

Karaçay'da (Manisa) Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması

*Orkide Minareci¹, Ersin Minareci¹, Meral Öztürk²

¹ Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 45140, Manisa, Türkiye

² Celal Bayar Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümü, 45900, Manisa, Türkiye

*E mail:orkide.minareci@bayar.edu.tr

Abstract: *Investigation of Detergent, Phosphate and Boron Pollution in Karaçay (Manisa).* The aim of this study is to determine the physico-chemical parameters and anionic detergent, phosphate and boron content of the water samples obtained from Karaçay, a tributary of Gediz River. According to analysis results, the anionic detergent concentration 0.071–1.122 mg/L, phosphate concentration 0.002–0.225 mg/L and boron concentration 0.134–3.937 mg/L were found between these amounts. The average values gathered were compared with the Turkish Environmental Legislation, Water Pollution Control Regulation, Quality Criteria According to Classes of Continent Interior Water Sources and Karaçay is III. class, namely it is polluted in terms of anionic detergent and it is II. class, namely in the class of less polluted water in terms of phosphate. Boron parameter was found to be IV class over the inorganic pollution limit values in all stations except for a station.

Key Words: Karaçay, anionic detergent, phosphate, boron, pollution.

Özet: Bu çalışmada, Gediz Nehrinin bir kolu olan Karaçay'ın, su örneklerindeki fiziko-kimyasal parametreler ile anyonik deterjan, fosfat ve bor içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, anyonik deterjan konsantrasyonu 0.071–1.122 mg/L, fosfat konsantrasyonu 0.002–0.225 mg/L, bor konsantrasyonu 0.134–3.937 mg/L arasında değişen değerlerde bulunmuştur. Elde edilen ortalama değerler, "Çevre Mevzuatı", "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" ve "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"yle karşılaştırılmıştır. Karaçay'ın anyonik deterjan parametresi yönünden III. sınıf (kirlenmiş su), fosfat parametresi yönünden II. sınıf (az kirlenmiş su) sınıfında olduğu saptanmıştır. Bor parametresi ise, bir istasyon haricinde diğer tüm istasyonlarda, inorganik kirlilik sınır değerlerinin üzerinde, IV. sınıf (çok kirlenmiş su) olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karaçay, anyonik deterjan, fosfat, bor, kirlilik.

Giriş

Çevre kirliliğinin önem kazandığı günümüzde, evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirlilik olayları çok önem taşımakta ve sucul ortama gelen kirlenmeler arasında deterjanlar da yer almaktadır (Smith ve diğ. 1999). Deterjanların boşaltıldıkları alıcı sulara etkileri, köpük oluşturma, biyolojik ayrışma sonucu oksijen tüketimi, sudaki canlılar üzerine olumsuz etkileri, ötrofikasyon ve içme sularına etkileri şeklinde özetlenebilir (Vural ve Kumbur 1982, Patin 1985). Deterjan kirliliği, sulardaki biyolojik aktiviteyi etkilemesi açısından önemlidir. Deterjan aktif maddeleri alıcı sulara su özelliklerine bağlı olarak 0.5 mg/L'den yüksek derişimlerde köpük oluştururlar. Oluşan köpükler su yüzeyini kaplayarak havalandırmaya ve oksijen alışverişine engel olabilir. Deterjan aktif maddesi boşaltıldıkları alıcı sulara biyokimyasal reaksiyonlarla ayrışır ve bu ayrışma sırasında ortamdaki çözünmüş oksijeni kullanırlar, bu da ani oksijen eksikliğine neden olabilir (Egemen 2000).

Organik ve/veya endüstriyel kirlenmeden kaynaklanan fosfatın alıcı sulara başlıca etkisi ötrofikasyona neden olmalarıdır. Böyle bir ortamda oksijenin azalması, renk değişimi, bulanıklılık, dipte aşırı birikimler, canlı türü sayısında azalma, bozunma ve kokuşma gözlenmekte ve ortam giderek kullanılamaz hale gelmektedir (Egemen 2000).

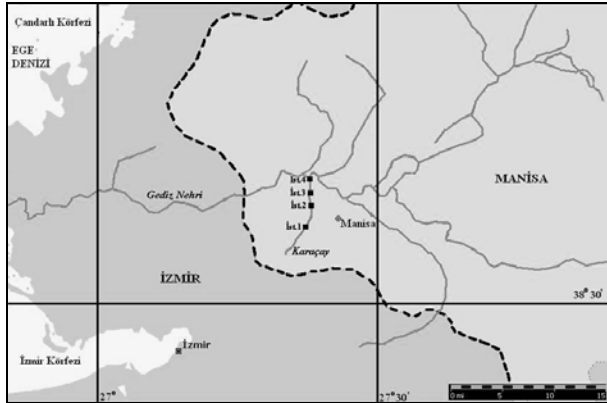
Sularda az miktarda bor bitki gelişimi için son derece önemli iken, limon, portakal ya da üzüm gibi bazı bitkilerde toprakta ve yeraltı suyundaki zehirleyici derişimi 1 mg/L gibi düşük değerler alabilmektedir. Özellikle üzüm Bor'a (0.3-1.0 mg/L) en duyarlı meyvedir (Matthess 1982, Hem 1985). Türkiye'nin üzüm üretiminin %75'i bu alandan sağlanmaktadır (Gemici ve Tarcan 2002). Son yıllarda, B elementi ulusal ve uluslararası içme suyu standartlarında kirlilik unsuru olarak tanımlanmış ve TS-266 (2005)'e ve EU (1988)'e göre 1 mg/L; WHO (1996)'ya göre de 0.3 mg/L üst sınır olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, yüzey ve yeraltı suyu kaynakları son derece sınırlı olan birçok Akdeniz ülkesinde bu tip sular gerek insani tüketimler için gerekse sulama suyu amaçlı olarak kullanılabilir (Kloppmann ve diğ. 2005).

Ege Bölgesi'nin ikinci büyük nehri olan Gediz Nehri ve yan kollarında deterjan, fosfat ve bor düzeylerinin saptanmasına yönelik yapılan çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir (Tuğrul 1992, Okur ve diğ. 1997, Minareci 2007, Demirbaş ve Orhun 2008, Minareci ve diğ. 2008a, 2008b). Bu çalışmada, tarımsal sulamada kullanılan Karaçay'ın toprak yapısına, bu suyla sulanarak yetiştirilen meyve ve sebzelerin yenmesi halinde insan sağlığına ve Karaçay'ın Gediz'e karışması sonucunda da nehrin su kalitesi ve nehirdeki canlılar üzerine olumsuz etkiler yapacağı düşünülerek, bazı su kalite parametrelerinin ölçümünün yapılması amaçlanmıştır. Bazı fiziko-kimyasal parametreler ve özellikle anyonik

deterjan, fosfat ve bor parametreleri açısından değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca nehirdeki kirliliğin oluşum kaynaklarını saptayarak, gerekli önlemlerin alınması yönünde çözümler ortaya koymak amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada su örneklerinin alındığı Karaçay, Manisa'nın batısında, Spil Dağından doğan ve Gediz Ovasını geçerek Gediz Nehrine akan derelerden biridir. Türkiye'nin önemli tarım alanlarından biri olan Gediz Havzasında yer alan Karaçay'ın suyu tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Kaynağında ve sanayi bölgesi öncesinde berrak akan dere, Manisa Organize Sanayi Arıtma Tesisinde arıtılan suyun çaya deşarjından dolayı kırmızı-kahverengi renkte ve köpüklü görünmektedir. Karaçay üzerinde dört istasyon belirlenmiştir. Bu istasyonlardan ilki, Karaçay'ın doğduğu bölgeye yakın olup, yerleşim yerlerinden önce yer almaktadır. İkinci istasyon Manisa Organize Sanayi Arıtma Tesisi çıkış sularının Karaçay'a karıştığı bölgede, üçüncü istasyon Muradiye beldesi sınırları içinde, dördüncü ve son istasyon da Karaçay'ın Gediz Nehrine karıştığı noktada seçilmiştir. Araştırma ortamının Gediz Havzasındaki konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırma bölgesi ve istasyonlar.

Araştırmada Karaçay'dan alınan su örnekleri araştırma materyali olarak seçilmiştir. Örneklemeler, Haziran 2005–Mayıs 2006 tarihleri arasında, aylık periyotlar halinde yapılmıştır ve her bir örneklemede üçer örnek alınarak çalışılmıştır.

Anyonik deterjan miktarının belirlenmesi, metilen mavisinin anyonik yüzey aktif maddelerle reaksiyonu sonucu oluşan mavi renkli tuzun kloroformda çözülmesiyle spektrofotometrik olarak ölçümü metoduna göre yapılmıştır (Anonymous 1995). Örneklerin absorbansları Jasco UV–VIS 530 model spektrofotometre ile 652 nm'de okunmuştur. Fosfat miktarının belirlenmesi, fosforun asidik ortamda askorbik asit, amonyum molibdat ve potasyum antimon tartaratla reaksiyona girmesi sonucu oluşan mavi renkli fosfomolibdik

asitin spektrofotometrede ölçümüne dayanan standart spektrofotometrik metoda göre yapılmıştır (Parsons ve diğ. 1984). 700 nm'de spektrofotometre ile absorbanslar saptanmıştır.

Bor miktarının belirlenmesi, borun spesifik bir reaktif olan karmin ile oluşturduğu renkli bileşimin spektrofotometrede ölçümüne dayanır (Anonymous 2005). 565 nm'de absorbanslar saptanmıştır. Ayrıca pH, sıcaklık, turbidite ve iletkenlik parametreleri TOA WQC (Water Quality Checker) – 20A marka su kalite parametreleri ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. İstatistiksel analizlerin yapılmasında Graphpad Prism For Windows Paket istatistik programı kullanılmış, deterjan, fosfat ve bor miktarlarının istasyonlar arasında önemli farklılık gösterip göstermediğinin saptanması amacıyla "One-way ANOVA" varyans analizi, anlamlı farklılıkların hangi istasyonlardan kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla da "Tukey testi" uygulanmıştır.

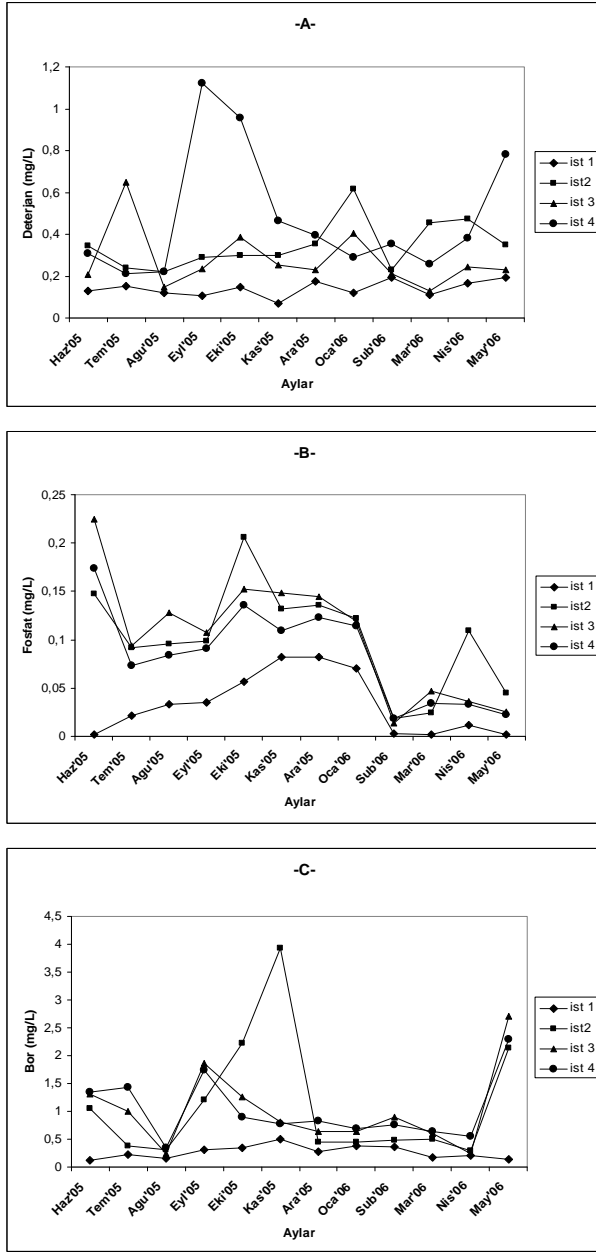
Bulgular

Çalışma süresince, araştırma istasyonlarında aylık olarak gerçekleştirilen ölçümlerde belirlenen fiziko-kimyasal parametrelerin ortalama değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Ortalama pH 7.84, sıcaklık 20.2 °C, turbidite 435 NTU ve iletkenlik 987 µS olarak bulunmuştur.

Tablo 1. Araştırma periyodunca istasyonlara göre fiziko-kimyasal parametrelerin ortalama değerleri (n=36).

İSTASYONLAR	Fiziko-kimyasal parametreler				
	pH	Sıcaklık (°C)	Turbidite (NTU)	İletkenlik (µS)	
İst. 1	Ort ± St. Sap.	7.86 ± 0.26	13.6 ± 8.5	405 ± 14	250 ± 55
	Min. - Maks.	7.40 – 8.19	2.6 – 27.4	378 – 417	200 – 300
İst. 2	Ort ± St. Sap.	7.70 ± 0.16	25.9 ± 5.6	430 ± 27	1570 ± 323
	Min. - Maks.	7.30 – 7.82	12.7 – 31.5	391 – 478	900 – 1900
İst. 3	Ort ± St. Sap.	7.99 ± 0.14	22.9 ± 7.2	453 ± 54	1355 ± 476
	Min. - Maks.	7.70 – 8.19	10.6 – 32	408 – 488	700 – 1900
İst. 4	Ort ± St. Sap.	7.80 ± 0.19	18.5 ± 6	479 ± 44	773 ± 290
	Min. - Maks.	7.46 – 7.93	8 – 26.5	443 – 512	400 – 1200

Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre, su örneklerindeki anyonik deterjan, fosfat ve bor konsantrasyonlarının aylara göre değişim grafikleri Şekil 2'de verilmiştir. Ayrıca, elde edilen ortalama aylık değerler ile minimum ve maksimum değerler Tablo 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Su örneklerindeki A- deterjan, B- Fosfat, C- Bor konsantrasyonlarının aylara göre değişimi

Deterjan, fosfat ve bor konsantrasyonlarının istasyonlar arasında önemli farklılık gösterip göstermediğinin saptanması amacıyla yapılan "One-way ANOVA" testi sonucunda, deterjan, fosfat ve bor miktarlarının istasyonlar arasındaki farklılığı önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Anlamlı farklılıkların hangi istasyonlardan kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla yapılan Tukey testi sonucunda istasyon 1'in deterjan, fosfat ve bor parametreleri bakımından diğer istasyonlardan farklılık gösterdiği saptanmıştır (Tablo 3).

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, aylık olarak belirlenen pH, sıcaklık ve turbidite parametreleri Çevre Mevzuatı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Anonymous 2004) ile karşılaştırıldığında Karaçay'ın suyunun I. kalite su sınıfında olduğu görülmüştür. Dördüncü istasyonda belirgin sıcaklık ve iletkenlik azalması saptanmıştır (Tablo 1). Bu durum, istasyonun, Karaçay'ın Gediz Nehri ile birleştiği nokta olması ve Gediz Nehri sularıyla karışması dolayısıyla sıcaklığın ve iletkenliğin azalması şeklinde açıklanabilir.

Su örneklerinden elde edilen anyonik deterjan, fosfat ve bor ortalama değerleri (Tablo 2), Çevre Mevzuatı, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleriyle karşılaştırıldığında (Tablo 4), Karaçay'ın anyonik deterjan parametresi yönünden III. kalite (kirlenmiş su), fosfat parametresi yönünden II. kalite (az kirlenmiş su) sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bor parametresi yönünden de 1. istasyon dışında kalan tüm istasyonlarda IV. sınıf (çok kirlenmiş su) olduğu bulunmuştur.

Gediz Nehir sisteminde anyonik yüzey aktif madde ve nutrient kirliliğinin incelendiği bir araştırmada, deterjan konsantrasyonlarının bazı istasyonlarda su kalite kriterlerinin üstünde olduğu (0.023–4.48 mg/L) ve bu konsantrasyonların su bitkileri ve balıklar için toksik etki sınırlarına ulaştığı belirtilmiştir (Tuğrul 1992). Yine Gediz Nehrinde yapılan bir başka çalışmada nehir suyunun deterjan konsantrasyonu (0.084–5.592 mg/L) belirlenmiş ve genel olarak evsel atık yükü fazla olan ve yerleşim yerlerine yakın istasyonlarda deterjan konsantrasyonlarının arttığı belirtilmiştir (Minareci ve diğ. 2009). Yaptığımız çalışmada Karaçay'ın anyonik deterjan konsantrasyonu 0.071–1.122 mg/L arasında değişen değerlerde bulunmuştur. Elde edilen maksimum konsantrasyon, Gediz Nehrinde belirlenen maksimum deterjan konsantrasyonlarından düşük olmakla birlikte, deterjan konsantrasyonlarının yerleşim bölgelerine göre belirgin bir şekilde artış gösterdiği istatistiksel olarak da gösterilmiştir (Tablo 3).

Gediz Nehri ile ilgili yapılan çalışmalarda, Manisa Organize Sanayi Arıtma Tesisinin Gediz Nehrine boşalttığı atıksuyun anyonik deterjan yönünden I. sınıf, Manisa Belediyesi Evsel Atıksu Arıtma Tesisinin boşalttığı atıksuyun ise anyonik deterjan yönünden IV. sınıf olduğu saptanmıştır (Minareci ve diğ. 2008a, 2008b). Çalışma sonuçlarına göre, nehir suyundaki deterjan konsantrasyonu evsel atıklar, dolayısıyla yerleşim birimleriyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen bu bulgular, bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir. Yerleşim bölgelerinden önce yer alan 1. istasyondan alınan su örneklerindeki deterjan konsantrasyonu, yıl boyunca düşük değerlerde ve belli aralıklarda kalırken, yerleşim bölgelerinin katılımıyla birlikte 2., 3. ve 4. istasyonlarda artış göstermektedir (Şekil 2A).

Tablo 2. Su örneklerindeki anyonik deterjan, fosfat ve bor miktarlarının aylık değişimleri (n: örnek sayısı).

Aylar	n	Anyonik deterjan (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Bor (mg/L)
		Ort.± St. Sap (min-max)	Ort.± St. Sap (min-max)	Ort.± St. Sap (min-max)
Haziran (2005)	12	0.248 ± 0.10 (0.13-0.347)	0.137 ± 0.10 (0.002-0.225)	0.961 ± 0.56 (0.144-1.339)
Temmuz(2005)	12	0.312 ± 0.23 (0.15-0.648)	0.07 ± 0.03 (0.021-0.094)	0.761 ± 0.56 (0.232-1.431)
Ağustos (2005)	12	0.176 ± 0.05 (0.12-0.22)	0.085 ± 0.04 (0.033-0.128)	0.260 ± 0.08 (0.154-0.348)
Eylül (2005)	12	0.438 ± 0.46 (0.104-1.122)	0.083 ± 0.03 (0.035-0.107)	1.285 ± 0.71 (0.315-1.86)
Ekim (2005)	12	0.447 ± 0.35 (0.148-0.958)	0.138 ± 0.06 (0.057-0.206)	1.187 ± 0.79 (0.35-2.228)
Kasım (2005)	12	0.271 ± 0.16 (0.071-0.465)	0.118 ± 0.03 (0.082-0.148)	1.505 ± 1.63 (0.494-3.937)
Aralık (2005)	12	0.289 ± 0.10 (0.176-0.394)	0.122 ± 0.03 (0.082-0.145)	0.544 ± 0.24 (0.277-0.82)
Ocak (2006)	12	0.357 ± 0.21 (0.118-0.617)	0.106 ± 0.02 (0.07-0.122)	0.536 ± 0.15 (0.377-0.686)
Şubat (2006)	12	0.248 ± 0.07 (0.191-0.356)	0.014 ± 0.01 (0.003-0.019)	0.622 ± 0.24 (0.369-0.888)
Mart (2006)	12	0.237 ± 0.16 (0.109-0.453)	0.027 ± 0.02 (0.002-0.047)	0.479 ± 0.21 (0.176-0.635)
Nisan (2006)	12	0.315 ± 0.14 (0.164-0.474)	0.048 ± 0.04 (0.012-0.109)	0.322 ± 0.16 (0.201-0.559)
Mayıs (2006)	12	0.390 ± 0.27 (0.195-0.781)	0.024 ± 0.02 (0.002-0.045)	1.819 ± 1.15 (0.114-1.339)

Tablo 3. İstasyonlar arasında uygulanan "One-Way ANOVA" ve "Tukey testi" testi sonucu.

One-way ANOVA	Deterjan	Fosfat	Bor
P değeri	0.0009	0.0046	0.0207
P anlamlılık	p<0.05	p<0.05	p<0.05
Grup sayısı (istasyonlar)	4	4	4
F değeri	6.542	4.993	3.599
R ² değeri	0.308	0.254	0.197
TUKEY Test			
ist 1 & ist 2/ist 3/ist 4	p	p<0.001	p<0.01
	q	6.112	4.765
ist 2 & ist 3/ist 4	p	p>0.05	p>0.05
	q	1.364	0.073
ist 3 & ist 4	p	p>0.05	p>0.05
	q	2.51	1.295

Tablo 4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.

Yüzeysel suyun sınıfı	Anyonik yüzey aktif madde (mg/L)	Toplam Fosfor (mg/L)	Bor (mg/L)
I. sınıf (yüksek kaliteli su)	0.05	0.02	1
II. sınıf (az kirlenmiş su)	0.2	0.16	1
III. sınıf (kirlenmiş su)	1	0.65	1
IV. sınıf (çok kirlenmiş su)	>1.5	>0.65	>1

Tablo 5. Farklı nehirlerin yüzey sularındaki deterjan ve fosfat konsantrasyonlarının karşılaştırılması.

Nehir	Deterjan Konsantrasyonu (mg/L)	Fosfat Konsantrasyonu (mg/L)	Kaynak
Ankara Çayı		3.81	Atıcı ve Ahıska, 2005
Nif Çayı	2.155		Balık and Ustaoglu, 1991
Yuvarlak Çay	0.12	0.02	Balık ve diğ., 2002
Akyaka Azmak Çayı		0.002 – 0.003	Barlas, 1999
Bakırçay	0.01 – 0.29	0.0018 – 0.0229	Başaran, 2004
Küçük Menderes Nehri	0 – 0.93	0 – 1.88	Balık ve diğ., 2005
Melez Çayı	0 – 6.93		İzgören, 1992
Ankara Çayı	10.24		Karapars, 1976
Çubuk Çayı	11.03		Karapars, 1976
Meriç Nehri		0.0001 – 0.02	Kontaş, 1990
Melez Çayı	5		Şengül ve diğ., 1986
Arap Çayı	4.8		Şengül ve diğ., 1986
Asi Nehri		0.002 – 2.44	Taşdemir ve Göksu, 2001
Ankara Çayı	3.37		Vural ve Kumbur, 1982
Karaçay	0.071–1.122	0.002–0.225	Bu çalışmada

Diğer nehirlerde yapılan benzer çalışmalarda da, kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerden geçen nehirlerin deterjan kirliliğinden daha fazla etkilendiği görülmektedir (Tablo 5).

Fosfat parametresi üzerine Gediz nehrinde yapılan bir çalışmada, nehir suyunun fosfor içerikleri analiz edilmiş ve en yüksek fosfor içeriği (7.4 mg/L) Karaçay'ın Gediz'e karıştığı noktada bulunmuştur. Özellikle Karaçay ve Gediz birleşim noktasında yoğunlaşan fosfor kirlenmesinin tarımsal işlevlerden çok endüstriden kaynaklandığı belirtilmiştir (Okur ve diğ. 1997). Manisa Sanayi Arıtma Tesisinin 2001 yılında tam kapasite ile hizmete girmesinden sonra aynı noktada yapılan bir diğer çalışmada fosfat konsantrasyonu 0.010–0.173 mg/L olarak belirlenmiştir (Minareci ve diğ. 2009). Manisa Organize Sanayi Arıtma Tesisinin Gediz nehrine olan etkilerinin belirlendiği bir çalışmada da, deşarj suyundan alınan su örneklerindeki fosfat konsantrasyonları 0.021–0.184 mg/L arasında bulunmuştur (Minareci ve diğ. 2008b). Bu çalışmamızdan elde edilen değerler (0.002–0.225 mg/L) yapılan son iki çalışma ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmalara göre, Manisa Sanayi Arıtma Tesisi, gıda fabrikalarına ait atıklar yanında, deterjan, kimya vb. endüstrilerine ait atıkların Karaçay'a ve oradan da Gediz Nehri'ne yüklü miktarda fosfat taşınmasında önemli bir engelleyici rol oynamaktadır. Bu da, gelişen ve büyüyen sanayi ile birlikte, Sanayi Arıtma Tesislerinin sayı ve kapasitelerinin artması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca bu tesisler, kendileri için oluşturulan atıksu geri kazanım tesisleri ile atık suyun tarımsal amaçlı yeniden kullanılabilirliği açısından önemlidir (Üstün ve Solmaz 2007).

Fosfat parametresi üzerine çalışma yapılan diğer bazı nehirlere ait değerlere bakıldığında (Tablo 5), sanayi ve

kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerden geçen nehirlerde konsantrasyonlarının yüksek değerlerde olduğu görülmektedir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, Karaçay'ın su örneklerindeki bor konsantrasyonu 0.134–3.937 mg/L arasında değişen değerlerde bulunmuştur. Daha önce Gediz grabeninde yapılan çalışmalarda, yer altı suları ile kaplıca sularında bor düzeylerinin araştırıldığı çalışmaların fazla sayıda olduğu görülmüştür (Tarcan 1995, Tarcan ve Filiz 1997, Tarcan ve diğ. 1998, 2000). Bu çalışmalarda, inceleme alanındaki sularda bor miktarı ulusal ve uluslararası su standartlarına göre yüksek bulunmuş, bu durumun tarımsal alanlarda olumsuz etkilere neden olduğu belirtilmiştir. Gediz Nehrinin su kalitesi açısından bor içeriğinin spektrofotometrik yöntemle belirlendiği bir çalışmada, B konsantrasyonları 0.19–2.25 mg/L arasında belirlenmiş, bazı noktalardaki yüksek bor değerlerinin sebebinin doğal ve/veya endüstriyel deşarjlar olduğu sonucuna varılmıştır (Demirbaş ve Orhun 2008). Büyük Menderes nehrinde gerçekleştirilen bir çalışmada bor konsantrasyonu 0.33–6.41 mg/L arasında değişen değerlerde bulunmuş, su örneklerindeki bor değerlerinin özellikle yer altı termal su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde yüksek değerlere ulaştığı bildirilmiştir (Aydın ve Seferoğlu 2000). Simav çayında yapılan diğer bir başka çalışmada, bor madenleri öncesinde Simav çayının su örneklerindeki bor konsantrasyonu 0-0.5 mg/L düzeylerinde iken, madenlerin deşarj sularının katılımıyla 4.00 mg/L düzeylerine yükseldiği belirtilmiştir (Okay ve diğ. 1985). Çalışma bölgemizde jeotermal su kaynağının ve bor madeninin bulunmaması, bor kirliliğinin endüstriyel kaynaklı olduğunu göstermektedir. Sanayi bölgesi öncesinde yer alan 1. istasyondaki bor konsantrasyonları düşük, sanayi bölgesinde ve sonrasında yer alan diğer istasyonlarda ise

inorganik kirlilik sınır değerlerinin üzerinde bulunmuştur (Şekil 2C). Bor konsantrasyonu, yağışların fazla olduğu Aralık-Nisan ayları arasında düşük olup, yağmurların azaldığı Mayıs ve sonrasındaki aylarda yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır. Bu aylarda tarımsal sulamanın yapıyor olması, sulama suyundaki bor değerlerine dikkat edilmesi bakımından önemlidir.

Çalışma sonucunda elde edilen deterjan ve fosfat değerlerinin yüksek olmasının nedeninin, yakın çevredeki yerleşim yerlerinin evsel atıklarının doğrudan, endüstriyel atıksuyun ise deterjan, fosfat ve bor arıtımı yapılmadan Karaçay'a deşarjından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle özellikle Manisa Sanayi Arıtma Tesislerinde hem kimyasal hem de biyolojik olarak deterjan, fosfat ve bor arıtımı yapıldıktan sonra atıksuyun çaya verilmesi ve evsel atıkların doğrudan çaya verilmesinin engellenmesi gerekmektedir.

Ayrıca evsel ve endüstriyel atıksulara fosfor deşarjı azaltılmalı, özellikle fosfatsız deterjanlar kullanılmalıdır. Deterjan ve fosfat kirliliğinin önlenmesi için biyolojik parçalanabilirliği fazla olan yüzey aktif maddeler kullanılmalıdır. Biyolojik arıtma, deterjan ve dolayısıyla fosfatın mikroorganizmalarca alınması, yani yenmesi şeklinde olur. Fosfor bileşiklerinin kimyasal olarak arıtılmasında alüminyum tuzları, demir tuzları veya kireç kullanılabilir. Bu işlemlerde fosfor, yüksek pH değerlerinde fosfat tuzları halinde çöktürülür. Diğer bir yöntem de, kimyasal arıtmanın biyolojik arıtma ile birlikte kullanılmasıdır. İleri fosfor arıtımı için alglerin yoğun olarak üretilerek hasat edildiği siğ alg lagünleri de kullanılabilir. Hasat edilen algler, hayvan yemi veya biyogaz üretiminde hammadde olarak değerlendirilebilir. Çevre kirliliğinin önlenmesi adına atık sulardaki borun giderilmesi de önemlidir. Borca zengin atık sular iyon deşarjörleri kullanılarak temizlenebilmektedir. Kimyasal çöktürme, fiziksel adsorpsiyon, çözücü ekstraksiyon, buharlaştırma-kristalizasyon bor konsantrasyonuna bağlı olarak kullanılabilir.

Kaynakça

- Anonymous 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Ed. APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- Anonymous 2004. Regulation of Water Pollution Control (in Turkish). Official Newspaper, Date 31.12.2004. Number: 25687.
- Anonymous 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Ed. APHA, AWWA, WEF, Washington.
- Atıcı T., S. Ahıska 2005. Pollution and algae of Ankara Stream (in Turkish). Gazi University Journal of Sciences, 18: 51-59.
- Aydın G., S. Seferoğlu 2000. Investigation of Boron Concentration of some Irrigation Waters Used in Aydın Region for Plant Nutrient and Soil Pollution. Proceedings of International Symposium on Desertification, 13-17 June 2000, Konya, 109-115.
- Balık S., R. Ustaoglu 1991. Effects of pollution of fish populations in Nif stream. In Urban Ecology, Ege University Press, İzmir, 153-166.
- Balık S., M.R. Ustaoglu, Ö. Egemen, S. Cirik, R. Eltem, H.M. Sarı, A.G. Elbek, Y. Güner, G. Özdemir, D. Özdemir Mis, Y. Köksal, M. Özbek, C. Aygen, A. Taşdemir, S. Yıldız, A. İlhan, E.T. Topkara, H. Sömek, A. Kaymakçı 2002. The formulation of a action plan sustainable usage for Yuvarlak Stream (in Turkish). T.C. Çevre Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Ankara. 182s.

- Barlas M. 1999. The physico-chemical characteristics of waters in which otters (*Lutra lutra*) live (in Turkish). Su Samurunun Türkiye'deki Durumu Sempozyumu, 19-21 Kasım 1999, Antalya, 10-18.
- Başaran A.K. 2004. Pollution parameters in Bakırçay Delta and with relation Çandarlı Bay (in Turkish). Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Demirbaş P., Ö. Orhun 2008. Determination and assessment of boron content with spectrophotometric analysis method in terms of water quality in North Aegean, Gediz and Küçük Menderes River Basin, between 2003-2007 years (in Turkish). 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci, Havza Kirliliği Konferansı, 26-27 Haziran 2008, İzmir, 47-57.
- Egemen Ö. 2000. Environment and water pollution (in Turkish). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:42, Bornova - İzmir.
- Balık S., M.R. Ustaoglu, Ö. Egemen, M. Önen, H. Hakarlerler, H.M. Sarı, T. Tanrıkul, M. Özbek, A. İlhan, A.Kaymakçı Basaran 2005. Water quality of Küçük Menderes River and investigation of interaction with ecosystem (in Turkish). Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. No: 2003/BİL/010, 65 s.
- EU (European Union). 1988. Council Directive 98/83/EC on The Quality of Water Intended for Human Consumption. Consolidated Text Produced By The Consleg System of The Office for Official Publications of The European Communities (Consleg:1998 L0083-25/12/1998), OJ L 330.
- Gemici U., G. Tarcan 2002. Distribution of Boron in Thermal Waters of Western Anatolia, Turkey, and Examples of Their Environmental Impacts. Environmental Geology, 43: 87-98.
- Hem J.D. 1985. Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, Alexandria, USA.
- İzğoren S.F. 1992. Detergent pollution in Melez Stream and correlation with nutrients (in Turkish). Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karapars R. 1976. Investigation of detergent in alimentation water of Ankara city and rivers (in Turkish). Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 29: 853-866.
- Kloppmann W., G. Bianchini, A. Charalambides, E. Dotsika, C. Guerrot, P. Klose, A. Marei, M. Penisi, A. Vengosh, D. Voutsas 2005. Boron Contamination of Mediterranean Groundwater Resources: Extent, Sources and Pathways Elucidated by Environmental Isotopes. Geophysical Research Abstracts, 7: 10162.
- Kontas A. 1990. The pollution of Meriç River and this pollution effects to Aegean Sea (in Turkish). Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü, İzmir.
- Matthess G. 1982. The Properties of Groundwater. John Wiley and Sons Inc., New York-USA.
- Minareci O. 2007. Investigation of detergent pollution in Gediz River (in Turkish). Doktora Tezi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Minareci O., M. Öztürk, Ö. Egemen, E. Minareci 2008a. The assessment of the effects of discharged of Manisa Municipality Wastewater Treatment Plant on Gediz River in terms of anionic detergent and phosphate parameters (in Turkish). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 3: 16-25.
- Minareci O., M. Öztürk, Ö. Egemen, E. Minareci 2008b. Determination of the effects Manisa Organized Industrial Treatment Plant caused the detergent pollution in Gediz River (in Turkish). Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4: 65-72.
- Minareci O., M. Öztürk, Ö. Egemen, E. Minareci 2009. Detergent and Phosphate Pollution in Gediz River, Turkey. African Journal of Biotechnology, 8: 3568-3575.
- Okay O., H. Güçlü, E. Soner, T. Balkaş 1985. Boron pollution in The Simav River, Turkey and various Methods of Boron Removal. Water Research, 7: 857-862.
- Okur B., H. Hakerlerler, D. Anaç, S. Anaç, F. Dorsan, B. Yağmur 1997. An investigation on monthly and seasonal variation of some pollution parameters of Gediz River (in Turkish). Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No: 93-ZRF-043, Bornova-İzmir, 1-41.
- Parsons T.R., Y. Matia, C.M. Lalli 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, New York.

- Patin S.A. 1985. Ekologo-toksikologicheskie aspekty zagryazneniya morskisredy (Ecologo-toxicological Aspects of Pollution of Marine Environment), Leningrad: Gidrometeoizdat.
- Smith V.H., G.D. Tilman, J.C. Nekola 1999. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100: 179-196.
- Şengül F., N. Topçu, Z. Yılmaz 1986. Detergent and phosphate pollution in surface water in İzmir district (in Turkish). *Çevre Sempozyumu*, Haziran 1986, İzmir.
- Tarcan G. 1995. Hydrogeological study of the Turgutlu Hot Springs. Ph.D. Thesis. Dokuz Eylül University. Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Tarcan G., Ş. Filiz 1997. Hydrogeology of the Turgutlu geothermal field. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6: 43-64.
- Tarcan G., Ş. Filiz, Ü. Gemici 1998. Hydrogeological and hydrogeochemical investigations in Salihli (Manisa) geothermal fields (in Turkish). *Türkiye Petrol Jeologları Bülteni*, 10: 61-86.
- Tarcan G., S. Filiz, U. Gemici 2000. Geology and Geochemistry of the Salihli Geothermal Fields (Turkey). *Proceedings World Geothermal Congress, May 28-June 10 2000, Kyushu - Tohoku*, 1829-1834.
- Tasdemir M., L.Z. Göksu 2001. Some water quality criteria of Asi River (Hatay, Turkey) (in Turkish). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18: 55 – 64.
- TS – 266. 2005. Waters (in Turkish). Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Türkiye.
- Tuğrul G. 1992. Investigation of anionic detergent pollution in Gediz River system (in Turkish). Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı, İzmir.
- Üstün G.E., S.K.A. Solmaz 2007. The investigation of reuse of organized industrial district wastewater treatment plant effluent for agricultural irrigation purposes (in Turkish). *Ekoloji Dergisi*, 62: 55-61.
- Vural N., H. Kumbur 1982. Detergents and fraction of detergents in Ankara Stream and quantitative analysis of metals (in Turkish). *Doğa Bilim Dergisi*, 6: 61-67.
- WHO (World Health Organization). 1996. *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 2nd Ed. Health criteria and other supporting information, Geneva.