

Hazar Gölü Su Kalitesinin Dünü ve Bugünü

Murat TOPAL

Çevre Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye
mtopal@cumhuriyet.edu.tr

Özet- Bu çalışmada, Elazığ ilinde bulunan Hazar gölünün DSİ tarafından belirli zaman aralıklarında 3 farklı istasyondan elde edilen fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizler dikkate alınarak 1996 yılı verileri ile 2009 yılı verileri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre pH, Elektriksel İletkenlik (Eİ) değerleri ve Toplam Çözünmüş Madde (TÇM), Amonyum ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), Alkalinite ve Toplam coli konsantrasyonları bir artış göstermiş, Çözünmüş Oksijen (Ç.O), Askıda Katı Madde (AKM), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) ve Sülfat (SO_4^{2-}) konsantrasyonları bir azalma göstermiştir.

Anahtar Kelimeler- Hazar, göl kirliliği, su kalitesi

Past and Present Status of Water Quality of Hazar Lake

Abstract- In this study, 1996 and 2009 year data of Hazar lake which located in Elazig City were compared by taking the physical, chemical and bacteriological analysis those obtained by SHW from 3 various stations at different times into consideration. According to the results values of pH, EC and concentrations of Total Dissolved Solid (TDS), Amonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), Alkalinity and Total coli showed an increase while concentrations of Dissolved Oxygen (DO), Suspended Solid (SS), Chemical Oxygen Demand (COD), Nitrate ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) and Sulphate (SO_4^{2-}) showed a decrease.

Keywords- Hazar, lake pollution, water quality

1.GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı paralelinde gelişen ve değişen teknolojilerin kullanılmasıyla birlikte artan çevre sorunları su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Su kaynaklarının kirlenmesiyle su kalitesi bozulmakta ve su kirliliği oluşmaktadır. Su kirliliği; su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade eder [1]. Önemli bir su kaynağı olan Hazar gölü, Elazığ İl sınırları içerisinde İl merkezinin 22 km güneydoğusunda yer alan Hazar baba ve Mastar dağları

arasında sıkışan tektonik bir göldür. Hazar gölünün ortalama derinliği 93 m, maksimum uzunluğu 20 km, maksimum genişliği 5,4 km ve rakımı 1248 m'dir [2]. Hazar gölünün coğrafik yeri Şekil 1'de verilmiştir [3]. Hazar gölünü besleyen akarsular kürk çayı olmakla birlikte, sevsak deresi, zıkkım deresi ve mogal deresi de gölü besleyen diğer önemli akarsular arasında yer almaktadır [4]. Hazar gölü uluslararası Ramsar sözleşmesine göre 2.sınıf sulak alan sınıfına girmekte olup uluslararası bir sulakalan olduğu için 1. 2. ve 3.

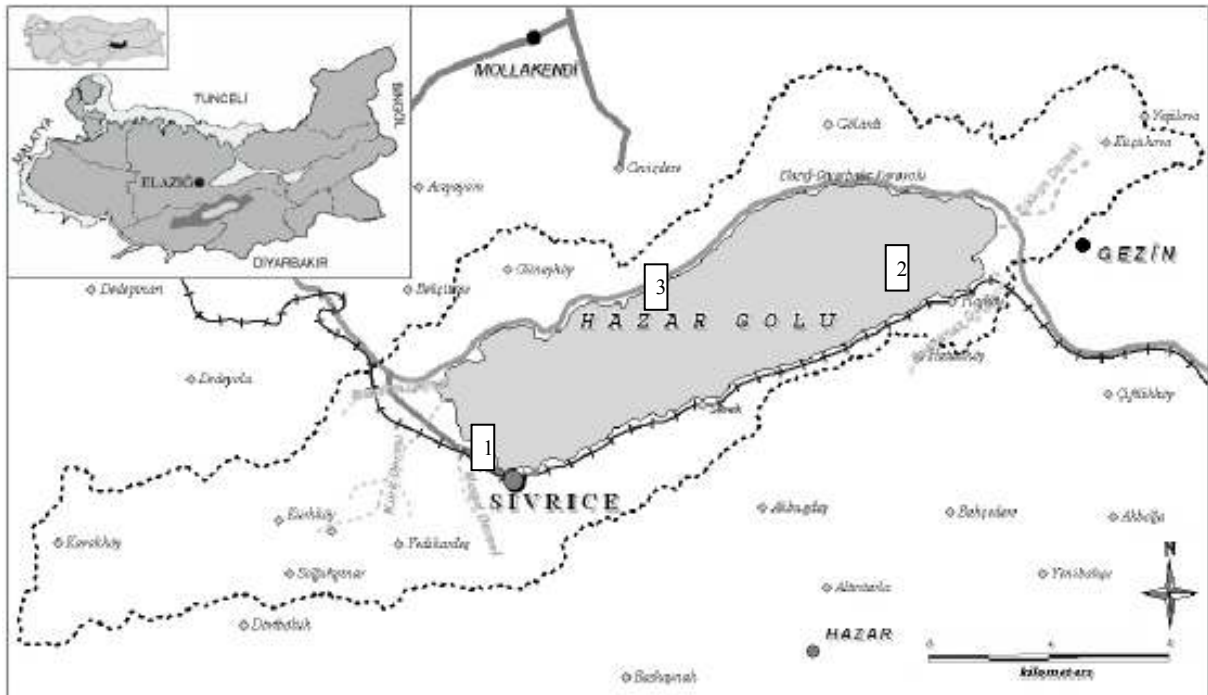
doğal sit alanı statüsündedir. Türkiye'nin tek iç denizi olan Hazar gölü ilk mavi bayrak ödülünü 1996 yılında Avrupa Çevre Vakfı'ndan almıştır. Ancak 2000 yılında Hazar gölü plajlarından kaynaklanan kirlilik ve katı atıklar nedeniyle bayrağı kaybetmiştir. 2005 yılında ise yapılan çalışmalar neticesinde göl tekrar mavi bayrağa kavuşmuştur. Su kalite standartlarını ekolojik olarak sağlamak için temiz su kaynaklarının iyi yönetilmesi gereklidir [5]. Bir suyun kalitesi, suyun faydalı bir şekilde kullanılmasını etkileyen bütün fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörleri içine alan bir ifade olarak

tanımlanabilir [6]. Bu doğrultuda su kaynaklarının genel özelliklerinin tanımlanması, ekosistem karakteristiği, insan etkisi ve kaynak yönetiminde deneysel modellerin kullanımı alanında yapılan çalışmalar bulunmaktadır [5, 7-12]. Hazar gölünün su kalitesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda, Cici [13], Ünlü vd. [14], Ünlü ve Uslu [15], Şen vd. [4], Özmen vd. [16], Duran ve Günek [3], Ünlü vd. [17], Hazar gölü ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. Bu çalışmada Hazar gölü su kalitesinin zaman içerisindeki değişimi fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik parametreler açısından incelenmiştir.

2.MATERYAL VE METOT

Hazar gölü su kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla alınan örnekler Devlet Su İşleri 9. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvarı tarafından gölün çevresinde bulunan Sivrice ilçesi ölü (1), Tekevler ölü (2) ve DSİ

(3) dinlenme tesisleri olmak üzere periyodik olarak Şubat, Mayıs, Temmuz, Eylül ve Aralık aylarında yüzeysel su numuneleri şeklinde 3 farklı istasyondan alınmıştır. Hazar gölü numune alma istasyonları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hazar gölü numune alma istasyonları

Göl suyu kalitesini belirlemek için alınan numuneler yüzeysel sulardan anlık olarak alınmalıdır ve numune alma noktaları Hazar gölünün su kalitesini ve bu su kalitesinin değişimini karakterize edecek şekilde ve sayıda belirlenmesi gerekmektedir. Numune alma noktaları belirlenirken gölü kirleten kaynaklara, suyun hidrodinamik özelliklerine, göle giren yan kollara dikkat edilmelidir [1].

Bu çalışmada Hazar gölü 1996 yılında ilk mavi bayrak ödülünü aldığı için 1996 yılı verileri ile 2009 yılı verileri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri dikkate alınarak karşılaştırılmış ve Hazar gölünün su kalitesindeki değişim irdelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

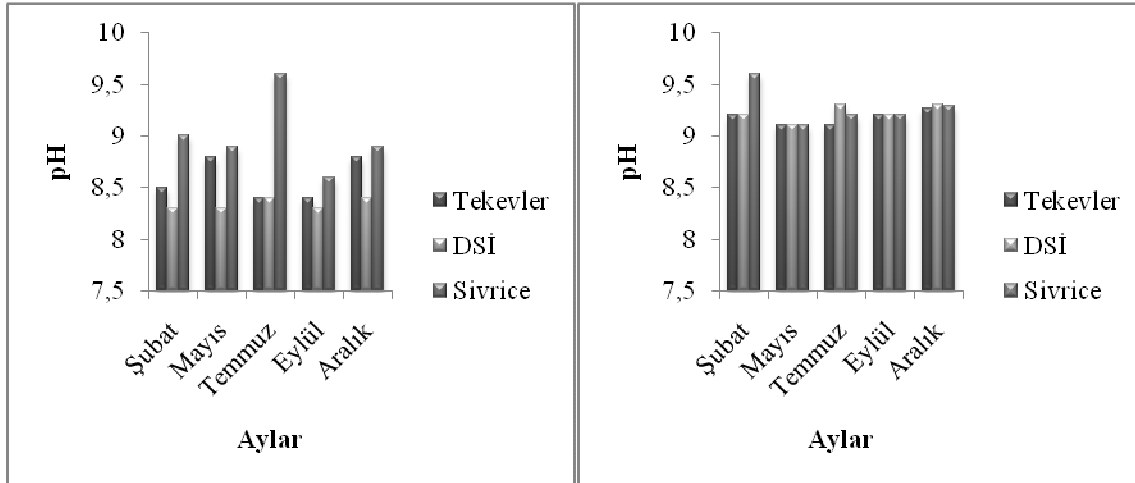
Hazar gölünün pH, sıcaklık, Ç.O ve Eİ değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait pH değerlerinin değişimleri Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Hazar gölünün pH, sıcaklık, Ç.O ve Eİ değerleri

Örnek Alma Yeri	pH			Sıcaklık (°C)			Ç.O (mg/l)			Eİ (µmhos/cm)			
	Tekeverler	DSİ	Sivrice	Tekeverler	DSİ	Sivrice	Tekeverler	DSİ	Sivrice	Tekeverler	DSİ	Sivrice	
1996*	Şubat	8,5	8,3	9	8,5	5,4	6	10,8	11	11,1	1993	2449	1893
	Mayıs	8,8	8,3	8,9	19,3	13	18,3	11	12	11,8	2137	2231	2187
	Temmuz	8,4	8,4	9,6	28,5	25	28,3	9,3	9,2	9	2378	2001	2232
	Eylül	8,4	8,3	8,6	23,5	24	23,6	9,9	9,9	9,8	2171	2115	2135
	Aralık	8,8	8,4	8,9	5,3	-	9,4	9,8	9,9	9,7	2379	2341	2379
2009	Şubat	9,2	9,2	9,6	6	6	7	8,6	8,8	7,9	2260	2160	2166
	Mayıs	9,1	9,1	9,1	16	17	18	6,8	7,8	7,6	2150	2160	2170
	Temmuz	9,1	9,3	9,2	25	25	26	6,6	6,8	6,4	2144	2213	2130
	Eylül	9,2	9,2	9,2	11	11	11	8,9	9,1	8,4	2190	2170	2159
	Aralık	9,27	9,3	9,29	9	9	9	9,9	10	9,4	2230	2214	2190

*[14]



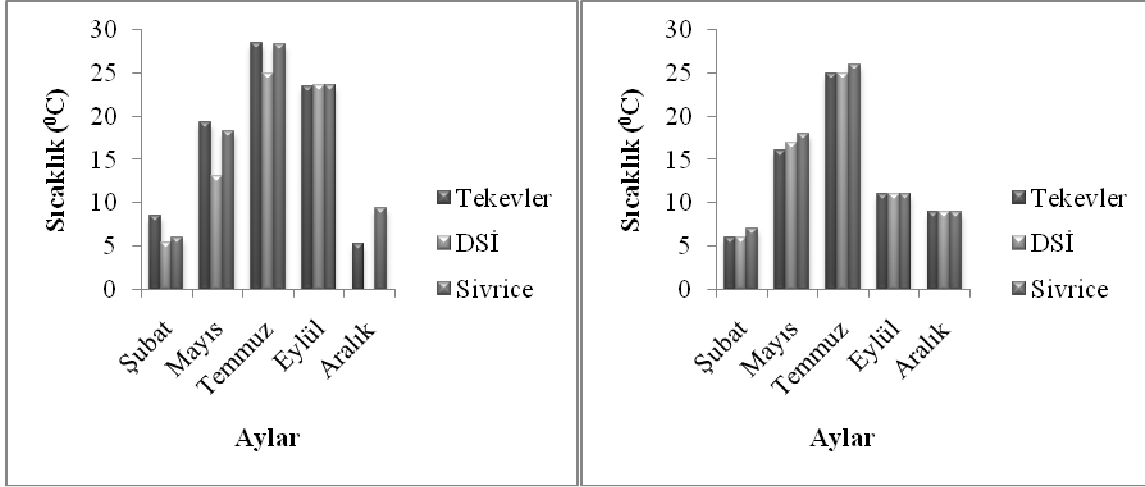
Şekil 2. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait pH değişimleri

Şekil 2’ye göre pH değerleri genel olarak baziktir (pH>7) ve 1996 yılı pH değerleri 8,3-9,6 arasında 2009 yılı pH değerleri ise 9,1-9,6 arasında değişmektedir. En yüksek pH değeri 1996 yılında Sivrice’de Temmuz ayında ölçülmüş olup 2009 yılında ise Sivrice’de Şubat ayında ölçülmüştür. Ünlü vd. [17] yaptıkları çalışmada, Hazar gölünün yıllık ortalama pH’sının 8,9 olduğunu ve en yüksek pH değerinin Aralık ayında 9,1 olarak

gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Tablo 2’de verilen göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyonu kontrolü sınır değerlerine göre; pH değerleri doğal koruma alanı ve rekreasyon ve çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil) 6,0-10,5 arasında değişmektedir. Her iki yıl içinde ölçülen pH değerleri yönetmelikte belirlenen sınır değerler arasındadır. Ancak

1996 yılı verilerinin genel ortalaması ve 2009 yılı verilerinin genel ortalaması alındığında pH değerinde bir artış görülmektedir. Göl pH'sının yüksek olması amonyum iyonlarının amonyak formuna dönüşmesine

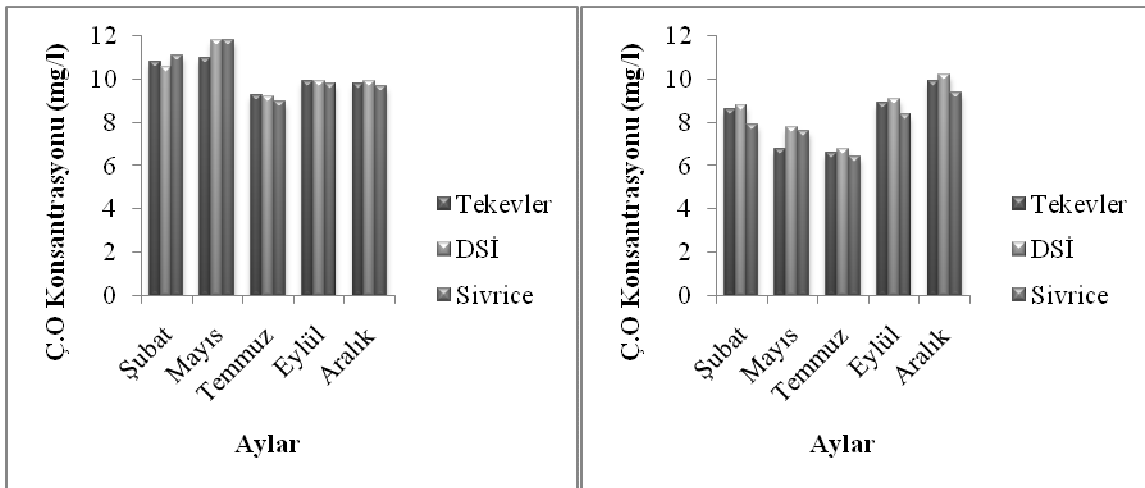
neden olacak ve amonyak su ortamında canlılar üzerine toksikolojik etki yapacaktır. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait sıcaklık değişimleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait sıcaklık değişimi

Şekil 3'e göre kış dönemlerinde su sıcaklığının düşük olduğu görülmektedir ve 1996 yılında en düşük sıcaklık Tekevler'de Aralık ayında 5,3°C olarak; en yüksek sıcaklık ise Tekevler'de Temmuz ayında 28,5°C olarak gerçekleşmiştir. 2009 yılında en düşük sıcaklık Tekevler ve DSİ'de Şubat ayında 6°C olarak ölçülürken en yüksek sıcaklık ise Sivrice'de Temmuz ayında 26°C olarak

ölçülmüştür. Göllerde su sıcaklığının değişmesi çözülmüş oksijen konsantrasyonunu etkileyecektir. 1996 yılı verileri ile 2009 yılı verileri arasında genel olarak su sıcaklığı fazla değişmemektedir. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Çözünmüş Oksijen (Ç.O) değerleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Ç.O değerleri

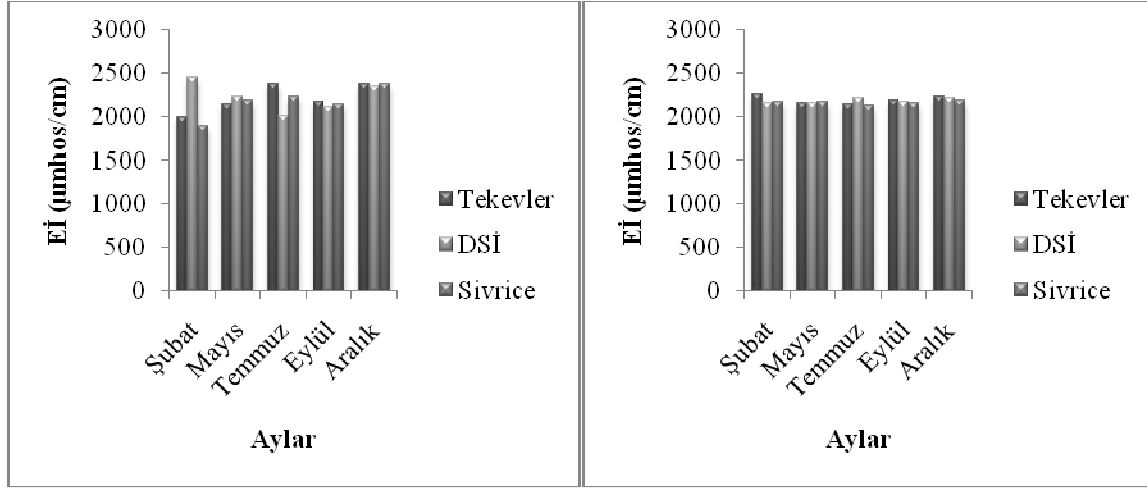
Şekil 4'e göre 1996 yılı Ç.O konsantrasyonu 9,0-11,8 mg/l arasında; 2009 yılında ise 6,4-10 mg/l arasında değişmektedir. Ç.O konsantrasyonu 1996 yılında SKKY-Tablo 2'de belirtilen 5,0-7,5 mg/l değerlerinin üzerindedir. 2009 yılında ise Ç.O değerleri yönetmelikte belirlenen değerlerin üzerinde olmasına karşın geçen süre

içerisinde Ç.O konsantrasyonunda bir azalma göstermiş ve bu azalmayla Ç.O konsantrasyonu Temmuz ayında 6,4 mg/l'ye kadar düşmüştür. Gölde Ç.O'nin azalması yaz aylarında toplu balık ölümlerine, fotik zonun azalmasına, göl dibinde oluşan sedimentlerde anaerobik şartların oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle gölün su kalitesi

olumsuz yönde etkilenebilir. Ünlü vd. [17]'nin çalışmasında Ç.O konsantrasyonu maksimum 10,4 mg/l olarak ölçülmüştür. Kış aylarında Ç.O. konsantrasyonunun yaz aylarına göre daha yüksek konsantrasyonlara sahip olması sıcaklıkla çözünmüş

oksijen konsantrasyonunun birbiriyle ters orantılı olduğunu desteklemektedir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Elektriksel İletkenlik (EI) değerleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait EI değerleri

Şekil 5'e göre 1996 yılı Hazar gölü EI değerleri Tekevler'de Şubat ayında 1993 µmhos/cm olarak; 2009 yılında ise Tekevler'de Temmuz ayında 2144 µmhos/cm olarak en düşük değere sahiptir. 1996 yılı Şubat ayı EI değeri DSİ'de 2449 µmhos/cm olarak en yüksek değerine ulaşırken 2009 yılı Şubat ayı Tekevler'de 2260 µmhos/cm olarak en yüksek değere ulaşmıştır. Hazar gölünün EI değerleri 1800-2500 µmhos/cm arasında değişmektedir. Bu verilerden yararlanarak Hazar gölü suyunun sulamada kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bilgi edinilebilir. Hazar gölü suyu su kalite kriterleri açısından değerlendirildiğinde 4.sınıf su kalitesi grubuna girmektedir. Ünlü vd. [17]'nin yaptığı çalışmada da

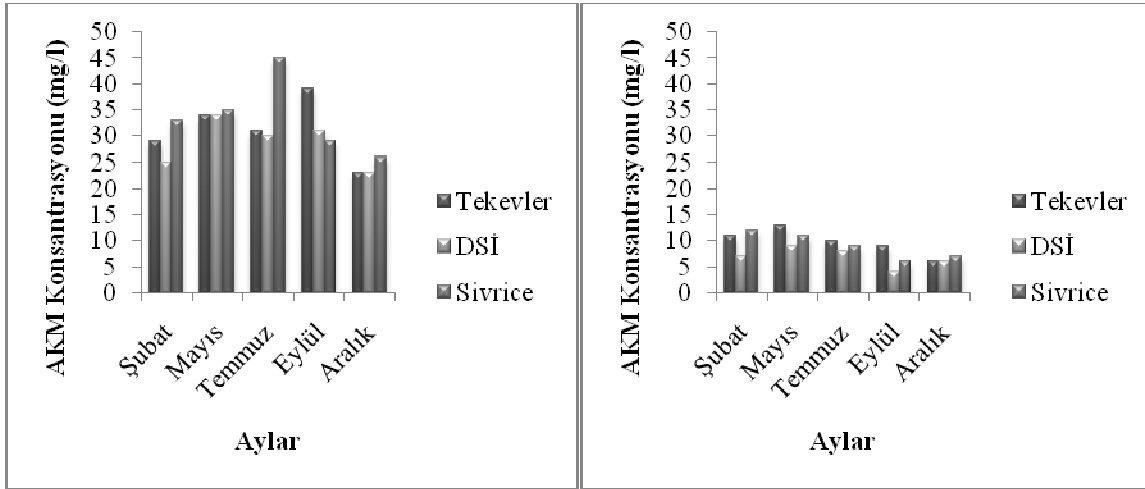
benzer sonuçlar elde edilmiştir. Hazar gölü EI açısından değerlendirildiğinde şüpheli su sınıfına girmektedir. Çünkü EI değerleri yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. Genel olarak bakıldığında Hazar gölünün EI değerleri aylara göre ve geçen zaman içerisinde çok fazla değişkenlik göstermemektedir.

Hazar gölüne ait Askıda Katı Madde (AKM), Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Toplam Çözünmüş Madde (TÇM) değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Askıda Katı Madde (AKM) değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 2. Hazar Gölünün AKM, BOİ, KOİ ve TÇM değerleri

Örnek Alma Yeri	AKM			BOİ			KOİ			TÇM			
	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice	
1996*	Şubat	29	25	33	2,3	2,7	2,7	21	21	30	973	1005	920
	Mayıs	34	34	35	2,9	3,5	3,5	21	21	30	1368	1590	1424
	Temmuz	31	30	45	2,5	2,5	2,6	21	21	30	1419	1381	1372
	Eylül	39	31	29	3,7	3,8	3,5	21	21	30	1494	1407	1489
	Aralık	23	23	26	2,5	2,5	2,6	21	21	30	1313	1120	1321
2009	Şubat	11	7	12	5	1	2	17	15	20	1490	1405	1390
	Mayıs	13	9	11	2	1	2	18	16	20	1376	1382	1393
	Temmuz	10	8	9	4	5	6	13	11	20	1372	1419	1363
	Eylül	9	4	6	4	2	2	18	14	23	1408	1390	1382
	Aralık	6	6	7	2	2	4	14	16	19	1427	1408	1401

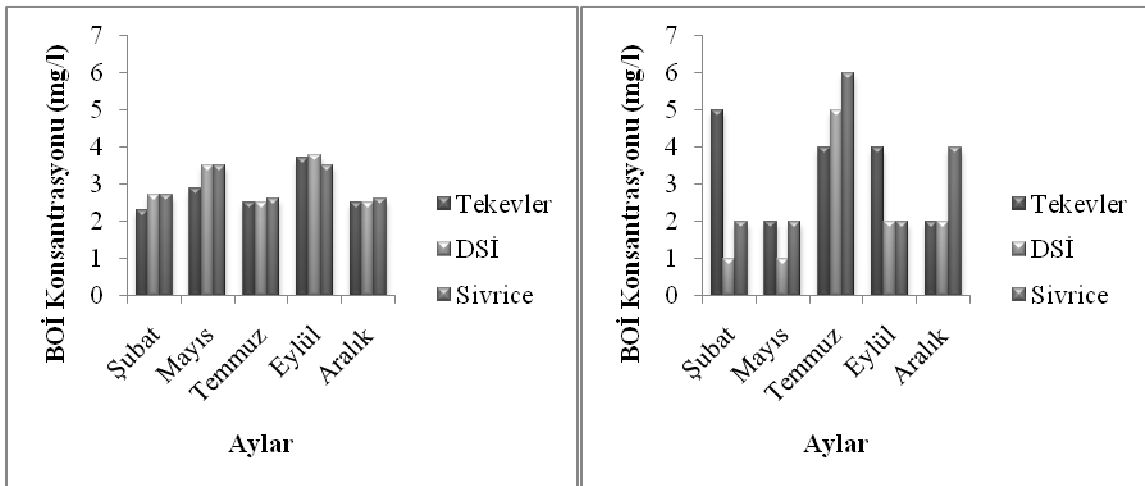
*[14]



Şekil 6. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait AKM değerleri

Şekil 6'ya göre 1996 yılı AKM konsantrasyonları 2009 yılına göre çok yüksektir. 1996 yılı AKM konsantrasyonu Sivrice'de Temmuz ayında 45 mg/l'ye; 2009 yılında ise Tekevler'de Mayıs ayında 13 mg/l'ye ulaşmıştır. 1996 yılından 2009 yılına kadar AKM konsantrasyonunda yaklaşık %72,59'luk bir düşüş olmuştur. Bu durum gölün 1996 yılında erozyona bağlı olarak gelen kirlilik yükü olarak ifade edilirken 2009 yılına kadar AKM

konsantrasyonunda düşüş olması ise erozyonu engellemek amacıyla yapılan ağaçlandırma çalışmalarına bağlanabilir. SKKY-Tablo 2'de belirtilen değerlere (5-15mg/l) göre 1996 yılı AKM verilerinin yönetmelikte belirlenen sınır değerleri aştığı, 2009 yılında ise sınır değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) değerleri Şekil 7'de verilmiştir.



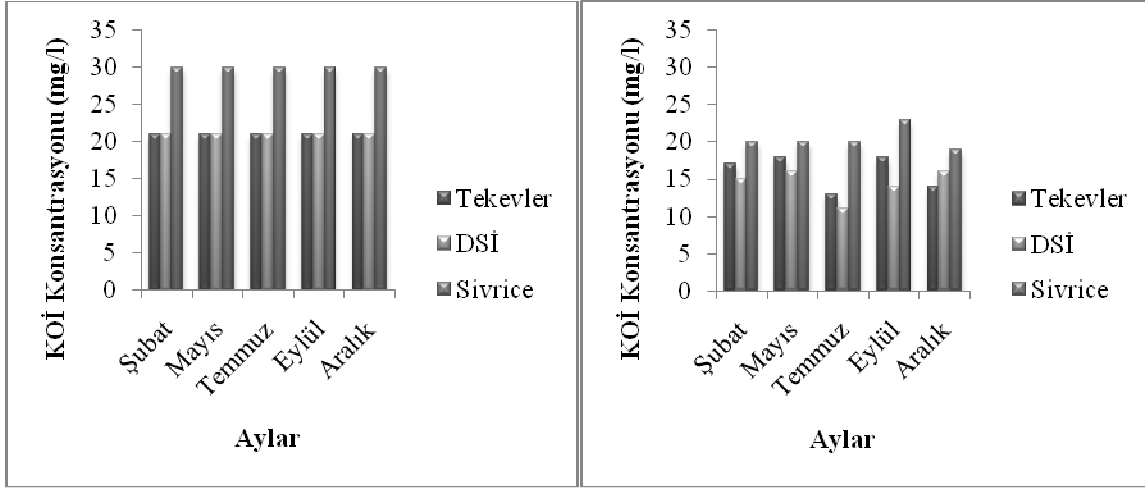
Şekil 7. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait BOİ değerleri

Şekil 7'ye göre 1996 yılı DSİ'de Eylül ayında BOİ konsantrasyonu en yüksek değere ulaşmıştır. 2009 yılında ise en yüksek değer Sivrice'de Temmuz ayında ölçülmüştür. 1996 yılı ile 2009 yılı verileri karşılaştırıldığında aylara göre BOİ değerlerinde

farklılıklar olduğu, bu farklılıkların yaz aylarında daha belirgin bir hal aldığı görülmektedir. Bunun nedeni ise yaz aylarında gölün civarında bulunan yerleşim yerlerindeki nüfusun artışına bağlı olarak göle giren kirlilik yükünün artması şeklinde ifade edilebilir. Hazar

gölünde organik yük arttığından mikroorganizmaların organik maddeleri parçalaması için gerekli olan oksijen ihtiyacı da artacaktır.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) değerleri Şekil 8’de verilmiştir.

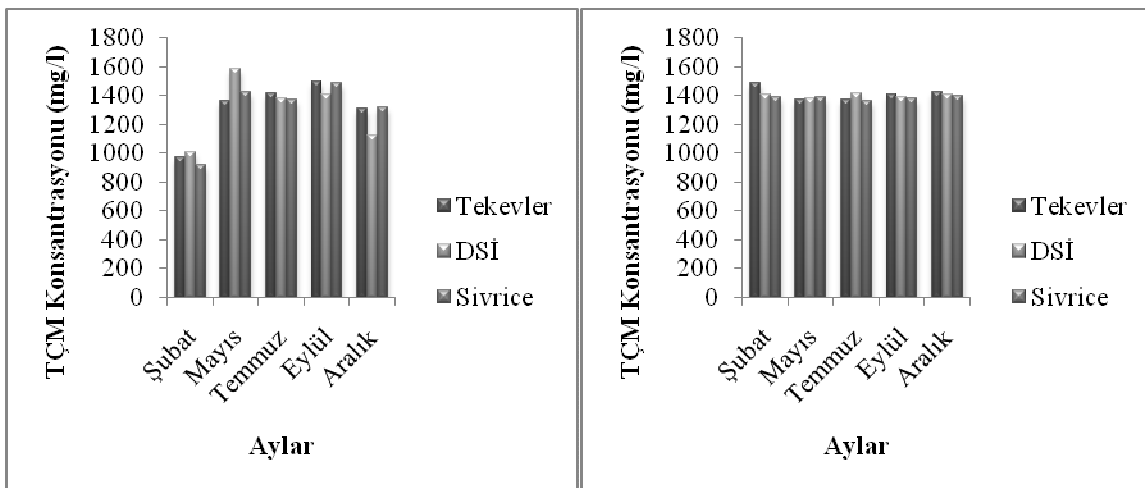


Şekil 8. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait KOİ değerleri

Şekil 8’den 1996 yılına ait KOİ değerlerinin her bir istasyonda izlenen aylara göre aynı konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir. Burada ki verilerin aynı değerde olması KOİ sonuçlarının tam doğruluğunu göstermemektedir. Bu nedenle KOİ verisinin değerlendirilmesi sağlıklı bir sonuca ulaşmamızı engellemektedir. SKKY-Tablo 2’de belirtilen KOİ konsantrasyonu 3-8 mg/l olup, 2009 yılı verileri

incelendiğinde bu sınır değerlerin 2009 yılında sağlanamadığı görülmüştür. KOİ değerlerinin yüksek olmasının sebebi özellikle göl civarında bulunan yerleşim yerlerindeki evsel ve endüstriyel atıksuların göle verilmesi sonucu gölün organik madde içeriğinin artması şeklinde ifade edilebilir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Toplam Çözünmüş Madde (TÇM) konsantrasyonları Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait TÇM değerleri

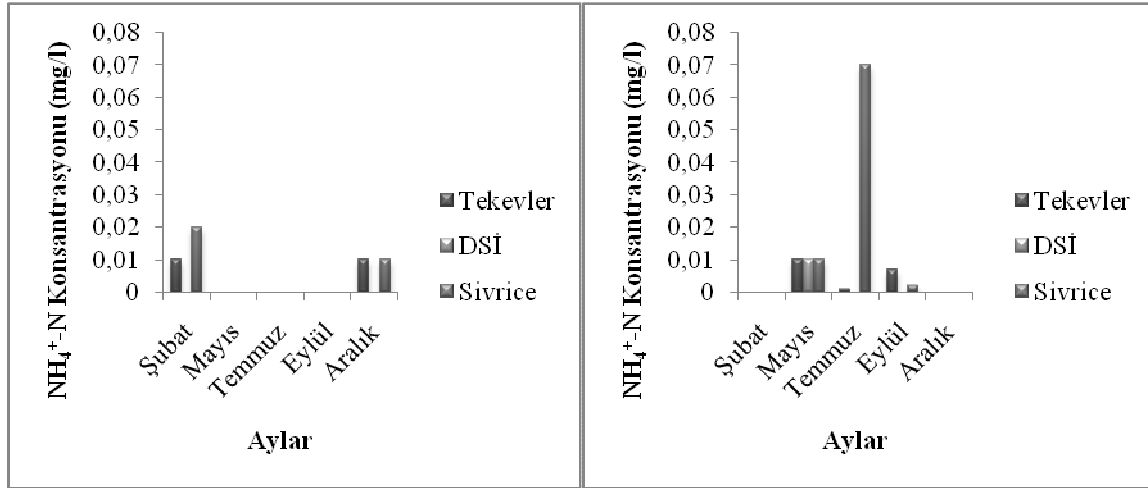
Şekil 9'a göre 1996 yılı TÇM konsantrasyonları aylara göre değişkenlik göstermekle birlikte en yüksek TÇM konsantrasyonu DSİ'de Mayıs ayında 1590 mg/l olarak ölçülmüştür. 2009 yılında ise en yüksek TÇM konsantrasyonu Tekeveler'de Şubat ayında 1490 mg/l olarak kaydedilmiştir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve TKN değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait amonyum azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) konsantrasyon değerleri Şekil 10'da verilmiştir.

Tablo 3. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve TKN değerleri

Örnek Alma Yeri	$\text{NH}_4^+\text{-N}$			$\text{NO}_3^-\text{-N}$			TKN			
	Tekeveler	DSİ	Sivrice	Tekeveler	DSİ	Sivrice	Tekeveler	DSİ	Sivrice	
1996*	Şubat	0,01	0	0,02	0,92	1,07	0,92	1,84	1,01	1,57
	Mayıs	0	0	0	0,3	0,30	0,26	1,9	1,79	1,90
	Temmuz	0	0	0	0,36	0,25	0,62	2,02	2,02	2,13
	Eylül	0	0	0	0,75	0,56	0,8	2,24	2,42	2,35
	Aralık	0,01	0	0,01	1,14	1,06	1,25	1,79	1,74	1,87
2009	Şubat	0	0	0	0,142	0,143	0,015	1,65	1,48	1,72
	Mayıs	0,01	0	0,01	0,29	0,35	0,26	1,4	1,28	1,65
	Temmuz	0,001	0	0,07	0,491	0,463	0,722	1,29	1,2	1,41
	Eylül	0,007	0	0,002	0,46	0,37	0,51	1	0,85	1,3
	Aralık	0	0	0	0,413	0,626	0,275	1,12	1,03	1,31

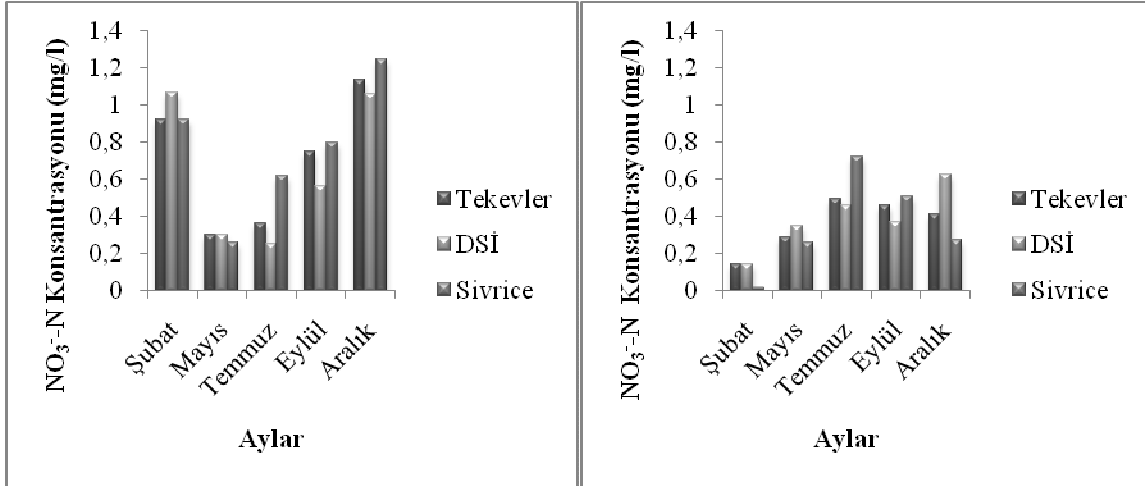
*[14]



Şekil 10. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu değerleri

Şekil 10 değerlendirildiğinde 1996 yılı Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında teknik sebeplerden dolayı $\text{NH}_4^+\text{-N}$ parametresi ölçülememiştir. Diğer aylarda ise ölçülen değerler çok küçüktür. 2009 yılında ise Sivrice'de Temmuz ayında $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu oldukça yüksektir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Nitrat azotu konsantrasyonu ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) değişimleri Şekil 11'de verilmiştir.

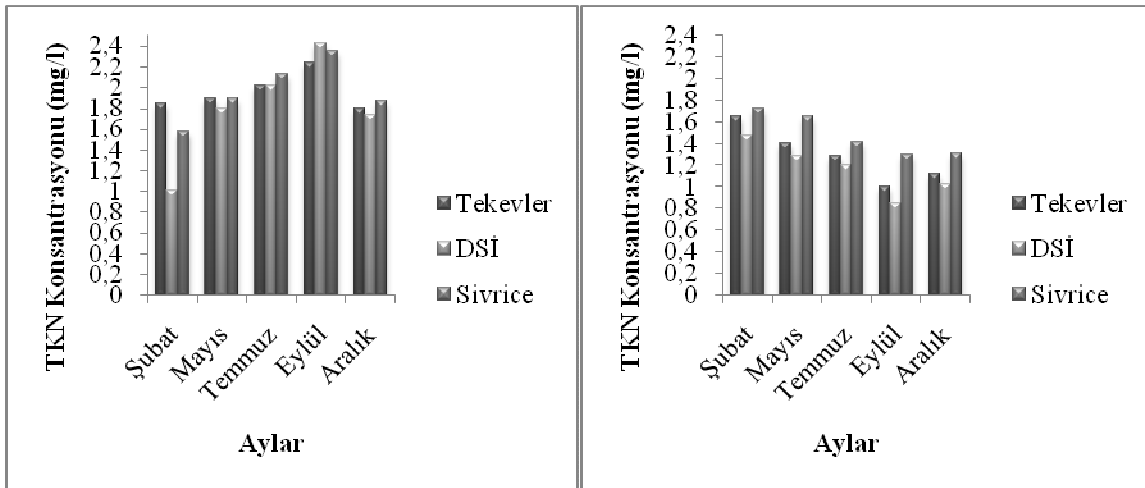


Şekil 11. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait NO₃⁻-N konsantrasyonu değişimleri

Şekil 11'e göre 1996 yılı NO₃⁻-N konsantrasyonları Şubat ayında her 3 istasyon için de yüksektir. Mayıs, Temmuz, Eylül ve Aralık aylarında da NO₃⁻-N konsantrasyonu giderek artmaktadır. 2009 yılı verileri incelendiğinde Şubat ayında NO₃⁻-N konsantrasyonları 1996 yılına göre oldukça düşük aralıklardadır. Mayıs ve Temmuz aylarında NO₃⁻-N konsantrasyonunda bir artış gözlemlenirken Eylül ve Aralık aylarında ise (DSİ hariç) azalma gözlemlenmiştir. Hazar gölünün genel olarak

1996 yılı verileri ile 2009 yılı verileri kıyaslandığında zamanla NO₃⁻-N konsantrasyonlarında bir azalma görülmektedir. Hazar gölünde amonyum konsantrasyonunun az olması ve göl ortamında nitrat konsantrasyonunun fazla olması nitrifikasyon olayının bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Toplam Kjeldahl Azot konsantrasyonu (TKN) değişimi Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait TKN konsantrasyonu değişimleri

Şekil 12'ye göre 1996 yılında her 3 istasyonda da Şubat ayından Eylül ayına kadar TKN konsantrasyonunda bir artış meydana gelmiş Aralık ayında ise azalmaya başlamıştır. 2009 yılında ise TKN konsantrasyonu 1996 yılı verilerinin aksine Şubat ayından Eylül ayına kadar azalmış daha sonra Aralık ayında artmıştır. Ancak her iki

yıl için elde edilen veriler göz önüne alınıp değerlendirildiğinde 2009 yılı konsantrasyonları 1996 yılına göre daha düşük konsantrasyonlara sahiptir.

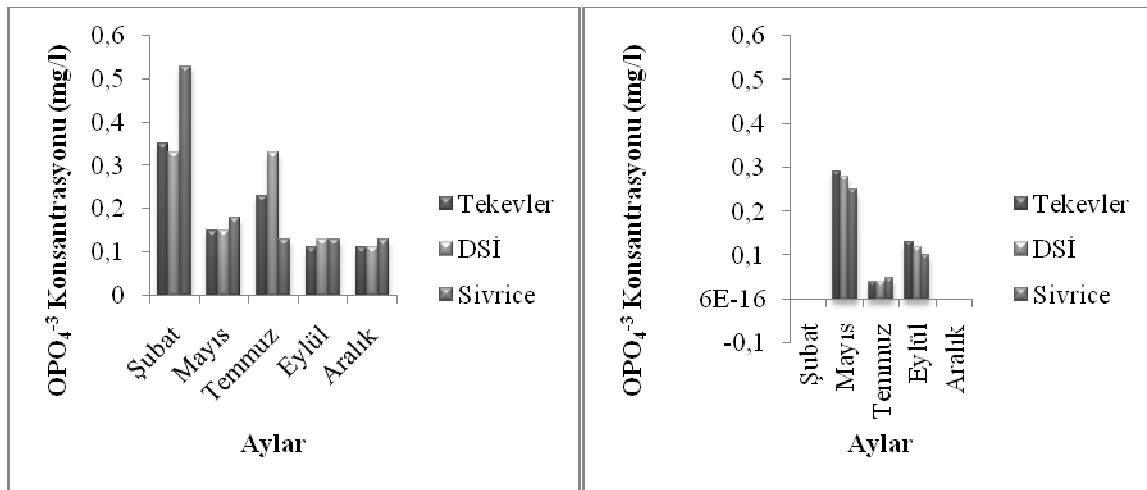
Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait O-PO₄⁻³, SO₄⁻² ve alkalinite değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Hazar gölünün

1996 ve 2009 yılına ait Ortofosfat ($O-PO_4^{-3}$) değerleri Şekil 13’de verilmiştir.

Tablo 4. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait $O-PO_4^{-3}$, SO_4^{-2} ve alkalinite değerleri

Örnek Alma Yeri	$O-PO_4^{-3}$			SO_4^{-2}			Alkalinite			
	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice	
1996*	Şubat	0,35	0,33	0,53	27,4	26,60	21,8	560	365	435
	Mayıs	0,15	0,15	0,18	19,9	19,70	20	415	229	445
	Temmuz	0,23	0,33	0,13	25,1	23,90	25,1	435	326	415
	Eylül	0,11	0,13	0,13	16,4	17,20	18,4	445	363	412
	Aralık	0,11	0,11	0,13	24,3	23,80	22,6	448	342	458
2009	Şubat	0	0	0	16,5	16,4	16,6	485	455	459
	Mayıs	0,29	0,28	0,25	11	9,75	10,46	417	423	421
	Temmuz	0,04	0,04	0,05	20,5	20,5	23,86	426	424	432
	Eylül	0,13	0,12	0,1	17	14,8	16,7	411	417	414
	Aralık	0	0	0	21,5	21	20,7	411	411	379

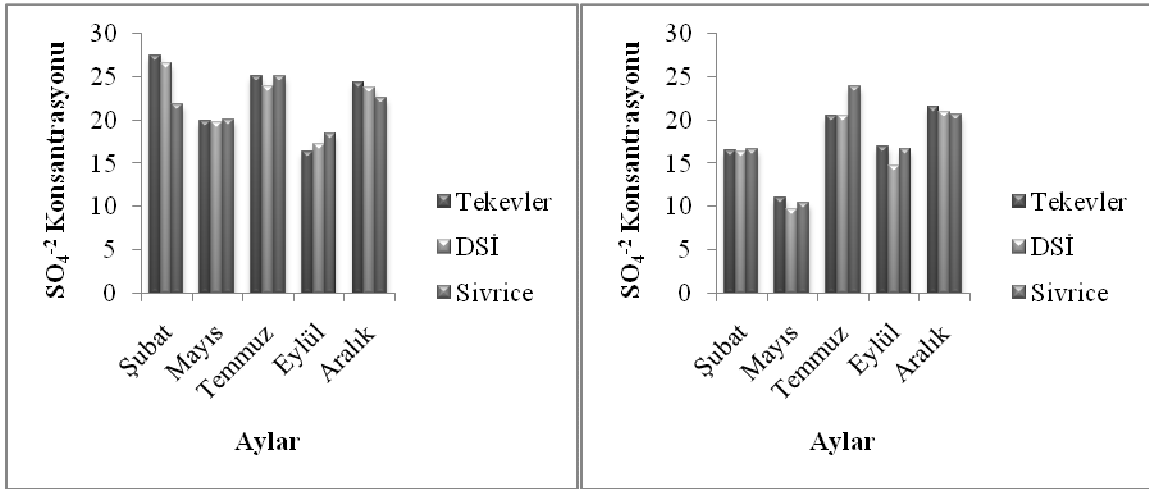
*[14]



Şekil 13. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait $O-PO_4^{-3}$ değerleri

Şekil 13 değerlendirildiğinde 1996 yılı en yüksek $O-PO_4^{-3}$ konsantrasyonu Sivrice’de Şubat ayında, 2009 yılında ise Tekevler’de Mayıs ayında kaydedilmiştir. SKKY-Tablo 2’de belirtilen fosfor değerinin 0,1 mg/l olmasına karşın 1996 yılı verileri sınır değerlerin üzerindedir. 2009 yılı verileri ise Eylül ayında sınır değer olan 0,1 mg/l değerine yakındır. $O-PO_4^{-3}$ değerlerinin yüksek çıkmasının sebebi göl etrafında bulunan evsel ve endüstriyel atıksulardan ve arazide kullanılan gübreleme sonucu oluşan fosforun göl bünyesine katılmasından kaynaklanmaktadır.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Sülfat (SO_4^{-2}) değerleri Şekil 14’de verilmiştir.

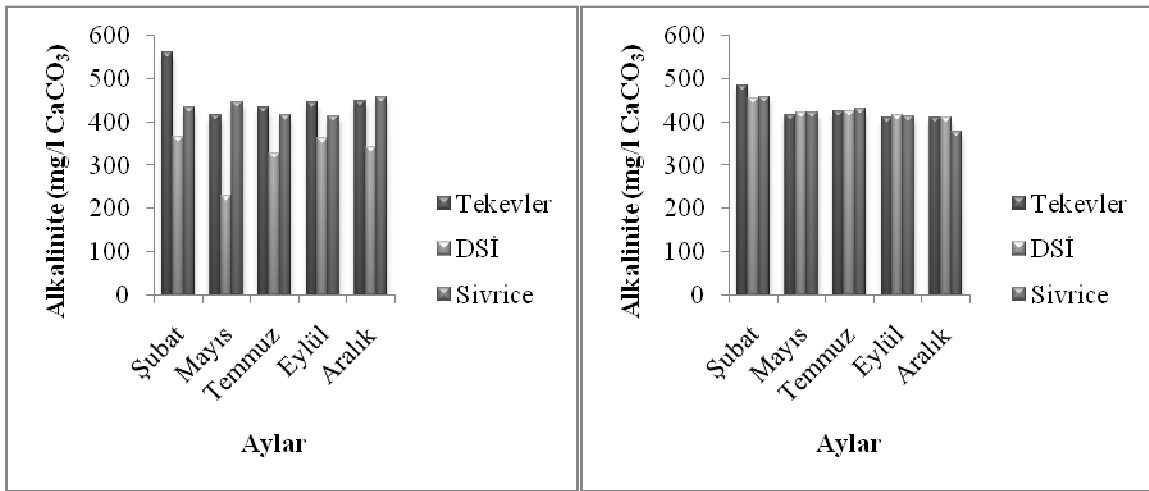


Şekil 14. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait SO_4^{2-} konsantrasyon değerleri

Şekil 14'e göre 1996 yılı Şubat, Mayıs ve Temmuz ayında 3 istasyon için SO_4^{2-} değerleri 2009 yılı Şubat, Mayıs ve Temmuz ayına oranla daha yüksektir. Ancak Eylül ayı değerleri çok fazla değişmemektedir. Hazar gölünde SO_4^{2-} değerinin yüksek olması gölün inorganik bir kirliliğe maruz kaldığının göstergesidir. Sülfatın gölde az oranda

bulunması ise mikroorganizmalar için sınırlayıcıdır. Çünkü sülfatın yeterince bulunmaması fitoplanktonların büyümesini engelleyecektir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yıllarına ait alkalinite değerleri Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait alkalinite değerleri

Şekil 15 incelendiğinde 1996 yılı en yüksek alkalinite değeri Tekevler'de Şubat ayında 560 mg $CaCO_3/l$ 'dir. 2009 yılında ise yine Tekevler'de Şubat ayında 485 mg $CaCO_3/l$ şeklinde ölçülmüştür. Ünlü vd. [17]'nin çalışmasında en yüksek toplam alkalinite değeri 862 mg $CaCO_3/l$ olarak tespit edilmiştir. Hazar gölünün 1996 yılı

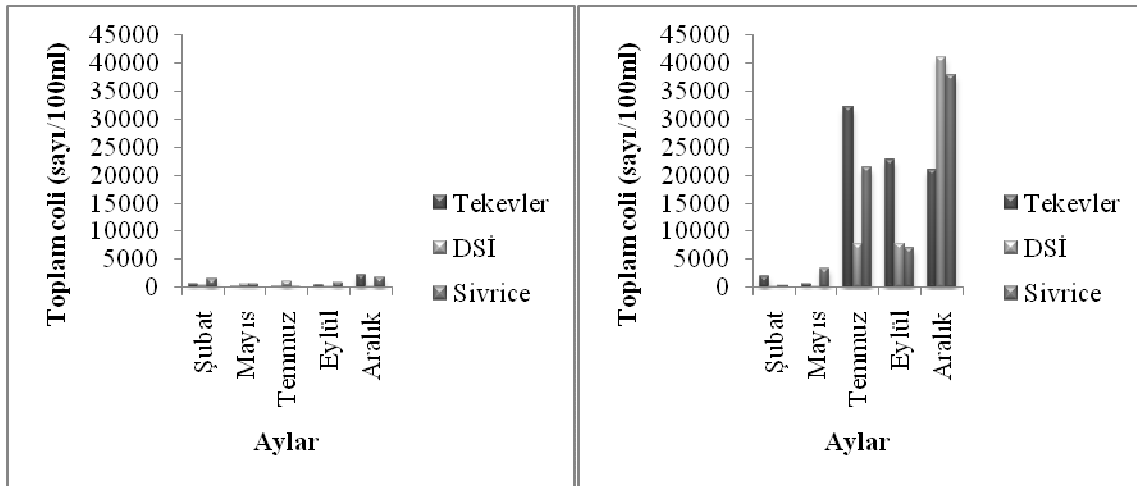
ile 2009 yılı alkalinite değerleri 229-560 mg $CaCO_3/l$ arasında değişmektedir.

Hazar gölünün 1996-2009 yılına ait bakteriyolojik analiz sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Toplam coli değerleri Şekil 16'da verilmiştir.

Tablo 5. Hazar gölünün bakteriyolojik analiz değerleri

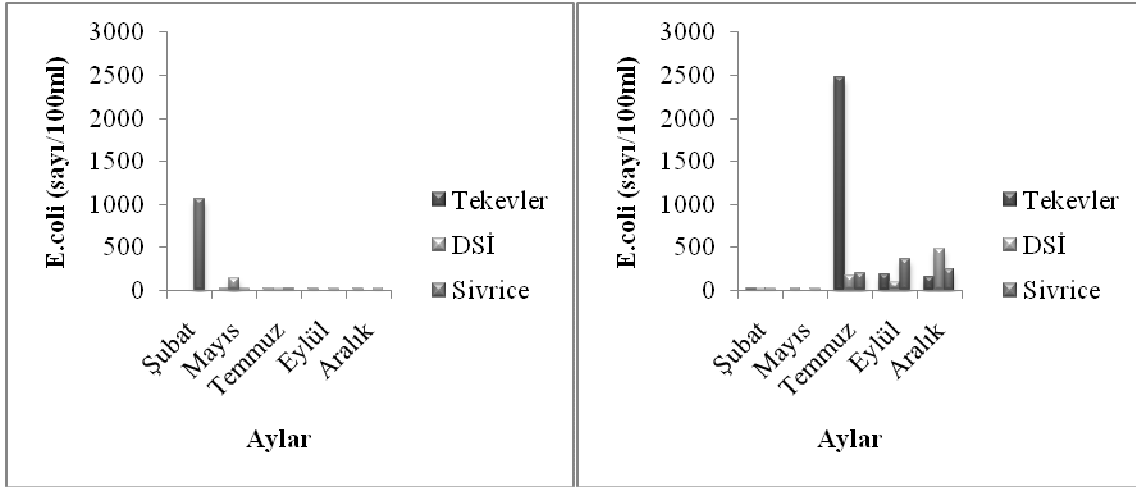
Örnek Alma Yeri	Top.coli (sayı/100ml)			E.coli (sayı/100ml)			Fekal streptokok (sayı/100ml)		
	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice	Tekevler	DSİ	Sivrice
Şubat	514	343	1534	0	0	1060	9	0	283
Mayıs	120	590	620	1	143	5	0	221	35
1996* Temmuz	100	1030	100	10	11	16	15	2	5
Eylül	450	100	800	1	0	1	1	1	0
Aralık	2180	220	1860	3	0	2	12	0	15
Şubat	1900	200	300	21	6	3	31	10	11
Mayıs	600	100	3300	5	0	10	1	0	13
2009 Temmuz	32200	7700	21500	2480	172	198	3	0	1
Eylül	22700	7800	7100	190	88	360	38	1	13
Aralık	21000	41000	38000	160	480	250	86	36	138

*[14]



Şekil 16. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait Toplam coli değerleri

Şekil 16 incelendiğinde toplam coli sayısının 1996 yılında 100-2180sayı/100ml arasında değiştiği, 2009 yılında ise 100-38000sayı/100ml olduğu görülmektedir. Geçen süre içerisinde göl toplam coli açısından oldukça kirletilmiştir. SKKY-Tablo 2’de belirtilen 1000sayı/100 ml sınır değerlerinin 1996 yılı Aralık ayında Tekevler; Temmuz ayında DSİ; Şubat ve Aralık ayında Sivrice’de sağlanmadığı tespit edilmiştir. 2009 yılında ise hemen hemen tüm bölgelerde ve zamanlarda belirtilen sınır değerler oldukça aşılmıştır. Hazar gölünün 1996-2009 yılına ait E.coli analiz sonuçları Şekil 17’de verilmiştir.

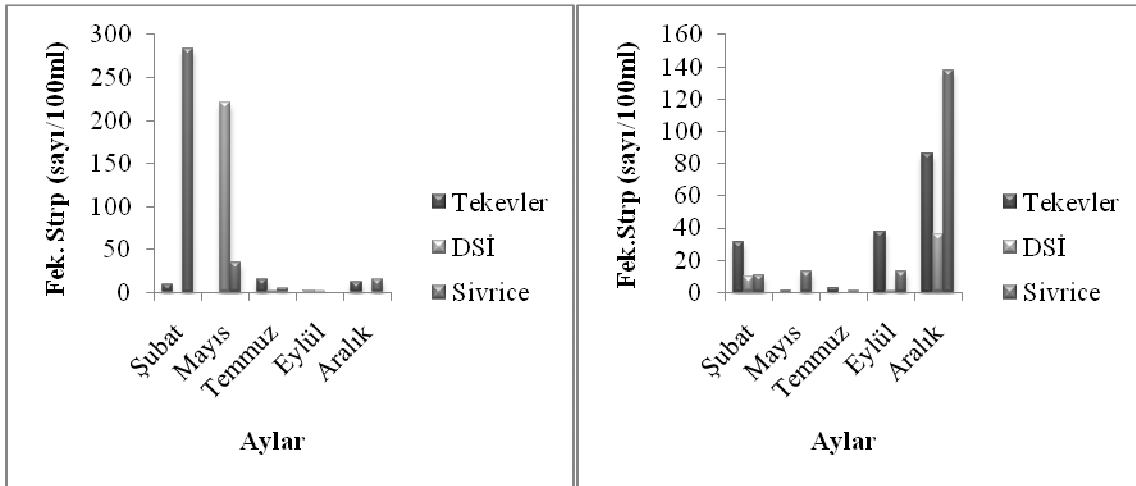


Şekil 17. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait E.coli değerleri

Şekil 17 değerlendirildiğinde 1996 yılı Sivrice’de Şubat ayında E.coli sayısı en yüksek 1060sayı/100 ml değerine; 2009 yılında ise özellikle yaz sezonunda Tekevler’de sayısı 2480sayı/100 ml değerine ulaşmıştır. 1996 yılı ile

2009 yılı verileri karşılaştırıldığında 2009 yılında genel olarak E.coli sayısında bir artış olduğu görülmektedir.

Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait fekal streptokok açısından değerleri Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18. Hazar gölünün 1996 ve 2009 yılına ait fekal streptokok değerleri

Şekil 18 incelendiğinde Hazar gölü fekal streptokok açısından aylara göre değişiklik göstermektedir. 1996 yılı Sivrice’de Şubat ayında fekal streptokok sayısı 283sayı/100ml’dir. Fekal streptokok, DSİ’de Mayıs ayında 221sayı/100ml olarak bulunmuştur. 2009 yılında ise en yüksek fekal streptokok Tekevler’de Aralık ayında 86 sayı/100ml olarak, Sivrice’de ise 138/100ml olarak

bulunmuştur. Fekal streptokokun Sivrice’de fazla çıkmasının sebebi Sivrice’den kaynaklanan kanalizasyon sularının göle karışmasından kaynaklanabilir. Hazar gölünde yapılan bakteriyolojik analizler gölü kullanan insanlar için büyük önem arz etmektedir. Çünkü bu suların suyu kullanan insanlarda tifo, dizanteri vb. gibi hastalıklara neden olabilmesinin yanı sıra sulama amaçlı

kullanılması sonucunda bitkilere de bu mikrobiyolojik canlıların geçmesi söz konusu olacaktır. Bu da tüm canlı

hayatını olumsuz yönde etkileyecektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hazar Gölünde DSİ tarafından farklı istasyonlardan yüzeysel su numunesi alınarak değişik parametreler analizlenmektedir. Ayrıca İl Sağlık Müdürlüğü tarafından belirlenen 7 farklı noktada (Hazarbaba bakım ve rehabilitasyon merkezi, Elazığ Belediyesi Kampı Plajı, Turpol Tesis Plajı, Sivrice Emniyet Kampı Plajı, Fırat Üniversitesi Kampı Plajı, Gezin Halk Plajı ve Plaj Köy Plajı) toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok olmak üzere 3 parametre incelenerek Hazar gölünün bakteriyolojik analizi yapılmaktadır. İl Tarım Müdürlüğü tarafından da su kirliliği kontrolü kapsamında göldeki klor, bakır, sülfid, amonyum ve fosfat parametreleri su ürünleri yönetmeliğine göre değerlendirilmektedir. Bu çalışma sonucunda, Hazar gölünün su kalitesindeki değişimleri incelendiğinde 1996 yılı verilerinin ve 2009 yılı verilerinin ortalaması alınarak elde edilen sonuçlara göre pH'da %6,76; Eİ'de %0,95; TÇM'de %6,71; NH_4^+ -N'da %53,7; alkalinite de %4,57 ve toplam coli sayısında %1851 oranında bir artış meydana geldiği görülürken Ç.O konsantrasyonunda %19,79; AKM konsantrasyonunda %72,59; KOİ^+ de %29,4; NO_3^- -N konsantrasyonunda %47,65; TKN'de %31,13; SO_4^{2-} konsantrasyonunda %22,56 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak Hazar gölünün 1996 yılından 2009 yılına kadar su kalitesinde özellikle bakteriyolojik açıdan olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir. Su kaynaklarından biri olan Hazar gölü, geçmişten günümüze kadar yeterince önlem alınmadığından kirlenmeye maruz kalmış ve su kalitesi günden güne bozulmuştur. Hazar gölünde meydana gelen

bu olumsuzlukları engellemek veya en aza indirmek için bazı önlemler en kısa sürede alınmalıdır. Bunun için şu hususlar önerilebilir;

1-Hazar gölü etrafında ağaçlandırma çalışmalarına hız verilmeli,

2-Göl civarında bulunan yerleşim yerlerinden çıkan her türlü atık/atıksu göle verilmeden önce arıtma teknolojileri kullanılmalı,

3-Özellikle Sivrice ilçesinden kaynaklanan kanalizasyon atıksularının göle verilmeden önce arıtılmalı ve bu konu hakkında gerekli önlemler alınmalı,

4-Hazar gölü etrafında oluşan/oluşacak olan kirlilik noktaları belirlenmeli,

5-Gezin ilçesi civarında bulunan yazlık sitelerden ve kamplardan kaynaklanan evsel atıksuların göle verilmesi engellenmeli,

6-Hazar gölünün kirlenmesini engellemek için kamu ve özel kuruluşlar ile sivil toplum örgütlerinin işbirliği içinde Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün desteği ile AnaDOKU (Anadolu Doğa ve Kültür Koruma Kooperatifi) tarafından Hazar Gölü Taslak Yönetim Planı projesi çalışmaları tamamlandıktan sonra uygulamaya hemen geçilmeli ve proje eksiksiz uygulanmalıdır.

5. TEŞEKKÜR

Verilerin sağlanmasında yardımcı olan DSİ 9. Bölge Müdürlüğü elemanlarına teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

[1] SKKY., 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**, Ankara, 2004.

[2] F. Çoban, **Hazar gölü su kalitesinin araştırılması**, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, 2007.

[3] C. Duran ve H. Günek, 'Hazar Gölü Havzası Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Belirlenmesi (1956-2004)', *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(2), 31-52, 2007.

[4] B. Şen, M.T. Alp ve M.A.T. Koçer, 'Hazar Gölü (Elazığ) ve Özellikleri', **XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu**, Elazığ, 87-93, 2003.

[5] G. Karakoç, F.Ü. Erkoç ve H. Katırcıoğlu, 'Water Quality And Impacts Of Pollution Sources For Eymir and Mogan Lakes (Turkey)', *Environment International* 29, 21- 27, 2003.

- [6] B. Taş, A.Y. Candan, Ö. Can ve S. Topkara, 'Ulugöl (Ordu)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri', *Journal of Fisheries Sciences.com*, 4(3), 254-263, 2010.
- [7] G.D. Cooke, E.B. Welch, S.A. Peterson, P.R. Newroth, '**Restoration and management of lakes and reservoirs**', 2nd ed. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1993.
- [8] W. Li, Q. Yang, 'Wetland Utilization In Lake Taihu For Fish Farming And Improvement Of Lake Water Quality', *Ecology Engineering*, 5, 21-107, 1995.
- [9] B. Moss, J. Stansfield, K. Irvine, M. Perrows, G. Phillips, 'Progressive Restoration Of A Shallow Lake: A 12-Year Experiment In Isolation, Sediment Removal And Biomanipulation'. *Journal of Appl. Ecology*, 33, 71– 86, 1996.
- [10] K.E. Havens, T. Fukushima, P. Xie, T. Iwakuma, R.T. James, N. Takamura, 'Nutrient Dynamics And The Eutrophication Of Shallow Lakes Kasumigaura (Japan), Donghu (PR China), and Okeechobee (USA)', *Environmental Pollution*, 111, 263– 72, 2001.
- [11] K.E. Havens, C.L. Schelske, 'The importance of considering biological processes when setting total maximum daily loads (TMDL) for phosphorus in shallow lakes and reservoirs', *Environmental Pollution*, 113, 1–9, 2003.
- [12] V. Timchenko, O. Oksiyuk, J. Gore, 'A model for ecosystem state and water quality management in the Dnieper River delta', *Ecology Engineering*, 16, 119–25, 2000.
- [13] M. Cici, 'Hazar Gölü Su Kalitesi', **I.Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu Bildiriler**, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, s. 23-26, Sivrice, Elazığ, 1995.
- [14] A. Ünlü, G. Uslu, M.E. Emiroğlu, N. Şekerdağ, 'Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması', **II. Hazar Gölü ve Çevresi Sempozyumu**, Sivrice Kaymakamlığı Yayınları, Sivrice, Elazığ, 1996.
- [15] A. Ünlü ve G. Uslu, 'Hazar Gölünde Su Kalitesinin Değerlendirilmesi', *Ekoloji Çevre dergisi*, 8(2), 7-13, 1999.
- [16] H. Özmen, F. Külahcı, A. Çukurovalı ve M. Doğru, 'Concentrations Of Heavy Metal And Radioactivity In Surface Water And Sediment Of Hazar Lake (Elazığ, Turkey)' *Chemosphere*, 55, 401-408, 2004.
- [17] A. Ünlü, F. Çoban ve S. Tunç, 'Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi'. *Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der.*, 23(1), 119-127, 2008.