

Aşağı Seyhan Havzasında Besin Maddesi Taşınımı

Gamze ASLAN

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 06100,

Ankara-TÜRKİYE

Gülnur TUMBAT, Selçuk SOYUPAK, Coşkun YURTERİ

ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, 06531

Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi 23.07.1998

Özet

Aşağı Seyhan Havzası (ASH), Seyhan nehrinin üzerinde yer alan Seyhan Barajı'nın güneyinde bulunmaktadır. ASH'nin verimli topraklarında yoğun tarımsal faaliyetler sürdürülmektedir. Bu faaliyetlerden kaynaklanan besin maddesi (azot ve fosfor) yükleri bölgedeki yüzey ve yeraltı su kaynakları için önemli bir kirlilik potansiyeli yaratmaktadır. Besin maddesi yükleri, tarımsal alanlara ek olarak, evsel ve endüstriyel deşarjlardan da kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu besin maddelerinin ASH'de bulunan drenaj kanallarındaki taşınımı matematiksel modelleme yöntemi ile incelenmiştir. Modelleme çalışmalarında bölgenin yağış verileri ve sulama dönemleri dikkate alınmış; hesaplamalar, 1992 and 1993 yıllarının yaz ve kış dönemleri için yapılmıştır. Bu hesaplamalarda, parametrelerin drenaj şebekesindeki konsantrasyonlarının tahmini için, tüm dünyada yaygın olarak kullanılan QUALZEU su kalitesi benzetim modeli kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Besin maddesi, matematiksel modelleme, su kalitesi, drenaj kanalı, alansal kaynak.

Nutrient Transport in the Lower Seyhan Catchment Area

Abstract

The Lower Seyhan Catchment Area starts at the downstream of the Seyhan Dam on the Seyhan River. This fertile area is exposed to dense agricultural activities. Nutrient loads (nitrogen and phosphorus) from these activities create an important pollution potential for surface and groundwater resources in the area. In addition to the agricultural areas, these nutrient loads also originate from domestic and industrial discharges. In this study, the transport of the estimated nutrient loads in the drainage channels was determined by mathematical modeling. In the modeling studies, the local hydrology and irrigation periods were taken in to account. In these calculations, a commonly used water quality simulation approach, QUALZEU was used for the prediction of parameter concentrations in the drainage channel network. Simulation runs were carried out for the summer and winter periods of 1992 and 1993.

Key Words: Nutrient, mathematical modeling, water quality, drainage channel, model calibration, diffused source.

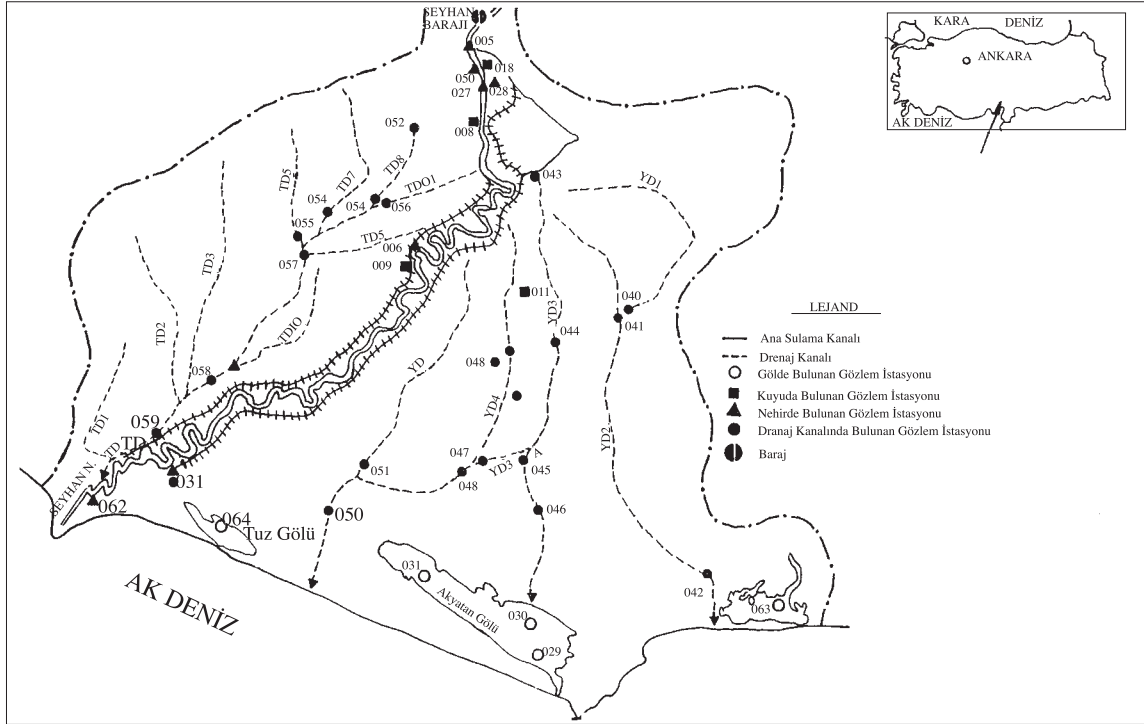
Giriş

Seyhan Havzası'nın su toplama alanı yaklaşık olarak 20.731 km² olup, Seyhan Barajı'na kadar olan kısım Yukarı Seyhan olarak tanımlanmaktadır. Aşağı Seyhan Havzası (ASH) olarak tanımlanan ve barajın mansabında kalan kısım ise Tarsus ve Yüreğir ovalarından oluşmaktadır. Türkiye'nin en verimli topraklarının bulunduğu Çukurova'da yer almasından dolayı, ASH'de yoğun tarımsal faaliyetler gerçekleştirilmektedir.

Tarımsal kirliliğe ek olarak, Seyhan Barajı'nın hemen mansabında yer alan Adana Şehri ve civarındaki pek çok noktadan gerek Seyhan nehrine,

gerekse drenaj kanallarına evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları yapılmaktadır. Aşağı Seyhan nehri ve drenaj kanallarındaki besin maddesi taşınımı incelenirken bu deşarjlar da dikkate alınmıştır.

Tarsus Ovası'ndaki ana drenaj kanalı olan TD0, Seyhan nehrine dökülmektedir. Bu kanala ait debi değerleri Aşağı Seyhan nehri için hazırlanan bir model çalışmasında nehre noktasal girdi olarak ele alınmıştır. (Onur, 1996). Yüreğir Ovası'ndaki ana drenaj kanalları (YD2, YD3, YD4) ise ovanın güneyinde yer alan Akyatan Gölü'ne ve Akdeniz'e boşalmaktadır (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. ASH'de Su Kalite Gözlem İstasyonları

Nehre gelen yüzey akışının su kalitesine etkisi, nehrin her iki tarafında yer alan setlerle en aza indirilmiştir. Mevcut koşullar altında yeraltı suyunun da nehre etkisi çok az olacağından, Aşağı Sey-

han nehrinin tarımsal kirlilikten başlıca TD0 kanalı yoluyla etkilendiği kabul edilmiştir. ASH'deki kanallar içerisinde kapasitesi en yüksek olan TD0 drenaj kanalıdır. Bu kanal, noktasal ve noktasal olmayan

kirlilikten en çok etkilenen kanal olduğundan diğer kanalları da karakterize etmektedir. Bu çalışmada, yüzey suları için önemli kirletici parametreler olan ve özellikle tarımda kullanılan gübrelerden kaynaklanan makro besin maddelerinin (azot ve fosfor) bölgedeki drenaj kanallarındaki ve Aşağı Seyhan nehrindeki taşınımı incelenmiştir. Besin maddesi taşınımı modelleme çalışması, ASH'de mevcut tüm drenaj kanalları için gerçekleştirilmiştir.

Modelleme Çalışmaları

Azot ve fosforun drenaj kanallarındaki ve Aşağı Seyhan nehrindeki taşınımı, ABD Çevre Koruma Örgütü (USEPA) tarafından geliştirilmiş olan QUAL2EU yazılım paketi kullanılarak incelenmiştir. QUAL2EU yazılım paketinde su kalitesi parametrelerinin herhangi birinde meydana gelen değişiklikler, ortamın karakterine bağlı olan kütle aktarım mekanizmaları (adveksiyon ve dispersiyon) ile fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar gibi değişik mekanizmalar kullanılarak modellenmektedir.

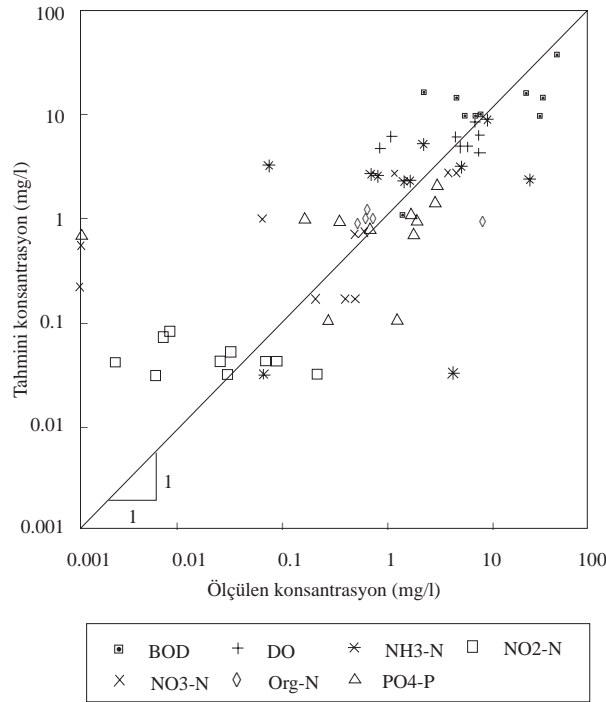
Model Girdileri

Modele girdi oluşturan temel veriler ve drenaj kanallarına gelen besin maddesi miktarları, bölgedeki

sulama dönemleri ve yerel yağış bilgileri dikkate alınarak yaz ve kış sezonları için ayrı ayrı hazırlanmış ve hesaplanmıştır. Yaz sezonu Mayıs-Ekim aylarını, kış sezonu ise Kasım-Nisan aylarını kapsamaktadır. Modele girdi oluşturan temel veriler aşağıdaki gibidir:

- i) Drenaj kanallarındaki bölümlenme,
- ii) Drenaj kanallarındaki su hızı ve derinliği gibi hidrolik veriler,
- iii) Reaksiyon hız sabitleri,
- iv) Azot ve fosfor yükleri.

Modellemede kullanılan kütle aktarım eşitliklerinin çözümü için su hızının nehir yatağı boyunca gösterdiği değişimin hesaplanması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, Aşağı Seyhan'ın doğal yatağında hakim olan eğimler, enine kesit alanları ve hidrolik özellikler temel alınarak, nehrin birbirini takip eden bölümlerden oluştuğu varsayılmıştır. Hidrolik veriler DSİ'den elde edilmiştir (DSİ, 1992). Drenaj kanallarındaki akım değerleri mevsime bağlı olarak $10 \text{ m}^3/\text{sn}$ ile $40 \text{ m}^3/\text{sn}$ arasında değişmektedir (Erbatur ve diğerleri, 1994). Reaksiyon hız sabitleri ise USEPA (1985) tarafından belirlenen aralıklarda alınmıştır. QUAL2EU kapsamında kullanılan eşitlik ve parametrelere ait detay bilgiler başka kaynaklarda verilmiştir (Brown ve Barnwell, 1987; Onur, 1996).



Şekil 2. Parametrelerin TD0-TD8 Drenaj Kanalındaki Ölçülen ve Tahmini Değerleri

Tablo 1. Noktasal Kaynaklar ve Karakteristikleri

Noktasal Kaynaklar	Karakteristikler						
	Lokasyon	Q m ³ /s	BOİ mg/l	Org-N mg/l	NH ₃ -N mg/l	Org-P mg/l	PO ₄ -P mg/l
(Grup-C)+(Seyhan)	TD8, 8+500 km	2,180	187,00	6,61	11,65	0,83	2,48
Grup-D	TD0, 18+000 km	0,360	400,00	-	30,00	-	10,00
İncirlik	YD3-A, 22+750km	0,030	175,00	8,00	12,00	1,00	3,00
Havutlu	YD3-A, 25+500 km	0,011	218,31	8,00	12,00	1,00	3,00
Grup-A (yükün %5'i, atıksuyun %36'sı)	YD3-A, 21+200 km	0,040	94,97	9,36	14,03	-	0,47
Sarıçam Deresi	Seyhan, 81+000 km	0,690	50,50	2,13	4,00	0,09	0,18
Grup-A (yükün %95'i, atıksuyun %64'ü)	Seyhan, 79+000 km	0,070	1015,00	100,00	150,00	-	-
(Grup-B)+(Yüreğir)	Seyhan, 78+000 km	0,720	187,13	8,00	12,00	1,00	3,00

Evsel ve Endüstriyel Atıksu Yükleri

Evsel atıksu deşarjları için atıksu miktarı, yerleşim yerlerinin nüfusuna göre belirlenen içmesuyu ihtiyacının % 70'i baz alınarak hesaplanmıştır (Karpuzcu, 1985; Barnes ve diğerleri, 1981). Bir örnek olarak, kirletici parametrelerden biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) değeri 40,0 mgBOİ/kişi-gün alınmıştır (İller Bankası, 1991). Endüstriyel atıksu deşarjlarının özellikleri, yörede gerçekleştirilmiş olan bir projenin detaylı sonuçları kullanılarak elde edilmiştir (Su Yapı, 1993). Söz konusu çalışmada, bölgedeki belli başlı endüstriler, A, B, C ve D olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Bu grupların deşarj noktaları sırasıyla; drenaj kanalları ile Seyhan nehrinin doğusu, kanalizasyon sisteminin doğusu, aynı sisteminin batısı ve drenaj kanallarının batısı olarak belirlenmiştir.

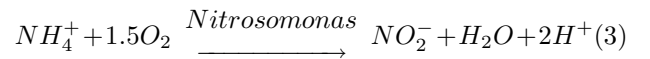
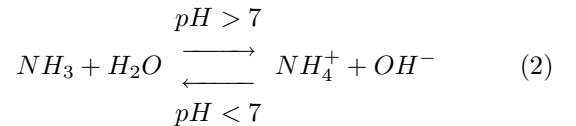
Evsel ve endüstriyel deşarjların özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Kirletici konsantrasyonu hesapların kolaylaştırmak için noktasal ve noktasal olmayan kaynakların çalışma alanına homojen olarak dağıldığı kabul edilmiştir.

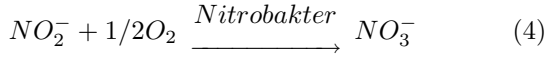
Noktasal Olmayan Kaynaklardan Gelen Azot Yükleri

Azot sentetik gübrelerde nitrat (NO_3^-), amonyak (NH_3) veya üre ($(NH_2)_2CO$) şeklinde bulunmaktadır. ASH için birim alanda gübre kullanım değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Örneğin,

Amonyum nitrat (NH_4NO_3) gübresinde azotun yarısı amonyum (NH_4^+), diğer yarısı da NO_3^- formundadır. Amonyum sülfat ($(NH_4)_2SO_4$) gübrelerinde azotun tamamı NH_4^+ formunda iken, $(NH_2)_2CO$ 'de ise organik formdadır (bkz. Tablo 3). Kompozit gübrelerde ise azot, Tablo 2'de verilen oranlarda element formunda bulunur.

Topraktaki organik azotun mikroorganizmalarca NO_3^- 'a dönüştürülmesi iki basamakta gerçekleşir. Toprağın pH'ına bağlı olarak Org-N, NH_4^+ ve NH_3 'e dönüşür. Toprakta yeterli miktarda oksijenin olması durumunda, NH_4^+ ve NH_3 kolayca NO_3^- 'e parçalanır. Bu nedenle tarımsal alanlardan akar-sulara ve akiferlere ulaşan azot çoğunlukla nitrat formundadır (OECD, 1986). NO_3^- 'in sudaki çözünürlüğü oldukça yüksek olduğundan, topraktan drene olan sudaki NO_3^- konsantrasyonu toprağın NO_3^- içeriğini yansıtmaktadır. Uygun şartlar ve yeterli süre altında, topraktaki organik azotun mikroorganizmalarca nitrata dönüştürülmesindeki belli başlı mekanizmalar aşağıdaki gibidir:





Azotun topraktan uzaklaştırılmasında etkili olan mekanizmalar bitki tarafından kullanım, biyolojik tutulma ve gaz oluşumu olarak üçe ayrılır. Topraktaki azotun büyük bir kısmı bitki tarafından

tüketilirken, yaklaşık %25'i topraktaki mikroorganizmalar tarafından kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak % 18'i de NH_3 veya azotdioksit (NO_2) gazı şeklinde topraktan uzaklaştırılmaktadır. Kış dönemi hesaplarında, biyolojik tutulma ve gaz oluşumu düşük sıcaklıktan dolayı hesaba katılmamıştır.

Tablo 2. Bitki Türlerine Göre Birim Alanda Gübre Kullanım Miktarları

Ürün	Gübre					
	Kompozit 18-46 (kg/da)	Amonyum Nitrat (kg/da)	Üre (kg/da)	Amonyum sülfat (kg/da)	Kompozit 20.20.20 (kg/da)	Kompozit 15.15.15 (kg/da)
Pamuk	35	40	-	-	-	-
Buğday	25	40	-	-	-	-
Bostan (sera)	30	50	20	-	-	-
Bostan	30	40	-	-	-	-
Yer fıstığı	25	10	-	-	-	-
Sebze	30	30	20	-	-	-
Yem bitkisi	8	10	-	-	-	-
Çeltik	50	-	-	20	-	-
Şeftali	-	50	-	-	30	-
Narenciye	-	50	25	-	-	40
Mısır (2.ürün)	20	40	-	-	-	-
Soya fasulyesi	-	-	-	-	25	-
Susam (2.ürün)	-	20	-	-	20	-

Noktasal Olmayan Kaynaklardan Gelen Fosfor Yükleri

Tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerdeki su kaynaklarında oluşabilecek fosfor kirliliğinin de en önemli kaynaklarından biri gübrelerdir. Bölgede kullanılan gübrelerdeki fosfor yüzdeleri Tablo 3'de verilmektedir. Kompozit gübrelerin tümünde fosfor inorganik formda bulunmaktadır.

Azotta olduğu gibi fosforun da topraktan uzaklaştırılmasındaki en önemli mekanizma bitkinin fosfor alımıdır. Bölgede tarımı yapılan ürünlerin azot ve fosfor kullanımı Tablo 4'te verilmiştir. Topraktan su ile uzaklaştırılan fosfor oranı, fosforun toprak tarafından kuvvetli bir şekilde adsorbe edilmesinden dolayı oldukça düşüktür.

Ekili alanlardan yüzey sularına fosfor yükünün taşınmasında rol oynayan başlıca etmen toprak erozyonudur (OECD, 1986). Bu şekilde taşınan fosfor miktarı, kütlenin sakınımı kavramından çıkartılan basit bir eşitlik ile hesaplanabilir:

$$P_e = \frac{F_e P_r}{100\gamma\rho d} \quad (5)$$

burada,

- P_e : Erozyonla taşınan fosfor miktarı, kg/yıl
 P_r : Bitkinin kullanımından sonra toprakta kalan fosfor miktarı, kg
 F_e : Birim erozyon faktörü, kg/ha-yıl
 γ : Toprağın özgül ağırlığı, birimsiz
 ρ : Suyun yoğunluğu, 1000 kg/m³
 d : Fosforun toprakta bulunabileceği derinlik, cm

olarak tanımlanmıştır.

Yukarıdaki eşitlikte F_e , birim alanda erozyondan etkilenen toprak miktarını temsil etmektedir. Bu çalışmada F_e ekili alanlar için tavsiye edilen 17.000 kg/ha-yıl olarak kabul edilmiştir (Uslu, 1986). Radyoizotop tekniklerle yapılan uygulamalar sonucu, fosforun toprakta bulunabileceği derinliğin 5-10 cm arasında olduğu tespit edilmiştir (Zabunoğlu ve Karaçal, 1992). ASH için bu değer 8 cm olarak alınmıştır. Toprağın özgül ağırlığı (γ) ise Çukurova'nın alüvyal toprakları için 1,4 alınmıştır (Kızılkaya, 1988).

Kalibrasyon

Kullanılan matematiksel model parametrelerinin kalibrasyonu için 1992 ve 1993 verileri kul-

lanılmıştır. Ancak, ölçümler sınırlı sayıda olduğundan, QUAL2E paketi içindeki istatistiksel tekniklere başvurulmayarak, sabit ve katsayılar deneme yanılma yöntemiyle tespit edilmiştir. Böylece,

model tahminleri ile ölçümler arasındaki fark en aza indirilmiştir (bkz. Şekil 2). Kalibrasyon sonucu elde edilen sabit ve katsayı değerleri, literatürde tavsiye edilen aralıklar içerisinde (bkz. Tablo 5).

Tablo 3. ASH'de Kullanılan Gübrelerdeki Azot ve Fosfor Yüzdeleri

Gübre	Azot (%)	Fosfor (%)
Amonyum nitrat (NH_4NO_3)	35	-
Amonyum sülfat [$(NH_4)_2SO_4$]	21	-
Üre [$(NH_2)_2CO$]	46	-
Kompozit (18.46)	18	46
Kompozit (20.20.20)	20	20
Kompozit (15.15.15)	15	15

Tablo 4. Bitkiler Tarafından Kullanılan Azot ve Fosfor Miktarları

Ürün	Besin Maddesi	
	Azot (kg/ha)	Fosfor (kg/ha)
Pamuk	40	11
Buğday	150	30
Bostan	100	35
Yer Fıstığı	21	3.5
Sebze	100	26
Yem bitkisi	350	40
Çeltik	100	24
Şeftali	85	9
Narenciye	175	23
Mısır	120	27
Soya fasulyesi	150	30

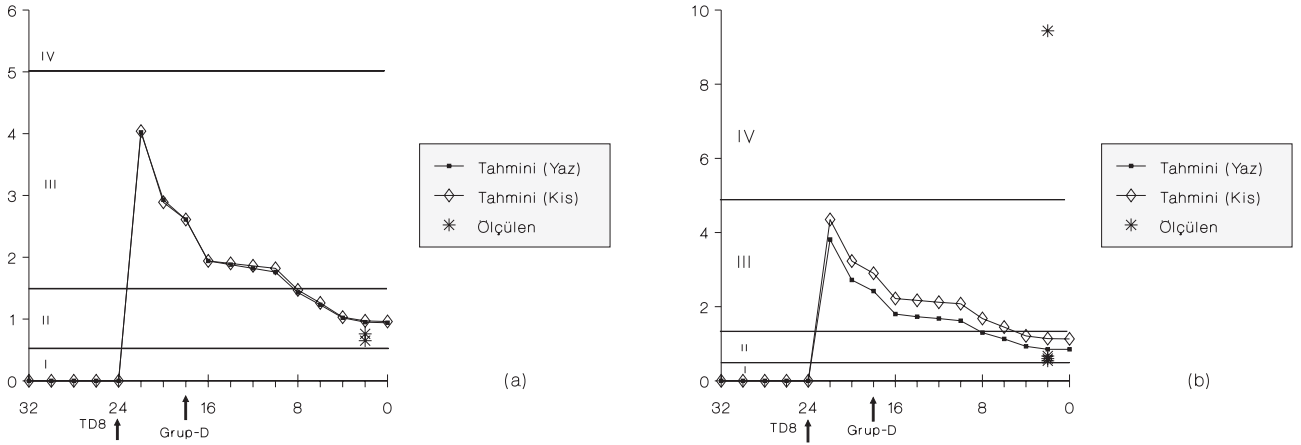
Model Bulguları

TD0 kanalındaki azot ve fosfor bileşiklerinin profilleri 1992 ve 1993 yılları yaz ve kış sezonları için Şekil 3-8'de gösterilmiştir. Drenaj kanallarındaki önemli kirleticilerin profilleri genel olarak incelendiğinde, seçilen yıllar ve dönemler arasında kirletici konsantrasyonları açısından önemli bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Ancak, kış aylarındaki konsantrasyonlar beklendiği üzere biraz daha yüksektir.

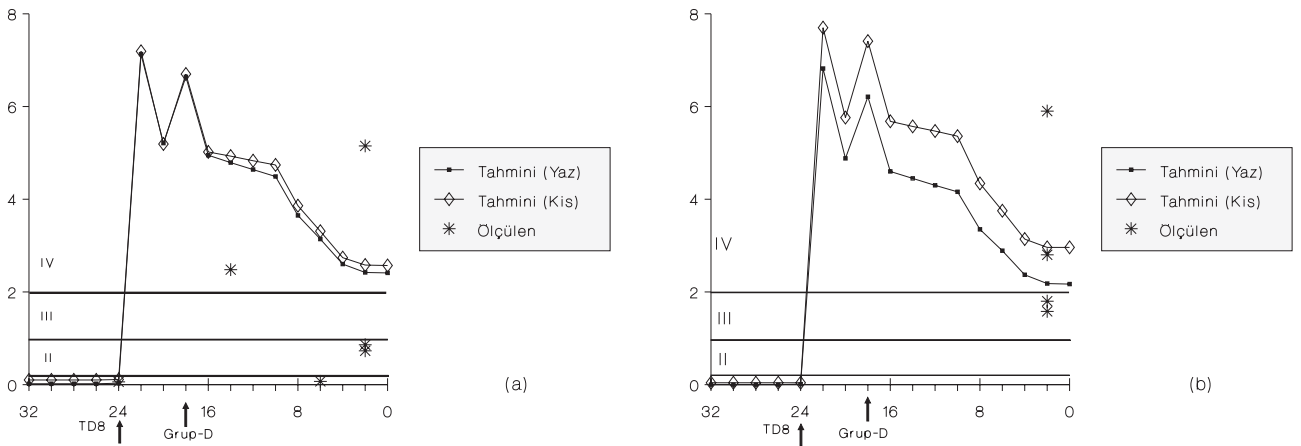
TD0 drenaj kanalı, TD8 ile birleştiği noktanın menbasında fosfat ($PO_4 - P$) dışındaki tüm parametreler açısından 1. sınıf su özelliğindedir. $PO_4 - P$

konsantrasyonu açısından ise yaz periyodunda 2, kış periyodunda ise 3. sınıf su özelliğinde olduğu görülmektedir.

TD8'in TD0 ile birleştiği noktanın menbasında organik azot (Org-N) konsantrasyonu sıfırdır (bkz. Şekil 3). Org-N için tek kaynak TD8'e deşarj edilen evsel atıksular olduğundan, konsantrasyon bu noktadan sonra yaklaşık olarak 4 mg/l'ye kadar ani bir çıkış yapmaktadır. Daha sonra Org-N'in amonyaka dönüşmesi ile konsantrasyon zamanla 1 mg/l'ye düşmektedir. Söz konusu kanal, Seyhan nehrine döküldüğü noktada Org-N açısından 2. sınıf su özelliğindedir.



Şekil 3. TD0 Kanalında Org-N Konsantrasyonu, (a) 1992, (b) 1993

Şekil 4. TD0 Kanalında NH₃-N Konsantrasyonu, (a) 1992, (b) 1993

Benzer şekilde, TD8'den önce oldukça düşük bir $NH_3 - N$ konsantrasyonu gözlenirken, bu noktadan ve Grup-D endüstriyel deşarjlarından sonra 8 mg/l'ye yaklaşan oldukça hızlı bir artış görülmektedir (bkz. Şekil 4). Bu değer, kanalın mansabında yaz periyodunda 2.5 mg/l'ye ve kış periyodunda ise 3 mg/l'ye düşmektedir. Bu değerler oldukça yüksek olup, 4. sınıf su değerleri aralığında yer almaktadır.

TD0 drenaj kanalı NH_3 azotunun oksidasyonundan oluşan nitrit azotu ($NO_2^- - N$) yönünden her iki yılın yaz ve kış periyotlarında 4. sınıf su özelliğindedir (bkz. Şekil 5). 1992 yazında 0.08 mg/l'ye çıkan $NO_2^- - N$ konsantrasyonu, TD0'ın Seyhan nehrine döküldüğü noktada 1993 yaz periyodunda yaklaşık 0,04 mg/l, kış periyodunda ise 0,03 mg/l'dir.

Nitrat azotu ($NO_3^- - N$), sudaki yüksek

çözünürlüğü ve karmaşık dinamik davranışları nedeni ile en önemli besin maddelerinden birisidir. TD0 kanalı boyunca sudaki nitrat konsantrasyonu 1.sınıf su değerleri aralığındadır (bkz. Şekil 6). Çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu azaldıkça, nitrifikasyon oranı da azaldığından (USEPA, 1985), TD8'in birleştiği noktada ÇO konsantrasyonundaki ani düşüş, $NO_3^- - N$ konsantrasyonunda da ani bir düşüşe neden olmaktadır. Kanalın mansabına doğru ise ($NO_3^- - N$) konsantrasyonu yükselmektedir. $NO_3^- - N$ 'nin büyük bir kısmının alansal kaynaklardan gelmesi ve kış periyodunda yüzey akışının $NO_3^- - N$ konsantrasyonunun artmasında etkili olması sebebiyle, bu aylarda kanaldaki $NO_3^- - N$ konsantrasyonu daha yüksektir.

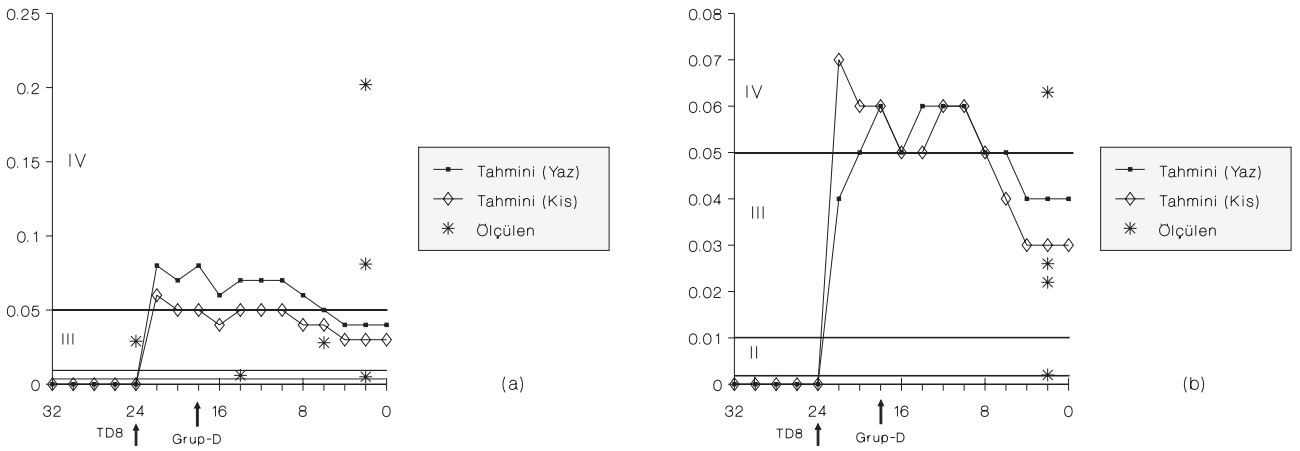
Organik azotta olduğu gibi, organik fosfor (Org-P) için de tek kirletici kaynak TD8 drenaj kanalına deşarj edilen evsel atıksulardır. Org-P değişimi her

ne kadar kanalin 10. km'sinde 0,5 mg/l'ye kadar çıkıyorsa da akış yönünde Org-P, orto-fosfata ($PO_4 - P$) ayırmakta ve konsantrasyon kanalın mansabında 0,1 mg/l'ye düşmektedir (bkz. Şekil 7).

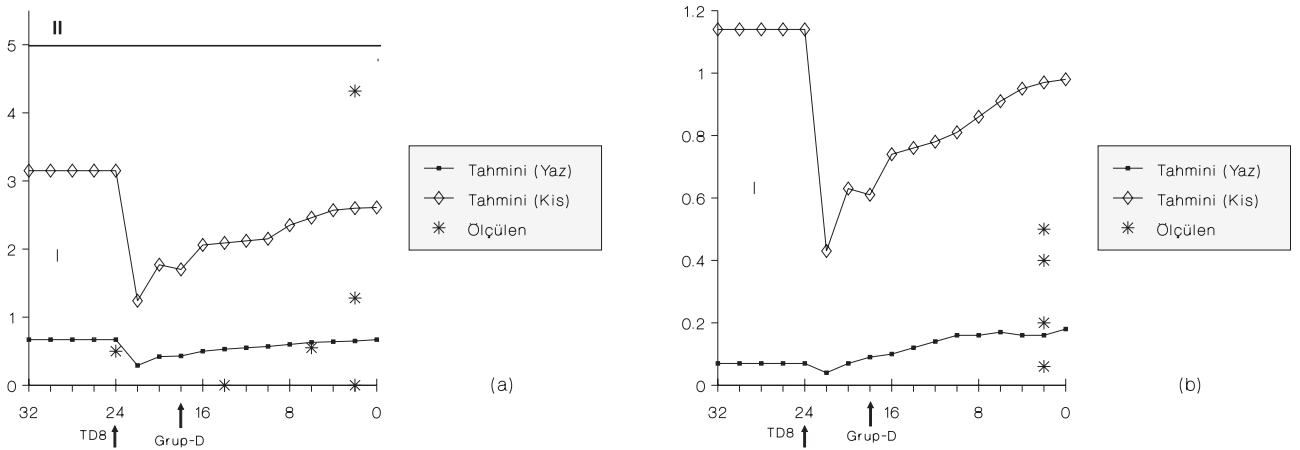
Daha önce de bahsedildiği gibi, $PO_4 - P$ için başlıca kaynak erozyondur ve bu yüzden tarımsal faaliyetlerden drenaaj kanallarına ulaşan $PO_4 - P$ miktarı yüzey akış oranlarına bağlıdır. Bunun sonucunda, kış aylarında kanallarda daha yüksek $PO_4 - P$ konsantrasyonuna rastlanmaktadır (bkz. Şekil 8). Endüstriyel ve evsel atıksuların $PO_4 - P$ konsantrasyonunun da oldukça yüksek olması sebebiyle, TD0'ın TD8'le birleştiği noktadan sonraki kısmında su kalite sınıfı $PO_4 - P$ yönünden 4. sınıf su değerleri aralığına düşmektedir.

Benzer davranışlar gösteren diğer kanalları

da incelendiğinde, özet olarak şu sonuçlara varılmıştır: Drenaaj kanallarına gelen besin maddesi (azot ve fosfor) yükünün asıl kaynağı yayılı tarımsal kaynaklardan ziyade noktasal kaynaklardır (evsel ve endüstriyel). Bu husus, noktasal kirlilik kaynaklarıyla karşıya karşıya olan kanallar ile sadece yayılı tarımsal kaynaklardan etkilenen kanallar karşılaştırıldığında veya aynı kanal için noktasal kaynağın deşarj edildiği noktanın menbası ve mansabı kıyaslandığında açıkça görülmektedir. Buna ek olarak, yayılı tarımsal kaynaklar bakımından, çözünmüş fosfor yükü, azot yüküne oranla daha yüksektir. Model çalışmalarının sonuçlarına göre, çeşitli su kaynaklarına gelen kirlilik yükleri Tablo 6'da verilmiştir.



Şekil 5. TD0 Kanalında NH_2-N Konsantrasyonu, (a) 1992, (b) 1993



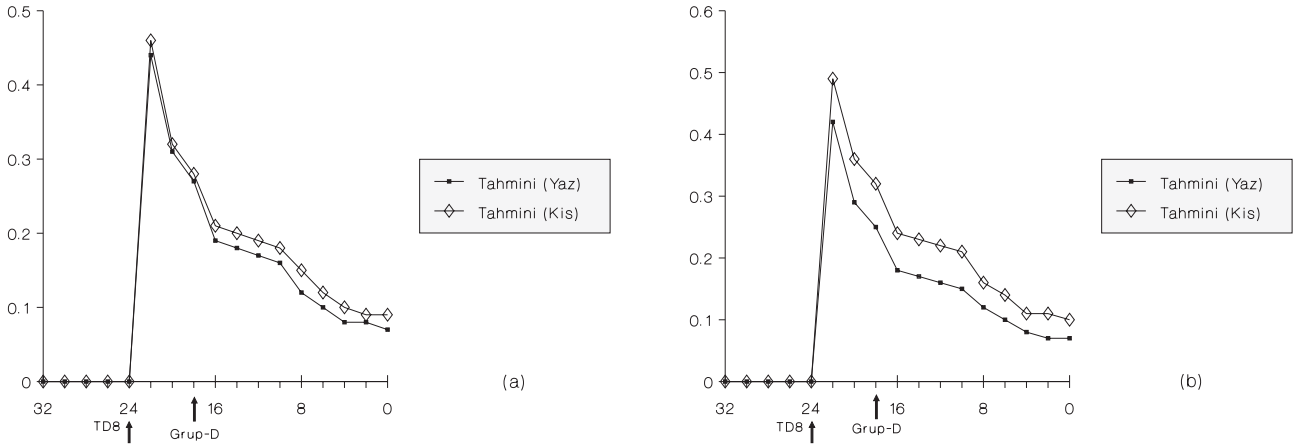
Şekil 6. TD0 Kanalında NH_3-N Konsantrasyonu, (a) 1992, (b) 1993

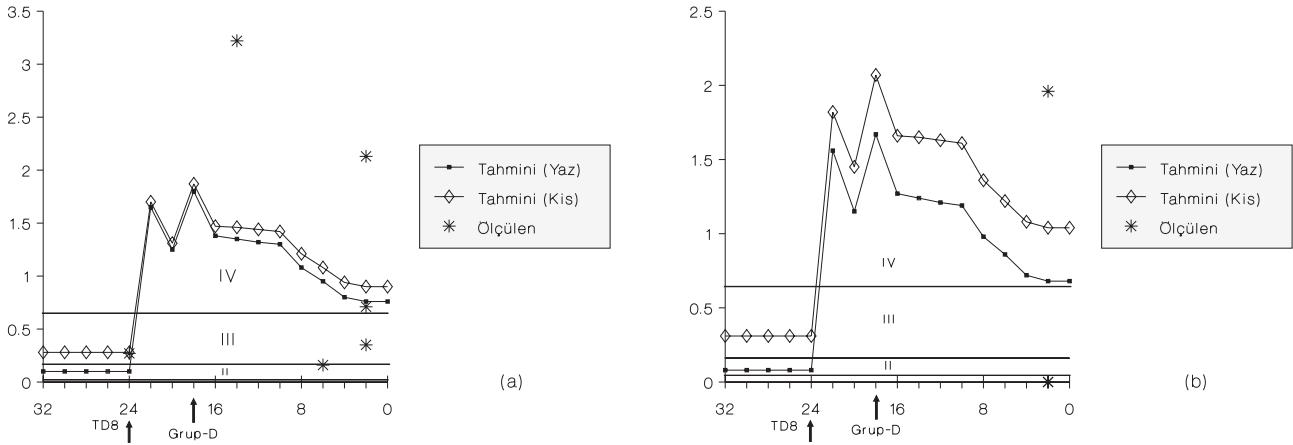
Tablo 5. Model Çalışmalarında Kabul Edilen Sabit ve Katsayılar

Sabitler ve Katsayılar	Sembol	Birim	Kabul Edilen Değerler
Dispersiyon sabiti	K	-	80-210
Manning pürüzlülük katsayısı	n	-	0,034
Oksijen tüketim hız sabiti (karbonik)	K_1	gün ⁻¹	0,30
Havalandırma Hız Sabiti	K_2	gün ⁻¹	Formüllü
Çökeltmeden kaynaklanan BOİ kayıp oranı	K_3	gün ⁻¹	0,035-1,70
Sediman oksijen ihtiyacı	SOD	gO_2/m^2 gün	0-0,245
Org-N'un amonyağa hidrolizi hız sabiti	β_3	gün ⁻¹	0,01-0,20
Organik azotun çökeltme hızı	σ_4	gün ⁻¹	0,05-0,10
NH_3 'ün NO_2^- 'e biyolojik oksidasyonu hız sabiti	β_1	gün ⁻¹	0,10-0,20
NO_2^- 'ün NO_3^- 'a biyolojik oksidasyonu hız sabiti	β_2	gün ⁻¹	2,00-6,60
Org-P'un PO_4P_4a dönüşüm hız sabiti	β_4	gün ⁻¹	0.50
Organik fosforun çökeltme hızı	σ_5	gün ⁻¹	0,04-0,10

Tablo 6. Su Kaynaklarına Gelen Besin Maddesi Yükleri (ton/yıl)

Parametre	Alıcı Ortam					
	Seyhan Nehri		Akyatan Gölü		Akdeniz	
	1992	1993	1992	1993	1992	1993
Org-N	419,571	421,118	8,368	8,223	1030,171	1141,112
$NH_3 - N$	1099,674	1089,159	18,467	16,681	2213,878	1608,329
$NO_2 - N$	15,462	15,479	1,154	1,175	152,116	99,272
$NO_3 - N$	723,561	227,813	85,412	26,549	4986,269	1474,793
Org-P	35,325	35,980	0,289	0,235	69,529	80,644
$PO_4 - P$	366,524	362,349	9,811	9,163	465,473	448,534

**Şekil 7.** TD0 Kanalında Org-P Konsantrasyonu, (a) 1992, (b) 1993



Şekil 8. TD0 Kanalında PO₄-P Konsantrasyonu, (a) 1992, (b) 1993

Sonuç

Aşağı Seyhan nehri, Tablo 1'de belirtilen noktasal kaynaklar nedeniyle kirlilik problemleri ile karşı karşıyadır. Bunun dışında, nehir Akdeniz'e dökülmeden birkaç kilometre önce Seyhan'a karışan TD0 kanalı başlıca tarımsal kirlilik kaynağıdır. TD0 drenaj kanalının tarımsal kirliliğe ek olarak evsel ve endüstriyel kirlilikten de yoğun olarak etkilenmesi sebebiyle, bu kanalın nehir ile birleştiği noktada besin maddesi konsantrasyonları önemli ölçüde artmaktadır.

Nehirdeki kirlilik taşınımı, QUAL2EU modelleme yaklaşımı ile modellenmiştir. Bu makalede, kirlilik taşıma yönünde modelleme çalışmalarından elde edilen değişik konsantrasyon profilleri arasında, azot ve fosfor bileşiklerine ait olanlar ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Modelleme kapsamında yapılan kalibrasyon çalışmaları ile simulasyon sonuçları ve 1992-1993

yılları ölçümleri arasındaki farkları en aza indiren parametre kombinasyonları tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Aşağı Seyhan nehrinin değişik kirlilik yükleri altındaki davranışını tahmin edebilen bir su kalitesi modeli kullanıma hazır hale getirilmiştir. Böylelikle, Aşağı Seyhan'da kirlilik ve su kalitesi parametreleri açısından meydana gelebilecek değişiklikler önceden tahmin edilebilecek ve gerekli önlemler zamanında alınabilecektir. Ayrıca, geliştirilen modelleme yaklaşımı kirlilik yükü artışlarının ve değişik arıtım senaryolarının nehre etkisinin belirlenmesi amacıyla çeşitli yönetim stratejilerinin incelenmesinde kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma, T. C. Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü tarafından 93K100020 kod numaralı proje kapsamında finansal olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

Barnes, D., Bliss, P. J., Gould, B. W., ve Vallentine, H. R., "Water and Wastewater Engineering Systems", Pitman Publishing Inc., 1981.

Brown, L. C. ve Barnwell, T. O., "The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS Documentation and User Manual", USEPA, Athens, Georgia, ABD, 1987.

DSİ, "Aşağı Seyhan Ovası IV. Merhale Sulama ve Drenaj Projesi ÇED Raporu", DSİ Gn. Md. İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1992.

Erbatur, O., Yılmaz, H., Cömert, T., Yaman, S. ve Erbatır, G., "Monitoring the Pesticide and the Heavy-Metal Loads of the Major Rivers and Drainage

Channels Discharging Into the Mediterranean Sea in the North-East Coastal Zone", Çukurova Üniversitesi, Adana, 1994.

İller Bankası, "Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname", Ankara, 1991.

Karpuzcu, M., "Su Temini ve Çevre Sağlığı", İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Müh. Bölümü, İstanbul, 1985.

Kızılkaya, T., "Sulama ve Drenaj", İkinci Baskı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1988.

OECD, "Water Pollution by Fertilizers and Pesticides", Fransa, 1986.

Onur, A. K., "Behavior of the Lower Seyhan River Under Different Pollution Control Strategies", ODTÜ, Çevre Müh. Bölümü, Master Tezi, Ankara, 1996.

Su Yapı, "Adana Wastewater Treatment Plant Feasibility Study", Cilt 2, Ankara, 1993.

Zabunoğlu, S. ve Karaçal, İ., "Gübreler ve

Gübreleme", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 365, Üçüncü Baskı, Ankara, 1992.

USEPA, "Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling", 2. Baskı, 600/3-85/040, 1985.

Uslu, O., "Çevresel Etki Değerlendirmesi", 1986.