyk, T.R.. Trends in Canadian streamflow. *Water Resources Research*, 37(4), 987-998, 2001.

Trend analysis of streamflow and sediment variables

Extended abstract

Identifying trends in a given time series is very important in predicting future values in water resources. Moreover, trend analysis is used to decide various design parameters based on scientific aspects and real applications everywhere in the world.

On the other hand, systematically measuring and monitoring for water variables in a river is an important phase for both construction-developing projects and basin information systems. For instance, measuring of streamflow that is a critical variable has been known as an important step for energy potential of a river, water usage in drinking or irrigation, flood control and a number of other projects to be constructed or already constructed in regions. Similarly, it is important to measure the sediment amount in terms of in planning and construction. In addition, there is a relationship between sediment and discharge variables. In this context, a new trend method recently proposed by Şen is used for two variables, discharge and sediment amount, recorded at four different stations, Fatli (Kelkit creek), Durucasu (Yesilirmak river), Gomeleonu (Yesilirmak river) and Cicekbuku (Kelkit creek), selected from Yesilirmak Basin of Turkey. Afterwards, the Mann-Kendall trend test is also applied to the same data, and the results are discussed. Consequently, the proposed new method of Şen is noticed as an important advantage in terms of especially in all ranges graphically clarification of the data evaluation phase.

Key words: *Mann-Kendall test, Streamflow, Sediment, Şen trend test, Turkey.*

mühendislik dergisi

