



## SU KALİTESİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hülya BOYACIOĞLU<sup>1</sup>, Hayal BOYACIOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca 35160 İZMİR

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Bornova Kampüsü, Bornova 35100 İZMİR  
E-posta: hulya.boyacioglu@deu.edu.tr, hayalb@sci.ege.edu.tr

**Öz:** Sunulan çalışmada; Büyük Menderes Akarsuyu üzerinde 3 farklı noktadan, iki yıl süresince 2 ayda bir alınan su örneklerinde analizlenen; elektriksel iletkenlik, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam kjeldahl azotu, sodyum, potasyum, kalsiyum, toplam koliform, askıda katı madde, toplam alkalinite kalite değişkenlerine ait veriler, istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, tanımlayıcı istatistikler (merkezi eğilim ve dağılım ölçüleri) hesaplanmış; ayrıca zaman serisi analizi, istasyonlar arası ikili karşılaştırmalar için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam kjeldahl azotu, sodyum, toplam koliform kalite değişkenleri için suyun kalite sınıfının II, III ve genelde IV olduğu görülmüştür. İstasyonlar arası ikili karşılaştırmalar sonucunda; memba kısmında yer alan istasyonun su kalitesinin istatistiksel açıdan diğer noktalardan oldukça farklı olduğu, memba mansap doğrultusunda evsel, endüstriyel ve tarım alanlarından gelen deşarjlar nedeniyle su kalitesinin bozulduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi, tanımlayıcı istatistik, zaman serisi analizi, Mann-Whitney U testi

## ASSESSMENT OF WATER QUALITY BY STATISTICAL METHODS

**Abstract:** In this study surface water samples collected once per two months from three observation stations along Great Meander river are statistically examined. Descriptive statistics (Measure of Central Tendency and Dispersion of Data) for electrical conductivity, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total kjeldahl nitrogen, sodium, potassium, calcium, total coliform, suspended solids, total alkalinity parameters are calculated. Time series analysis, Mann-Whitney U test to compare groups are also applied. Results show that; for the parameters biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total kjeldahl nitrogen, sodium, total coliform water quality classes are II, II or IV. Comparison of stations stated that; station located at upstream of the river is statistically different from the others and upstream-downstream direction, water quality is negatively affected by domestic, industrial discharges and agricultural drainage.

**Keywords:** Water quality, descriptive statistics, time series analysis, Mann-Whitney U Test

## GİRİŞ

İçme, kullanma ve tarımsal sulama suyu ihtiyacının karşılanması gibi farklı amaçlar için kullanılan yüzeysel suların kalitesi; sanayileşme, tarım, yerleşim alanlarından kaynaklanan kirlilik nedeniyle risk altındadır. Bu havzalardaki faaliyetlerin kontrol edilip, elde edilen bulgular

işığında kirlilik riskinin azaltılması amacıyla, dünyada ve ülkemizde su kalitesi gözlem çalışmaları başlatılmıştır. Ancak çoğu zaman elde edilen veriler proses edilmemekte, yani veriler bilgiye dönüştürülmemektedir. Son yıllarda dünyada su kalitesinin korunmasına yönelik

yapılan çalışmalarda, veri-bilgi sürecinin tamamlanmasına özen gösterilmektedir. Bunun gerekçesi olarak da, su kalitesi analizlerinin yüksek maliyetli olması, zamansal ve alansal kalite değişimlerinin ortaya konarak; probleme dayalı, havzaya özel çözüm önerilerinin alınması ihtiyacı gösterilmektedir. Bu amaçla çeşitli istatistiksel yöntemler uygulanmaktadır.

Bu noktadan hareketle, sunulan çalışmada Ege Bölgesi'nde Büyük Menderes Nehri su kalite verilerine, istatistiksel analiz yöntemleri uygulanarak; yüzeysel suyun, kalite açısından mevcut durumu ortaya konulmakta, zamansal ve alansal değişimi incelenmektedir. Bulgular ışığında su kalitesinin kontrolünde öncelikler saptanmaktadır.

### HAVZANIN TANITIMI

Büyük Menderes Havzası (BMH) Türkiye'nin batısında, Ege bölgesi içinde yer almaktadır. Kuzeyi Gediz, batısı Küçük Menderes Havzası, doğu ve güneyi ise Afyon, Muğla il sınırları ile çevrelenmiştir. Havza içerisinde Aydın, Denizli, Uşak il merkezleri ile Söke, Nazilli, Çine, Yatağan, Tavas, Banaz, Esme, Buldan, Dinar, Sandıklı ve Çal gibi ilçe merkezleri bulunmaktadır. Türkiye'nin tarım potansiyeli bakımından önde gelen bölgelerinden biri olan BMH'da, tarıma dayalı ekonominin yanısıra kentsel yerleşimlere paralel olarak endüstriyel tesisler de yoğunlaşmaktadır. Yörede tekstil, ağırlıklı sanayi haline gelmiştir.

Büyük Menderes Irmağı ve yan dereleri havzanın temel su gücünü oluşturmaktadır, Akarsu Afyon (Dinar) yakınlarından doğmakta ve Ortadağ, Çubuk, Babadağ, Cevizli, Beşparmak dağlarını içeren geniş bir havzayı yıkayarak, Söke Ovası'nda denize dökülmektedir. Büyük Menderes Nehri

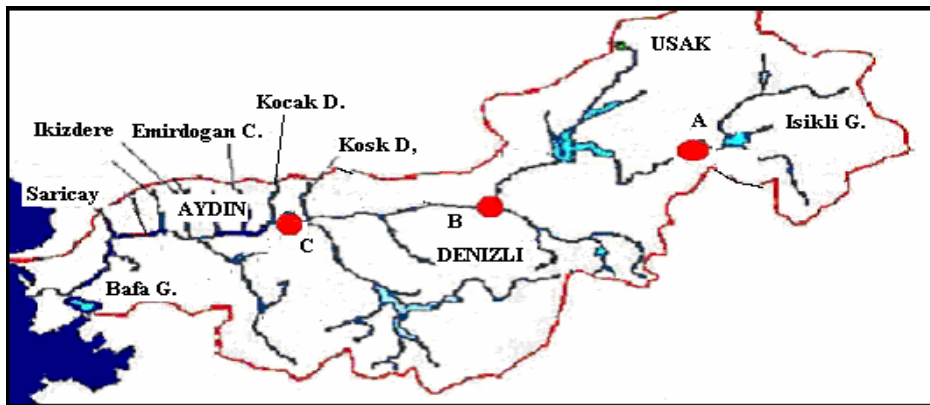
yaklaşık 560 km uzunluğu ile Ege Bölgesi'nin en büyük akarsuyu olup, başlıca kolları, Banaz Çayı, Çürüksu Çayı, Dandalaz Çayı, Çine Çayı ve Akçay'dır (Şekil 1).

Büyük Menderes Nehri, uzun yıllardan beri yerleşimlerden kaynaklanan evsel ve sanayi kuruluşlarının faaliyeti sonucu oluşan endüstriyel atık suların deşarjı ile sulamadan dönen suların etkisiyle kalitesinin bozulması sorunuyla karşı karşıyadır (Boyacıoğlu ve Alpaslan, 2000).

Sunulan çalışmada Büyük Menderes Nehri üzerinde iki yıl boyunca 2'şer aylık zaman dilimlerinde, üç istasyondan alınan su örneklerinde analizlenen Elektriksel İletkenlik, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Toplam Kjeldahl Azotu, Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Toplam Koliform, Askıda Katı Madde, Toplam Alkalinite parametrelerine ait veriler istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmektedir. Tanımlayıcı istatistik değerlerinin bulunmasının yanısıra, istasyonlar arası karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi uygulanarak yapılmaktadır. Ayrıca zamansal ve alansal değişim de ortaya konmaktadır.

### SU KALİTESİ VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Mühendislik uygulamalarında, veri setlerini temsil eden değerlerin bilinmesi ve ortalama etrafında değişimin ortaya konması oldukça önemlidir. Bunun için merkezi eğilim (mod, medyan, aritmetik ortalama vb.) ve dağılım ölçülerinin (varyans, standart sapma, değişkenlik katsayısı vb.) bulunması gereklidir. Böylelikle veri setlerinin birbirleriyle kıyaslanması da mümkün olabilmektedir (McBean ve Rovers, 1998).



Şekil 1 Büyük Menderes Nehri ve Gözlem Noktaları

Doğada, bir çok değişken birbirlerini etkileyerek değer alırlar. Biri diğerinin ortaya çıkmasında, ya da çıkmamasında rol oynar. Bir değişken diğerinin nedeni olabilir. Değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisi regresyon yöntemleri ile incelenir. Birçok alanda olduğu gibi mühendislik uygulamalarında zaman bağımsız değişken olarak önemli rol oynamakta ve bu analizler zaman serisi analizi olarak isimlendirilmektedir (Runyon ve diğ., 2000).

Bir diğer husus da veri grupları arasında ilişkilerin ortaya konmasıdır. Özellikle su kalitesi izleme çalışmalarında, ani deşarjlar vb. sebeplerden dolayı veri setlerinin normal dağılıma uygun olmaması nedeniyle, non-parametrik testler kullanılmakta; Mann-Whitney U testi de gruplar arası karşılaştırmada sık kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mann-Whitney U Testi: n1 ve n2 hacimli iki bağımsız örneğin, aynı medyanlı populasyonlardan alınmış rasgele örnekler olup olmadığını test etmek için Mann-Whitney U testi uygulanır. Bağımsız iki örneklem t testinin parametrik olmayan alternatifidir (Özdamar, 2003).

Mann-Whitney U testinde aşağıdaki hipotezler test edilir.

H0 = n1 ve n2 veri setleri aynı dağılıma sahiptir.  
H1 = n1 veri setinin gözlemlerinin yarısından fazlası diğer setten farklıdır.

$$H1 = P(a > b) \neq 1/2$$

Uygulamada; n1 ve n2'ye birlikte sıralama puanı verilir. Bu sıralama puanlarının 1. örneğe ait olanlarının toplamı R1, 2. örneğe ait olanları toplamı R2 bulunur. Birim sayıları ve toplam sıralama puanlarından yararlanarak, U1 ve U2 test istatistikleri hesaplanır. Bu değerler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$U1 = N1.N2 + N1(N1+1)/2 - R1$$

$$U2 = N1.N2 + N2(N2+1)/2 - R2$$

U1 ve U2'den küçük olanı test istatistiği olarak alınır.

Eğer  $U1 \leq U2$  ise  $U = U1$ ,  $U1 > U2$  ise  $U = U2$  alınır.  $n1 > 20$  ve  $n2 > 20$  ise U'nun önemliliği normal yaklaşımla bulunur. Bunun için ortalama ve standart sapması ( $\mu_U$  ve  $\sigma_U$ ) bulunur ve z test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} = \frac{U - (n_1)(n_2)/2}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

## İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERİN BÜYÜK MENDERES SU KALİTESİ VERİLERİNE UYGULANMASI

Çalışma kapsamında her değişken için üç farklı istasyonda hesaplanan merkezi eğilim ve dağılım ölçüleri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Medyan değerleri dikkate alınarak "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" (Resmi Gazete, 1991) Tablo değerlerine göre belirlenen kalite sınıfları Tablo 2'de görülmektedir. Ortalama yerine medyan değerlerinin gözönüne alınmasının nedeni, ani deşarjlar ve ölçüm hatalarından kaynaklanabilecek ani salınımların aritmetik ortalamaları etkileme-sidir. Bu nedenle özellikle çevre mühendisliği uygulamalarında ortalama yerine medyan değeri kullanılır.

Tabloda limit değerleri bulunan; Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Kjeldahl Azotu, Sodyum, Toplam Koliform kalite değişkenleri için suyun kalite sınıfının II, II ve genelde IV olduğu görülmektedir. Bu nedenle; çalışma kapsamında, bu değişkenler için istatistiksel analiz yöntemleri uygulanmaktadır.

A noktasındaki BOİ verilerinin medyan değeri 48, B ve C noktalarının sırasıyla 50.5, 53.5 dir. Medyan değerleri birbirlerine yakın olmasına rağmen, BOİ-Zaman grafiğinden (Şekil 2) B ve C noktalarında salınımların A noktasından daha yüksek olduğu görülmektedir. Tablo 1'deki değişkenlik katsayıları bu sonucu desteklemektedir. (Değişkenlik katsayıları A, B ve C noktaları için 0.3, 0.6 ve 0.6 dır.) Buradan da akarsu boyunca ani organik madde deşarjlarından, su kalitesinin olumsuz etkilendiği sonucuna varılmaktadır.

Şekil 3'de KOİ-Zaman grafiğinden; özellikle B noktasında, suyun KOİ konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmektedir. A noktasında değişkenin medyan değeri 42, B ve C noktasında ise 75.3, 28.6'dır. Bu sonuç, B noktasında deşarjların kontrolünün önemini ortaya çıkarmaktadır. Zaman içinde salınımlarına bakıldığında ise, 3 farklı istasyon arasında çok önemli farklar olmadığı anlaşılmaktadır (değişkenlik katsayıları A,B ve C için sırasıyla; 0.4, 0.5, 0.4).

H. BOYACIOĞLU ve H. BOYACIOĞLU

Tablo 1 Kalite değişkenleri tanımlayıcı istatistikleri

Değişken	İstasyon no	A	B	C
Elektriksel İletkenlik ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	Ortalama	405.0	1476.0	1281.3
	Medyan	405.0	1495.0	1225.0
	Standart Sapma	61.6	362.3	373.9
	Minimum	300.0	890.0	880.0
	Maksimum	510.0	2030.0	1900.0
	Değişkenlik katsayısı	0.2	0.2	0.3
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)	Ortalama	44.2	44.6	47.6
	Medyan	48	50.5	53.5
	Standart Sapma	15.3	26.4	29.3
	Minimum	5	5	4
	Maksimum	63	86	94
	Değişkenlik katsayısı	0.3	0.6	0.6
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/l)	Ortalama	42	75.3	26.8
	Medyan	40	70.0	26
	Standart Sapma	18	39	9.4
	Minimum	20	28	12
	Maksimum	70	140	44
	Değişkenlik katsayısı	0.4	0.5	0.4
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l)	Ortalama	5.2	11.9	9.7
	Medyan	6	11.5	12
	Standart Sapma	2.8	6.5	4.8
	Minimum	1	2	1
	Maksimum	9.0	25.0	16
	Değişkenlik katsayısı	0.5	0.5	0.5
Sodyum (mg/l)	Ortalama	210.1	786.6	777.6
	Medyan	205	766.5	625
	Standart Sapma	39.2	352.2	591.7
	Minimum	146	105	78
	Maksimum	276	1316	1706
	Değişkenlik katsayısı	0.2	0.4	0.8
Potasyum (mg/l)	Ortalama	39.4	180.0	54.3
	Medyan	37.5	56.5	48.0
	Standart Sapma	26.6	312.7	50.7
	Minimum	2.0	5.0	6.0
	Maksimum	77.0	904.0	142.0
	Değişkenlik katsayısı	0.7	1.7	0.9
Kalsiyum (mg/l)	Ortalama	289.8	689.0	95.0
	Medyan	311.0	571.0	94.0
	Standart Sapma	177.4	588.4	33.8
	Minimum	22.0	104.0	46.0
	Maksimum	501.0	1503.0	156.0
	Değişkenlik katsayısı	0.6	0.9	0.4
Toplam Koliform (EMS/100 ml)	Ortalama	5950	318300	200444.4
	Medyan	2050	290000	130000
	Standart Sapma	8110.3	178193.4	223434.1
	Minimum	500	77000	12000
	Maksimum	20000	580000	700000
	Değişkenlik katsayısı	1.4	0.6	1.1
Askıda Katı Madde (mg/l)	Ortalama	22.1	3.8	2.9
	Medyan	2.0	3.5	3.0
	Standart Sapma	37.3	1.4	0.8
	Minimum	1.0	2.0	2.0
	Maksimum	83.0	7.0	4.0
	Değişkenlik katsayısı	1.7	0.4	0.3
Toplam Alkalinite (mg/l $\text{CaCO}_3$ )	Ortalama	170.0	324.5	313.1
	Medyan	175.0	312.5	305.0
	Standart Sapma	21.0	68.6	64.4
	Minimum	125.0	205.0	230.0
	Maksimum	190.0	450.0	440.0
	Değişkenlik katsayısı	0.1	0.2	0.2
Toplam Sertlik (mg/l $\text{CaCO}_3$ )	Ortalama	172.5	778.0	539.4
	Medyan	172.5	742.5	510.0
	Standart Sapma	36.5	341.1	173.4
	Minimum	120.0	285.0	335.0
	Maksimum	225.0	1300.0	860.0
	Değişkenlik katsayısı	0.2	0.4	0.3

# Su Kalitesinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi

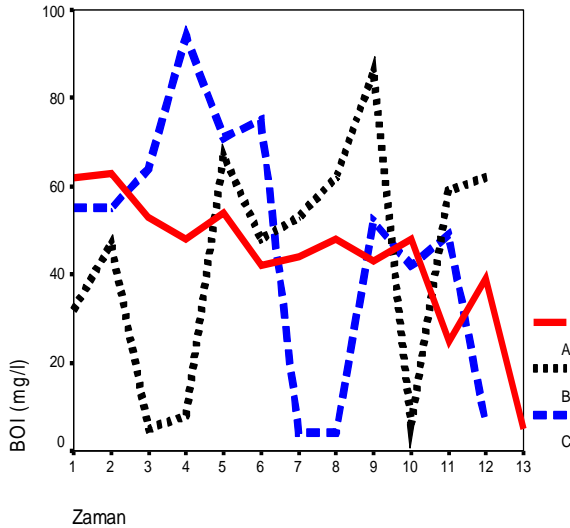
Tablo 2 Su kalitesi sınıfları

Değişken	İstasyon no		A		B		C	
	Medyan	Kalite sınıfı	Medyan	Kalite sınıfı	Medyan	Kalite sınıfı	Medyan	Kalite sınıfı
Elektriksel İletkenlik ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	405.0	-	1495.0	-	1225.0	-		
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)	48	IV	50.5	IV	53.5	IV		
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/l)	40.0	II	70.0	III	26	II		
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/l)	6	IV	11.5	IV	12.0	IV		
Sodyum (mg/l)	205	III	766.5	IV	625	IV		
Potasyum (mg/l)	37.5	-	56.5	-	48.0	-		
Kalsiyum (mg/l)	311.0	-	571.0	-	94.0	-		
Toplam Koliform (EMS/100 ml)	2050	II	290000	IV	130000	IV		
Askıda Katı Madde (mg/l)	2.0	-	3.5	-	3.0	-		
Toplam Alkalinite (mg/l $\text{CaCO}_3$ )	175.0	-	312.5	-	305.0	-		
Toplam Sertlik (mg/l $\text{CaCO}_3$ )	172.5	-	742.5	-	510.0	-		

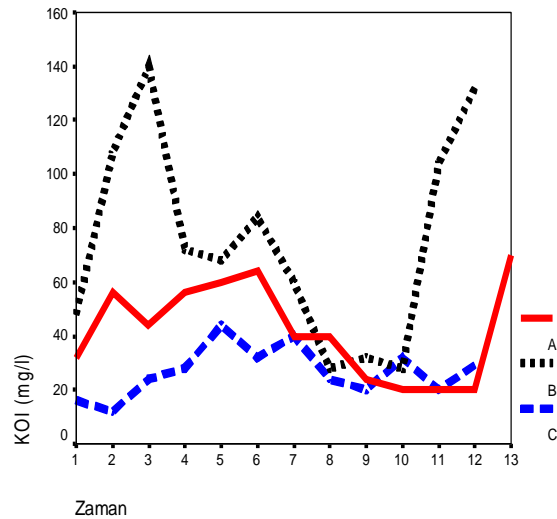
Her istasyon için Toplam Kjeldahl Azotu ve Sodyum parametrelerinin, zamana karşı çizilen grafiklerinde, yine suyun memba kısmında yer alan A istasyonunda konsantrasyon, diğer noktalarla kıyaslandığında daha düşüktür. Ayrıca Sodyum değişkeni için özellikle C noktasında ani salımlar (değişkenlik katsayısı 0.8) görülmektedir (Şekil 4 ve Şekil 5).

Toplam Koliform konsantrasyonları, evsel nitelikli deşarjların göstergesidir ve sunulan çalışmada incelenen üç istasyonda da bu parametre için su kalite sınıfı III veya IV dır.

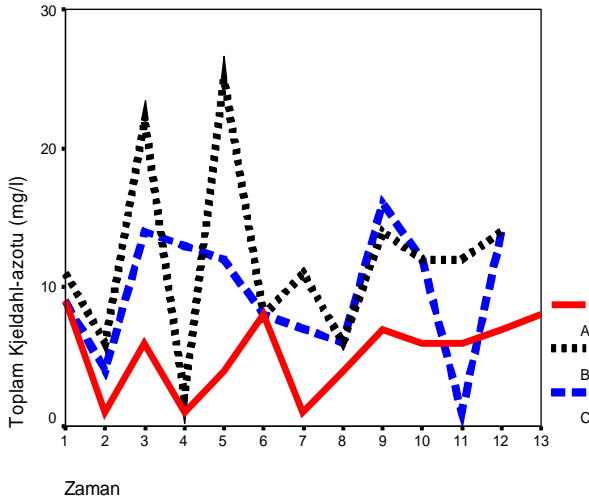
Buradan da akarsuya kıyısı bulunan yerleşimlerden yapılan deşarjların olumsuz etkisi anlaşılmaktadır. A noktasında; söz konusu bölgenin nüfus yoğunluğunun, dolayısıyla gelen kirlilik yükünün diğer istasyonlarla kıyaslandığında daha az olması, düşük konsantrasyonların görülmesinin bir nedenidir. Ancak; özellikle B noktasındaki yerleşimlerde gerekli önlemlerin alınmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Değişkenlik katsayılarına bakıldığında ise (Tablo 1) A ve C istasyonlarında salınımların yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6).



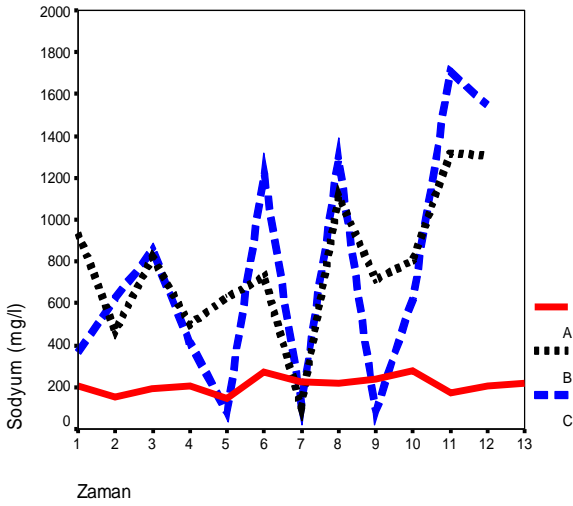
Şekil 2 BOİ-Zaman Grafiği



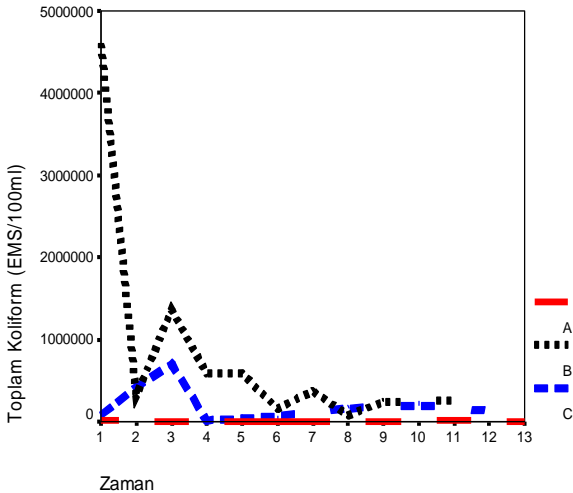
Şekil 3 KOİ-Zaman Grafiği



Şekil 4 Toplam Kjeldahl Azotu-Zaman Grafiği



Şekil 5 Sodyum-Zaman Grafiği



Şekil 6 Toplam Koliform-Zaman Grafiği

### İstasyonlar Arası Karşılaştırmalar

Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Kjeldahl Azotu, Sodyum ve Toplam Koliform kalite parametrelerinin

istasyonlar arası karşılaştırmaları, non-parametrik test olan Mann-Whitney U Testi ile araştırılmaktadır. Sonuçlar Tablo 3'te görülmektedir.

- BOİ değerleri için, istasyonlar arası yapılan karşılaştırmada, istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır  $p \geq 0.05$ .
- KOİ parametresi için, istasyonlar arası karşılaştırmalarda kullanılan Mann Whitney U Testi sonucunda, incelenen 3 istasyon arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir ( $P < 0.05$ ).
- Toplam Kjeldahl Azotu ele alındığında ise; B ile C istasyonları arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, A istasyonu değerleri istatistiksel açıdan diğerlerinden farklıdır.
- Sodyum değişkeni için ise, yine Toplam Kjeldahl Azotu parametresindeki durum söz konusudur. Yani A istasyonu ile diğer gözlem noktaları değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır.
- Toplam Koliform parametresi değerlendirildiğinde, B ile C istasyonunun A istasyonundan farklı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

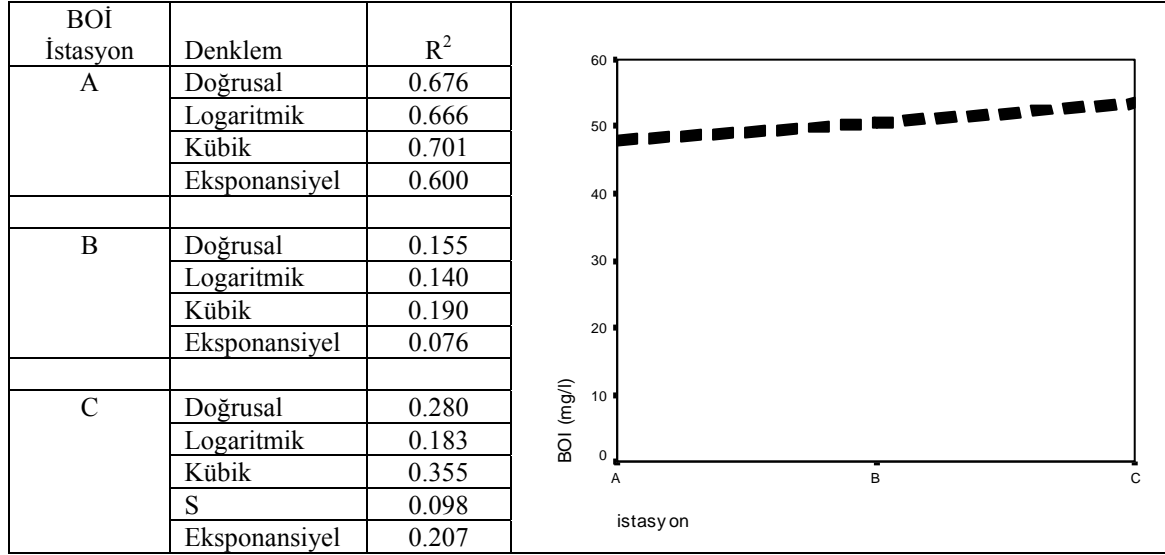
### Zaman Serisi Analizi ve Akarsu Boyunca Değişimin İrdelenmesi

A, B ve C istasyonu BOİ verilerine uygulanan zaman serisi analizi sonuçlarına göre; A istasyonu veri setinin 3. dereceden eğri denklemi ile temsil edildiği görülürken ( $R^2 = 0.70$ ), B ve C istasyonları herhangi bir modele uygun değildir. Akarsu boyunca konsantrasyonların değişimine bakıldığında ise, konsantrasyonların arttığı ancak bu değişimin önemli farklar arz etmediği anlaşılmaktadır (Şekil 7).

Tablo 3 Mann Whitney U Testi sonuçları

Kalite değişkeni	İstasyon	p
BOİ	A-B	0.604
	A-C	0.3145
	B-C	0.840
KOİ	A-B	<0.05
	A-C	<0.05
	B-C	<0.05
Toplam Kjeldahl Azotu	A-B	<0.05
	A-C	<0.05
	B-C	0.622
Sodyum	A-B	<0.05
	A-C	<0.05
	B-C	0.525
Toplam Koliform	A-B	<0.05
	A-C	<0.05
	B-C	0.094

## Su Kalitesinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi



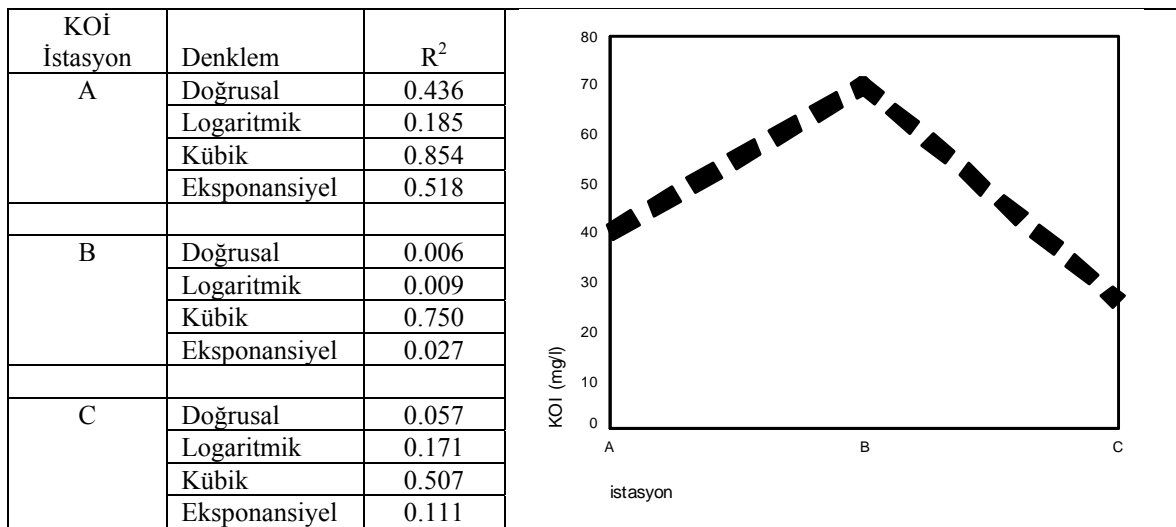
Şekil 7 BOİ'nin Akarsu Boyunca Değişimi

KOİ parametresi için uygulanan zaman serisi analizi sonucunda, her üç istasyon verileri 3. dereceden eğri denklemi ile temsil edilmektedir (R<sup>2</sup> sırasıyla 0.85, 0.75 ve 0.51). Mamba-mansap doğrultusunda KOİ değerleri için çizilen grafikte görülen (Şekil 8) B noktasında ani artışın nedeni, bu bölgedeki özellikle sanayi kuruluşlarından gelen kontrolsüz deşarjlar olarak açıklanabilmektedir.

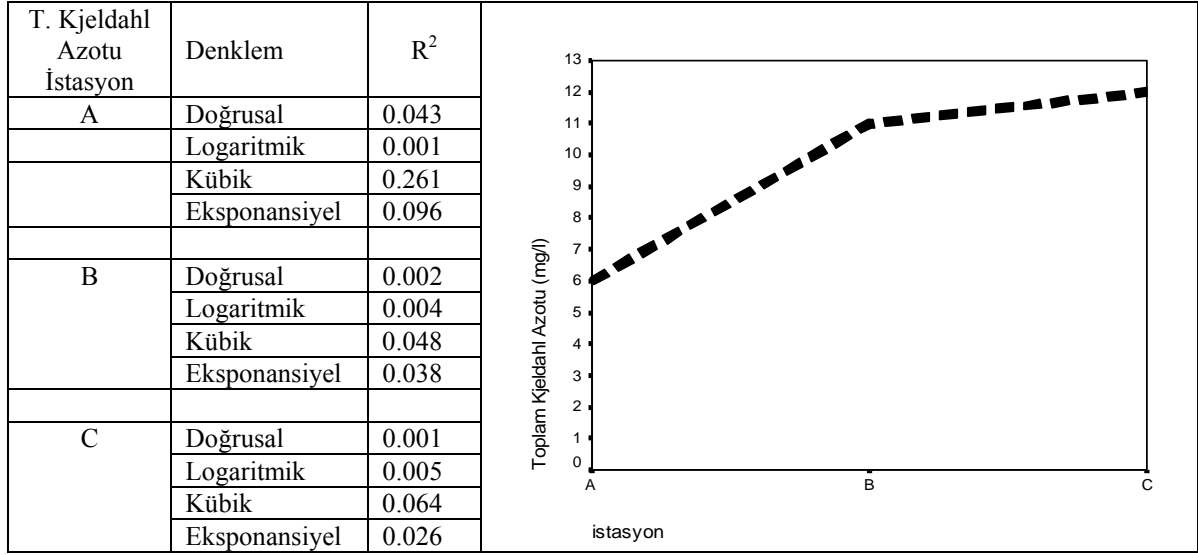
Toplam Kjeldahl Azotu için uygulanan zaman serisi analizi sonucunda, her üç istasyondaki veri setinin herhangi bir model denklemi ile temsil edilemediği anlaşılmaktadır. Akarsu boyunca değişimine bakıldığında ise (Şekil 9), konsantrasyonların artış gösterdiği, buradan da evsel deşarjlar

ile bölgede yoğun olarak yaşanan tarımsal faaliyetlerin su kalitesinde olumsuz etkisi olduğu sonucu çıkmaktadır.

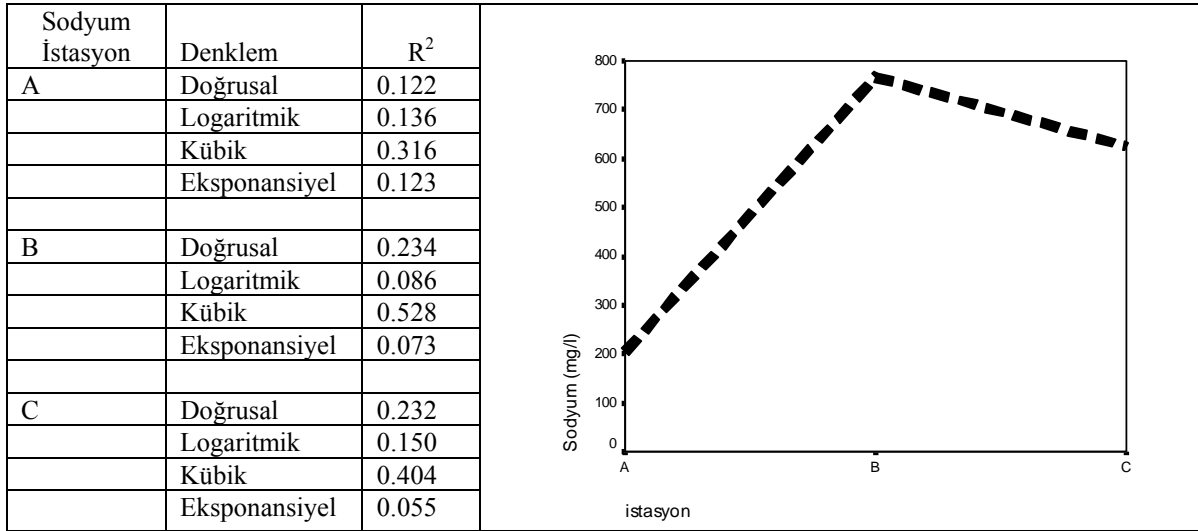
Sodyum parametresi verileri genelde 3. dereceden eğri denklemi ile temsil edilmektedir. Toplam Kjeldahl azotu ve Sodyum parametrelerinin akarsu boyunca değişimi birlikte değerlendirildiğinde, bölgede endüstrinin yanısıra tarıma dayalı ekonominin olduğu gözönüne alındığında yüksek konsantrasyonların noktasal ve difüze deşarjların etkisiyle ortaya çıktığı sonucuna varılmaktadır. Özellikle B noktası (Aydın ili) çevresinde tarım alanlarından gelen suların, su kalitesine olumsuz etkisi sözkonusu grafikte de görülmektedir (Şekil 10).



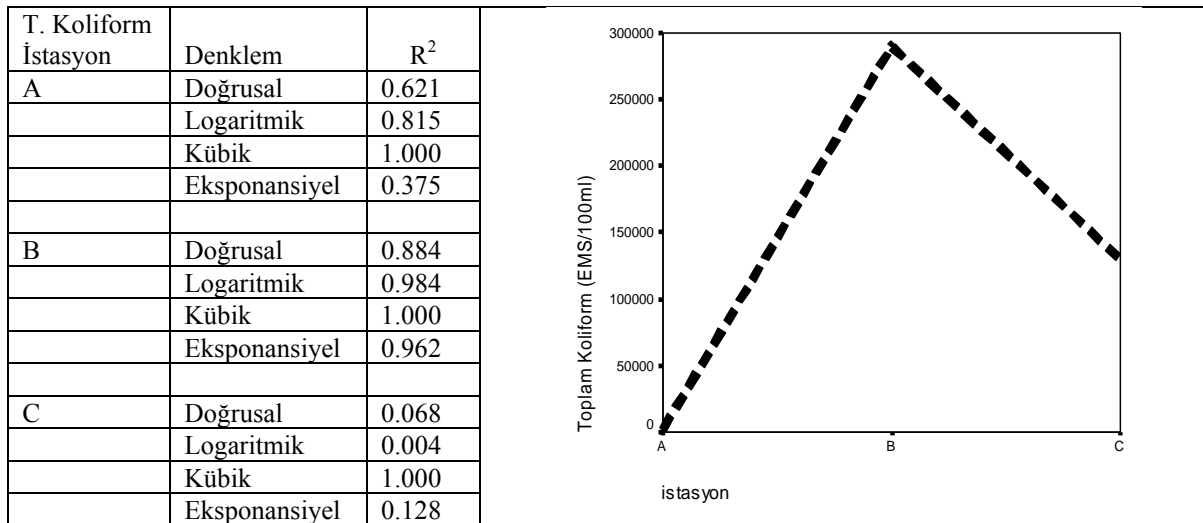
Şekil 8 KOİ'nin Akarsu Boyunca Değişimi



Şekil 9 T. Kjeldahl Azotunun Akarsu Boyunca Değişimi



Şekil 10 Sodyum'un Akarsu Boyunca Değişimi



Şekil 11 Toplam Koliform'un Akarsu Boyunca Değişimi



## Su Kalitesinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi

Zaman serisi analizi Toplam Koliform parametresi için uygulandığında ise, her üç istasyon için verilerin 3. dereceden eğri denklemine uygun olduğu görülmektedir. A-C istasyonları doğrultusunda çizilen grafikte ise (Şekil 11), özellikle B noktasında konsantrasyonların çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, gözlem istasyonlarında analizlenen Elektriksel İletkenlik, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Toplam Kjeldahl Azotu, Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Toplam Koliform, Askıda Katı Madde, Toplam Alkalinite değişkenlerinden Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Kjeldahl Azotu, Sodyum, Toplam Koliform değerleri için su kalite sınıfının II, III ve IV olduğu görülmektedir. Buradan da, kalitenin korunmasında önceliklerin bu parametrelerin kaynaklarına verilmesi gerekliliği anlaşılmaktadır.

İstasyon bazında ve istasyonlar arası yapılan ikili değerlendirmeler neticesinde, memba-mansap doğrultusunda su kalitesinde evsel endüstriyel deşarjlar ve tarım alanlarından gelen drenaj sularının olumsuz etkileri gözlenmektedir. Özellikle memba kısmında yer alan A istasyonu kalite değerleri ile B, C arasında istatistiksel açıdan önemli farklar mevcuttur.

### SONUÇ

Son yıllarda dünyada su kalitesinin korunmasına yönelik yapılan çalışmalarda veri-bilgi sürecinin tamamlanmasına özen gösterilmektedir. Bunun gerekçesi olarak da, su kalitesi analizlerinin

yüksek maliyetli olması, zamansal ve alansal kalite değişimlerinin ortaya konarak probleme dayalı, havzaya özel çözüm önerilerinin alınması ihtiyacı gösterilmektedir. İstatistiksel yöntemler veri bilgi sürecinde önemli olmakta, özellikle gelişmiş ülkelerde birçok havzada elde edilen veriler bu işlemlere tabi tutulmaktadır. Elde edilen bulgular ışığında su kalitesi izleme ve kontrolü çalışmaları revize edilmektedir.

Ancak ülkemizde havza su kalitesi izleme çalışmalarında çeşitli sebeplerden dolayı bu süreç tamamlanamamakta; verilerden ihtiyaç duyulan bilgi yeterince üretilmemektedir. Sunulan bu çalışma ile verilerin istatistiksel yöntemler kullanılarak analizinin gerekliliği bir kez daha ortaya konmaktadır.

### KAYNAKLAR

- Boyacıoğlu, H., Alpaslan, M.N. (2000). Endüstriyel Kirliliğin Büyük Menderes Irmağı'nda İrdelenmesi. *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, **10**(3): 47-55.
- McBean, E., Rovers, F. (1998). *Statistical Procedures for Analysis of Environmental Monitoring Data & Risk Assessment*. Prentice-Hall, Inc USA.
- Özdamar, K. (2003). *SPSS ile Biyoistatistik*. Kaan Kitabevi Eskişehir.
- Resmi Gazete (1991). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Teknik Usuller Tebliği*, Sayı 20748, Tarih 7 Ocak.
- Runyon, R., Coleman, C., Pittenger, D. (2000). *Fundamentals of Behavioral Statistics*. McGraw-Hill Companies USA.