

## Enerji Santrali Çevresi Ankara Çayı'nda Su Kalitesi, Plankton, Bentosun İncelenmesi ve Santralin Olası Etkilerinin Değerlendirilmesi\*

Gülten KÖKSAL<sup>1</sup> Selçuk SEÇER<sup>1</sup> Serap PULATSÜ<sup>1</sup> Nilsun DEMİR<sup>1</sup> Mine U. KIRKAĞAÇ<sup>1</sup>

Geliş Tarihi: 31.03.2004

**Özet :** Bu çalışmada, Ankara Çayı'ndan soğutma suyu sağlayan Kombine Çevrim Enerji Santral'i'nin Ankara Çayı üzerine olası etkilerini belirlemek için su kalitesi (su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, Secchi derinliği, askıda katı madde, amonyak, nitrit, toplam fosfat, BOD<sub>5</sub>, KOD, bulanıklık, demir, yağ ve gres), fitoplankton, zooplankton ve bentik fauna incelenmiştir. Bu amaçla santral çevresinde Ankara Çayı üzerinde 6 örnekleme noktası belirlenmiştir. Santral deşarjı öncesi (1., 2., 3. noktalar) ve sonrası (5. ve 6. nokta) tüm noktalar 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesindedir. Santral deşarjı suyunun kalite parametreleri Türk Çevre Mevzuatı ve Su Ürünleri Yönetmeliğine göre tartışılmıştır. Ayrıca teşhis edilen fitoplankton, zooplankton ve bentik organizmalar genelde kirliliğe toleranslı organizmalardır. Sonuçlar santral çevresinde Ankara Çayı'nın balıkçılığa uygun olmadığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** su kalitesi, fitoplankton, zooplankton, bentik fauna, gaz yakıtlı santral

### Investigation on Water Quality, Plankton, Benthos of Ankara Brook Around Power Plant and the Evaluation of Possible Effects of Power Plant

**Abstract:** In this study, water quality (water temperature, dissolved oxygen, pH, Secchi depth, suspended solids, ammonia, nitrite, total phosphate, turbidity, iron, oil and grease), phytoplankton, zooplankton and benthic fauna were investigated to evaluate the possible effects of Combined Cycle Power Plant which supply cooling water from Ankara Brook. For this purpose, six sampling points were selected on the brook around the plant. The water quality was determined as 4th class (very polluted) in the points before (1., 2., 3. points) and after the plant (5. and 6. points). Discharge water quality of plant was discussed according to Turkish Environmental Law and Fisheries Regulations. Identified phytoplankton, zooplankton and benthic fauna were pollution-tolerated organisms. Results show that Ankara Brook is not suitable for fisheries around the plant.

**Key Words:** water quality, phytoplankton, zooplankton, benthic fauna, gas-fired power plant

#### Giriş

Enerji üretimi yapılan santrallerde tribünlerin soğutulması amacıyla kullanılan sular tekrar alıcı ortama verilmekte ve alıcı ortamda başta su sıcaklığı olmak üzere su kalite parametrelerinde çeşitli değişimler ortaya çıkmaktadır. Bu değişimler, alıcı ortamlarda bulunan organizmaları etkileyecek sonuçlara yol açmaktadır.

Su sıcaklığında artışlara yol açan termal santrallerin soğutma sularının bırakıldığı ortamlarda, izin verilebilir artış alabalıklar için 1,5 °C, sazangiller için 3 °C civarındadır ve sular günde en fazla 3 saat 30°C'ye kadar çıkmalıdır (Reichenbach-Klinke 1980). Tropik ve subtropik bölgelerde 3-5°C'lik sıcaklık artışı bentik organizmalarda ve balıklarda çeşitli değişimlere neden olmaktadır. Termal deşarj alanlarında eurytermal veya termofilik türler (mavi-yeşil algler, bazı yumuşakçalar, balıklar ve yengeçler) artarken, stenotermal türler (kahverengi ve kırmızı algler, sölenentalar ve ekinodermatalar) ölürler veya ortamdaki uzaklaşırlar. Sıcaklık artışlarının 5°C'yi aştığı yerlerde makrobentik organizmalar tamamen kaybolabilir, balık yoğunluğu yarı yarıya düşebilir (Anonymous 1984).

Endüstri ve lağım sularının en önemli fiziksel özelliği, koloidal maddelerin veya askıda katı maddelerin

varlığından kaynaklanan bulanıklıktır. Bulanıklığa dayanamayan hassas türler (özellikle alabalıklar familyası üyeleri) azalır ve yok olur, bunun yerine daha dayanıklı ancak ekonomik değeri düşük veya değersiz türler (sazangiller familyası üyeleri) baskın olmaya başlar. Bu süreç sonunda ekolojik denge bozulabilir (Akyurt 1993). İliksu balıklarının, askıda katı madde konsantrasyonu 20 mg/l düzeyine kadar olan sularda yaşayabildiği, 100 mg/l'lik konsantrasyon düzeyine ise bir hafta dayanabildikleri bildirilmiştir (Stickney 1979).

Tatlı sularda sucül yaşam için en az 5 mg/l çözülmüş oksijen olmalıdır (Lawson 1995). pH değerinin ise asidik (pH<6,5) veya bazik (pH>8,5) olarak kuvvetli değişimi balıkları olumsuz etkiler. Bu etkiler genelde geri dönüşümlüdür ancak uzun dönemde ölüme neden olur (Schaeperclaus 1979).

Su ürünlerinin sağlıklı yetiştiriciliği açısından suda iyonize olmamış amonyak düzeyi genel olarak 0,02 mg/l'den az olmalıdır (Lawson 1995).

Nitrit azotunun yüzey sularında 10 µg /l'den fazla bulunması lağım suları ile bulaşmanın işareti olarak kabul

\* Baymina Enerji A. Ş. tarafından desteklenmiştir.

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Su Ürünleri Bölümü-Ankara

edilmektedir. Toplam fosfor düzeyi kirlenmemiş göllerde 0,01- 0,04 g/m<sup>3</sup>, akarsularda 0,01-10 g/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Tarımsal drenaj sularında 0,05-10 g/m<sup>3</sup> iken ötrofik göllerde 0,03-1,5 g/m<sup>3</sup>tür. Toplam fosfor düzeyi, evsel atık sular ve ikinci derecede arıtma yapan tesislerin çıkış sularında ise sırasıyla 5-20 g/m<sup>3</sup> ve 3-10 g/m<sup>3</sup> olarak bildirilmiştir (Uslu ve Türkman 1987).

Balık larvaları için bazı olaylarda 0,9 mg/l demir öldürücü olmasına karşın, bazı olaylarda 1,9 mg/l düzeyindeki demir miktarı hiçbir bozukluk meydana getirmez. Demirin demir üç hidroksit formu solungaçlar ve yumurtalar için zararlı olup solungaçlar üzerinde veya yumurtaların üst yüzeyinde kahverengi kalın bir örtü meydana getirir (Schaeperclaus 1979). İçsu ve denizlerdeki su ürünleri üretim alanlarında kabul edilebilir yağ ve gres değeri 1,0 mg/l, sulara boşaltılacak atıklar için tolere edilebilir yağ ve gres değeri ise 10 mg/l'dir (Anonim 2002).

Su kaynaklarında kirlenmenin düzeyi ve orijinine göre kullanılan çeşitli sınıflandırmalar vardır. Kıta içi su kaynakları, su kalite parametrelerine göre; 1. Sınıf - Yüksek kaliteli sular, 2. Sınıf - Az kirlenmiş sular, 3. Sınıf - Kirlili sular ve 4. Sınıf - Çok kirlili sular olmak üzere 4 sınıfa ayrılır (Anonim 1992). Saprobik sistem ise özellikle akarsularda kullanılan ve organik kirlenme düzeyine göre suların çeşitli zonlara ayrılıp tanımlandığı bir sistemdir. İlk defa Kolkwitz ve Marsson (1908), kirlilik oranına göre 5 zon tanımlamışlardır. Bunlar; polisaprobik, α ve β-mesosaprobik, oligosaprobik ve katharobik zonlardır. Daha sonra, sistemdeki zonlar 7 kategoriye ayrılmışlardır.

Fitoplankton, göllerde ve büyük nehirlerde kirlenme indikatörü olarak kullanılmaktadır. Azot ve fosforun sınırlı olmadığı ve çoğunlukla organik kirlenmeye maruz kalmış sularda mavi-yeşillerden *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena circinalis* patlamaları görülür (Sladeczek 1972). Kirlenme indikatörü olarak zooplanktonik organizmalardan özellikle rotiferler kullanılmaktadır. Örneğin, *Keratella paludosa* bir oligosaprobite indikatördür. Sladeczek (1983), 620 rotifer türünün saprobik değerini tanımlamış, *Brachionus* cinsine ait rotiferlerin ötrofik suları, *Trichocerca* cinsinin ise oligotrofik suları tercih ettiklerini bildirmiştir. Özellikle organik olarak kirlenmiş sularda flagellata ve ciliata gruplarına ait organizmalar artış göstermektedir (Foissner ve Berger 1996).

Sularda kirlenme indikatörü olarak makroomurgasızların kullanımı, kolay toplanabilmeleri, gözle görülebilmeleri, mevsimlik ve yıllık çalışmalar için yeterli uzunlukta yaşam döngülerinin olması, familya düzeyinde incelemenin yeterli olması nedeniyle avantajlıdır. Bu özellikleriyle bentik omurgasızlar kimyasal analizlerde gözden kaçınılabilecek kısa süreli değişimler açısından bir erken uyarı mekanizması sağlarlar. Bentik makroomurgasızlardan Tubificidae ve Chironomidae larvaları gibi bazı organizmalar kirliliğe karşı yüksek tolerans gösterirken Ephemeroptera, Tricoptera gibi bazı gruplar oldukça hassastır (Hawkes 1979, Metcalfe-Smith 1994).

Bu ön çalışmada, devreye alma çalışmaları sürdürülen Ankara Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali

çevresinde, santralin soğutma suyu ihtiyacının karşılandığı Ankara Çayı'nın su kalitesi, fitoplankton, zooplankton ve bentik organizmalar açısından incelenerek su ürünleri üretimi açısından mevcut durumunun değerlendirilmesi ve santralin Ankara Çayı üzerine olası etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

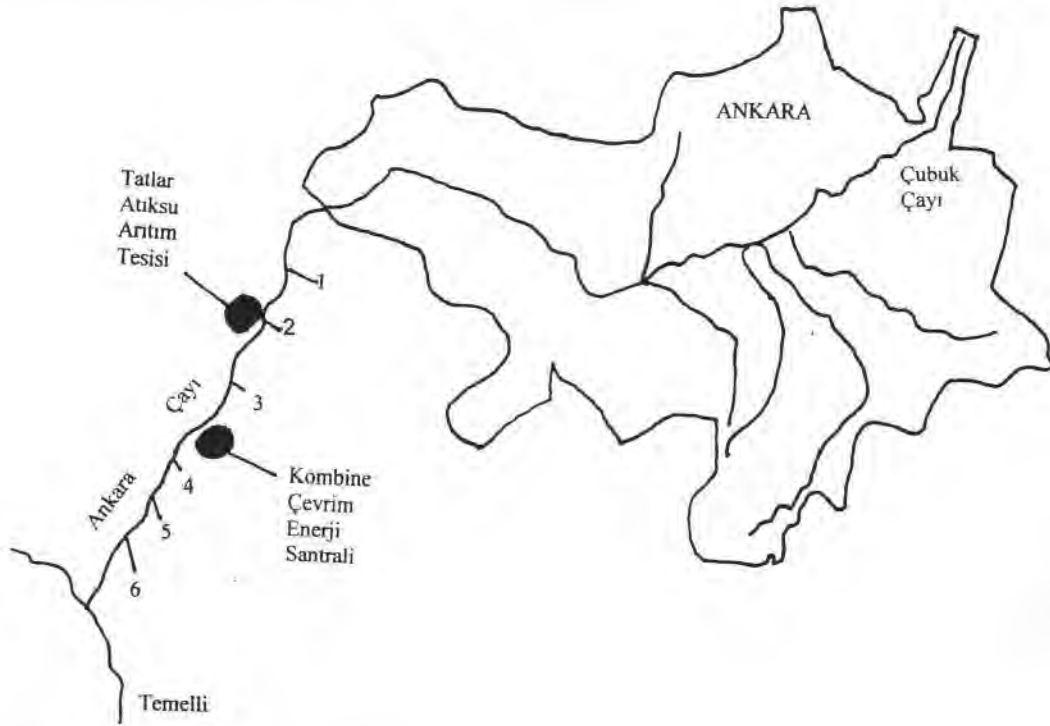
## Materyal ve Yöntem

Ankara Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali (ADKÇS), Eskişehir yolu (Malıköy yolu üzeri-Temelli) 40. km'de bulunmaktadır. Doğal gaz yakıtıyla elektrik enerjisi üreten tesisin nominal kapasitesi 770 MW olup, Ankara Bölgesinin bugünkü toplam elektrik ihtiyacını karşılayacak düzeydedir (Çizelge 1). Santralde devreye alma çalışmaları sürdürülmektedir. Santralin soğutma suyu ihtiyacını karşılamak için Ankara Çayı kıyısında bir su alma yapısı ve ön su arıtma tesisi inşa edilmiştir.

Ankara Çayı'nın ortalama debisi 11,9 m<sup>3</sup>/s'dir (Anonim 2001). Tesisin Ankara Çayı'na etkilerinin belirlenmesi amacıyla Ankara Çayı üzerinde; 1. Tatlar Atık Su Arıtım Tesisi öncesi, 2. Tatlar Atık Su Arıtım Tesisi sonrası ve ADKÇS su girişinin 3 km öncesi, 3. ADKÇS su girişi, 4. ADKÇS deşarjı, 5. ADKÇS 100 m sonrası, 6. ADKÇS deşarjının 1 km sonrası olmak üzere toplam 6 örnek alma noktası seçilmiştir (Şekil 1). Ankara Çayı üzerinde belirlenen noktalardan su, plankton ve çamur örnekleri 3.11.2003 tarihinde alınmıştır. Örnekleme noktalarında, önce bir iskandil yardımıyla derinlik ve Secchi diski kullanılarak berraklık (ışık geçirgenliği) ölçülmüş, daha sonra su örnekleri yüzeyden alınmıştır. Ayrıca, kalitatif amaçlı incelemeler için plankton keçesi ile horizontal çekim yapılmıştır. Çamur örnekleri ise, 15x15 cm boyutunda Ekman keçesi ile alınmıştır. Örnek alınan noktalarda; su sıcaklığı (oksijenmetrenin probu), çözülmüş oksijen (YSI Oksijenmetre) ve pH (pHmetre) yerinde ölçülmüştür. Alınan su örneklerinde, askıda katı madde (gravimetrik metot 2540 D), amonyak (salisilate 8155 Hach Ölçüm metodu), toplam fosfat (spektrofotometrik 4500 PE), nitrit (spektrofotometrik 4500-NO<sub>2</sub>), biyolojik oksijen ihtiyacı-BO<sub>5</sub> (iyodometrik Winkler 5210 B), kimyasal oksijen ihtiyacı-KO<sub>1</sub> (spektrofotometrik 8000), bulanıklık (nefelometre 2130 B), demir (Hava/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, AA alev, 3111 B), yağ ve gres (gravimetrik metot 5520 D) analizleri ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır.

Çizelge 1. Ankara Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinin bazı özellikleri

Santral net çıkış gücü, kW	770000
Santral üretimi, aylık ortalama, kW-saat	517132000
Santral üretimi, yıllık ortalama, kW-saat	6205584000
Santral tüketimi, aylık ortalama, m <sup>3</sup> doğal gaz	100000000
Santral tüketim, yıllık ortalama, m <sup>3</sup> doğal gaz	1200000000



Şekil 1. Ankara Çayı üzerinde örnek alınan noktalar (1-6)

Su örnekleri, fitoplankton yoğunluğuna göre, 5 ve 10 ml'lik ölçü silindirlerine konmuş, Lugol çözeltisi damlatılarak çöktürüldükten sonra sayım hücrelerinde inverted mikroskop kullanılarak sayılmıştır (Lund ve ark. 1958). Fitoplanktonun teşhisinde binoküler mikroskop kullanılmış ve ilgili kaynaklardan yararlanılmıştır (Huber-Pestalozzi 1942, 1950, Prescott 1973, Lind ve Brook 1980, Komarek ve Fott 1983, Popovski ve Pfiester 1990).

Zooplankton sayımında, su örnekleri %4'lük formaldehit çözeltisiyle fikse edilmiş, 100 ml'lik ölçü silindirlerinde çöktürülmüştür. Sayımda inverted mikroskop kullanılmıştır (Edmonson ve Winberg 1971). Plankton keççesi ile süzülen örneklerdeki zooplankton türleri binoküler mikroskop yardımıyla teşhis edilmiştir (Edmondson 1959, Koste 1978, Foissner ve Berger 1996). Bentosun incelenmesinde, Ekman keççesi ile alınan çamur örnekleri göz açıklığı 210 ve 3360 µm arasında değişen bir seri elekten geçirilerek süzülmüştür. Toplanan organizmalar %4'lük formaldehitte saklanmıştır. Bentik faunanın teşhisi stereomikroskop altında yapılmıştır (Edmondson ve Winberg 1971, Macan 1975).

#### Bulgular ve Tartışma

Ankara Çayı üzerinde örnek alma noktalarında yerinde ölçülen su kalite parametrelerine ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de sunulmuştur.

Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan alınan örneklerde Bacillariophyceae sınıfından 7, Chlorophyceae sınıfından 11, Cyanophyceae sınıfından 2, Dinophyceae sınıfından 1 ve Euglenophyceae sınıfından 3 olmak üzere toplam 24 fitoplankton cinsi teşhis edilmiştir (Çizelge 3). Fitoplanktonda Chlorophyceae sınıfı hakim durumdur, bunu Bacillariophyceae ve Euglenophyceae izlemiştir (Şekil 2). Fitoplankton sayısına ilişkin sonuçlar ise Çizelge 4'de sunulmuştur. 1. örnek alma noktasında fitoplankton sayısı 160 adet/ml iken 2. noktada yani Tatlar Atık Su Arıtım tesisinden sonra alınan örneklerde fitoplankton sayısı 465 adet/ml'ye yükselmiştir.

Santral çıkışında ise fitoplankton sayısı en yüksek değeri olan 676 adet/ml'ye ulaşmıştır. Fitoplankton sayısı, sonraki istasyonlarda sırasıyla 385 ve 337 adet/ml olarak bulunmuş ve belirgin bir azalma göstermiştir.

Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan alınan örneklerde Protozoa'lardan Ciliata ve Rhizopoda gruplarına ait cinsler ile Rotifera'lardan 3 cins teşhis edilmiştir (Çizelge 3). Cladocera ve Copepoda takımlarına ait hiçbir organizma bulunmamıştır. Zooplankton sayısına ait sonuçlar ise Çizelge 5'de sunulmuştur.

Birinci örnek alma noktasında zooplanktona rastlanmamıştır. İkinci noktada toplam zooplankton sayısı 27 adet/ml olarak bulunurken bu sayı santral girişi 3. noktada 171 adet/ml'ye yükselmiş, santral çıkışında ise

Çizelge 2. Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalarda ölçülen su kalite parametrelerine ilişkin sonuçlar

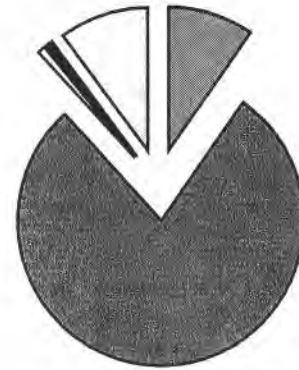
	Noktalar					
	1	2	3	4	5	6
Secchi derinliği (cm)	70	50	75	40	50	30
Su sıcaklığı (°C)	15	25	15	40	10	10
Su sıcaklığı (°C)	15	16	16,5	16,5	16,5	16,5
Çözünmüş oksijen (mg/l)	1,2	5,0	5,1	8,0	5,1	4,5
pH	5,2	5,5	5,5	6,5	6,5	6,0
Askıda katı madde (mg/l)	420	72	106	18	174	172
Amonyak (mg/l)	27,9	41,3	39,9	25,8	37,7	37,3
Nitrit (mg/l)	0,118	0,340	0,428	2,29	1,01	0,93
Toplam fosfat (mg/l)	11,57	16,08	15,47	1,11	15,01	14,93
BO <sub>5</sub> (mg/l)	82	59	60	20	57	42
KOİ (mg/l)	129	116	94	109	143	106
Bulanıklık (NTU)	140	38	61	10	88	88
Demir (mg/l)	0,165	0,065	0,199	0,059	0,147	0,279
Yağ ve gres (mg/l)	26,2	26	19,6	12,6	26,8	34

Çizelge 3. Ankara Çayı üzerinde örnek alınan noktalarda teşhis edilen fitoplankton, zooplankton ve bentik fauna

Fitoplankton	Zooplankton
BACILLARIOPHYCEAE	PROTOZOA
<i>Cyclotella</i> sp.	Ciliata
<i>Cymbella</i> spp.	<i>Tokophyra</i> sp.
<i>Gomphonema</i> sp.	<i>Vorticella</i> spp.
<i>Melosira</i> sp.	
<i>Navicula</i> sp.	Rhizopoda
<i>Nitzschia</i> spp.	
<i>Synedra</i> spp.	ROTIFERA
CHLOROPHYCEAE	<i>Cephalodella</i> sp.
<i>Actinastrum</i> sp.	<i>Conochilus</i> sp.
<i>Chlamydomonas</i> spp.	<i>Monostyla</i> spp.
<i>Chlorella</i> sp.	
<i>Closterium</i> sp.	
<i>Monoraphidium</i> sp.	
<i>Oocystis</i> sp.	
<i>Pandorina</i> sp.	
<i>Pediastrum</i> spp.	
<i>Scenedesmus</i> spp.	
<i>Staurastrum</i> sp.	
<i>Tetraedron</i> sp.	
CYANOPHYCEAE	Bentik fauna
<i>Anabaena</i> sp.	
<i>Oscillatoria</i> sp.	
DINOPHYCEAE	DIPTERA
<i>Peridinium</i> sp.	<i>Chironomus</i> sp.
EUGLENOPHYCEAE	
<i>Euglena</i> spp.	OLIGOCHAETA
<i>Lepocinclis</i> sp.	<i>Tubifex</i> sp.
<i>Trachelomonas</i> sp.	

Çizelge 4. Ankara Çayı'nda örnekleme noktalarında fitoplankton sınıflarının oranı (%) ve fitoplankton sayısı (adet/ml)

Sınıf	Noktalar					
	1	2	3	4	5	6
Bacillariophyceae (%)	25	11	6	4	7	5
Chlorophyceae (%)	57	80	82	90	79	84
Cyanophyceae (%)	-	3	-	1	2	-
Dinophyceae (%)	-	-	-	2	-	2
Euglenophyceae (%)	18	6	12	3	12	9
Toplam (adet/ml)	±5,7	±8,5	±7,5	±8,4	2,9	±5,0



■ Bacillariophyceae      ■ Chlorophyceae  
□ Cyanophyceae          ■ Dinophyceae  
□ Euglenophyceae

Şekil 2. Alınan örneklerde sayılan fitoplanktonun sınıflara göre oransal dağılımı (%)

Çizelge 5. Örnek alınan noktalarda belirlenen zooplankton (adet/ml) ve bentik organizma sayısı (adet/m<sup>2</sup>)

		Noktalar					
		1	2	3	4	5	6
Zooplankton (adet/ml)	Protozoa	-	26 ±5	171 ±21	6 ±2	20 ±5	10 ±4
	Rotifera	-	1 ±0	-	1 ±0	1 ±0	1 ±1
	Toplam	-	27 ±5	171 ±21	7 ±2	21 ±5	11 ±5
Bentik Fauna (adet/m <sup>2</sup> )	<i>Chironomus</i> sp.	-	-	32 ±11	2144 ±357	-	-
	<i>Tubifex</i> sp.	-	1680 ±235	1616 ±159	-	-	-
	Toplam	-	1680 ±235	1648 ±170	2144 ±357	-	-

7 adet/ml'ye düşmüştür. Zooplankton sayısı, sonraki noktalarda sırasıyla 21 ve 11 adet/ml olarak bulunmuştur. Zooplankton kompozisyonunda, Protozoa'lara ait bireyler, özellikle Ciliata'dan *Vorticella* türleri baskın olarak bulunmuştur. Rotifera grubuna ait organizmalar ise 1. ve 3. örnek alma noktaları hariç diğer noktalarda 1'er adet/ml olarak saptanmıştır.

Ankara Çayı üzerindeki 1., 5. ve 6. örnek alma noktalarından alınan çamur örneklerinde bentik organizma bulunmamıştır (Çizelge 5). Bentik makroomurgasızlardan Diptera (insekt) takımından *Chironomus* sp. ve Oligochaeta sınıfından *Tubifex* sp. 2., 3. ve 4. noktalarda bulunmuştur.

Ankara Çayı'nda yapılan gözlemlerde bentos örnekleri alımı sırasında herhangi bir balık türüne rastlanmamıştır. Ayrıca, çayda ve çayın su etkisinde kalan kıyı kesimlerinde (riparian zon) herhangi bir su bitkisinin de bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Bu raporda, ADKÇS çevresi Ankara Çayı'nın su ürünleri üretimi açısından mevcut durumu ve santralin Ankara Çayı üzerine olası etkileri değerlendirilmiştir.

Ankara Çayı üzerinde seçilen tüm noktalarda ölçüm yapılan tarihte su sıcaklığı 15-17°C arasında değişmiştir. Birinci ve 2. noktalarda sırasıyla, 15°C, 16°C, 3. 4., 5., ve 6. noktalarda ise 16,5°C olarak saptanmıştır. Ankara Çayı'nda 1963-1991 yılları arasında ortalama debi 11,9 m<sup>3</sup>/s ve tasarım koşullarında tesisin deşarj debisi 0,042 m<sup>3</sup>/s olarak bildirilmiştir (Anonim 2001). Bu doğrultuda santral deşarj suyunun Ankara Çayı'nda su sıcaklığını artırıcı bir etkisi bulunmamıştır.

Çözünmüş oksijen değeri, seçilen noktalardan özellikle 1. noktada (Tatlar öncesi Ankara Çayı) tatlı sularda sucul yaşam için gerekli 5 mg/l değerinin (Lawson 1995) çok altında olup 1,2 mg/l ölçülmüştür. Bu değer, Ankara Çayı'nın anoksik koşullarda olduğunu göstermektedir. Ayrıca Türk Çevre Mevzuatına göre (Anonim 1992), Ankara Çayı'nın su kalitesi çözünmüş oksijen açısından değerlendirildiğinde 4. sınıf (çok kirli sular veya polisabrobik) su kalitesindedir. 2. noktada, Tatlar Atık su Arıtım Tesisi deşarjı etkisiyle suyun oksijen değeri 5,0 mg/l'ye, 3. noktada santral girişinde ise 5,1 mg/l'ye yükselmiştir. Santral deşarj suyunda (4. nokta), santralde uygulanan arıtım nedeniyle, çözünmüş oksijen değeri 8,0 mg/l ölçülmüştür. Bu değer, sucul yaşamı destekler düzeydedir. Ancak santral deşarjından sonra seçilen 5. ve 6. noktalarda çözünmüş oksijen değeri tekrar sırasıyla 5,1 ve 4,5 mg/l'ye düşmüştür. Bu değerler su ürünlerinin yaşaması için gerekli sınır değere yakın veya altındadır.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 5 sayılı Ek'inde (Anonim 2002) belirtildiği gibi, çözünmüş oksijen değerini 6 mg/l'den aşağı düşüren atık sular su ürünleri üretim alanlarına verilemez. Santral deşarjından önce ve sonra seçilen noktalardaki çözünmüş oksijen değeri, Su Ürünleri Yönetmeliği'nde belirtilen tolere değerin oldukça altında bulunurken, santral atık suyunun

ölçüm yapılan tarih ve saatte bu parametre açısından bir sorun yaratmadığı saptanmıştır.

Balıkçılıkta sediment partiküllerinden ileri gelen bulanıklık istenmeyen bir durumdur. Noktalara ilişkin bulanıklık değerleri askıda katı madde konsantrasyon değerleri ile paralel olup AKM değerleri ile birlikte yorumlanabilir. En yüksek AKM konsantrasyonu Tatlar öncesinde 1. noktada 420 mg/l olarak ölçülmüştür. 2. noktada AKM konsantrasyonu Tatlar Atık su Arıtım Tesisinin etkisiyle 72 mg/l'ye düşmüş, 3. noktada 106 mg/l'ye yükselmiş ve santral deşarjında 18 mg/l'ye düşmüştür. Ankara Çayı'nda santral deşarjının 100 m ve 1 km sonrasında seçilen 5. ve 6. noktalarda da AKM konsantrasyon değerleri oldukça yüksek olup, sırasıyla 174 mg/l ve 172 mg/l olarak belirlenmiştir. AKM'ye ilişkin noktalarda saptanan değerler su kalite sınıflarına göre incelendiğinde, santral deşarjı dışında çok yüksek olduğu ve Türk Çevre Mevzuatına (Anonim 1992) göre de bu değerlerin ancak 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesinde bulunabileceği belirlenmiştir. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'ne (Anonim 2002) göre, su ürünleri üretim alanı olan alıcı ortamlar için AKM miktarının 30 mg/l'nin üzerine çıkmaması gerekmektedir. Santral deşarjı öncesi ve sonrası seçilen noktalardaki tüm AKM değerleri bu konsantrasyon değerinin kat kat üzerinde saptanmıştır. Santral atık suyunun AKM değeri ise 18 mg/l olarak saptanmış olup bu değer, aynı yönetmeliğin 6 sayılı Ek'i'nde sulara boşaltılacak atıklar için tolere edilebilir askıda katı madde değeri olan 200 mg/l'den çok düşüktür.

Berraklık ölçümü de AKM ve plankton konsantrasyonunun bir göstergesidir. Secchi derinliği (berraklık), santral deşarj suyu dışındaki noktalarda 10 ile 25 cm arasında değişmiştir. Bu değerler Akyurt (1993)'e göre, en az 30 cm olması istenen bu parametreye ilişkin değerinin altında bulunmuştur. Secchi derinliği, santral deşarjında ise 40 cm olarak ölçülmüştür.

pH değeri, en düşük Tatlar öncesinde seçilen 1. noktada 5,2, 2. ve 3. noktalarda 5,5, 4. ve 5. noktalarda 6,5, 6. noktada ise 6,0 olarak ölçülmüştür. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre, iç su ve denizlerdeki su ürünleri üretim alanlarında pH değerini 6,5-8,5 değerleri dışına çıkaran atıkların alıcı ortamlara verilmesi uygun değildir (Anonim 2002). 4. ve 5. nokta dışındaki noktaların pH değerleri, su ürünleri üretim alanları için bildirilen sınır değerinin altında saptanmıştır.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 6 sayılı Ek'i'nde sulara boşaltılacak atıklar için tolere edilebilir pH değişim aralığı 5-9'dur (Anonim 2002). Santral deşarj suyunda (4. nokta) 6,5 olarak saptanan pH değeri bu değişim aralığı içerisinde kalmıştır. 1., 2. ve 3. noktalarda ölçülen pH değerleri, Türk Çevre Mevzuatına (Anonim 1992) göre, 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesini göstermektedir.

Ankara Çayı'nda ölçülen BO<sub>5</sub> değerleri 20-82 mg/l arasında değişmiştir ve bu değerler çok yüksek olup

organik kirliliği işaret etmektedir. Bu değerler Türk Çevre Mevzuatına (Anonim 1992) göre, 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesini göstermektedir. Santral deşarj suyu (4. nokta) dışındaki tüm noktalar bu parametre açısından limit değeri aşmış durumdadır.

Ankara Çayı üzerinde belirlenen tüm noktalarda ölçülen KÖİ değerleri ise 94-143 mg/l arasında değişmiş olup, bu değerler Türk Çevre Mevzuatına (Anonim 1992) göre, 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesini göstermektedir.

Santral deşarj suyunda ölçülen biyolojik ve kimyasal oksijen değerleri ise, sırasıyla 20 mg/l ve 109 mg/l düzeyinde belirlenmiş olup bu değerler, Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 6 sayılı Ek'inde (Anonim 2002) sulara boşaltılacak atıklar için kabul edilebilir değerler olan 50 mg/l ve 170 mg/l düzeyindeki değerlerden daha düşüktür.

Ankara Çayı'nda seçilen tüm noktalarda amonyak, nitrit ve toplam fosfat konsantrasyonlarına ait veriler Türk Çevre Mevzuatına (Anonim 1992) göre, 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesini göstermektedir.

Santral deşarjı öncesi ve sonrası seçilen noktalarda ölçülen amonyum değerleri, Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre (Anonim 2002) su ürünleri üretim alanı için kabul edilebilir değer olan 0,02 mg/l'den çok daha yüksek saptanmıştır. Santral deşarj suyu amonyak konsantrasyonu (25,8 mg/l) ise, sulara boşaltılacak atıklar için tolere edilebilir amonyak azotu (0,2 mg/l) değerini aşmıştır.

Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 5 sayılı Ek'ine (Anonim 2002) göre, içsu ve denizlerdeki su ürünleri üretim alanlarında nitrit iyonları için tolere edilebilir değer 10 mg/l'dir. Ancak Lawson (1995), akvatik organizmalar için nitrit konsantrasyonunun 0,1 mg/l'den düşük olması gerektiğini bildirmiştir.

Belirlenen tüm noktalarda ölçülen toplam fosfat konsantrasyon değerleri, Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 5 sayılı Ek'inde (Anonim 2002) 15 mg/l olarak belirtilen kabul edilebilir değere yakın bulunmuştur.

Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'ne (Anonim 2002) göre, su ürünleri üretim alanı olan alıcı ortamlar için demir konsantrasyonunun 0,7 mg/l'nin üzerine çıkmaması gerekmektedir. Seçilen tüm noktalarda saptanan demir konsantrasyonu değerleri bu değerden düşüktür.

Yağ ve gres değerleri, santral deşarjından önce ve sonra seçilen noktalarda 19,6-34,0 mg/l arasında değişmiş, bu değerler Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 5 sayılı Ek'inde (Anonim 2002),

su ürünleri üretim alanları için önerilen 1,0 mg/l'lik tolere değerin çok üzerinde bulunmuştur. Santral deşarj suyunda ise 10 mg/l olması istenen yağ ve gres değeri su örneğinin alındığı tarihte 12,6 mg/l olarak saptanmıştır. Ankara Çayı'nda seçilen tüm noktalarda yağ ve gres konsantrasyonlarına ait veriler Türk Çevre Mevzuatına (Anonim 1992) göre, 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesini göstermektedir.

Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan alınan örneklerde Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae ve Euglenophyceae sınıflarından 24 fitoplankton cinsi teşhis edilmiştir. Ankara Çayı'nda kirlenme indikatörü olan *Euglena* cinsine ait bireylerin yüksek sayılara ulaştığı belirlenmiştir. Toplam fitoplankton sayısının santral çıkışında diğer noktalara göre yüksek oluşu santral deşarjının olumsuz bir etkisi olmadığını tam tersine suyun arıtılması nedeniyle canlı yaşamını desteklediğini göstermektedir. Ancak su mansaba (5. nokta) doğru aktıkça tekrar olumsuz koşullar ortaya çıkmakta, su kalite parametreleri bozulmakta ve fitoplankton sayısı azalmaktadır.

Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan 1. nokta dışında alınan örneklerde zooplanktonlardan Ciliata ve Rhizopoda gibi Protozoa'lara ait organizmaların bulunuşu, suda polisaprobik (4. sınıf - çok kirli sular) koşulların varlığını göstermektedir (Foissner ve Berger 1996).

Zooplankton gruplarından temiz sularda görülen Cladocera ve Copepoda türlerine rastlanmamıştır. Rotiferlerden sadece 3 cins bulunmuş ve bollukları ise 2., 4., 5. ve 6. noktalarda 1 adet/ml olarak saptanmıştır. Çevresel değişikliklere çok daha hızlı tepki veren rotiferlerin biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) 20- 30 mg/l civarında olan sularda nadiren görüldüğü bildirilmiştir (Stadecek 1983). Tüm noktalarda ölçülen biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri belirtilen değer aralığının üzerinde bulunmuştur.

Ankara Çayı üzerinde seçilen 1., 5. ve 6. noktalarda hiçbir bentik organizma bulunmamıştır. Bentik makroomurgasızlardan Diptera larvası *Chironomus* sp. biyolojik oksijen ihtiyacının en düşük olduğu (20 mg/l) santral çıkışı olan 4. noktada ve Oligochaeta'dan *Tubifex* sp. ise biyolojik oksijen ihtiyacının yüksek olduğu Tatlar atık su arıtım tesisi sonrası 2. ve santralin su girişi olan 3. noktalarda bulunmuştur. Bu organizmalar organik kirliliğe bağlı sınıflandırmada (saprobite sınıflarında) çok kirli suların (pollsaprobik) indikatörü olarak kullanılmaktadır. Makroomurgasızların organik kirliliğe karşı duyarlılıklarına göre sınıflandırılmasında santral deşarjında bulunan *Chironomus* sp. toleranslı ve en çok toleranslı organizmalar arasında bulunurken, *Tubifex* sp. en çok toleranslı organizmalar grubunda yer almaktadır. Çizelge 4'de görülebileceği gibi, bentik organizmaların bulunduğu 2., 3. ve 4. noktalar sadece toleranslı türleri içerdiğinden makroomurgasızlar açısından kirli sular (4. sınıf) sınıfına girmektedir (Hawkes 1979, Metcalfe-Smith 1994).

Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan örnek alımı sırasında yapılan gözlemlerde herhangi bir balık türüne rastlanmamış, çayda ve çayın su etkisinde kalan

kıyı kesimlerinde su bitkisi bulunmadığı gözlenmiştir. Çay, biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacı açısından 4. sınıf kirli sular sınıfına girmektedir ve çözünmüş oksijen derişimi balık yaşaması için gerekli değerlerin sınırında veya altında olup bu tip sularda balıkçılık potansiyeli yoktur.

### Sonuç

Ankara Çayı üzerinde seçilen ve su örneklerinin alındığı santral deşarjı öncesi (1., 2., 3. noktalar) ve sonrası (5. ve 6. nokta) tüm noktalar 4. sınıf (çok kirli sular) su kalitesindedir. Bu durum santralden önce Ankara Çayı'nın su ürünleri üretim alanı olarak uygun olmadığını ve santral deşarjından sonra seçilen noktalarda da aynı elverişsiz ortamın devam ettiğini göstermektedir.

Santral deşarjı suyunda, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve pH değerleri, Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanununa dayanılarak hazırlanan Su Ürünleri Yönetmeliği'nin 5 sayılı Eki'nde (Anonim 2002), su ürünleri üretim alanları için önerilen değerler ve Türk Çevre Mevzuatında (Anonim 1992) 1. sınıf su kalitesi için bildirilen değerlerle uyum göstermektedir. Askıda katı madde, amonyak, nitrit, yağ ve gres değerleri, aynı yönetmelik ve mevzuata göre yüksek bulunmuştur. Ancak santral deşarjı suyunda (4. nokta), BO<sub>5</sub>, askıda katı madde, amonyak, toplam fosfat ile yağ ve gres konsantrasyonu değerleri, santral deşarjı öncesi ve sonrası seçilen diğer 5 noktaya göre belirgin olarak düşüktür.

Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan alınan örneklerde yapılan fitoplankton, zooplankton ve bentos analizleri sonucunda saptanmış olan organizmaların genelde kirliliğe toleranslı organizmalar olduğu ve bu doğrultuda Ankara Çayı'nın 4. sınıf kirli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir. Bu bağlamda; 03.11.2003 tarihinde Ankara Çayı üzerinde seçilen noktalardan alınan su, plankton ve bentos örnekleri analiz sonuçlarına göre, Ankara Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali'nde yapılan arıtım nedeniyle tesis çıkışında su kalitesinin Ankara Çayı'na göre çok daha iyi olduğu ve santralin Ankara Çayı'na su ürünleri üretimi açısından olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Araştırma sonuçları doğrultusunda su kalitesi kötü olan Ankara Çayı'nda gerekli önlemler alınarak rehabilitasyonun yapılması ve düzenli bir örnekleme programıyla çayın izlenmesi gereklidir.

### Teşekkür

Bu araştırma, Baymina Enerji A.Ş. tarafından Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi (ASAUM)'ne yaptırılmıştır. Araştırmanın yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen santral yetkilileri ve personeline teşekkürlerimizi sunarız.

### Kaynaklar

Akyurt, İ. 1993. Balık Yetiştiriciliğinde Su Kalitesi Yönetimi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, 67 s., Erzurum.

- Anonim, 1992. Türk Çevre Mevzuatı. Türkiye Çevre Vakfı Yayını. Cilt (II), s. 667-1275, Ankara.
- Anonim, 2001. ADGKÇS ÇED Değişiklik Raporu. Proje No: 99-20-01, Envy Enerji ve Çevre Yatırımları A.Ş., 28 s., Ankara.
- Anonim, 2002. Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 1984. Termal Discharges in the Marine Environment. FAO Reports and Studies, No: 24, 44 p., Roma.
- Edmonson, W. T. 1959. Freshwater Biology. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons, 1248 p., N.Y.
- Edmonson, W. T. and G. G. Winberg, 1971. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Freshwaters. Blackwell Sci Publ, 358 p., Oxford.
- Foissner, W. and H. Berger, 1996. A User-Friendly Guide to the Ciliates (Protozoa, Ciliophora) Commonly Used by Hydrobiologists as Bioindicators in Rivers, Lakes and Waste Waters, with Notes on their Ecology. Freshwater Biology, 35, 375-482.
- Hawkes H. A. 1979. Invertebrates as Indicators of River Water Quality "Ed. A. James and L. Evison. Biology of Water Quality". Wiley-Interscience Publ., 27 p., Great Britain.
- Huber-Pestalozzi, G. 1942. Das Phytoplankton des Süßwassers, Diatomeen. 2. Teil. "Ed. A. Thienemann. Die Binnengewässer." E. Schweizerbart'sche V., 549 p., Stuttgart.
- Huber-Pestalozzi, G. 1950. Das Phytoplankton des Süßwassers, Cryptophyceen, Chloromonaden, Peridinen, 3. Teil. "Ed. A. Thienemann. Die Binnengewässer". E. Schweizerbart'sche V., 310 p. Stuttgart.
- Kolkwitz, R. and M., Marsson, 1908. Ökologie der Pflanzliche Saprobien, Ber. Dt. Bot. Ges. 26, 505-519.
- Komarek, J. and B. Fott, 1983. Chlorococcales. 7 Teil. "Ed. H. J. Elster and W. Ohle. Das Phytoplankton des Süßwassers". E. Schweizerbart'sche V., 1043 p. Stuttgart.
- Koste, W. 1978. Rotatoria. 2 Auflage. Gebrüder Borntraegers, 673 p. Berlin.
- Lawson, T. B. 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. Chapman-Hall, 355 p. USA.
- Lind, M. E. and A. J. Brook, 1980. A Key to the Commoner Desmids of the English Lake District. Freshwater Biol. Assoc. Sci. Publ., 123 p. Cumbria.
- Lund, J. W. G., C. Kipling and E. D. Le Cren, 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimations by counting. Hydrobiologia, 11, 143-170.
- Macan, T. T. 1975. A Guide to Freshwater Invertebrate Animals. Longman, 116 p. London.
- Metcalf-Smith J. L. 1994. Biological Water-Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities. "Ed. P. Calow and G. G. Petts. The Rivers Handbook." Blackwell Science Publishing, 144-170, Oxford.

- Popovski, J. and L. A. Pfister, 1990. Dinophyceae (Dinoflagellida). Band 6. "Ed. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig and D. Mollenhauer. Süßwassersflora von Mitteleuropa". Gustav Fisher V. 243 p. Jena.
- Prescott, G. W. 1973. Algae of Western Great Lakes Area. 5th Ed. W. M. C. Brown Co. Publ., 977 p. Dubuque.
- Reichenbach-Klinke, H. H. 1980. Krankheiten und Schädigungen der Fische. Gustav Fischer V. 120 p. Jena.
- Schaeperclaus, W. 1979. Fischkrankheiten. 4. Auf. Akademie V. Cilt I-II, 1089 p. Berlin.
- Sladeczek, V. 1972. System of water quality from th biological point of view. Arch. Hydrobiol., 7, 1-128.

Sladeczek, V. 1983. Rotifers as Indicators of Water Quality. Hydrobiologia, 100, 169-201.

Stickney, R. R. 1979. Principles of Warmwater Aquaculture. John. Wiley-Sons. Inc., 375 p. USA.

Uslu, O. ve A. Türkman, 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1, 364 s. İzmir.

---

**İletişim adresi**

Gülten KÖKSAL

Ankara Üniv. Ziraat Fak. Su Ürünleri Bölümü-Ankara

Tel: 0 312 317 05 50/1644

e-mail: gkoksal@agri.ankara.edu.tr