



Water quality assessment of Porsuk stream basin

Esengül KÖSE¹, Arzu ÇİÇEK², Özgür EMİROĞLU³, Cem TOKATLI^{*4}, Alper UĞURLUOĞLU², Sercan BAŞKURT³, Sadi AKSU³, Merve UYLAŞ²

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir Meslek Yüksek Okulu, Çevre Koruma Kontrol Böl., Eskişehir, Turkey

² Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Eskişehir, Turkey

³ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir, Turkey

⁴ Trakya Üniversitesi, İpsala Meslek Yüksek Okulu, Laboratuvar Teknolojisi Bölümü, Edirne, Turkey

Abstract

Porsuk Stream passing from the borders of Eskişehir and Kütahya has a significant water supply, feeds Sakarya River which has important water potential in Turkey. In particular, a part of Porsuk Stream Basin (Porsuk Dam Lake) up to the province of Eskişehir is used as drinking and potable water basin. Therefore, determination of water quality of Porsuk Stream has a great importance for the health of ecosystems in the region. In this study, water samples were collected from 18 stations located on the Porsuk Stream and some important physicochemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, turbidity, salinity, conductivity, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, sulphate, total phosphorus, biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand) were investigated in order to determine the water quality of Porsuk Stream. Obtained data were evaluated by Geographic Information System (GIS) in order to make a visual explanation by presenting distribution maps of investigated parameters. As a result of this study, water of Porsuk Stream was determined as significantly inorganically and organically polluted on especially output stations of Kütahya and Eskişehir Provinces.

Key words: Porsuk stream basin, water quality, geographic information system

----- * -----

Porsuk çayı havzası su kalitesinin değerlendirilmesi

Özet

Porsuk Çayı, Kütahya ve Eskişehir il sınırlarından geçerek Türkiye'nin önemli su potansiyellerinden biri olan Sakarya Nehri'ni besleyen ve her iki il içinde önemi tartışılmaz bir akarsudur. Özellikle, Eskişehir iline kadar olan kısmının (Porsuk Barajı) içme ve kullanma suyu havzası olması nedeni ile su kalite çalışmaları ve alınacak tedbirler bölgede bulunan ekosistemlerin sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Porsuk Çayı'nın kaynağından Sakarya Nehri'yle birleştiği yere kadar olan bölgeden seçilen 18 istasyonun su örneklerinde bazı önemli fizikokimyasal parametreler (sıcaklık, pH, iletkenlik, tuzluluk, çözülmüş oksijen, bulanıklık, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı) araştırılmıştır. Çalışma alanında ölçülen parametrelerin görsel özetlerinin etkili bir şekilde sunulabilmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak dağılım haritaları oluşturulmuştur. Porsuk Çayı'nın kaynağı ile karşılaştırıldığında, Kütahya ve Eskişehir illeri çıkışında yoğun organik ve inorganik kirlilikten dolayı su kalitesinin düştüğü ve kirlilik yükünün önemli derecede yükseldiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Porsuk çayı, su kalitesi, coğrafi bilgi sistemi

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +902846161348; Fax.: +902846163534; E-mail: tokatlicem@gmail.com

1. Giriş

Akarsular ve içerisinde yer aldıkları havzalar hem biyotik hem de abiyotik birçok elemana sahip sistemler olup, kaynak noktasından döküldüğü ortama kadar olan bölgede bir çok ekolojik faktörün etkisi altında bulunmaktadır. Akarsuların coğrafik konumunun, fiziksel, kimyasal, ekolojik, jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin farklı olması barındırdığı bitki, hayvan ve mikroorganizma türlerinin farklı olmasına neden olmaktadır. Özellikle son yıllardaki aşırı nüfus artışı ve göç olayları, endüstrinin hızla artması, yanlış kentleşme süreçleri, doğal kaynakların bilinçsizce kullanımı ve bilinçsizce yürütülen tarım faaliyetleri akarsuların doğal özelliklerini kaybetmesine ve kirlenmesine neden olmaktadır (Singh et al., 2005; Strobl and Robillard, 2008; Tanyolaç, 2009; Tokatlı et al., 2014a; Tokatlı, 2015).

Çalışma alanımızı teşkil eden Porsuk Çayı Havzasında, Eskişehir ve Kütahya il merkezleri ve bu illere bağlı toplam 7 ilçe merkezi bulunmaktadır ve havza suları içme, kullanma, sulama ve sanayi suyu temini için bölgede yaygın olarak kullanılmaktadır. Eysel ve endüstriyel atıklar için alıcı ortam, rekreasyon ve balıkçılık faaliyetlerinde de kullanılan havza suları yoğun şekilde endüstriyel, tarımsal ve evsel atıklara maruz kalmaktadır (Tokatlı et al., 2012; Köse et al., 2015; 2016).

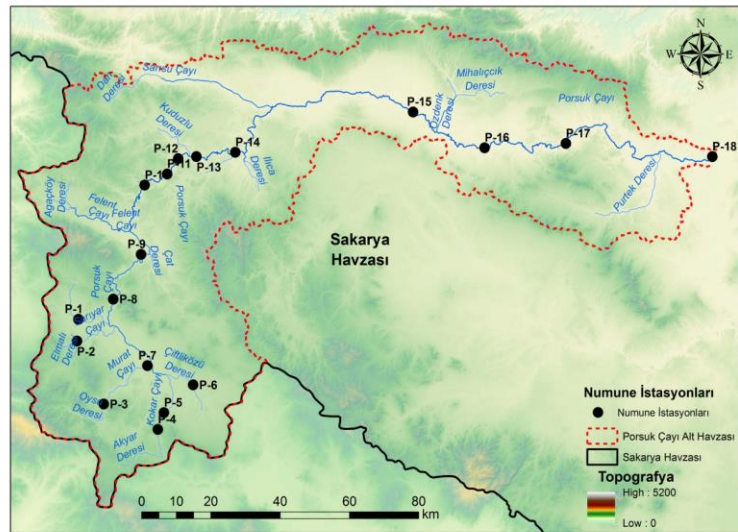
Son yıllarda, hem ülkemizde hem dünyada, çevre kirliliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), tespit edilen bazı sayısal verilerin, bilgisayara aktarılarak, görsel olarak özetlenmesi ve sunulması esasına dayanmaktadır (Arslan, 2008; Şener et al., 2009; Tokatlı et al., 2013; Tokatlı, 2014; Tokatlı et al., 2014b). Çalışmamızda, Porsuk Çayı Havzası su kalitesinin tespit edilmesi, elde edilen verilerin bazı ulusal ve uluslararası sınır değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak tespit edilen parametrelerin dağılım haritaları çizilerek, mevcut durum görsel olarak özetlenmesi amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı ve örneklerin toplanması

Sakarya nehrinin önemli bir kolu olan Porsuk Çayı Havzası, kuzeybatı Anadolu’da 11.188 km²’lik bir alanı kapsamaktadır. Alan 29° 59’ ve 31° 59’ doğu boylamları ile 28° 44’ ve 39° 99’ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Doğu – batı doğrultusunda 202 km, kuzey güney doğrultusunda 135 km olan Porsuk Çayı, Murat Dağlarından gelen Kocaçay, Avşar Deresi, Kocarçay ve Kureyşler derelerinin Altıntaş İlçesi Eymir Köyü yakınlarında 1.010 m kotunda birleşmesiyle oluşmaktadır (Bakış ve ark., 2011). Sakarya Nehri’ne ulaşana kadar yaklaşık 460 km yol kateden Porsuk Çayı, Sakarya Nehri’ne karışmadan önce başta Kunduz Deresi olmak üzere Mollaoğlu Deresi, Sarısu, Keskin Suyu, Kargın Deresi ve Pürtek Çayı’na da bünyesine almaktadır. Havza üzerinde, Eskişehir’in yaklaşık 25 km güneybatısında yer alana bulunan Porsuk Barajı Eskişehir’in Porsuk Baraj Gölü bulunmaktadır. Eskişehir’in taşkınlardan korunması ve Eskişehir ve Alpu ovalarının sulanması amaçları ile kurulan Porsuk Baraj Gölü aynı zamanda Eskişehir ilinin içme ve kullanma suyu temini amacıyla da kullanılmaktadır (Emiroğlu et al., 2013; Köse et al., 2015; 2016).

Çalışmamızda Porsuk Çayı Havzası üzerinde, daha temiz olduğu tahmin edilen kaynak bölgesi ve kırsal alanlar, havzada yer alan baraj gölü ve evsel, tarımsal ve endüstriyel kirlilik etmenleri göz önüne alınarak, sistemin mevcut durumunu en iyi yansıtacağını düşündüğümüz bölgelerden istasyonlar tespit edilmiştir. Porsuk Baraj Gölünden 3 istasyon olmak üzere toplam 18 istasyondan, 2015 yılı yaz mevsiminde, yüzeyden bir kez olmak üzere su numuneleri toplanmıştır. Havza üzerinde örnekleme yapılan istasyonlar Şekil 1’de, tespit edilen istasyonların koordinatları ise Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Porsuk Çayı Havzası, örnekleme yapılan ve izlenen istasyonlar
Figure 1. Porsuk Stream Basin, sampling and monitored stations

Tablo 1. Porsuk Çayı Havzasında örnekleme yapılan ve izlenen istasyonların koordinatları
Table 1. The coordinates of the sampling and monitored stations on Porsuk Stream Basin

İstasyonlar	İstasyon Adı	X	Y
1	Aslanapa	39.20881	29.86675
2	Tokul Köyü	39.15352	29.86566
3	Kaynak	38.99798	29.96448
4	Zafertepe Köyü	38.96072	30.10365
5	Beşkarış Köyü	38.98336	30.16605
6	Hacıbeyli Köyü	39.05681	30.25909
7	Çayırbaşı	39.0999	30.10393
8	Ada Köyü	39.26397	29.98031
9	Ağaçköy	39.38014	30.06653
10	Kütahya Çıkış	39.55533	30.06802
11	Baraj 1	39.586	30.14198
12	Baraj 2	39.62566	30.17688
13	Baraj 3	39.63312	30.23757
14	Eskişehir Giriş	39.64833	30.36753
15	Alpu	39.76836	30.96016
16	Beylikova	39.68423	31.20469
17	Yunusemre	39.70131	31.47751
18	Sakarya Dökülüş	39.67838	31.97093

2.2. Fiziksel ve kimyasal analizler

Tüm istasyonların su kalitesinin tespit edilebilmesi için sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, tuzluluk ve bulanıklık parametreleri arazi çalışmaları sırasında Hach Lange Markalı HQ40D Modelli Multiparametre ve 2100Q Portatif Turbidimetre cihazları ile; nitrit azotu, nitrat azotu, sülfat, amonyum azotu, toplam fosfor, KOİ ve BOİ parametreleri ise hemen arazi çalışmalarından sonra Hach Lange Markalı DR 3900 Modelli Spektrofotometre ve Enotek Markalı BOD cihazı ile tespit edilmiştir. Su numunelerinin muhafaza ve taşınması, TS EN ISO 19458 Aralık 2006 Su Kalitesi-Mikrobiyolojik Analizler İçin Numune Alma Standardına göre yapılmıştır.

2.3. CBS haritaları

Çalışmamızdan elde edilen analiz sonuçlarının havza bazında daha kolay yorumlanabilmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) araçlarından olan ArcGIS yazılımından yararlanılmıştır. Bu kapsamda, akış yönleri ve drenaj ağı gibi hidrolojik parametreler kullanılmış olup, havza sınırları ortaya çıkarılmıştır. Daha önce arazide belirlenen 18 örnekleme istasyonundan alınan koordinatlar ve çalışmamızın sonuçları CBS ortamına aktarılmış ve dağılım haritaları çizilmiştir. Fizikokimyasal parametrelerin analizi sonucunda elde edilen değerler sembolji kullanılarak miktarsal etiketlemenin yapıldığı özellikler kullanılarak haritalandırılmıştır. Bu kısımda, dereceli renklendirme kullanılmış olup, 18 istasyonda elde edilen parametreler, değerlerinin minimum ve maksimum değerleri arasındaki doğal aralıklandırma (natural breaks jenks) yöntemiyle 5 sınıf olarak yapılması tercih edilmiştir.

3. Bulgular

Porsuk Çayı Havzasında, 2015 yılı yaz mevsiminde tespit edilen su kalite parametre verileri Tablo 2 ve 3'te, Porsuk Çayı Havzasında araştırılan tüm istasyonların, incelenen parametreler açısından su kalite sınıfları ise Tablo 4'te verilmiştir. Ayrıca havzada tespit edilen fizikokimyasal veriler ve CBS kullanılarak yapılan haritalar Şekil 2 ve 3'te verilmiştir.

Çalışmamızda incelenen su kalite parametreleri, Türk Çevre Mevzuatında yer alan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri (SKKY, 2015) ve Avrupa Birliği Komisyonunun tatlısulara balık sağlığının korunması için sağlanması gerekli olan su kalitesi kriterleri direktifi (EC Direktifi, 2006) ile karşılaştırılmıştır.

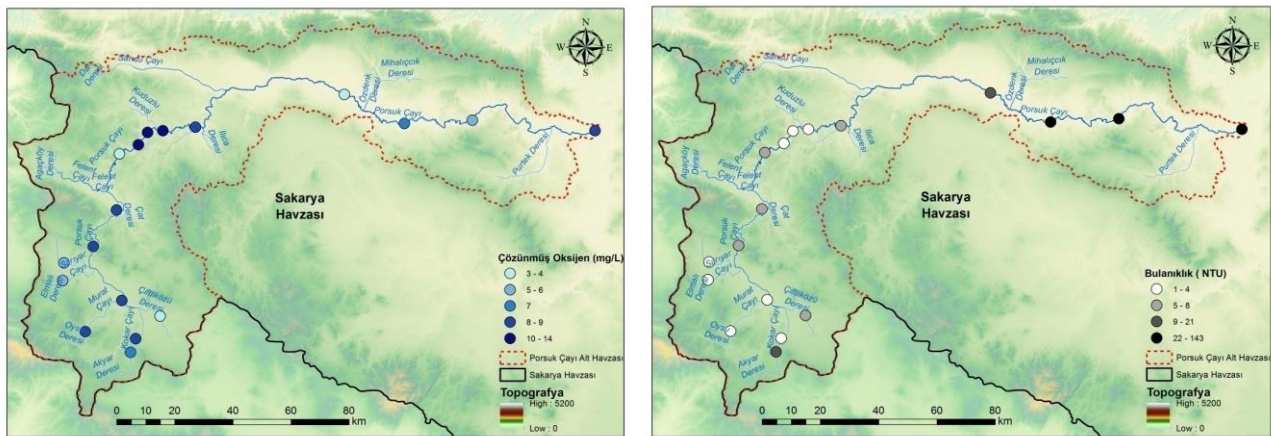
EC Direktiflerine göre çözülmüş oksijen değerinin Cyprinidlerin bulunduğu sularda 4 mg/L den düşük olmaması gerektiği bildirilmiştir (EC Directive, 2006). Porsuk Çayı'nda en yüksek çözülmüş oksijen değerleri Porsuk Baraj Gölü istasyonlarında (11. 12. ve 13. istasyonlar) sırası ile 14,14; 13,24; 13.8 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük çözülmüş oksijen seviyeleri ise Kütahya Çıkış istasyonu olarak seçilen 10. istasyonda 3,30 mg/L olarak ölçülmüştür. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri'ne göre çözülmüş oksijen değeri Kütahya Çıkış istasyonu ve Porsuk Çayı üzerinde Eskişehir ilini geçtikten sonra seçilen istasyonlarda genel olarak III. ve IV. sınıf olarak tespit edilmiştir (SKKY, 2015).

Tablo 2. Yukarı Porsuk Çayı Havzasında tespit edilen su kalite verileri
Table 2. Water quality data detected in upstrem of the basin

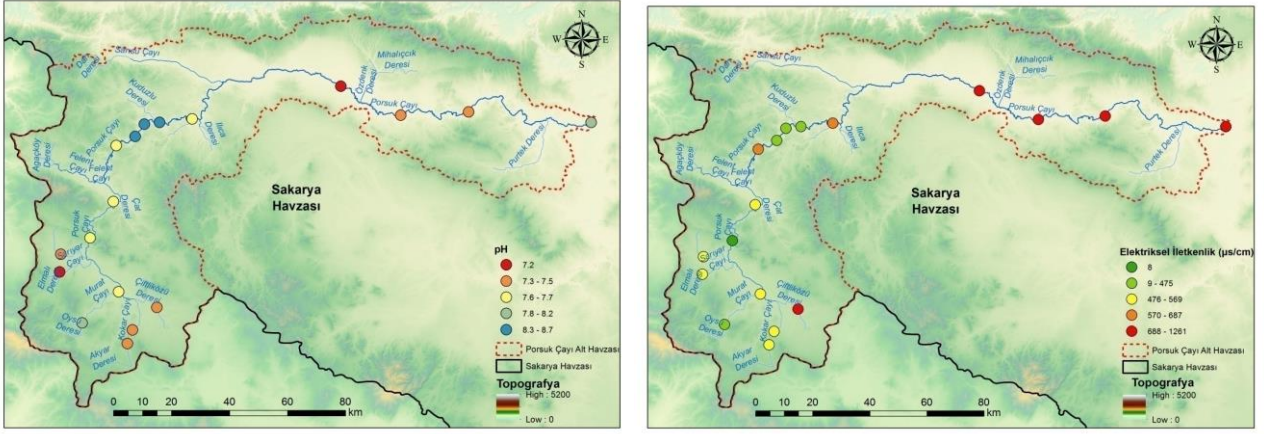
Parametreler	Birim	İSTASYONLAR								
		Kütahya Öncesi								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sıcaklık	°C	17,3	14,3	10	20,4	18,1	20,9	19,1	22,8	22
Çözünmüş Oksijen	mg/L	5,44	5,99	9,05	6,66	7,86	2,90	8,41	7,97	7,56
Oksijen Doygunluğu	%	65,3	67,5	94	81,8	93,9	37,7	110,5	105,1	97,6
Bulanıklık	NTU	1,59	0,71	1,90	17,9	2,22	4,71	3,64	6,28	5,07
pH		7,35	7,19	8,16	7,44	7,38	7,47	7,58	7,54	7,57
Elektriksel İletkenlik	µs/cm	569	520	346	556	510	847	530	7,54	564
Tuzluluk	‰	0,28	0,25	0,16	0,28	0,25	0,41	0,26	0,27	0,27
Sülfat	mg SO ₄ /L	45,7	22,5	13,1	26,6	50,6	245	23,3	40,8	32,4
Amonyum azotu	mg NH ₄ ⁺ -N/L	0,019	0,044	0,008	0,056	0,012	1,10	0,230	0,036	0,022
Nitrit azotu	mg NO ₂ ⁻ -N/L	0,045	0,014	0,008	0,072	0,012	0,196	0,059	0,024	0,012
Nitrat azotu	mg NO ₃ ⁻ -N/L	1,57	2,11	0,208	2,09	1,05	0,769	0,726	0,609	1,01
Toplam Fosfor	mg/L	0,037	0,041	0,015	0,119	0,027	0,70	0,086	0,046	0,032
KOI	mg/L	5,87	2,01	0,779	9,43	3,56	22,5	6,64	15,5	9,86
BOİ	mg/L	1,87	1,15	0,15	1,13	1,05	14,91	0,14	0,97	0,18

Tablo 3. Baraj ve Aşağı Porsuk Çayı Havzasında tespit edilen su kalite verileri
Table 3. Water quality data detected in downstream of the basin

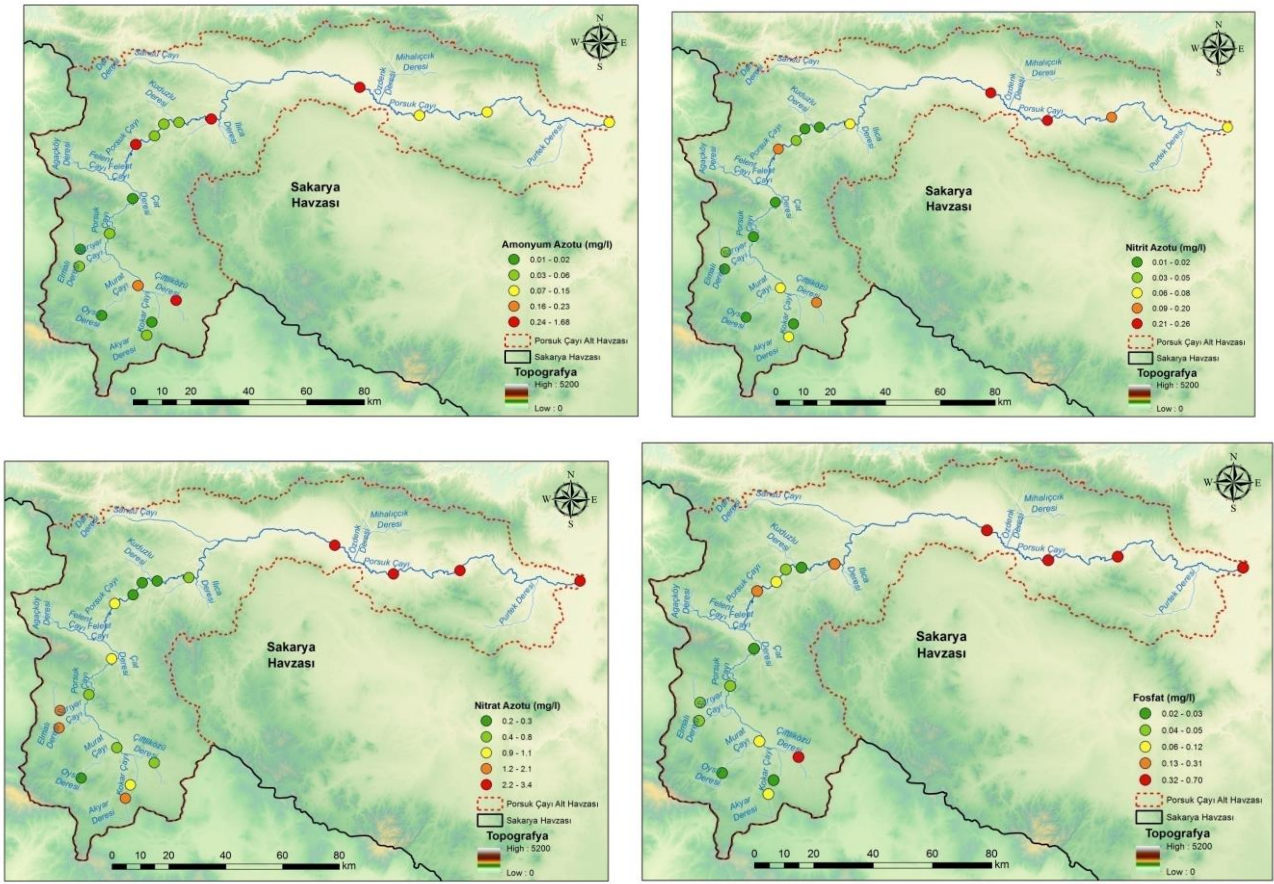
Parametreler	Birim	İstasyonlar									
		Kütahya Çıkış		Porsuk Baraj Gölü			Baraj Çıkış	Eskişehir Sonrası			
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Sıcaklık	°C	24	23.9	23.5	23.9	14.5	21.3	23.4	25.4	25	
Çözünmüş Oksijen	mg/L	3.30	14.14	13.24	13.8	7.92	4.33	6.61	5.66	7.97	
Oksijen Doygunluğu	%	44.1	186.4	165.2	167.4	86.5	53.7	84.9	75.3	105.8	
Bulanıklık	NTU	7.61	3.86	3.21	2.13	7.33	20.9	103	143	119	
pH		7.54	8.40	8.49	8.69	7.73	7.22	7.38	7.36	7.97	
Elektriksel İletkenlik	µs/cm	687	473	472	475	619	911	913	863	1261	
Tuzluluk	‰	0.33	0.23	0.23	0.23	0.30	0.45	0.43	0.44	0.63	
Sülfat	mg SO ₄ /L	53.8	53	51.5	50.1	46.1	82.5	79.5	88.8	182	
Amonyum azotu	mg NH ₄ ⁺ -N/L	1.68	0.032	0.053	0.031	1.47	1.53	0.078	0.146	0.111	
Nitrit azotu	mg NO ₂ ⁻ -N/L	0.199	0.039	0.009	0.017	0.065	0.251	0.264	0.145	0.078	
Nitrat azotu	mg NO ₃ ⁻ -N/L	0.910	0.158	0.342	0.228	0.631	2.76	3.25	3.38	2.98	
Toplam fosfor	mg/L	0.307	0.074	0.054	0.026	0.307	0.503	0.478	0.498	0.530	
KOI	mg/L	25.01	21.6	17.2	19.2	16.7	21.1	16.6	19.9	21.7	
BOİ	mg/L	12.8	9.58	8	4.32	2.07	6.92	5.10	7.2	7.25	



Şekil 2. pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen ve bulanıklık parametreleri dağılım haritaları
Figure 2. Distribution maps of pH, conductivity, dissolved oxygen and turbidity parameters



Şekil 2. pH, iletkenlik, çözülmüş oksijen ve bulanıklık parametreleri dağılım haritaları
Figure 2. Distribution maps of pH, conductivity, dissolved oxygen and turbidity parameters



Şekil 3. Nitrat, nitrit, amonyum ve fosfat parametreleri dağılım haritaları
Figure 3. Distribution maps of nitrate, nitrite, ammonium and phosphate parameters

Aerobik ortamlarda yaşayan canlıların metabolik faaliyetlerinde çözülmüş oksijene ihtiyaç duyulmakta ve sularda çözülmüş oksijen seviyesi doğal temizlenme kapasitesini göstermektedir. Bu yüzden çözülmüş oksijen akuatik canlıların yaşamını destekleyen su kalitesi değişiminin izlenmesinde, ekolojik dengenin sağlanmasında, alıcı ortamın asimilasyon kapasitelerinin hesaplanmasında, göllerin ve denizlerin yaşlanma periyotlarının tahmininde, atıksuların arıtımı ve içme sularının temizlenmesi süreçlerinde, su kirliliği ve atık işleme kontrollerinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir (Karpuzcu, 2007). Kalyoncu ve ark. (2008), Aksu Çayı'nın en düşük oksijen seviyelerini evsel atık su karışımından sonraki örnekleme noktasında belirlemişlerdir. Uyanık et al. (2005), Eğri Çayı üzerinde yapmış oldukları çalışmada en düşük çözülmüş oksijen seviyelerinin evsel ve endüstriyel atık suların karışımından sonraki noktalarda olduğunu tespit etmişlerdir. Simic (1996), Trgoviski Timok Nehri'nde yapmış olduğu çalışmada, en düşük çözülmüş oksijen değerlerini atık su deşarjlarının yoğun olduğu noktalardan sonraki alanlarda belirlemiştir. Elde edilen sonuçlar diğer araştırmacıların

sonuçları ile benzer olup, Porsuk Çayı suyunda özellikle 6., 10. ve 15. istasyonlarda çözülmüş oksijen değeri çok düşük bulunmuştur. Bu durum özellikle 10. ve 15. istasyonların iki şehrin çıkış noktasında olması ve evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklardan önemli miktarda etkilendiğinin bir sonucu olarak gösterilebilir.

Tablo 4. İstasyonlarının su kalite sınıfları (SKKY, 2015)
Table 4. Water quality class of station (SKKY, 2015)

İstasyonlar	Parametreler								
	Sıcaklık	pH	Çözülmüş Oksijen	Amonyum Azotu	Nitrit Azotu	Nitrat Azotu	BOİ	KOI	Toplam Fosfor
1	I.	I.	III.	I.	III.	I.	I.	I.	II.
2	I.	I.	III.	I.	III.	I.	I.	I.	II.
3	I.	I.	I.	I.	II.	I.	I.	I.	I.
4	I.	I.	II.	I.	IV.	I.	I.	I.	I.
5	I.	I.	II.	I.	III.	I.	I.	I.	I.
6	I.	I.	IV.	III	IV.	I.	III.	I.	IV.
7	I.	I.	I.	II	IV.	I.	I.	I.	II.
8	I.	I.	II.	I	III.	I.	I.	I.	II.
9	I.	I.	II.	II	III.	I.	I.	I.	II.
10	I.	I.	III	III	IV.	I.	III.	II.	III.
11	I.	I.	I	II	III	I.	III.	I.	II.
12	I.	I.	I	II	II	I.	III.	I.	II.
13	I.	II.	I	II	III	I.	II.	I.	I.
14	I.	I.	II	III	IV	I.	I.	I.	III.
15	I.	I.	III	II	IV	I.	II.	I.	III.
16	I.	I.	II	II	IV	I.	II.	I.	III.
17	I.	I.	III	I	IV	I.	II.	I.	III.
18	I.	I.	II	I	IV	I.	II.	I.	III.

Porsuk Çayı suyunun iletkenlik değeri en düşük 3. istasyonda 346 $\mu\text{s}/\text{cm}$, en yüksek ise 18. istasyonda 1261 $\mu\text{s}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. Köse et al. (2016), 2010 – 2011 yılları arasında mevsimsel olarak izlediği Porsuk Çayı üzerinde, en yüksek iletkenlik değerini Porsuk Çayı'nın Sakarya Nehri'ne döküldüğü bölgede yaz mevsiminde 2180 $\mu\text{s}/\text{cm}$ olarak belirlemiştir. Çalışmamızda tespit edilen tuzluluk değerleri özellikle iletkenlik değerleriyle benzer olarak artış göstermiştir. Tarımsal alanlarda kullanılan doğal ve suni gübreler, evsel atık sular ve nehir yatağının jeolojik yapısı tuzluluk miktarını yükseltebilir. Tarımsal sulama sularında yüksek miktarda tuz bulunması toprağın verimsizleşmesine neden olacağından istenmeyen bir durumdur (Sönmez ve Yurtseven, 1995). Porsuk Çayı suyunda en yüksek tuzluluk değeri 18. istasyonda % 0.63 bulunmuştur. 18. İstasyon, Porsuk Çayı'nın son Sakarya Nehri'ne karıştığı bölge olması ile kirlilik yükünün toplandığı bir istasyon konumundadır ve çevresinde tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapılmasının da tuzluluk ve iletkenlik seviyelerinin artışına katkı sağladığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda en yüksek BOİ değeri, 6. istasyonda 14,91 mg/L olarak ölçülmüştür. BOİ değeri organik kirliliğin en önemli kriteridir. EC direktiflerine göre BOİ'nin Cyprinidlerin bulunduğu sularında 6 mg/L değerinin üzerinde olmaması gerektiği bildirilmiştir (EC Directive, 2006). Porsuk Çayı suyunda ölçülen BOİ seviyeleri 6., 10., 11., 12., 15. ve 17. istasyonlarda EC Direktiflerinde bildirilen sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Ayrıca Yüzeysel Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği Kıtaçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri'ne göre 6., 10., 11., 12., 15 ve 17. istasyonların, II. ve III. sınıf kalitede oldukları tespit edilmiştir (SKKY, 2015). Porsuk Çayı Havzasında tespit edilen en yüksek KOİ değerleri ise, 6. ve 10. istasyonlarda sırası ile 22,5 ve 25,01 mg/L olarak kaydedilmiştir.

EC Direktiflerine göre pH değerinin sularında Cyprinidler için 6 – 9 arasında olması gerektiği bildirilmiştir (EC Directive, 2006). Porsuk Çayı'nda tespit edilen pH değerleri bildirilen sınır aralıklar arasındadır ve EC kriterlerine göre balık sağlığı açısından herhangi bir risk oluşturmamaktadır. Ayrıca, yine önemli fiziksel su kalite kriterlerinden olan sıcaklıkta balık sağlığı açısından uygun aralıklardadır (EC Directive, 2006).

Avrupa Birliği Komisyonunun tatlısularında balık sağlığının korunması için sağlanması gerekli su kalitesi kriterleri direktifine (EC Direktifi, 2006) göre amonyum (NH_4) değerinin sularında Cyprinidler için 1 mg/L ve aşağı değerlerde olması gerektiği bildirilmiştir. Amonyum, suda genel olarak azot içeren organik maddelerin parçalanması sonucu meydana gelen ve organizmalar için toksik olmayan bir ara üründür (Egemen ve Sunlu, 1996). Bu çalışmada kaydedilen en yüksek amonyum azotu değeri 10. istasyonda 1,68 mg/L olarak belirlenmiştir ve 6., 10., 14. ve 15. istasyonlarda tespit edilen amonyum değerleri 1 mg/L'nin üzerindedir. Ayrıca amonyum azotu değerleri açısından Kıtaçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri'ne göre 6., 10., 14 ve 15. istasyonların III. sınıf kalitede olduğu tespit edilmiştir (SKKY, 2015). Amonyum azotu özellikle evsel ve endüstriyel atıkların yoğun olduğu Kütahya ve Eskişehir illerinden sonra seçilen istasyonlarda oldukça yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, Kütahya ilinde bulunan gübre fabrikasının, magnezit fabrikasının, belediye mezbahası atıksularının, Seyitömer Termik Santrali gibi Kütahya kökenli kirlilik yükünün Porsuk Çayı'nı olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Özyurt ve ark., 2004).

EC Direktiflerine göre nitrit azotu değerinin Cyprinidlerin bulunduğu sularda 0,03 mg/L değerlerine eşit veya bu değerlerden düşük olması gerektiği bildirilmiştir (EC Directive, 2006). 2., 3., 5., 8. ve 9. istasyonlarda nitrit azotu değerlerinin 0,03 mg/L'nin altında olduğu belirlenmiştir. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri'ne göre nitrit azotu değerleri incelendiğinde, 6., 10., 15 ve 16. istasyonların III. sınıf su kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (SKKY, 2015). Bakış ve ark., (2011) ve Köse et al., (2015) tarafından yapılan çalışmalarda, Porsuk Çayı'nın nitrit azotu seviyelerinin Kütahya pis su arıtma tesisi, baraj çıkışı ve Alpu bölgelerinde en yüksek değerlere çıktığı bildirilmiştir. Her iki çalışmada da Porsuk Çayı'nın izlenen yıllar için Kütahya çıkışından Sakarya Nehri'ne kadar olan kısmının IV. sınıf kalitede olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmamızda elde edilen veriler literatür ile benzerlik göstermektedir. Nitrit, amonyumdan nitrate dönüşen biyolojik oksidasyonda bir ara üründür ve nitritin doğal sularda çoğunlukla konsantrasyonu düşüktür. Fakat organik kirliliğin olduğu bölgelerde yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir (Egemen ve Sunlu, 1996). Bu çalışmada, organik kirliliği yüksek olan istasyonlarda nitrit azotu değerlerinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Nitrat azotu değerleri açısından Porsuk Çayı Havzasında çalışılan tüm istasyonlar, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetim Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynaklarının Kalite Kriterleri'ne göre I. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir (SKKY, 2015). Nitrat azotu algal büyümeyi sınırlayan veya arttıran önemli bir faktördür. Fitoplanktonların yoğun bir şekilde gelişmesi için gerekli olan nitrat azotunun sulardaki normal değerleri 1 – 10 mg/L'dir. Oligotrofik sularda azot miktarı düşük ötrofik sularda ise oldukça yüksektir (Wetzel, 2001).

Fosfor, sucul ekosistemlerde mevcut olan çok yönlü ve karmaşık kimyasal dengelerin önemli elemanlarından biridir. Evsel atık sularda fosforun yaklaşık %50'si kullanılan deterjanların yapısındaki fosfattan gelir. Tarımsal üretim alanlarından yıkanarak suya karışan fosfor miktarı 0,2 – 1 kg P/ ha yıl olarak verilmekte olup alıcı ortam suya fosforun %91'i evsel ve endüstriyel atıklardan ulaşırken, %9'u da tarımsal alanlardan gelmektedir. Atık sularla, erozyonla, tarımsal topraklardan drenajla ve yağmur sularıyla gelen azot, fosfor gibi besleyici elementlerin, göl, nehir, durgun su ve körfezlerde maksimum düzeye ulaşması sonucu aşırı alg çoğalmasının ardından ötrofikasyon sorunu ortaya çıkmaktadır (Egemen, 2011). Çalışmamızda, toplam fosfor parametresi, havzada en yüksek 6. istasyonda 0,70 mg/L olarak bulunmuştur.

BEBKA (2011) Çevre Durum Raporuna göre, Porsuk Çayı, Kütahya şehrine girerken I. sınıf kalitededir. Ancak şehirden çıktıktan sonra akarsuyun çözünmüş oksijen, BOİ ve KOİ açısından III. sınıf kaliteye ve amonyak azotu açısından IV. sınıf kaliteye düştüğü bildirilmiştir. Eskişehir ilinden geçerken ise herhangi bir deşarjın olmadığı, fakat şehir merkezinin hemen çıkışından sonra Eskişehir OSB'nin arıtılmış atıksuları, bazı sanayi kuruluşlarının arıtılmış atıksuları ve Su ve Kanalizasyon İdaresi (ESKİ) atıksu arıtım tesislerinde arıtılan atıksuların deşarj edildiği ve Porsuk Çayı'nın Sakarya Nehri ile birleşmeden önce Alpu, Beylikova ve Yunusemre ilçelerinden geçerek hayvansal üretim, arıtılmamış evsel ve endüstriyel atıksuların baskısı altında olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızın sonuçları BEBKA Çevre durum raporunu ile yüksek oranda benzerlik göstermektedir.

Sucul ekosistemlerin korunması, doğal su kaynaklarını tehdit eden faktörlerin belirlenmesi ve önleyici alternatif tedbirlerin alınması sağlıklı ve ekonomik bir gelişme için mutlaka gereklidir. Bu çalışmada, Kütahya ve Eskişehir illeri açısından oldukça önemli bir kaynak olan Porsuk Çayı Havzasında su kalitesi ve kirlilik düzeyi araştırılmıştır.

Havza üzerinde araştırılan 6. , 10., 14. ve 18. istasyonların, özellikle nitrit azotu, çözünmüş oksijen ve toplam fosfor parametreleri açısından III. ve IV. Sınıf, yani kirlenmiş ve çok kirlenmiş su sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Eskişehir ve Kütahya'nın önemli içme ve kullanma su kaynağını oluşturan Porsuk Çayı'nın, kaynaktan temiz olduğunu, daha sonra bu iki kente ait endüstriyel, evsel ve tarımsal faaliyetler neticesinde kirlendiğini göstermektedir. Eskişehir ve Kütahya illerinin kirliliğini taşıyan Porsuk Çayı, Türkiye'nin önemli akarsularından biri olan Sakarya Nehri'nin, hatta Karadeniz'in su kalitesini de önemli derecede etkilemektedir. Porsuk Çayı'nın kirlilik yükü açısından rehabilite edilmesi ve kabul edilebilir seviyelere çekilmesi aynı zamanda Porsuk Çayı Havzasının ve bağlı bulunduğu diğer ekosistemlerin sağlığı açısından oldukça önemlidir.

Çalışmamızda da havzanın genel durumunun görsel özetlerinin sunumunda kullanılan, nehirlerin su kalitesini izleme çalışmalarında verilerin değerlendirilmesi aşamasında CBS sistemlerinin kullanılması, etkili teknolojik yardımcı bir araç olmalarından dolayı büyük önem arz etmektedir.

Su kaynaklarının ve sucul ekosistemlerin korunmasına ilişkin yasal düzenlemelerin uygulanması konusunda titizlik gösterilerek, akarsu ve göl çevresindeki yapılaşma, tarımsal uygulamalar kontrol altına alınmalı ve sürekli olarak sucul ekosistemlerin su kalitesi izlenmelidir ve alınacak tedbirlerin hem çevre hem de insan sağlığı açısından çok önemli olduğu hatırdan çıkarmalıdır

Teşekkür

Bu çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2015/801 nolu, BAP projesi tarafından desteklenmiştir ve yazarlar desteğinden dolayı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'ne teşekkür ederler.

Kaynaklar

Arslan, O., (2008). Su Kalitesi Verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi (Porsuk Çayı Örneği). Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 99.

- Bakış, R., Koyuncu, H., Özkan, A., Banar, M., Yılmaz, G., Yörükoğulları, E., (2011). Porsuk Havzası Yüzeysel ve Yer altı Suyu Kirlilik Düzeyinin Araştırılması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-A.Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik* . 12 (2), pp 75-89.
- BEBKA (Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansının), (2011). TR 41 Bölgesi Çevre Durum Raporu.
- EC Directive, (2006). Directive 2006/44/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life (codified version).
- Egemen, Ö., (2011). Su Kalitesi (7. Baskı). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:14, 150 s., Bornova – İzmir.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., (1996). Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın No:14. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 153s
- Emiroğlu, Ö., Uyanoğlu, M., Başkurt, S., Sülün, Ş., Köse, E., Tokatlı, C., Uysal, K., Arslan, N., Çiçek, A., (2013). Erythrocyte Deformations in *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) Provided From Porsuk Dam (Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 6 (1): 13-17.
- Kalyoncu, H., Yorulmaz, B., Barlas, M., Yıldırım, M. Z. Ve Zeybek, M. (2008). Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine etkisi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi* 20 (1), 23-33.
- Karpuzcu, M., (2007). Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü (9. basım). İstanbul.
- Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., (2015). Heavy Metal Accumulations in Water, Sediment and Some Cyprinidae Fish Species From Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87 (3): 195-204.
- Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., (2016). Evaluation of Surface Water Quality in Porsuk Stream. *University Journal of Science and Technology – C Life Sciences and Biotechnology*, 4 (2): 81-93.
- Özyurt, S. M., Dayıoğlu, H., Bingöl, N., Yamık, A., (2004). Porsuk Baraj Havzası'nın Kütahya Kökenli Kirlilik Problemi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 6, 43-52.
- Simić, V., (1996). A Study on the Trgoviski Timok-Assessment of River Conditions by Ecological Benthic Fauna Analysis. *Arch.biol. Sci.*, 48 (3-4), 101-109.
- Singh, P. K., Malik, A., Sinha, S. (2005). Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques—a case study. *Analytica Chimica Acta*. 538, pp 355–374, DOI:10.1016/j.aca.2005.02.006.
- SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), (2015). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. *Yayımlandığı Resmi Gazete: Tarih 15 Nisan 2015, Resmi Gazete No: 29327*.
- Sönmez, B., Yurtseven, E., (1995). Değişik tuzluluk ve SAR değerlerine sahip suların toprak tuzluluğu ve sodyumluluğu ile domates bitkisinin gelişimine ve verimine olan etkileri. *KHGM Toprak ve Gübre Araşt. Enst.Md. Genel Yayın No.202, Ankara*.
- Strobl, R.O., Robillard, P. D., (2008). Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: a review. *Journal of Environmental Management* 87, 639–648.
- Şener, E., Şener, S., Davraz, A., (2009). Assessment of aquifer vulnerability based on GIS and DRASTIC methods: a case study of the Senirkent-Uluborlu Basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeology Journal*, 17:(8), 2023-2035.
- Tanyolaç, J., (2009). *Limnoloji*. Hatiboğlu Yayınevi, Ankara, 294 s.
- Taş, B., (2006). Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji*. 15, 61, 6-15
- Tokatlı, C., (2014). Drinking Water Quality of a Rice Land in Turkey by a Statistical and GIS Perspective: İpsala District. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (6): 2247-2258.
- Tokatlı, C., (2015). Assessment of the Water Quality in the Meriç River: As an Element of the Ecosystem in the Thrace Region of Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (5): 2205-2211.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., (2012). Evaluation of Water Quality and the Determination of Trace Elements on Biotic and Abiotic Components of Felent Stream (Sakarya River Basin/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 5 (2): 73-80.
- Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E., (2013). Groundwater Quality of Türkmen Mountain (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (4): 1197-1208.
- Tokatlı, C., Köse, E., Çiçek, A., (2014a). Assessment of the Effects of Large Borate Deposits on Surface Water Quality by Multi Statistical Approaches: A Case Study of the Seydisuyu Stream (Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 23 (5): 1741-1751.
- Tokatlı, C., Köse, E., Uğurluoğlu, A., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., (2014b). Gala Gölü (Edirne) Su Kalitesinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 32: 490-501.
- Uyanık, S., Yılmaz, G., Yesilnacar, M.I. Aslan M, Demir Ö., (2005). Rapid Assesment of River Water Quality in Turkey using Benthic Macroinvertebrates. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14 (4) 268–272.
- Wetzel, R. G., (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*. Elsevier Academic Press, 1006 pages.

(Received for publication 28 July 2016; The date of publication 15 December 2016)