

ÇİNE ÇAYI SU KALİTESİ EĞİLİMLERİ

Ercan YEŞİLİRMAK¹

ÖZET

Bu çalışmada, Büyük menderes akarsuyunun önemli kollarından olan Çine Çayı üzerindeki Kayırlı ve Çakırbeyli su kalitesi gözlem istasyonlarında elde edilen su kalitesi verilerinin mevsimlik ve yıllık ortalama değerlerinin zamansal eğilimleri parametrik-olmayan Mann-Kendall ve Spearman-Rho testleri ile parametrik t-testi kullanılarak incelenmiştir. Bu üç testten benzer sonucu veren en az iki testin sonucuna göre zamansal eğilimin olup olmadığına karar verilmiştir. Ayrıca, su kalitesi parametreleri ile debi arasındaki ilişkiler de incelenmiştir. Çalışmada, pH, elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg), karbonat (CO₃), bikarbonat (HCO₃), klor (Cl), sülfat (SO₄) ve bor (B) olmak üzere toplam on parametre incelenmiştir. Dört mevsimin ortalamaları ile bir yıllık ortalama ve on parametre kullanılarak, her bir istasyon için 50 zaman serisi elde edilmiştir. Kayırlı istasyonunda 50 zaman serisinden 19'unda artan, 3'ünde azalan yönde eğilim gözlenmiş iken; Çakırbeyli istasyonunda 50 serinin 6'sında azalan yönde eğilim saptanmıştır. Diğerlerinde ise eğilim olmadığı belirlenmiştir. Her iki istasyonda da su kalitesi parametrelerinin çoğunluğu ile debi arasında negatif bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çine Çayı, su kalitesi, eğilim analizi

Water Quality Trends in Çine Creek

ABSTRACT

In this study, temporal trends of water quality parameters observed at Kayırlı and Çakırbeyli water quality monitoring stations in Çine Creek which is one of the important tributaries of Büyük Menderes River were investigated using non-parametric Mann-Kendall and Spearman Rho tests and parametric t-test. The trend analysis were performed on seasonal and annual averages. Whether or not a trend exists is decided upon the results of at least two tests with similar result. The relationships between water quality parameters and river discharge were also examined. The studied parameters are pH, electrical conductivity (EC), sodium (Na), potassium (K), calcium+magnesium (Ca+Mg), carbonate (CO₃), bicarbonate (HCO₃), chloride (Cl), sulphate (SO₄) and boron (B). For each station, 50 time series were constructed using averages of each of four seasons, one annual average and 10 water quality parameters. At Kayırlı out of 50 time series, 19 series increased, 3 series decreased, while decreasing trends in 6 series were detected at Çakırbeyli. Other series stayed unchanged. The most of water quality parameters were negatively correlated with the river discharge at both stations.

Key Words: Çine Creek, water quality, trend analysis

GİRİŞ

Yüzey suları üzerindeki gözlem istasyonlarında elde edilen su kalitesi verilerinin uzun dönemli zamansal eğilimlerinin araştırılması çevresel izleme programlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu çalışmalarda ana amaç, genellikle, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler ile nüfus artışı sonucunda su kirliliğinde meydana gelen değişimleri saptamak ve elde edilen sonuçları gelecekteki kirlilik kontrolü ile ilgili programların hazırlanmasında kullanmaktır. Ülkemizde yüzey sularındaki, özellikle akarsulardaki su kalitesi gözlemlerindeki eğilimlerin (trendlerin) araştırılması 1990'lı yıllarda başlamıştır. İçağa (1994)'nın Gediz akarsuyu su kalitesi trendlerini (eğilimlerini) incelediği çalışması bu alanda yapılan ilk çalışmalardandır. Gerek çevresel duyarlılığın artışı gerekse de su kalitesi gözlem verilerinin, istatistiksel yöntemlerin uygulanmasına olanak sağlayacak yeterli sayıya ulaşması, ülkemizde yüzey sularındaki su kalitesi eğilim analizi çalışmalarında ciddi artışlara yol açmıştır.

Ülkemizde farklı mekansal kapsamlarda su

kalitesi eğilim çalışmaları yapılmıştır. Örneğin, Ödemiş ve Evrendilek (2007) ülkemizdeki 25 havzadaki 38 akarsuda su kalitesi eğilimlerini incelemişlerdir. Kullanılan su kalitesi verilerinin kayıt tarihleri istasyonlar arasında değişmekle birlikte çoğunlukla 1995-2002 yıllarını kapsamaktadır. Ayrıca, verisi kullanılan istasyon sayısı da havzalar arasında değişiklik göstermiştir. Bunun yanında, havza bazında yapılmış ve daha çok istasyona ait verilerin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Sarıyıldız ve ark. (2008) Gediz havzasında 6 gözlem istasyonunda 1986-2003 yılları arasında kaydedilen 10 su kalitesi parametrelerinin eğilimlerini parametrik ve parametrik-olmayan istatistiksel yöntemlerle incelemişlerdir. Kalaycı ve Kahya (1998) Susurluk havzasında su kalitesi parametrelerinin eğilimlerini 4 farklı istatistiksel yöntem kullanarak araştırmışlar ve araştırma sonucunda, debi ve sediment konsantrasyonunda azalma; su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum+magnezyum, bikarbonat ve klor konsantrasyonlarında artış olduğunu, fakat karbonat, pH, sülfat, organik madde ve bor

¹ Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, AYDIN

konsantrasyonlarında herhangi bir değişim olmadığını saptamışlardır. Yeşilirmak (2006), Büyük Menderes akarsuyu üzerindeki 8 istasyonda kaydedilen veriler için yaptığı eğilim analizi sonucunda, genel olarak, kimyasal oksijen ihtiyacı, klor ve bikarbonat değerlerinde artış; sülfat konsantrasyonlarında azalış olduğunu; elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarında ise değişim olmadığını belirlemiştir.

Bu çalışmada, Büyük Menderes akarsuyunun önemli kollarından olan Çine Çayı üzerindeki iki gözlem istasyonunda (Kayırlı ve Çakırbeyli) elde edilen su kalitesi verilerinin mevsimlik ve yıllık ortalama değerlerinin zamansal eğilimleri parametrik-olmayan iki test (Mann-Kendall ve Spearman-Rho) ve bir parametrik test (t-testi) kullanılarak incelenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Çalışma Alanı

Çine çayı Büyük Menderes akarsuyunun önemli kollarından birisidir. Çine Çayı, Yataęan Ovası'nın güneyinde Girme Deresi ve Kamış Çayları'nın birleşmesiyle meydana gelir ve güneye doğru akar. Dipsiz Çayı adını alır. Batıdan gelen Kayırlı Deresi ile birleştikten sonra, Çine çayı adını alarak yaklaşık 20 km'lik dar bir boğazdan akarak Çine Ovası'na çıkar. Vadi içinde doğudan Gürleyen Çayı'nı, Çine Ovasında batıdan Karpuzlu Çayını ve ovanın bitiminde de doğudan Mardan Çayı'nı aldıktan sonra Büyük Menderes akarsuyu ile birleşir. Çine Çayı'nın uzunluğu 110 km'dir (Yıldırım, 2006).

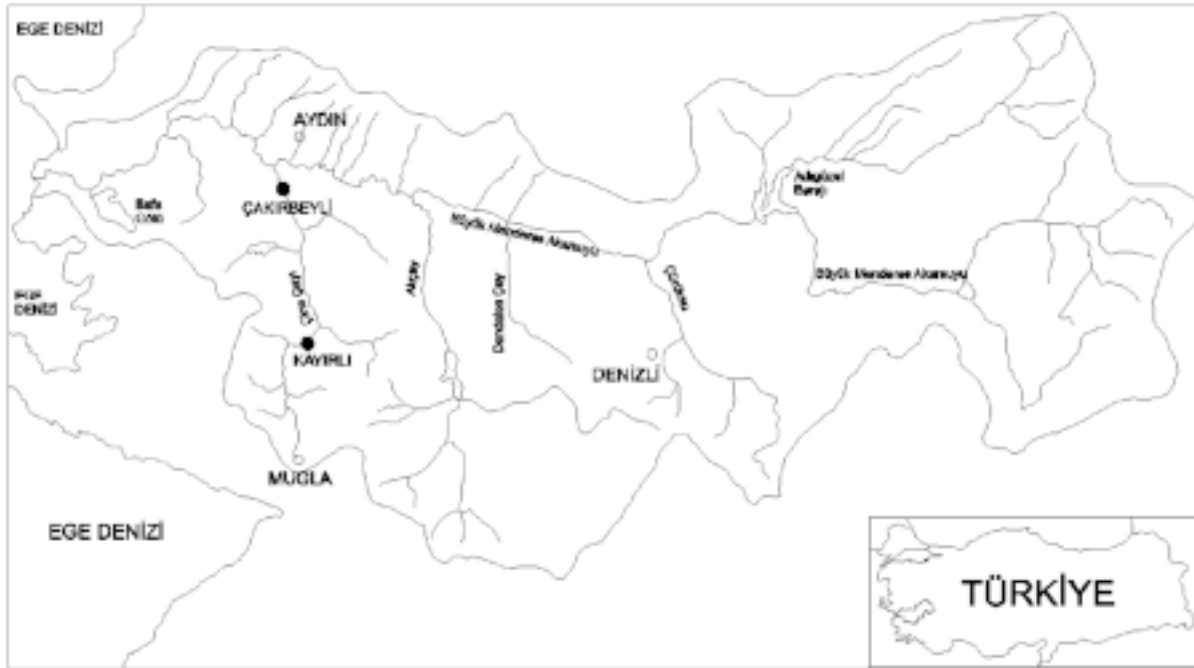
Bu çalışmada Çine Çayı üzerindeki Kayırlı ve Çakırbeyli köprüsü su kalitesi gözlem istasyonlarında elde edilen su kalitesi verileri kullanılmıştır (Şekil 1). Kayırlı istasyonu (28° 07' 50" D - 37° 25' 16" K) eski Yataęan - Aydın karayolunun 15. km'sindeki köprü'nün akış aşağısındadır. Çakırbeyli köprüsü istasyonu (27° 50' 04" D - 37° 45' 50" K) Aydın - Çakırbeyli yolu üzerindeki köprü'nün 100 m akış yukarısındadır.

Veriler

Çalışmada kullanılan su kalitesi verileri Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nden (EİE) sağlanmıştır. Su kalitesi parametreleri genellikle aylık bazda ölçülmüştür. Aylık gözlem değerleri kullanılarak mevsimlik ortalamalar; mevsimlik ortalamalar kullanılarak yıllık ortalamalar elde edilmiştir. Herhangi bir ayda birden fazla gözlem verisi olduğu durumda, bu değerlerin ortalaması söz konusu aya ait gözlem verisi olarak alınmıştır. Verilerin gözlem aralıkları Çakırbeyli istasyonunda 1999-2008, Kayırlı istasyonunda 1984-2008 arasındadır. Çalışmada, pH, elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg), karbonat (CO₃), bikarbonat (HCO₃), klor (Cl), sülfat (SO₄) ve bor (B) olmak üzere toplam on parametre incelenmiştir.

Metot

Bu çalışmada, su kalitesi parametrelerinin zamansal eğilimlerinin yönünü ve istatistiksel önem düzeylerini belirlemede parametrik-olmayan Mann-Kendall ve Spearman-Rho testleri ile parametrik t-testi kullanılmıştır. Bu üç testten benzer sonucu veren



Şekil 1. Çalışma alanı ve su kalitesi gözlem istasyonlarının Çine Çayı üzerindeki konumları.

en az iki testin sonucuna göre zamansal eğilimin olup olmadığına karar verilmiştir. Eğilim miktarları (eğim) ise Sen'in Eğim testi ile saptanmıştır. Bu istatistiksel yöntemler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Mann-Kendall testi: Bu testte zamana göre sıralanmış x_1, x_2, \dots, x_n gözlemleri hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış tesadüfi değişkenlerdir. H_1 hipotezine göre ise seride bir eğilim vardır. Mann-Kendall test istatistiği aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (Tonkaz ve Çetin, 2007; Topaloğlu, 2006):

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

Burada

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

On'dan daha büyük veri kümeleri için, test istatistiği S 'nin dağılımı için normal dağılım kullanılabilir ve bu durumda S 'nin varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

Burada q veri kümesi içinde birbirine eşit değerlerin oluşturduğu grupların sayısı ve t_p de p 'inci gruptaki veri sayısıdır. S ve $\text{VAR}(S)$ hesaplandıktan sonra, standart normal değişken hesaplanır:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{eğer } S > 0 \text{ ise} \\ 0, & \text{eğer } S = 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}}, & \text{eğer } S < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

Z 'nin negatif değerleri azalan yönde, pozitif değerleri ise artan yönde bir eğilim olduğunu gösterir. α önem düzeyinde (iki-yönlü test) azalan veya artan yönde bir eğilim olup olmadığına, hesaplanan Z değerinin kritik Z değeri ile karşılaştırılmasıyla karar verilir. Eğer, Z 'nin mutlak değeri, standart normal dağılım tablosundan elde edilen $Z_{1-\alpha/2}$ 'den büyük ise, H_0 reddedilir.

Spearman Rho testi: Spearman Rho testi, iki değişken (x ve y) arasındaki korelasyonu belirlemek amacıyla kullanılan bir testtir. Bu testte, değişkenler arasında korelasyon olmadığını varsayan sıfır hipotezine (H_0) karşılık, H_1 hipotezinde iki değişken

arasında pozitif veya negatif korelasyon vardır. Spearman korelasyon katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır (Özel ve ark., 2004; Kurunç ve ark., 2005):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Burada,

n = veri sayısı

$$d = U_i - V_i$$

U_i = Değişkenlerden birindeki verilerin büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe doğru sıralanmış düzeninde verisinin sırası.

V_i = Diğer değişkendeki verilerin büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe doğru sıralanmış düzeninde verisinin sırası.

Bu testte küçük örnek kümeleri için elde edilen ρ kritik tablo değerleri ile karşılaştırılır. $n > 30$ için, ρ değerlerinin dağılımı normal dağılıma yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılabilir (İçağa, 1994; Özel ve ark., 2004).

t-testi: Parametrik yöntem olarak basitçe $Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \mathcal{E}_i$ şeklinde gösterilebilen doğrusal regresyon kullanılmıştır. Burada, y bağımlı değişken (su kalitesi parametresi), x ise bağımsız değişken olan zamandır. Bu yöntemde, $H_0: \beta_1 = 0$ (bağımlı değişken ile zaman arasında bir ilişki, yani eğilim yoktur) hipotezine karşılık, $H_1: \beta_1 \neq 0$ (bağımlı değişken ile zaman arasında bir ilişki, yani eğilim vardır) hipotezi test edilir. Test istatistiği, eğim tahmininin (b_1) tahminin standart hatasına bölünmesiyle elde edilir:

$$t = \frac{b_1}{\sqrt{\text{SS}_e}}$$

Eğer $|t| > t_{krit}$ ise H_0 reddedilir. Kritik t değeri (t_{krit}), α önem düzeyinde serbestlik derecesi $n-2$ (iki yönlü test) Student t dağılımı kullanılarak bulunur. Denklemdaki β_1 parametresinin tahmini b_1 olan katsayısının işareti eğilimin yönünü belirler.

Yukarıda verilen üç testte de $\alpha=0.05$ önem düzeyi kullanılmıştır.

Sen'in eğim testi: Sen'in eğim testi, eğilimin büyüklüğünü (yani, eğimini) belirlemede kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir (Partal ve Kahya, 2006). Bu yöntemde eğilimin büyüklüğü, β , veri kümesi içindeki olası tüm ikili çiftlerin medyanıdır:

$$\beta = \text{Medyan} \left(\frac{x_j - x_k}{j - k} \right), \quad \forall j > k$$

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kayırlı ve Çakırbeyli istasyonlarında gözlenen su kalitesi parametrelerinin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de verilen ortalama değerler sulamaya uygunluk açısından Ayers ve Westcot (1994) tarafından önerilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında HCO₃ dışındaki parametreler açısından bir sorun oluşturmayacağı görülmektedir. Sadece HCO₃ parametresi açısından, yağmurlama sulamada kullanılması durumunda, her iki istasyonda sorun olabilir.

Su kalitesi parametrelerinin mevsimlik ve yıllık ortalamalarına uygulanan Mann-Kendall, Spearman Rho ve t-testi sonuçları Çizelge 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Her testte %5 istatistiksel önem düzeyi kullanılmıştır. Bu üç testten, istatistiksel önem açısından aynı sonucu veren en az iki testin sonucuna göre eğilim olup olmadığına karar verilmiştir.

İlkbahar mevsimi eğilim analizi sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. İncelenen on su kalitesi parametresinden, Kayırlı istasyonunda EC, Na, Ca+Mg ve SO₄ parametrelerinde artan yönde, bu istasyondaki diğer parametreler ile Çakırbeyli

Çizelge 1. Çine Çayı su kalitesi parametrelerinin ortalama (Ort) ve standart sapma (SS) değerleri ile ortalama değerler bakımından Ayers ve Westcot (1994) sınıflamasına göre sulama suyu kalitesi sınıfları.

Parametre	Kayırlı		Çakırbeyli	
	Ort ± SS	Sınıf	Ort ± SS	Sınıf
Ph	8.11 ± 0.23	Sorun Yok	8.19 ± 0.31	Sorun Yok
EC (S/cm)	480.8 ± 127.4	Sorun Yok	444.0 ± 142.0	Sorun Yok
Na (meq/l)	0.78 ± 0.54	Sorun Yok	0.91 ± 0.39	Sorun Yok
K (meq/l)	0.05 ± 0.03	-	0.08 ± 0.06	-
Ca+Mg (meq/l)	4.37 ± 1.30	-	3.73 ± 1.20	-
CO ₃ (meq/l)	0.23 ± 0.22	-	0.21 ± 0.19	-
HCO ₃ (meq/l)	3.33 ± 1.18	Sorun Olabilir	2.72 ± 0.91	Sorun Olabilir
Cl (meq/l)	0.55 ± 0.14	Sorun Yok	0.69 ± 0.30	Sorun Yok
SO ₄ (meq/l)	1.08 ± 0.68	-	1.10 ± 0.64	-
B (mg/l)	0.12 ± 0.13	Sorun Yok	0.11 ± 0.08	Sorun Yok

Çizelge 2. İlkbahar mevsimi için eğilim analizi sonuçları (%5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak gösterilmiştir).

Parametre	Kayırlı					Çakırbeyli				
	Spearman Rho	Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim	Spearman Rho	Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim
pH	0.36	1.80	2.11	0.007	Yok	-0.42	-0.81	-1.22	-0.018	Yok
EC (S/cm)	0.55	2.69	3.56	3.876	Var (+)	0.39	1.17	1.25	10.444	Yok
Na (meq/l)	0.46	2.32	1.87	0.007	Var (+)	0.38	1.07	1.50	0.044	Yok
K (meq/l)	-0.35	-1.37	-1.97	-0.001	Yok	-0.49	-1.08	-1.59	-0.007	Yok
Ca+Mg (meq/l)	0.50	2.50	2.62	0.042	Var (+)	0.31	0.81	1.05	0.088	Yok
CO ₃ (meq/l)	-0.17	-0.91	-1.00	-0.003	Yok	-0.24	-0.54	-0.85	-0.016	Yok
HCO ₃ (meq/l)	0.04	0.19	-0.07	0.005	Yok	0.20	0.54	0.75	0.038	Yok
Cl (meq/l)	0.36	1.39	2.18	0.002	Yok	0.00	0.09	0.08	0.003	Yok
SO ₄ (meq/l)	0.85	4.65	5.24	0.046	Var (+)	0.61	2.07	2.28	0.078	Yok
B (mg/l)	0.16	0.70	0.22	0.001	Yok	-0.27	-0.36	-0.51	-0.004	Yok

Çizelge 3. Yaz mevsimi için eğilim analizi sonuçları (%5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak gösterilmiştir).

Parametre	Kayırlı					Çakırbeyli				
	Spearman Rho	Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim	Spearman Rho	Mann-Kendall S	t-testi	Eğim	Eğilim
pH	-0.06	-0.40	-0.16	-0.003	Yok	-0.78	-17	-3.06	-0.075	Var (-)
EC (S/cm)	0.66	3.62	4.23	7.225	Var (+)	0.00	-2	-0.30	-0.175	Yok
Na (meq/l)	0.02	0.14	1.38	0.001	Yok	0.01	1	-0.63	0.001	Yok
K (meq/l)	-0.57	-2.58	-3.47	-0.002	Var (-)	-0.59	-9	-1.43	-0.008	Yok
Ca+Mg (meq/l)	0.51	2.71	2.61	0.054	Var (+)	-0.14	-4	-0.50	-0.036	Yok
CO ₃ (meq/l)	-0.49	-2.64	-2.58	-0.013	Var (-)	-0.80	-19	-2.26	-0.039	Var (-)
HCO ₃ (meq/l)	0.27	1.33	0.10	0.033	Yok	-0.24	-6	-0.89	-0.131	Yok
Cl (meq/l)	0.54	2.63	3.03	0.006	Var (+)	-0.01	-2	-0.56	-0.012	Yok
SO ₄ (meq/l)	0.67	3.64	2.87	0.032	Var (+)	-0.19	-2	0.56	-0.018	Yok
B (mg/l)	0.05	0.16	-0.28	0.000	Yok	-0.13	-3	-0.55	-0.005	Yok

Çizelge 4. Sonbahar mevsimi için eğilim analizi sonuçları (%5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak gösterilmiştir).

Parametre	Spearman Rho	Kayırlı				Çakırbeyli				
		Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim	Spearman Rho	Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim
pH	0.17	0.89	0.63	0.004	Yok	-0.66	-1.97	-3.42	-0.080	Var (-)
EC (S/cm)	0.50	2.50	2.74	6.000	Var (+)	0.41	1.43	0.41	13.500	Yok
Na (meq/l)	0.25	0.98	2.11	0.009	Yok	0.10	0.36	0.59	0.027	Yok
K (meq/l)	-0.19	-0.83	-1.11	-0.001	Yok	-0.09	0.00	-0.36	0.000	Yok
Ca+Mg (meq/l)	0.09	0.65	1.22	0.018	Yok	0.31	0.89	0.29	0.072	Yok
CO ₃ (meq/l)	-0.22	-1.15	-1.09	-0.005	Yok	-0.38	-0.63	-0.87	-0.014	Yok
HCO ₃ (meq/l)	0.25	1.29	0.84	0.024	Yok	0.33	1.25	0.56	0.090	Yok
Cl (meq/l)	0.42	1.99	2.06	0.006	Var (+)	-0.06	0.00	-0.39	0.000	Yok
SO ₄ (meq/l)	0.69	3.62	5.08	0.049	Var (+)	0.06	0.00	0.55	0.013	Yok
B (mg/l)	0.13	0.68	-0.12	0.002	Yok	-0.21	-0.72	-0.68	-0.008	Yok

Çizelge 5. Kış mevsimi için eğilim analizi sonuçları (%5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak gösterilmiştir).

Parametre	Spearman Rho	Kayırlı				Çakırbeyli				
		Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim	Spearman Rho	Mann-Kendall S	t-testi	Eğim	Eğilim
pH	0.34	1.47	2.06	0.007	Yok	-0.51	-11	-1.88	-0.034	Yok
EC (S/cm)	0.67	3.50	4.28	10.536	Var (+)	-0.17	-4	-0.92	-11.875	Yok
Na (meq/l)	0.21	1.05	1.15	0.005	Yok	-0.34	-9	-1.01	-0.032	Yok
K (meq/l)	-0.03	0.29	-0.20	0.000	Yok	-0.37	-9	-1.63	-0.007	Yok
Ca+Mg (meq/l)	0.67	3.53	4.37	0.105	Var (+)	-0.22	-6	-0.92	-0.126	Yok
CO ₃ (meq/l)	0.04	0.14	-0.24	0.001	Yok	-0.70	-19	-2.72	-0.030	Var (-)
HCO ₃ (meq/l)	0.47	2.08	2.22	0.042	Var (+)	-0.08	-4	-0.32	-0.060	Yok
Cl (meq/l)	0.14	0.66	1.20	0.002	Yok	-0.55	-14	-2.34	-0.036	Yok
SO ₄ (meq/l)	0.83	4.60	5.91	0.053	Var (+)	-0.37	-11	-1.02	-0.054	Yok
B (mg/l)	0.21	0.98	0.00	0.002	Yok	-0.15	-3	0.03	-0.001	Yok

Çizelge 6. Yıllık ortalamalar için eğilim analizi sonuçları (%5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli eğilimler koyu olarak gösterilmiştir).

Parametre	Spearman Rho	Kayırlı				Çakırbeyli				
		Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim	Spearman Rho	Mann-Kendall Z	t-testi	Eğim	Eğilim
pH	0.32	1.75	1.55	0.006	Yok	-0.87	-2.68	-5.18	-0.042	Var (-)
EC (S/cm)	0.75	3.69	5.91	6.817	Var (+)	0.32	0.90	1.03	4.375	Yok
Na (meq/l)	0.26	1.03	2.07	0.006	Yok	0.27	0.63	1.35	0.013	Yok
K (meq/l)	-0.40	-1.65	-2.62	-0.001	Var (-)	-0.49	-1.26	-1.85	-0.007	Yok
Ca+Mg (meq/l)	0.76	3.79	5.57	0.055	Var (+)	0.21	0.27	0.70	0.017	Yok
CO ₃ (meq/l)	-0.41	-1.94	-1.96	-0.006	Yok	-0.78	-2.42	-3.42	-0.017	Var (-)
HCO ₃ (meq/l)	0.26	1.07	1.45	0.017	Yok	0.33	0.81	0.79	0.017	Yok
Cl (meq/l)	0.47	2.26	3.11	0.005	Var (+)	-0.26	-0.45	-1.22	-0.008	Yok
SO ₄ (meq/l)	0.89	5.12	7.93	0.051	Var (+)	0.32	0.63	1.65	0.037	Yok
B (mg/l)	-0.04	-0.31	-0.27	0.000	Yok	-0.26	-0.63	-0.83	-0.005	Yok

istasyonundaki tüm parametrelerde eğilim olmadığı saptanmıştır. Kayırlı istasyonunda artan yönde eğilim olduğu saptanan EC, Na, Ca+Mg ve SO₄ parametrelerindeki değişim, sırasıyla, 3.876 S/cm/yıl, 0.007 meq/l/yıl, 0.042 meq/l/yıl ve 0.046 meq/l/yıl'dır.

Yaz mevsimindeki eğilimlerin ilkbahar mevsimine göre bir miktar farklılık arz ettiği görülmektedir (Çizelge 3). Kayırlı istasyonunda EC, Ca+Mg, Cl ve SO₄ parametrelerinde artış; K ve CO₃ parametrelerinde azalış gözlenmiştir. EC, Ca+Mg, Cl ve SO₄ parametrelerindeki artış miktarı, sırasıyla, 7.225 S/cm/yıl, 0.054 meq/l/yıl, 0.006 meq/l/yıl ve 0.032 meq/l/yıl olmuştur. K parametresinde 0.002

meq/l/yıl ve CO₃ parametresinde 0.013 meq/l/yıl azalma saptanmıştır. Çakırbeyli istasyonunda ise, ilkbahar mevsiminin aksine, iki parametrede (pH ve CO₃) azalan yönde eğilim olduğu belirlenmiştir. Diğer parametrelerde değişme olmamıştır. Yıllık azalma miktarı pH için 0.075, CO₃ için ise 0.039 meq/l'dir.

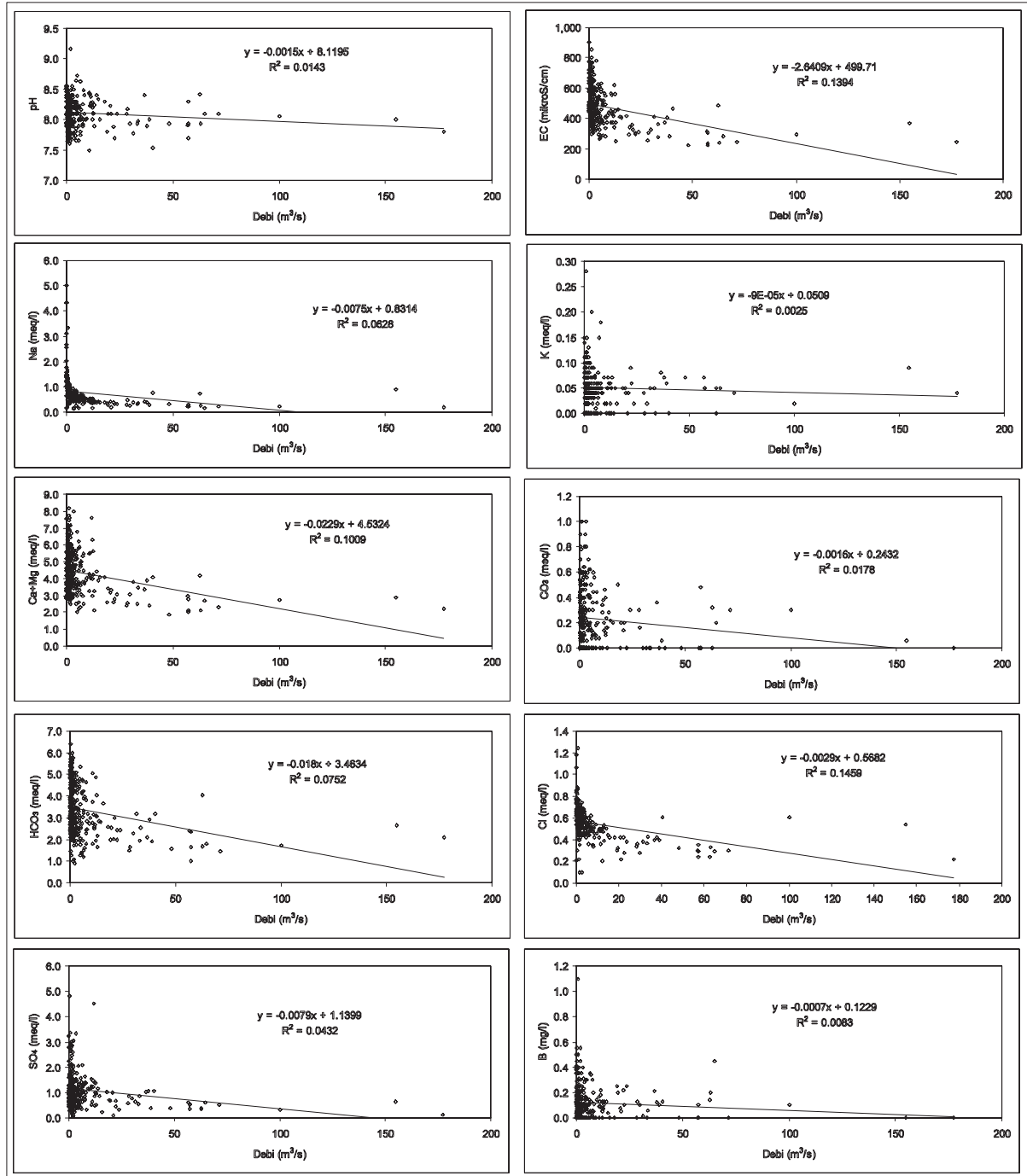
Sonbahar mevsimi için yapılan eğilim analizlerine göre, Kayırlı'da EC, Cl ve SO₄ parametrelerinde artan yönde; Çakırbeyli'de ise pH parametresinde azalan yönde eğilim saptanmıştır (Çizelge 4). Sen'in Eğim testine göre, Kayırlı istasyonunda EC, Cl ve SO₄'ün artış miktarları, sırasıyla, 6.000 S/cm/yıl, 0.006 meq/l/yıl ve 0.049

meq/l/yıl'dır. Çakırbeyli istasyonunda ise pH değerlerinde yıllık olarak 0.080 azalma gözlemlenmiştir.

Çizelge 5'de verilen kış mevsimi eğilim analizi sonuçları, Kayırlı'da EC, Ca+Mg, HCO₃ ve SO₄ parametrelerinde artış olduğunu ve artış miktarlarının da, sırasıyla, 10.536 S/cm/yıl, 0.105 meq/l/yıl, 0.042 meq/l/yıl ve 0.053 meq/l/yıl olduğunu göstermektedir. Çakırbeyli'de ise sadece CO₃ parametresinde 0.030

meq/l/yıl oranında bir azalma olduğu belirlenmiştir.

Su kalitesi parametrelerinin yıllık ortalama değerlerindeki eğilimler araştırıldığında ise (Çizelge 6), Kayırlı istasyonunda EC (6.817 S/cm/yıl), Ca+Mg (0.055 meq/l/yıl), Cl (0.005 meq/l/yıl) ve SO₄ (0.051 meq/l/yıl) parametrelerinde artış; K (0.001 meq/l/yıl) parametresinde azalma saptanmıştır. Çakırbeyli'de ise pH ve CO₃ parametrelerinde azalma gözlemlenmiş olup yıllık azalma miktarları, sırasıyla, 0.042 ve 0.017

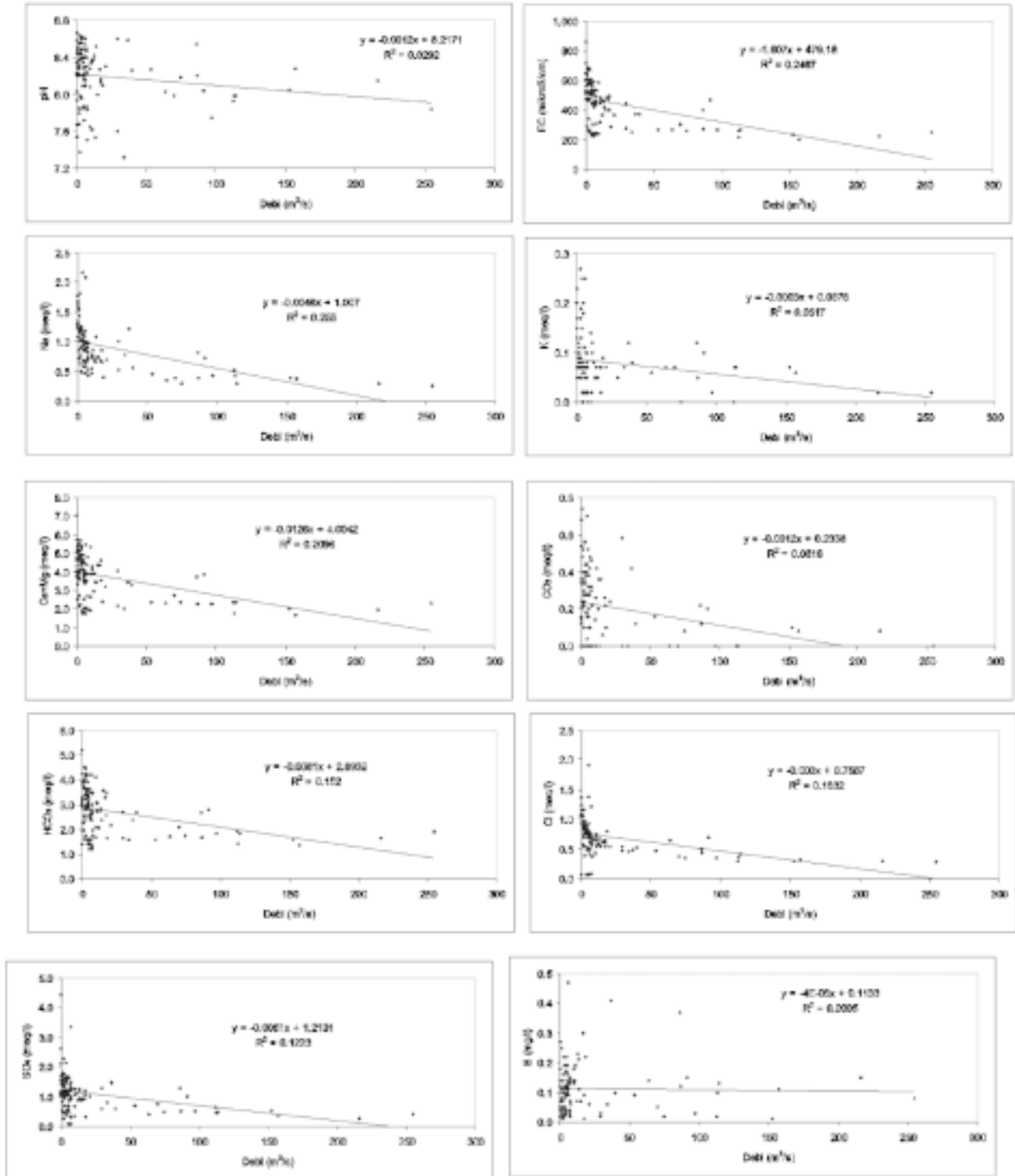


Şekil 2. Kayırlı istasyonunda debi-konsantrasyon ilişkileri.

meq/l'dir. Her iki istasyondaki diğer parametrelerde eğilim olmadığı saptanmıştır.

Akarsu debisi ile su kalitesi çok yakından ilişkilidir. Bu ilişki doğrudan veya dolaylı olabilir ve zaman içerisinde veya akarsuyu boyunca değişebilir (Tabari ve ark., 2011). Çine Çayı üzerindeki Kayırlı ve Çakırbeyli istasyonlarında su kalitesi parametrelerinin

konsantrasyon-debi ilişkileri Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3'den Kayırlı ve Çakırbeyli istasyonlarında konsantrasyon ile debi arasında negatif bir korelasyon olduğu anlaşılmaktadır; debi arttıkça su kalitesi parametrelerinin değerlerinde genel olarak azalma meydana gelmiştir. Debi ile en yüksek korelasyona



Şekil 3. Çakırbeyli istasyonunda debi-konsantrasyon ilişkileri.

sahip su kalitesi parametresi, Kayırlı'da Cl ($R^2=0.1459$) ve Çakırbeyli'de Na ($R^2=0.258$)'dır. Diğer taraftan, debi ile en düşük korelasyona sahip olanlar ise Kayırlı'da K ($R^2=0.0025$) ve Çakırbeyli'de B ($R^2=0.0005$) parametreleridir.

Su kalitesi parametrelerinin zamansal eğilimlerinin incelenmesinde ilk zamanlarda genellikle parametrik yöntemler kullanılmıştır. En iyi bilinen parametrik testler, olasılık yoğunluk fonksiyonunun normal olmasını gerektiren t-testleridir (Harmancıoğlu ve ark., 1998). Klasik parametrik yöntem varsayımlarının (örneğin, normal dağılım, bağımsızlık, doğrusallık göstermesi) su kalitesi verileri tarafından çoğunlukla karşılanmaması nedeniyle, 1970'li yıllardan itibaren parametrik-olmayan yöntemler geliştirilmiş olup halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Harmancıoğlu ve ark., 1998). Parametrik olmayan testlerde ele alınan değişkenin teorik olasılık dağılımı için herhangi bir varsayma ihtiyaç duyulmaz (Kalaycı ve Kahya, 1998). Bunun yanında, parametrik-olmayan testler yanında parametrik testler de su kalitesi verilerinin zamansal eğilimlerinin incelemesinde halen kullanılmaktadır (Testa ve ark., 2008; Tuppad ve ark., 2010; Tabari ve ark., 2011). Bu çalışmada, Çine Çayı üzerindeki iki gözlem istasyonunda (Kayırlı ve Çakırbeyli) elde edilen su kalitesi verilerinin zamansal eğilimlerini incelemeye parametrik-olmayan Mann-Kendall ve Spearman-Rho testleri ile parametrik t-testi kullanılmış ve bu üç testten benzer sonucu veren en az iki testin sonucuna göre zamansal eğilimin olup olmadığına karar verilmiştir. İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsim ortalamaları ile yıllık ortalama serileri olmak üzere iki istasyonda toplam 100 su kalitesi zaman serisi incelenmiş ve üç testin sonuçlarının oldukça uyumlu olduğu ve büyük çoğunlukla benzer sonuçlar verdikleri görülmüştür. Parametrik-olmayan Mann-Kendall ve Spearman Rho testleri incelenen 100 seriden sadece 4'ünde (Kayırlı istasyonu yıllık K ve CO₃; Çakırbeyli istasyonu İlkbahar SO₄ ve Yaz pH serileri) birbirinden farklı sonuçlar vermiştir. Diğer taraftan, parametrik t-testi ise 100 seriden 8'inde (Kayırlı istasyonu İlkbahar pH, Na ve Cl, Sonbahar Na ve Cl, yıllık K ve CO₃ serileri ile Çakırbeyli istasyonu Yaz CO₃ serisi) parametrik-olmayan en az bir testten farklı sonuç vermiştir.

Akarsularda, su kalitesi ile debi arasında çok yakın bir ilişki söz konusudur. Genel olarak seyrelme ve yıkama olmak üzere iki farklı süreç meydana gelir (Helsel ve Hirsch, 1991). Seyrelme sürecinde, noktasal kaynaklardan veya yer altı suyundan akarsuya karışan çözünmüş maddelerin konsantrasyonları, debi artışına bağlı olarak azalır. Diğer taraftan, yayılı (non-point) kirlilik söz konusu olduğunda, konsantrasyon debi ile birlikte artar. Çine Çayında, gerek Kayırlı gerekse de Çakırbeyli istasyonunda pH ve B dışındaki diğer parametrelerin konsantrasyon değerleri ile debi arasında negatif bir ilişki olduğu görülmektedir. Debi artışına bağlı olarak konsantrasyon değerlerinde

azalma meydana gelmiştir. Her iki istasyonda da debi ile pH ve B arasındaki negatif ilişkinin oldukça zayıf olduğu göze çarpmaktadır. Dolayısıyla, pH ve B parametrelerinin debi değişiminden etkilenmedikleri söylenebilir.

SONUÇ

Elde edilen bulgular sonucunda, eğilimlerin yönlerinin iki istasyon arasında oldukça farklılık arz ettiği görülmektedir. Kayırlı istasyonunda 50 seriden 19'unda artan, 3'ünde azalan yönde olmak üzere 22'sinde eğilim gözlenmiş iken; Çakırbeyli istasyonunda 50 serinin sadece 6'sında azalan yönde eğilim saptanmıştır. Diğerlerinde ise eğilim olmadığı belirlenmiştir. Özellikle Kayırlı istasyonunda saptanan artan yöndeki eğilimlere rağmen, Çizelge 1'de verilen ortalama değerler dikkate alındığında her iki istasyonda da su kalitesi parametrelerinin Ayers ve Westcot (1994) tarafından önerilen sulama suyu kalite sınıflandırmasına göre HCO₃ haricinde sulama açısından sorun oluşturmayacağı görülmektedir. HCO₃ parametresi için ise sorun oluşma olasılığı mevcuttur. Çine Çayı üzerinde sulama-enerji-taşkın koruma amaçlı olarak inşa edilen ve 2010 yılından itibaren su tutmaya başlayan Çine Adnan Menderes Barajı'nın hizmet edeceği sulama alanlarına oldukça üstün nitelikli sulama suyu temin edeceği açıktır.

KAYNAKLAR

- Ayers, R.S., D.W. Westcot. 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, Rome.
- Harmancıoğlu, N.B., S.D. Özkul, O. Fıstıkoğlu. 1998. Data Analysis, In: Environmental Data Management (Harmancıoğlu, N.B., V.P. Singh and M.N. Alpaslan, eds.). Kluwer Academic Publishers, pp. 141-196, The Netherlands.
- İçağa, Y. 1994. Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), 143s., İzmir.
- Kalaycı, S., E. Kahya. 1998. Susurluk havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 22: 503 - 514.
- Kurunç, A., K. Yürekli, F. Öztürk. 2005. Effect of discharge fluctuation on water quality variables from the Yeşilirmak River. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(2): 189-195.
- Ödemis, B., F. Evrendilek. 2007. Monitoring water quality and of national watersheds in Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 133: 215-229.
- Özel, N., S. Kalaycı, M.F. Sevimli, M. Büyükyıldız. 2004. Sakarya nehri havzası aylık akım verilerinin parametrik olmayan yöntemlerle trend analizi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(2): 11-22.
- Partal, T., E. Kahya. 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological Processes, 20: 2011-2026.

- Sarıyıldız, A., N. Harmancıoğlu, A. Sılay, H.S. Çetin. 2008. Gediz nehri su kalitesi parametrelerinin eğilim analizi. Havza Kirliliđi Konferansı, s. 23-30, İzmir.
- Tabari, H., S. Marofi, M. Ahmadi. 2011. Long-term variations of water quality parameters in the Maroon River, Iran. Environmental Monitoring and Assessment, 177: 273-287.
- Testa, J.M., W. M. Kemp, W. R. Boynton, J. D. Hagy. 2008. Long-Term changes in water quality and productivity in the Patuxent River Estuary: 1985 to 2003. Estuaries and Coasts, 31: 1021-1037.
- Tuppad, P., C. Santhi, R. Srinivasan. 2010. Assessing BMP effectiveness: multiprocedure analysis of observed water quality data. Environmental Monitoring and Assessment, 170: 315-329.
- Tonkaz, T., M. Çetin. 2007. Effects of urbanization and land-use type on monthly extreme temperatures in a developing semi-arid region, Turkey. Journal of Arid Environments, 68: 143-158
- Topaloğlu, F. 2006. Trend detection of streamflow variables in Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 15: 644-653.
- Yıldırım, U. 2006. Çine Havzası Sulama Suyu İhtiyacı ve Tarımsal Ürün Çeşitliliğinin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliđi Bölümü, Hidroloji ve Su Yapıları Diploma Projesi, İzmir.
- Yeşilirmak, E. 2006. Büyük Menderes Akarsuyu Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Zaman ve Mekan Boyutundaki Değişiminin İstatistiksel Analizi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), 293 s., İzmir.

Geliş Tarihi : 30.05.2011

Kabul Tarihi : 27.06.2011

Copyright of Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty is the property of Adnan Menderes University and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.