

## ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

### HAVZA BAZINDA SU KALİTESİ İZLEMESİ: BALABANDERE ÖRNEĞİ

Yusuf SERENGİL<sup>1</sup>

#### ÖZ

Kısmen yerleşime açılmış olan Balabandere havzasında 1996-97 su yılında (8 ay) bazı su kalitesi parametreleri gözlemlenmiştir. Havza, su kalitesini gerek bir kaynak, gerekse depo olarak etkileyebilecek olan bazı temel arazi kullanma şekillerini (tarım alanları, rekreasyon, orman ve yerleşim alanları) içermektedir.

Noktasal ve noktasal olmayan kirlilik kaynakları ile ilgili olarak bugüne dek birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı arazi kullanma şekillerinin tekil etkilerini incelemekten ziyade, kaynağından denize döküldüğü noktaya kadar dere boyunca su kalitesinde gözlemlenen kümülatif değişimleri ve etkileri değerlendirmektir.

Balabandere boyuna profilinde farklı arazi kullanma şekillerinin altında toplam 4 tane örnekleme noktası belirlenmiştir. 1. örnekleme noktasının drenaj alanı tamamen ormanla kaplı, ikinci, üçüncü ve dördüncü noktaların drenaj alanları ise sırasıyla tarım, rekreasyon ve yerleşim alanlarını içermektedir. 4. örnekleme noktası derenin denize dökülme yerinin hemen öncesinde alındığı için tüm havzayı, dolayısıyla tüm arazi kullanma şekillerinin kümülatif etkilerini yansıtmaktadır.

Sonuçlar değerlendirilirken 1991-1993 yılları arasında ABD'de gerçekleştirilmiş olan benzer bir araştırmanın bulguları da gözönüne alınmıştır.

Bazı su kalitesi parametrelerindeki yersel değişimler tarım ve yerleşim alanlarından önemli miktarda kirlenici maddenin dereye karıştığını ortaya koymaktadır. Örneğin örnekleme noktalarında ölçülmüş olan ortalama bulanıklık değerleri, 1'den 4'e kadar sırasıyla 27.29, 65.57, 61.23 ve 94.79 NTU'dur.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi izlemesi, Kalite bozulması, Noktasal ve noktasal olmayan kirlilik kaynakları.

## WATER QUALITY MONITORING IN WATERSHED SCALE: BALABANDERE CASE STUDY

### ABSTRACT

Some water quality parameters have been monitored in the 1996-97 water year (8 months) on a suburban watershed. The Balabandere Creek watershed located at the northern part of Istanbul included some basic land use types like agricultural, recreational, forest and urban areas which could influence stream water quality in different ways either as a sink or source.

The influences of these point and diffuse pollution sources have been well documented in recent years. Thus, the main objective of this study was not dealing with the individual effects but monitoring the cumulative changes in the stream water quality beginning from upstream to the point, joining to sea.

Four Sampling Points (SP) located under major land use types were determined on the stream longitudinal profile. The first SP had a drainage area covered with forest while the second, third and the fourth SPs were taken under agricultural, recreational and human settlement areas, respectively. The fourth SP was the last one draining the whole watershed which is thought to be reflecting the cumulative impacts of all land use types. The results of the study was also compared with a similar research performed by the staff of USDA Southern Research Station, Coweeta Hydrologic Laboratory between 1991-1993.

The spatial changes in effluent concentrations showed that a significant amount of pollutant discharge was happening from agricultural and urban areas and this caused serious water quality problems on the stream. For example turbidity of the subsequent SPs from the first to the last were 27.29, 65.57, 61.23 and 94.79 NTU.

**Key Words:** Water quality monitoring, Degradation, Point and non point pollution.

<sup>1</sup> İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı 80895, Bahçeköy/İstanbul  
Fax: 212 226 11 13, E-mail: serengil@istanbul.edu.tr  
Received: 12 Nisan 2002; Revised: 27 Ocak 2003; Accepted: 14 Ekim 2003.

## 1. GİRİŞ

Çevremizdeki ekolojik sistemler, günümüze dek birçok faktörün etkileşiminde, çok yönlü karşılıklı ilişkilerin yer aldığı karmaşık yapılar olarak tanımlanmıştır (Trudgill, 1995). Bu yapıları anlamaya yönelik çalışmalarında ise araştırmacılar genellikle iki farklı yaklaşım tarzını benimsemişlerdir. Bazıları, sistemi küçük bileşenlere ayırarak ayrıntılı inceleme yoluna giderken, kimi araştırmacılar geniş ölçekli değerlendirmeler yapmışlardır. Ekolojide indirgemeli ve bütünsel olarak ifade edilen bu yaklaşım tarzları hidrolojideki kavramsal (conceptual) ve sistem analizi (system analysis) metodlarının karşılığı olarak kabul edilebilir (Serengil, ve Özyuvacı, 2000). Ayrıca bütünsel bakış açısı yani sistem yaklaşımının havza amenajmanının önde gelen paradigmalarından birini temsil ettiği söylenebilir.

Havza sistemi su kalitesi yönetimi bakımından bütünsel olarak ele alındığında kümülatif etki ve sonuçlar ışığında bazı olguları değerlendirmek daha kolay olduğu halde tekil etkilerden yola çıkarak genel sonuçlara gitmek daha zor olabilmektedir. Kümülatif etki "geçmişteki, günümüzdeki ve yakın gelecekteki etkiler üzerinde yükselme, artış veya etkileşim yaratan insan etkileri" (Bolstad ve Swank, 1997) olarak tanımlanabilir. Su kalitesi ile ilgili kümülatif etki araştırmalarının daha çok sulak alanlar üzerinde yoğunlaştığını, coğrafik bilgi sistemleri ve uzaktan algılamanın ise bu konuda çok yararlı araçlar olduğu görülmektedir (Johnston vd. 1988; Johnston vd. 1990). Öte yandan arazi kullanma şekli-su kalitesi etkileşiminin yukarı havza derelerinden başlayarak üst dereceden derelere ulaştığı ve bu arada aşağı havza arazi kullanma şekillerinin de incelendiği araştırmaların sayısı pek fazla değildir (Sidle ve Hornbeck, 1991). Oysaki büyük akarsular yukarı havzalardan doğan derelerle beslenmektedir.

Su kalitesi izleme programları Brooks ve ark. (1991)' a göre dört ana başlık altında toplanabilir;

- Temel değerleri belirleme (Baseline monitoring)
- Uygunluk izleme (Compliance monitoring)
- Neden-sonuç izleme (Cause-effect monitoring)
- Envantere yönelik izleme (Inventory monitoring)

Bazı çalışmalar tek bir amaca yönelik olabildiği gibi (neden-sonuç gibi) bazıları birden çok yöntemin kombinasyonu ile birçok amaca hizmet edebilmektedir. Ayrıca ekolojik çevre ile ilgili araştırmalarının hemen hepsinin bir sorununun çözümüne yönelik olduğu da söylenebilir.

Su kalitesi izlemelerinde kirlilik kaynakları genellikle iki ana başlık altında toplanmaktadır. Noktasal (point) ve noktasal olmayan (non-point, diffuse) kirlilik kaynakları. Noktasal olmayan kirlilik kaynaklarının en

önemlileri tarımsal ve şehirselleme yüzeyel sulardır. Noktasal kaynakların en önemlileri ise endüstriyel ve kanalizasyon atık sulardır (Dahling vd. 1995).

Ülkemizde havza bazında su kalitesi planlaması konusunda bir başlangıç olması ve benzer şehirleşmiş havzaların durumunu yansıtması bakımından Balabandere'de gerçekleştirilen bu çalışmanın oldukça önemli bulgular içerdiği düşünülmektedir. Yazıda ayrıca okuyucuya daha iyi bir değerlendirme ve karşılaştırma olanağının sağlanması bakımından ABD' de (Coweeta Havzası) gerçekleştirilmiş olan benzer bir çalışmanın (Bolstad ve Swank, 1997) bulgularına da yer verilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

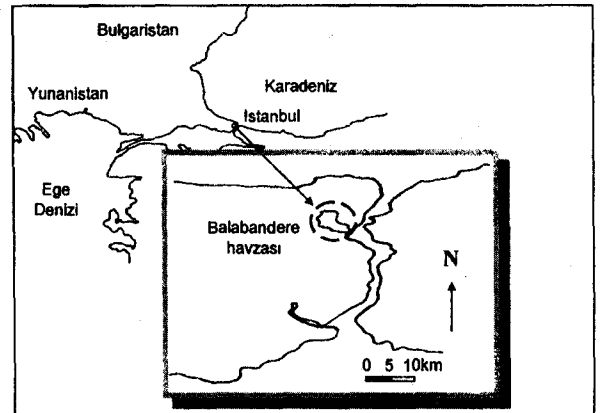
#### 2.1.1. Mevkii ve Havza Özellikleri

Balabandere havzası İstanbul il sınırları içerisinde 29°03'-29°08' doğu boylamları, 41°22'-41°24' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Havza alanı 1265,02 hektar, form faktörü 0,341, dairesellik oranı 0,299, uzunlaşma oranı 0,329 dır. Bu değerlere göre havzanın dar ve uzun bir şekle sahip olduğu görülebilir.

Havza 2,67 adet/km<sup>2</sup> dere sıklığı ve 1,81 km<sup>-1</sup> drenaj yoğunluğuyla Balabandere'yi (3. dereceden) çıkış noktasından denize kadar çevrelemektedir. Ayrıca ortalama yükseklik 117,5 metre, ortalama eğim %22,88 ve doğu bakılıdır.

Coweeta deresi havzası North Carolina eyaletinin batı bölümündeki Güney Appalachian dağları üzerinde Nantahala Dağı bölgesinde 83° 25' batı boylamları, 35° 02' kuzey enlemleri üzerinde yer almaktadır. Havza alanı 4350 hektar olup sularını 5. Derece Coweeta deresi ile drene etmektedir. Ortalama yükseklik 750 metredir (Bolstad ve Swank, 1997).



Şekil 1. Balabandere Havzasının Konumu

Havzaların en belirgin ortak yönleri yerleşim ve tarım alanlarının aşağı havzaya inildikçe artış göstermesi ve buna bağlı olarak su kalitesi parametrelerinde ortaya çıkan bozulmalardır. Ayrıca şunun altını çizmek gerekir ki daha büyük drenaj alanına sahip olması ve daha yağışlı bir bölgede bulunması nedeniyle Coweeta havzasının akımı daha yüksektir ve bunun sonucu olarak su kalitesi parametreleri de yıl boyunca daha stabil olabilmektedir (Bolstad ve Swank, 1997). Buna karşın Balabandere'nin düşük akımı nedeniyle gerek noktasal kirlilik kaynaklarından gerekse yağış olaylarından daha fazla etkilenmekte olduğu görülmektedir. Coweeta havzasında sadece alansal kirlilik kaynakları olmasına rağmen Balabandere'de hem noktasal hem de alansal kaynaklar mevcuttur. Ayrıca Balabandere'nin çoğu segmentinin koruyucu akarsu ekosisteminden (riparian zone) yoksun olduğunu da eklemek gerekir.

### 2.1.2. İklim

Erinç Yağış Etkenliği İndisine göre (Im= 50,5) Belgrad Ormanının iklimi tipi "nemli" olarak ifade edilmektedir. Thorntwaite yöntemine göre ise bölgenin iklimi B<sub>3</sub>B<sub>1</sub>'sb<sub>4</sub>' sembolleri ile ifade edilmekte, "nemli, mezotermal, yazın orta derecede su açığı olan, deniz etkisine yakın" olarak tanımlanmaktadır. Yıllık yağış 1050 mm civarındadır. Coweeta havzasının yıllık yağışı ise 2000 mm civarındadır. Yağışın mevsimlere dağılışı oldukça düzenli olmanın yanında (her mevsim hemen hemen aynı yağış miktarı) şiddetli yağışlara az rastlanmaktadır. Kar yağışı oldukça nadir gözlenmektedir. Coweeta iklimi deniz etkisinde ve nemli olarak tanımlanmaktadır (Bolstad ve Swank, 1997). Ayrıca vejetasyonun benzerliği de iklim özelliklerinin benzer olduğu bulgusunu desteklemektedir.

### 2.1.3. Jeolojik Yapı ve Toprak

Balabandere havzası ve Belgrad ormanında bugüne dek birçok jeolojik araştırma gerçekleştirilmiştir. Bölgedeki anakayalar karbonifer grovak ve şistleri ve neojen formasyonudur (Özhan, 1977).

Havzanın alt kısımlarında toprakların büyük ölçüde (%71) derin olduğu belirlenmiştir. Bölgede birçok farklı anakayanın mevcut olması sonucu çeşitli tekstür tipleri ortaya çıkmıştır fakat bunlar içinde en fazla oranda (%47) bulunan killi balçıktır. Aynı araştırmaya göre toprakların faydalanılabilir su kapasitesinin düşük olduğu, toprakta depolanan suyun Temmuz ayında tükendiği, Temmuz ve Ağustos aylarında toprakta su noksanının söz konusu olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca toprakların kireç içermediği ve %16 sının taşlı olduğu belirtilmektedir (Kantarci ve Tolunay, 1996).

Polat (1996) tarafından yapılan bir diğer araştırma göre bölge toprakları erozyona duyarlı olmasına karşın bitki örtüsü nedeniyle bölgede erozyon olgusu gözlenmemektedir.

Coweeta havzası anakaya jeolojisi geç prekambriyana dayanmakta ve iki ana litolojik tabakalanma birimi yer almaktadır. Kumtaşları volkanik kayaçlarla ve alüminyum şistleriyle tabakalanmaktadır. Kuvars, biotit ve muskovit, mika ve plajyoklas feldspar en çok görülen mineraller olarak göze çarpmaktadır. İyi gelişmiş ultisoller ve olgunlaşmamış inceptisoller en çok görülen toprak tipleridir (Bolstad ve Swank, 1997).

### 2.1.4. Vejetasyon

Balabandere havzasındaki vejetasyon kuşakları şunlardır (Kantarci ve Tolunay, 1996);

- Macar Meşesi-Saçlı Meşe-Kestane Kuşağı (<100)
- İhlamur-Kestane Kuşağı (100-180)
- Sapsız meşe-İhlamur-Kestane Kuşağı (180-240)

Araştırma sahası içerisinde daha birçok otsu ve odunsu türü bulunmaktadır.

Coweeta havzası ile Belgrad Ormanı vejetasyonu yapısı birçok benzerlikler göstermektedir. Her iki bölge de meşe ağırlıklı yapraklı orman ekosistemidir (Bolstad ve Swank, 1997). Coweeta havzası daha güney enlemlerde bulunmasına rağmen denizden uzak ve daha yüksek (ortalama 750 metre) olması nedeniyle Belgrad ormanı ekolojik koşullarına benzerlik göstermektedir.

## 2.2. Araştırmanın Planlanması

1996 yılı Haziran ayında dere üzerinde dört örnekleme noktası (ÖN) belirlenmiş ve su yılının başlamasıyla (Ekim ayı) bu noktalarda 15 günlük peryotlarla örnekleme yapılmıştır. Nisan ayı sonunda arazi ve laboratuvar çalışmaları tamamlanmış ve veri değerlendirme aşamasına geçilmiştir.

Coweeta havzasında gerçekleştirilen araştırma ise Haziran 1991'de başlayıp Kasım 1993 de sona ermiştir. Bu süre zarfında haftalık örnekleme gerçekleştirilmiştir (Bolstad ve Swank, 1997).

### 2.2.1. Arazi ve Laboratuvar Yöntemleri

#### 2.2.1.1. Örnekleme Yerlerinin Seçimi

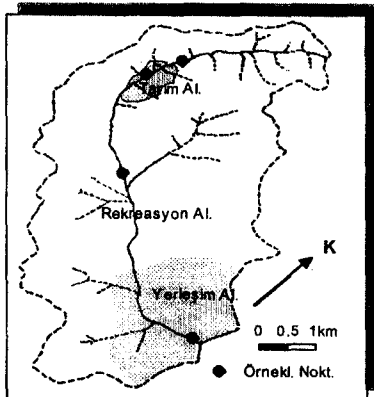
Su örnekleme yerlerinin yapıldığı noktaların Balabandere üzerindeki konumları Şekil 2' de verilmiştir. Birinci ÖN üst kısımdaki küçük bir rekreasyon alanı dışında tamamen ormanlık bir alanın alt kısmında yer al-

maktadır. İkinci ÖN ise Bahçeköy' ün ve tarım alanlarının etkilerini gözlemleyebilmek bakımından bu alanların alt kısmında alınmıştır. Üçüncü ÖN Bilezikçi Çiftliği yakınındaki rekreasyon alanlarının da etkisini kapsayacak biçimde belirlenmiş, sonuncu ÖN ise derenin denize döküldüğü noktaya yakın bir yer olan fidanlık içinde alınmıştır. 3 ve 4 nolu ÖN'ler arasında en önemli noktasal kirlilik kaynaklardan biri olarak görülün (Dahling vd. 1995; Lindsey, 1998) kanalizasyon deşarjı da bulunmaktadır.

Coweeta deresi üzerindeki örnekleme desenine gelince, daha büyük bir havza olması, yerleşim alanlarının seyrek ve homojen olması, tarım alanlarının ve ormanların da düzenli dağılması nedeniyle keskin arazi kullanım farklılıklarını gözlemek mümkün olmamıştır. Örnekleme noktalarının drenaj alanlarındaki arazi kullanımları Coweeta havzası için Tablo 1' de, Balabandere için ise Şekil 2' de verilmiştir.

### 2.2.1.2. Laboratuvar Yöntemleri

Polyetilen kaplarda alınan iki litrelik su örneklerinin titrimetrik analizlerinde APHA, AWWA, WPCF (1976) ve ŞENGÜL, TÜRKMAN (1991)' den, enstrümental analizlerde ise EWING (1975)' den yararlanılmıştır. Fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizlerin tümü İ.Ü.Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elektriksel İletkenlik, pH, renk ve bulanıklık (turbidite) ölçme cihazlarıyla, bakır ve demir Atomik Absorpsiyon Spektrometre, kalsiyum ve magnezyum Alev Fotometresiyle, fosfat ( $PO_4$ ) ve fosfat fosforu ( $PO_4$ -P) dijital fotometreyle, alkalinite, klorür, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, organik madde ( $KMnO_4$ ) ve toplam azot (Kjeldahl) titrasyonla, son olarak koliform ve fekal koliform miktarları çok tüplü metotla belirlenmiştir. Bu makalede ölçülen tüm su kalitesi parametrelerin incelenmesi ve tartışılması mümkün olmadığı için önemli oldukları düşünülen ve Coweeta araştırması ile çakışanlar üzerinde durulmuştur.



Şekil 2. Örnekleme Yapılan Noktaların Balabandere Üzerindeki Konumları

Tablo 1. Coweeta Deresi Üzerindeki Örnekleme Noktalarının Drenaj Alanlarındaki Arazi Kullanımı.

Örnekleme noktası üzerindeki alan karakteristikleri	Örnekleme Noktası				
	Yukarı havza		Aşağı havza		
	1	2	3	4	5
Toplam alan(ha)	1605	1798	3099	4163	4456
Orman Alanı(ha)	1600	1782	2986	3904	4113
Tarım Alanı(ha)	4	13	89	155	192
Toplam yol yoğunluğu(km/km <sup>2</sup> )	2,49	2,51	2,61	2,60	2,75
Bina sayısı/Alan (#/100ha)	0,37	3,06	5,36	6,01	9,23

### 2.2.1.3. Veri Değerlendirme

Analiz sonuçları Microsoft Excel 7.0 ve SPSS 8.0.1 yazılımları kullanılarak değerlendirilmiştir. Veriler Gürsakal (1997)' ye göre kartil eliminasyon yöntemi kullanılarak kalite kontrolünden geçirilmiştir.

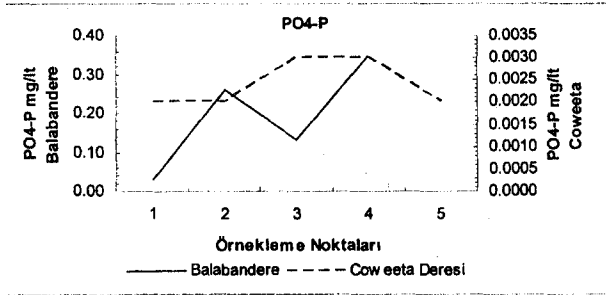
## 3. BULGULAR

Her iki araştırma da birbirinden bağımsız ve habersiz gerçekleştirildiği için ölçülen su kalitesi parametrelerinin bazıları farklıdır (Toplam azot, bakır, demir renk, sertlik ve organik madde Coweeta'da ölçülmemi, buna karşın Balabandere'den farklı olarak Sodyum, potasyum, çözülmüş oksijen ve oksitlenmiş inorganik azot bileşikleri analiz edilmiştir) fakat birçok çakışan parametre vardır (pH,  $HCO_3^-$ , iletkenlik, klorür, kalsiyum, magnezyum, bulanıklık, koliform ve fekal koliform, fosfat ve fosfat fosforu).

Her iki derenin su kalitesi verilerine bakıldığında ilk göze çarpan nokta Coweeta deresi su kalitesi parametrelerinin yerel olarak (örnekleme noktaları arasında) daha durağan yönelimler izlediğidir. Ötrifikasyon yönünden en önemli besin maddelerinden biri olan fosforun Balabandere'de tarım alanlarına hemen tepki verdiği (2 numaralı ÖN) yani 1. ÖN' den ikinciye geçerken arttığı, sonra azalıp denize dökülme noktasında (4 numaralı ÖN) tekrar arttığı görülmektedir. Buna karşın Coweeta deresinde daha yumuşak artışlar ve hatta son noktada bir azalma görülmektedir. Ayrıca fosfor yönünden Coweeta deresinin oldukça sağlıklı durumda olduğu (Balabandere'nin yaklaşık %1'i kadar) da göze çarpmaktadır (Şekil 3).

Balabandere'de ölçülen bazı su kalitesi parametrelerinin yerel değişimleri Şekil 5'de görülmektedir. Çoğu su kalitesi parametresinin özellikle 2. ve 4. ÖN' de yüksek standart sapma değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Örneğin toplam azot için standart sapmalar;  $\sigma_1=0.013$ ,  $\sigma_2=0.327$ ,  $\sigma_3=0.095$  ve  $\sigma_4=0.425$  olarak hesaplanmıştır. Dağılım grafiği de bu durumu doğrulamaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Balabandere ve Coweeta derelerinde ölçülmüş olan fosfor değerlerinin yukarı havzadan aşağı havzaya inerken gösterdiği değişimler (Coweeta deresi üzerinde 5, Balabandere üzerinde 4 ÖN vardır).

Bulanıklık değerleri Coweeta deresi ile karşılaştırıldığında Balabandere' de oldukça yüksek bulunmuştur (Tablo 2). Hem 1 ve 2. hem de 3 ve 4. ÖN' lere geçişte dik artışlar göze çarpmaktadır.

Çoğunlukla analizi yapılan su kalitesi parametrelerinde derenin membasından mansabına gidildikçe bir konsantrasyon artışı, bir başka deyişle bozulma göze çarpmakta sadece pH ve demir iyonu konsantrasyonlarında son örnekleme noktasına gelindiğinde bir düşüş görülmektedir (Şekil 5).

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Balabandere'de en etkili kirlilik kaynaklarının tarım alanları (2 nolu ÖN yukarı) ve noktasal deşarjlar (4 nolu ÖN) olduğu düşünülmektedir. Ayrıca varyans analizi sonuçlarına göre bulanıklık, pH, klorür, ve bakır konsantrasyonlarının aritmetik ortalamaları bakımından ÖN' ler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken, diğer tüm parametreler bakımından 4 numaralı ÖN ye ait aritmetik ortalama değerleri diğer ÖN'lerden farklı bulunmuştur (Tüm ölçme değerleri dikkate alındığında  $F_{18,79} = 18.79^{**}$ ). Bu durum noktasal kirlilik kaynaklarının daha etkili olabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

- Toplam azot, bakır, alkalinite, bulanıklık, renk, pH, demir, fosfat, fosfat fosforu ve toplam koliform parametreleri dışındaki su kalitesi parametreleri (bikarbonat, Eİ, toplam sertlik, kalsiyum sertliği, klorür, organik madde, magnezyum, kalsiyum) 1. ÖN'den 4. ÖN'ye doğru dere boyuna profili boyunca düzenli bir artış göstermiştir. Bu durum derenin güzergahı boyunca bu kalite parametreleri bakımından sürekli bozulduğunu göstermektedir. Ayrıca 4 nolu ÖN'de ölçülen hiçbir su kalitesi parametresi değeri 1 nolu ÖN'den düşük çıkmamıştır. Fekal koliforma gözlem periyodunda hiçbir ÖN' de rastlanmamıştır.

Tablo 2. Her İki derenin Bulanıklık Değerleri.

		ÖN 1	ÖN 2	ÖN 3	ÖN 4	ÖN 5
Balabandere	$\chi$ (NTU)	27.29	65.57	61.23	94.79	
	$\sigma$	12.40	96.90	95.60	110.00	
Coweeta	$\chi$ (NTU)	12.58	20.10		41.27	37.00
	$\sigma$	1.41	2.77		6.36	6.95

$\chi$  = Aritmetik ortalama,  $\sigma$  = Standart sapma

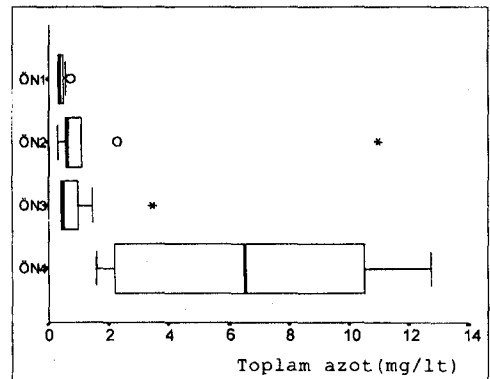
- pH değerinin 3 nolu ÖN'den 4 nolu ÖN'ye geçerken düşmesi (Şekil 5) dikkate değer bir durumdur ve dereye o segmentte (yerleşim alanları ve noktasal kaynaklar) asidik bir kontaminasyonu işaret etmektedir. Ayrıca 4. nolu ÖN' de koliform miktarının aniden artış göstermesi suyun bakteriyolojik olarak da bozulduğunu göstermektedir. Bu örnekleme noktasında, organik madde miktarında da ani bir artış belirlenmiştir.

- Balabandere'nin Coweeta deresine göre çok daha fazla kirletici madde taşımamasının nedenleri;

- Yağış sularının içerdiği madde miktarlarındaki farklılıklar (Coweeta deresinin bulunduğu bölgedeki (Güney Appalachen dağları, North Carolina) yağışlar daha az madde içermektedir (Balcı vd. 1986; Johnson vd. 1998; Fitzgerald vd. 1988) (büyük şehirlerden, endüstriyel alanlardan, deniz seviyesinden yüksek ve etkisinden uzak olduğu için).

- Coweeta havzasındaki yerleşim alanlarının çok homojen ve seyrek dağılım göstermesi yanında akarsu-yun koruyucu dere kenarı ekosistemine (riparian zone ve bottomland hardwood forest) sahip olması.

- Coweeta deresinin yüksek akıma sahip ve geniş bir havza olması ve yağışın yıl boyunca homojen dağılımı (Bolstad ve Swank, 1997).

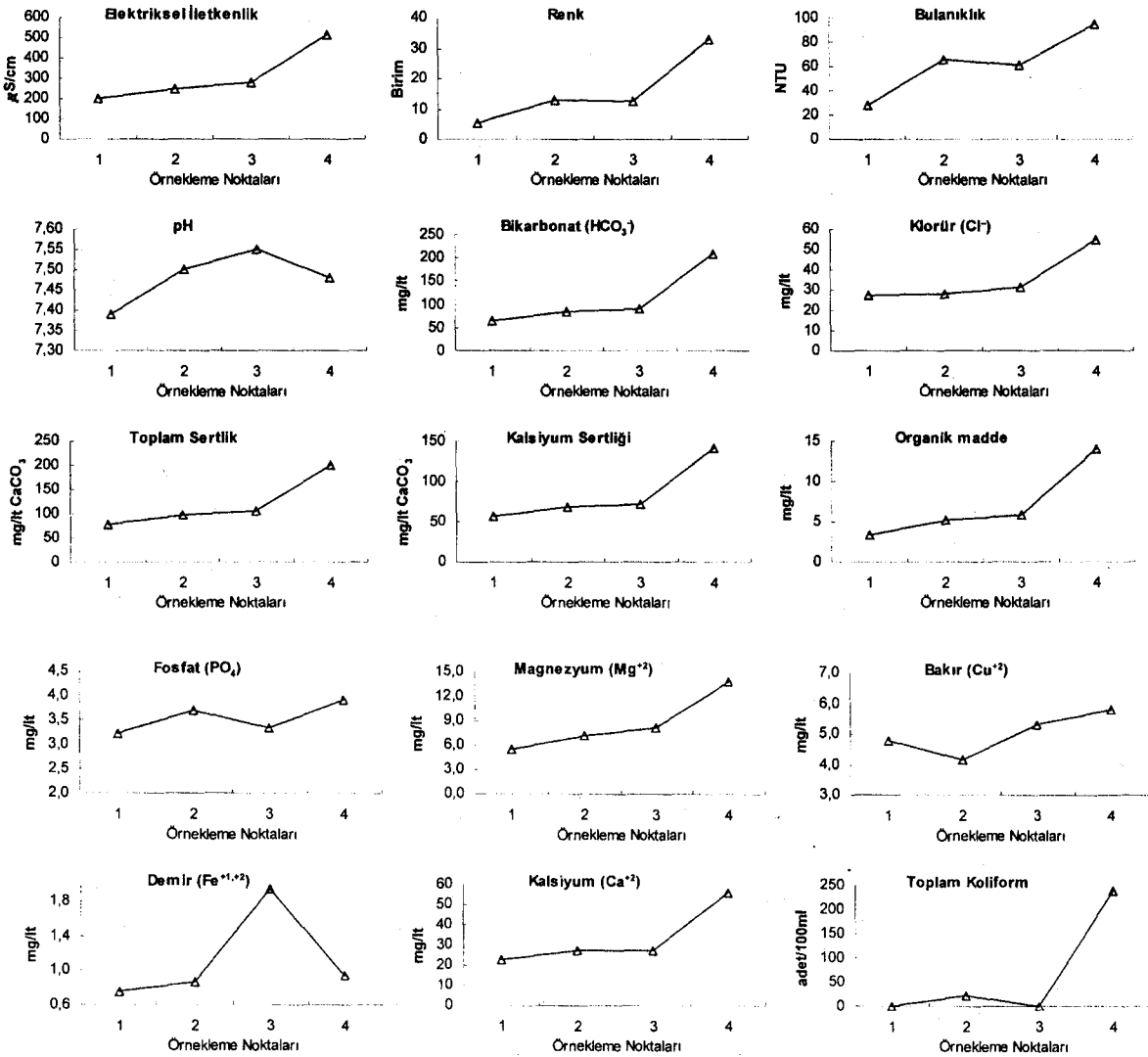


Şekil 4. Örnekleme noktalarında (N1,...,N4) ölçülen toplam azot değerlerinin dağılım (boxplot) grafikleri. Daireler aykırı, yıldızlar uç değerleri ifade etmektedir. Kutu içerisindeki kalın dikey çizgiler medyan değerlerini, dikdörtgen çerçeveler tümdeğerlerin %50 sini, kuyruklar ise uç ve aykırı değerler dışındaki tüm değerlerin dağılım aralığını göstermektedir.

- Balabandere havzasının özellikle alt kesimlerinde çarpık yapılaşma olgusu ve noktasal deşarjların ön arıtma ve ikincil arıtma yapılmadan dereye verilmesi, bu tip deşarjlar düşük akım periyodunda gerçekleştiği takdirde çok büyük bir kirlilik etkisi yapmaktadır. Bu tip dönemlerde dere suyu birçok kez seyreltilerek analize tabi tutulmuştur.

• 2 ve 4 numaralı ÖN'de ölçülen su kalitesi parametrelerinin yüksek standart sapma değerleri bu noktaların üzerindeki arazi kullanım şekillerinde (tarım ve yerleşim alanları) meydana gelen yüzeysel akış ve bunun sonucu olarak da erozyon olgusuyla açıklanabilir. Renk ve bulanıklık parametreleri bakımından 4 nolu ÖN' de, 2 nolu ÖN' den daha yüksek değerler belirlenmiştir. Bu durum noktasal kaynakların bu iki parametreyi de ciddi şekilde etkilediğini ortaya koymaktadır.

• Bu çalışmada kontaminasyon kaynakları bilinmemektedir ve etki düzeylerinin ortaya konulması amaçlanmıştır, fakat kirlilik kaynağının bilinmediği durumlarda azot türevlerinin ayrı ayrı belirlenmesi, özellikle oksitlenmiş formların (nitrat, nitrit) analizi ile azotun kaynağı daha iyi ortaya konulabilir.



Şekil 5. Örnekleme Noktalarında Ölçülen Ortalama Su Kalitesi Parametre Değerleri.

**KAYNAKÇA**

- APHA-AWWA-WPCF. (1975). *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*. 14<sup>th</sup> Edition. New York. ISBN: 087553-078-8.
- Bolstad, P.V. and Swank, W.T. (1997). Cumulative impacts of landuse on water quality in a Southern Appalachian watershed. *Journal of The American Water Resources Assoc.* 33, 519-533.
- Brooks, K., Folliott, P.F., Gregersen, H.M. and Thames, J.L. (1991). *Hydrology and The Management of Watersheds*. Iowa State University Press, Ames.
- Dahling, K., Johnson, J. and Krebsbach M. (1995). Point versus nonpoint pollution. *Environmental Focus. The newsletter of Environmental Geology*. 6:12-15.
- Ewing, G.W. (1975). *Instrumental Methods of Chemical Analysis*. 4<sup>th</sup> edition. McGraw Hill Book Company. New York.
- Gürsakar, N. (1997). *Bilgisayar Uygulamalı İstatistik*. Marmara Kitabevi Yayınları. İstanbul.
- Johnston, C.A., Detenbeck, N.E., Bonde, J.P. and Niemi, G.J. (1988). Geographic information systems for cumulative impact assessment. *Photogramm. Enging. Remote Sensing* 54, 1609-1615.
- Johnston, C.A., Detenbeck, N.E. and Niemi. G.J. (1990). The cumulative effect of wetlands on stream water quality and quantity. A landscape approach. *Biogeochemistry* 10, 105-141.
- Kantarci, D. ve Tolunay D. (1996). *İ.Ü.Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanında Toprak ve Yetiştirme Ortamı Özelliklerinin Belirlenmesi*. İ.Ü.Araştırma Fonu Projesi Raporu, İstanbul.
- Lindsey, G. (1998). Controlling urban nonpoint source pollution in the Grand Calumet River, Indiana Harbor Ship Canal, and Nearshore Lake Michigan Area of concern: A preliminary assessment. *Journal of Urban Policy and The Environment*. 12, 67-72.
- Özhan, S. (1977). *Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etkenlere Göre Değişimi*. İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları. No: 235, İstanbul.
- Polat, C. (1995). *İ.Ü.Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanında Toprak Kaybı ve Erozyon*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, p. 79.
- Serengil, Y. ve Özyuvacı N. (2000). Water quality management in the Balabandere creek catchment. *In: Proceedings of The International Conference on The Future of the Mediterranean Rural Environment: Prospects for Sustainable Land Use and Management*. İzmir, pp. 82-83.
- Sidle, R.C. and Hornbeck J.W. (1991). Cumulative effects: A broader approach to water quality research. *J. of Soil and Water Cons.* 46, 268-271.
- Şengül, F. ve Türkman, A. (1991). *Su ve atıksu analizleri*. Paşahan matbaası. İstanbul.
- Trudgill, S.T. (1988). *Soil and Vegetation Systems*. 2<sup>nd</sup> edition. Clarendon Press, Oxford.



**Yusuf Serengil**, 29.12.1973 tarihinde Gaziantep'te doğmuştur. İ.Ü.Orman Fakültesinden 1995 yılında mezun olup, aynı yıl aynı fakültenin Havza Amenajmanı Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır. Yüksek Lisansını 1997, doktora çalışmasını 2002 yılında tamamlamıştır. TÜBİTAK, İ.Ü.Araştırma Fonu BEKA-DEP, Tinçel Vakfı ve CIHEAM bursları ile bilimsel amaçlı olarak Macaristan, Avusturya, Slovakya, İtalya, ABD ve İspanya'da bulunmuştur.