

14120

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA NEHRİ HAVZASINDA  
SU KALİTESİ YÖNETİMİ**

**T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi**

**DOKTORA TEZİ**

**Y. Müh. Selmin BURAK BALTAOĞLU**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 31 Ocak 1990**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Temmuz 1990**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ethem GÖNENÇ**

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmetcik BAYAZIT**

**Prof. Dr. Kriton CURI**

**TEMMUZ 1990**

## ÖNSÖZ

Çalışmalarım süresince büyük emeği geçen, değerli bilgilerinden yararlandığım, Sayın Doç. Dr. I. Ethem GÖNENÇ'e teşekkür ederim.

Bu projede bana çalışma olanağı sağlayan Hidrolik Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Mehmetçik BAYAZIT'a, su kalitesi izleme çalışmalarını yürüten ve gerekli bilgileri sağlayan Eskişehir DSİ III. Bölge Müdürlüğü yöneticileri ve elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Bilgisayar çalışmaları sırasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Bilgi İşlem Merkezi elemanlarından Sayın Yük. Müh. Cevat GÖKTENGİZ'e ve Sayın Müh. Türker TUNÇARAL'a teşekkür ederim.

Tezi yazan Uygulama Araştırma Merkezi Sekreteri Sayın Sevgi MEYDAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince beni destekleyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

<u>Bölüm</u>	<u>Sayfa</u>
NOTASYON LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xiii
ÖZET	xviii
SUMMARY	xix
BÖLÜM 1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
BÖLÜM 2.SAKARYA HAVZASININ ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ	4
2.1. Genel Bilgiler	4
2.2. Jeoloji ve Topoğrafya	6
2.3. Meteoroloji	8
2.4. Hidroloji	12
2.5. Demografik ve Sosyoekonomik Yapı	12
2.6. Arazi Kullanımı	23
2.7. Su Potansiyeli ve Kullanımı	24
BÖLÜM 3.KİRLETİCİ KAYNAKLARIN VE KİRLENME YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ	27
3.1. Genel Bilgiler	27
3.2. Havzalara Göre Kirletici Kaynaklar ve Kirlenme Yükleri	29
3.2.1. Yukarı Sakarya Havzasında Kirletici Kaynaklar	29
3.2.2. Orta Sakarya Havzasında Kirletici Kaynaklar	31
3.2.3. Aşağı Sakarya Havzasında Kirletici Kaynaklar	33
3.2.4. Porsuk Çayı Havzasında Kirletici Kaynaklar	34
3.2.5. Karasu Çayı Havzasında Kirletici Kaynaklar	74

<u>Bölüm</u>	<u>Sayfa</u>
3.3. Havzada Kara Kökenli Kirlenmenin Boyutu ve Yapısı	89
<b>BÖLÜM 4.SAKARYA HAVZASINDA YARARLI KULLANIMLAR</b>	<b>95</b>
4.1. Yararlı Kullanım Kavramı	95
4.2. Sakarya Havzasında Günümüzdeki Yararlı Kullanımlar	95
4.3. Sakarya Havzasında Gelecekteki Yararlı Kullanımlar	99
<b>BÖLÜM 5.SAKARYA HAVZASINDA SU KALİTESİ</b>	<b>105</b>
5.1. Sakarya Havzasında Su Kalitesi İzleme Çalışmaları	105
5.1.1. Proje Öncesi İzleme Çalışmaları	105
5.1.2. Bu Proje Kapsamında Yapılan Su Kalitesi İzleme Çalışmaları ve Sonuçları	107
5.1.2.1. Deney Programının Belirlenebilmesi İçin Yapılan Kısa Süreli ve Sık Aralıklı Çalışmalar	107
5.1.2.2. Akarsuda Yapılan Uzun Dönemli Çalışmalar	116
5.1.2.3. Kirletici Kaynaklarda ve Akarsuda Aynı Anda Yapılan Çalışmalar	116
5.2. Su Kalitesi Kontrolü	128
5.2.1. Mevcut Düzenlemeler	128
5.2.2. Su Kalitesinin Değerlendirilmesi	132
<b>BÖLÜM 6.SU KALİTESİ YÖNETİM ESASLARI</b>	<b>152</b>
6.1. Su Kalitesi Yönetim Kavramı	152
6.2. Sakarya Havzası Su Kalitesi Yönetiminde Benimsenen Yaklaşım ve Model Gereksinimi	



<u>Bölüm</u>	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 7.SAKARYA NEHRİ SU KALİTESİ MODELİ VE ÖZELLİKLERİ	158
7.1. Model Seçimi İçin Yapılan Çalışmalar	158
7.2. Model Yapısı	165
7.3. Sayısal Çözüm ve Simülasyon Sistemi	171
7.4. Program Girdi ve Çıktıları	174
BÖLÜM 8.SAKARYA NEHRİ MODELLEME AŞAMALARI VE SONUÇLARI	177
8.1. Veri Analizi ve Program Girdilerinin Hazırlanması	177
8.1.1. Örneklem İstasyonlarından Elde Edilen Veriler	177
8.1.2. Endüstriyel Deşarjlarla İlgili Veriler	224
8.2. Kalibrasyon ve Duyarlılık Analizi	224
8.3. Değerlendirmeler	
BÖLÜM 9.SAKARYA HAVZASI SU KALİTESİ YÖNETİMİNDE MODEL UYGULAMALARI VE SONUÇLARI	269
9.1. Yaklaşım Esasları	269
9.2. Güncel Koşulları Yansıtan Senaryolar ve Sonuçları	270
9.2.1. Seyrelme Kirlenmeye Çözümdür Yaklaşımı	270
9.2.2. Noktasal Kaynaklardan En Önemli Kirlenme Kaynakta Sıfır Deşarj Yaklaşımı	274
9.2.3. Yayılı Kaynaklarda Sıfır Deşarj Yaklaşımı	283
9.3. Gelecekteki (2000 yılı) Koşulları Yansıtan Senaryolar	283
9.3.1. Seyrelme Kirlenmeye Çözümdür Yaklaşımı	286
9.3.2. Teknolojik ve Ekonomik Olarak Yapılabilir Deşarj Standardı Yaklaşımı	286

<u>Bölüm</u>	<u>Sayfa</u>
9.3.3. Azot ve Fosfor Kontrolünü de İçeren Deşarj Standardı Yaklaşımı	290
9.3.4. Yayılı Kaynaklarda Sıfır Deşarj Stan- dardı Yaklaşımı	290
9.4. Kurak Hava Debisi İçin Kontrol	298
9.5. Yararlı Kullanım Yaklaşımı	298
<b>BÖLÜM 10.SONUÇLAR</b>	<b>304</b>
10.1. Sonuçlar	304
10.2. Tartışma	306
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>309</b>
<b>EKLER</b>	<b>313</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>317</b>

## NOTASYON LİSTESİ

<u>Notasyon</u>	<u>Tanımlama</u>	<u>Birim</u>
A	Fitoplankton	g Chl-a/m <sup>3</sup>
A <sub>x</sub>	Kesit alanı	m <sup>2</sup>
c	Modellenen parametrelerin konsantrasyonu	g/m <sup>3</sup>
$\bar{C}$	Konsantrasyon vektörü	
C	Çözünmüş oksijen	g/m <sup>3</sup>
C <sub>S</sub>	Doygunluk değerindeki oksijen konsantrasyonu	g/m <sup>3</sup>
D	Detritus	g Chl-a/m <sup>3</sup>
D <sub>L</sub>	Dispersiyon katsayısı	m <sup>2</sup> /s
d	Gün ışığı oranı	-
d <sub>x</sub>	Kontrol hacminin uzunluğu	m
f	Orto-P için net adsorpsiyon hızı	gün-1
f <sub>1,2,3</sub>	BOI testi sırasında biyokütle ayrışma oranı	-
f <sub>r</sub>	Alg solunumu için parametre	-
f <sub>d</sub>	Alg ölümü için parametre	-
H	Derinlik	m
K <sub>1</sub>	BOI ayrışma hızı	gün-1
K <sub>2</sub>	Havalanma katsayısı	gün-1
K <sub>3</sub>	BOI'nın çökelme hızı	m/gün
K <sub>4</sub>	Dip çamurunun oksijen ihtiyacı	g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -gün
K <sub>5</sub>	KOI'nın çökelme hızı	m/gün
K <sub>L</sub>	Işık yoğunluğu parametresi	-
k <sub>1,2</sub>	K <sub>1</sub> (x) hesaplama katsayıları	-
L	UBOI-C (Nihai BOI)	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
L <sub>2</sub>	KOI-RC (Ayrışmayan org. mad. kökenli)	g O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
N <sub>0</sub>	Organik-N	g N/m <sup>3</sup>
N <sub>1</sub>	NH <sub>4</sub> -N	g N/m <sup>3</sup>
N <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> -N	g N/m <sup>3</sup>
N <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> -N	g N/m <sup>3</sup>
P <sub>0</sub>	Orto-P	g P/m <sup>3</sup>
P <sub>1</sub>	Org+Part. P	g P/m <sup>3</sup>
S <sub>c</sub>	Kontrol hacmine giren kirletici yükler	g/s
$\bar{S}_c$	Süreçlerden bağımsız yük ve konsantrasyon vektörü	

t	Zaman	s
T	Sıcaklık	°C
TAM	Toplam askıda madde	g/m <sup>3</sup>
TÇM	Toplam çözünmüş madde	g/m <sup>3</sup>
U	Süreçlere bağımlı kütle iletimi ve konsantrasyon matrisi	
V	Nehir hızı	m/s
u, v	Nehir hızı	m/s
x	Boyuna uzunluk	m
$\alpha_1 \dots 6$	Stokiyometrik parametreler	g/g
$\beta_0$	Amonyaklaşma hızı	gün-1
$\beta_1$	1. adım nitrifikasyon hızı	gün-1
$\beta_2$	2. adım nitrifikasyon hızı	gün-1
$\beta_3$	Organik-N un çökelme hızı	gün-1
$\beta_4$	NH <sub>4</sub> -N un bental artışı	g N/m <sup>2</sup> -gün
$\beta_5$	Bental denitrifikasyon	g N/m <sup>2</sup> -gün
$\delta$	Detritusun mineralizasyonu	gün-1
X	KOI/BOI <sub>5</sub> oranı	m/s
$\epsilon_0$	İlk ışık azaltma katsayısı	m <sup>-1</sup>
$\epsilon_s$	Fitoplanktonların ışık azaltma katsayısı	m <sup>2</sup> /g.Chl-a
$\gamma$	Alglerin amonyak azotu kullanımını için parametre	-
$\mu_{20}$	Alg gelişimi hızı	gün-1
$\mu_{max}$	Maksimum alg gelişimi hızı	gün-1
$\rho$	Algın solunum hızı	gün-1
$\sigma$	Algın ölüm hızı	gün-1
$\sigma_2$	Organik+Part P'nin çökelme hızı	m/gün
$\sigma_3$	Orto-P'nin bental olarak serbest kalması	g P/m <sup>2</sup> -gün
$\sigma_5$	Fitoplanktonun çökelme hızı	m/gün
$\sigma_6$	Detritusun çökelme hızı	m/gün
$\theta$	Sıcaklığa bağlı katsayı	-
$\Delta x$	Akarsu segment uzunluğu	m

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Sakarya Nehri Havzası Haritası	5
2.2. Sakarya Havzası Ölçüm İstasyonları	13
2.3. Sakarya Havzasında Yerleşimler	16
2.4. Sakarya Havzasında Endüstriyel ve Tarımsal Alanlar	17
3.1. Porsuk Havzası Endüstri Kuruluşları	35
3.2. Karasu Havzası Endüstri Kuruluşları	78
4.1. Sakarya Havzasında Halihazır Yararlı Kullanımlar	96
4.2. Sakarya Havzasında Halihazır ve Gelecekteki Yararlı Kullanımlar	101
5.1. Porsuk Havzasında Çeşitli Projeler Kapsamında Ölçüm Yapılan İstasyonlar	108
5.2. İzleme Programı İçinde Ölçülen Parametreler	113
5.3. 1984-1985 Yıllarında Porsuk ve Sakarya'da Bor ve Klorür Parametreleri İçin Gözlenen Su Kalitesi	140
5.4.a 1983 Su Yılında Sakarya'da Kalite Değerlendirmesi	141
5.4.b 1983 Su Yılında Porsuk'ta Kalite Değerlendirmesi	142
5.4.c 1983 Su yılında Karasu'da Kalite Değerlendirmesi	143
5.5.a 1984-1985 Yıllarında Sakarya'da Kalite Değerlendirmesi	144
5.5.b 1984-1985 Yıllarında Porsuk'ta Kalite Değerlendirmesi	145
5.5.c 1984-1985 Yıllarında Karasu'da Kalite Değerlendirmesi	146
5.6.a 1985 Su Yılında Sakarya'da Kalite Değerlendirmesi	147
5.6.b 1985 Su Yılında Porsuk'ta Kalite Değerlendirmesi	148
5.6.c 1985 Su Yılında Karasu'da Kalite Değerlendirmesi	149

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.1. Sakarya Havzasında Su Kalitesi Yönetimi- nin Kavramsal Yaklaşımı	155
7.1. Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonundaki Günlük Değişim	161
7.2. Oksijen İçin İkiz Eğri Analizi	161
7.3. Modqual Modelinin İntegral Yapısı	166
7.4. Nehir Bölümlerinin ve Hesaplama Elementlerinin Gösterimi	172
7.5.a Varsayılan Akım Sisteminin Şematik Gösterimi	173
7.5.b Bir Akarsuyu Modele Göre Düzenleme Şeması	175
8.1.a-8.1.h Kozyaka İstasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere ait Ölçüm ve Değerlendir- meler	179-186
8.2.a-8.2.i Adatepe İstasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçüm ve Değerlendir- meler	187-195
8.3.a-8.3.i Ağaçköy İstasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçüm ve Değerlen- dirmeler	196-204
8.4.a-8.4.i Sazılar İstasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçüm ve Değerlendir- meler	205-213
8.5. Sakarya'da Farklı Element Boyutları İçin Çö- zünmüş Oksijen Dağılımı	216
8.6. Porsuk'ta Farklı Element Boyutları İçin Çö- zünmüş Oksijen Dağılımı	217
8.7. Model Uygulamasında Sakarya Havzasının Şematik Gösterimi	218
8.8. Porsuk Çayında $BOI_5$ Dağılımına $BOI_5$ Ayrışma Hızının (CK1) Etkisi	229
8.9. Porsuk Çayında Çözünmüş Oksijen Dağılımına $BOI_5$ Ayrışma Hızının (CK1) Etkisi	230
8.10. Porsuk Çayında $BOI_5$ Dağılımına $BOI_5$ Çökelme Hızının (CK3) Etkisi	231
8.11. Porsuk Çayında Çözünmüş Oksijen Dağılımına $BOI$ Çökelme Hızının (CK3) Etkisi	232

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.12. Porsuk Çayında Amonyak Azotu Dağılımına 1.adım Nitrifikasyonun(NH3) Etkisi	234
8.13. Porsuk Çayında Nitrat Azotu Dağılımına 2.adım Nitrifikasyonun (NO2) Etkisi	235
8.14. Porsuk Çayında Nitrat Azotu Dağılımına Denit-rifikasyonun (DNİ) Etkisi	236
8.15. Porsuk Çayında Amonyak Azotu Dağılımına NH4-N' in Açığa Çıkmasının Etkisi(SHN)	237
8.16. Porsuk Çayında O-PO4 Dağılımına O-PO4 Adsorb-siyon Hızının Etkisi	239
8.17. Porsuk Çayında Alg Parametresinin Dağılımına, Maksimum Alg Gelişme Hızının (GRM) Etkisi	241
8.18. Porsuk Çayında Alg Konsantrasyonu Dağılımına Alg Çökelme Hızının (AS) Etkisi	242
8.19. Porsuk Çayında Alg Konsantrasyonu Dağılımına Alg Solunumunun (RA) Etkisi	243
8.20. Porsuk Çayında Alg Konsantrasyonu Dağılımına Alg Ölüm Hızının (DA) Etkisi	244
8.21. Porsuk Çayında Detritus Konsantrasyonu Dağılı-mına Detritus Azalma Hızının (C11) Etkisi	245
8.22. Porsuk Çayında Detritus Konsantrasyonu Dağılı-mına Detritus Çökelme Hızının (C21) Etkisi	246
8.23. Porsuk Çayında Detritus Konsantrasyonu Dağılı-mına Alg Çökelme Hızının (AS) Etkisi	247
8.24. Porsuk Çayında Debi Kalibrasyon Sonucu	251
8.25. Porsuk Çayında Ç.O. Kalibrasyon Sonucu	252
8.26. Porsuk Çayında BOI5 Kalibrasyon Sonucu	253
8.27. Porsuk Çayında NH3-N Kalibrasyon Sonucu	254
8.28. Porsuk Çayında Org-N Kalibrasyon Sonucu	255
8.29. Porsuk Çayında NO2-N Kalibrasyon Sonucu	256
8.30. Porsuk Çayında NO3-N Kalibrasyon Sonucu	257

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.31. Porsuk Çayında O-PO4 Kalibrasyon Sonucu	258
8.32. Sakarya'da Debi Kalibrasyon Sonucu	259
8.33. Sakarya'da Ç.O. Kalibrasyon Sonucu	260
8.34. Sakarya'da BOI5 Kalibrasyon Sonucu	261
8.35. Sakarya'da NH3-N Kalibrasyon Sonucu	262
8.36. Sakarya'da Org-N Kalibrasyon Sonucu	263
8.37. Sakarya'da NO2-N Kalibrasyon Sonucu	264
8.38. Sakarya'da NO3-N Kalibrasyon Sonucu	265
8.39. Sakarya'da O-PO4 Kalibrasyon Sonucu	266
9.1.a 1984-1985 Yıllarında Sakarya'da Su Kalitesi	271
9.1.b 1984-1985 Yıllarında Porsuk'ta Su Kalitesi	272
9.1.c 1984-1985 Yıllarında Karasu'da Su Kalitesi	273
9.2.a Porsuk'un Su Kalitesine Seyrelmenin Etkisi (20 m <sup>3</sup> /sn)	275
9.2.b Porsuk'taki Seyrelmenin Sakarya'nın Su Kalitesine Etkisi	276
9.3.a Porsuk'un Su Kalitesine Seyrelmenin Etkisi (60 m <sup>3</sup> /sn)	277
9.3.b Porsuk'taki Seyrelmenin Sakarya'nın Su Kalitesine Etkisi (60 m <sup>3</sup> /sn)	278
9.4.a Porsuk'un Su Kalitesine Baraj Öncesi ve Baraj Sonrası Seyrelmenin Etkisi	279
9.4.b Porsuk'taki Seyrelmenin Sakarya'nın Su Kalitesine Etkisi	280
9.5.a Azot Fabrikası'na Sıfır Deşarj Uygulaması	281
9.5.b Azot Fabrikası'na Uygulanan Arıtmanın Sakarya'nın Su Kalitesine Etkisi	282
9.6.a Porsuk'ta Yayılı Kaynakların Kontrolü	284
9.6.b Sakarya'da Yayılı Kaynakların Kontrolü	285



<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.7.a 2000 Yılı Tahmini Verilerine Göre Sakarya'da Su Kalitesi	287
9.7.b 2000 Yılı Tahmini Verilerine Göre Porsuk'ta Su Kalitesi	288
9.7.c 2000 Yılı Tahmini Verilerine Göre Karasu'da Su Kalitesi	289
9.8.a Arıtma Uygulamasının Porsuk'un Su Kalitesine Etkisi	292
9.8.b Porsuk'ta Uygulanan Arıtmanın Sakarya'nın Su Kalitesine Etkisi	293
9.9.a İleri Arıtma Uygulamasının Porsuk'un Su Kalitesine Etkisi	294
9.9.b İleri Arıtmanın Sakarya'nın Su Kalitesine Etkisi	295
9.10.a Arıtma Uygulamasında Porsuk'ta Yayılı Kaynakların Kontrolü (2000) Yılı	296
9.10.b Sakarya'da Yayılı Kaynakların Kontrolü (2000 Yılı)	297
9.11. Porsuk Havzasında Yararlı Kullanımlar	302

## TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Sakarya Havzasında Aylık Ortalama Sıcaklık	9
2.2. Sakarya Havzasında Aylık Yağış Yüksekliği	10
2.3. Sakarya Havzasında Aylık Buharlaşma Miktarı	11
2.4. Sakarya Havzası Hidrolojik Gözlem İstasyonları	14
2.5. Sakarya Nehri Havzasında Nüfus Dağılımı	18
2.6. Sakarya Havzasında Yer Alan Önemli Endüstriler	21
2.7. Sakarya Havzasında Arazi Kullanımı	23
2.8. Sakarya Havzası Su Potansiyeli	25
2.9. Sakarya Havzasında İşletmeye Açılan Ovalar	25
2.10. Sakarya Havzasında Su Kullanımı	26
3.1. Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri (Yük bazında)	28
3.2. Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri (Kon-santrasyon bazında)	28
3.3. Birim Deşarj Suyu Yükleri	29
3.4. Etibank Boraks İşletmesi Atıksularının Alıcı Ortama Etkisi	32
3.5. Bor Yük Değerleri	32
3.6. Kütahya Şeker Fabrikası Üretim Kapasitesi	36
3.7. Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteri	38
3.8. Kütahya Şeker Fabrikası Atık Yükleri	38
3.9. Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristik-leri	39
3.10. Kütahya Mezbahasının Kapasitesi	40
3.11. Et Ürünleri Endüstrisi Kategorizasyonu	42
3.12. Kütahya Mezbahası Atıksu Karakteristikleri	43

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.13. Kütahya-Eskişehir Mezbahaları Atıksu Karakteri	44
3.14. Kütahya-Eskişehir Mezbahaları Atık Yükleri	45
3.15. Kütahya Azot Sanayi Yıllık Üretim Miktarları	46
3.16. Kütahya Azot Sanayi Yıllık Hammadde Tüketim Miktarı	47
3.17. Kapalı Devre Soğutma Suları Sirkülasyonu Yapılan Su Miktarları	49
3.18. Kütahya Azot Fabrikasında Su Dağıtımı	50
3.19. Amonyak ve Amonyum Nitrat Altkategorisi Kirletici Miktarları	51
3.20. Kütahya Azot Fabrikası Karakteristikleri	52
3.21. Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası Üretim Kapasitesi	53
3.22. Sümerbank Basma Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	56
3.23. Tekstil Endüstrisine Ait Literatür Değerleri ve Anket Sonuçları	57
3.24. Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası Üretim Kapasitesi	58
3.25. Lokomotif ve Vagon Fabrikası Atıksu Karakteristikleri (DSİ)	60
3.26. Eskişehir Şeker Fabrikasında Üretim Kapasitesi	61
3.27. Eskişehir Şeker Fabrikasında Su Kullanımı	62
3.28. Şeker Fabrikası Atıklarının Karakteristikleri (Taşıma, Yıkama ve Proses Suları)	63
3.29. Şeker Fabrikası Atıklarının Karakteristikleri (1000 Ton Pancar İşlenmesine Karşılık Oluşan Atıksu Miktarı ve Kirlilik Yükü)	65
3.30. Eskişehir Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	67
3.31. Eskişehir Mezbahası Üretim Kapasitesi	68
3.32. Eskişehir Mezbahası Atıksu Karakteristikleri	70

<u>Tablô</u>	<u>Sayfa</u>
3.33. Arçelik A.Ş. de Su Kullanımı	74
3.34. Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Karakteristikleri (DSİ)	75
3.35. Atıksulardaki Kirletici Parametrelerin Literatür Değerleriyle Karşılaştırılması	76
3.36. Halıser Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	77
3.37. Toprak Gurubu Fabrikaları Atıksu Karakteristikleri	80
3.38. Toprak Kağıt Sanayi'ne Ait Kirletici Parametreler	80
3.39. Eczacıbaşı Vitra Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	82
3.40. Eczacıbaşı Artema Armatür Sanayi Atıksu Karakteristikleri	83
3.41. Demirdöküm Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	85
3.42. Bozöyük Sümerbank Seramik Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	86
3.43. Söğüt Seramik Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	87
3.44. Toprak Ürün ve Alçı Üretim Kategorisi Endüstrileri ve Birim Atık Yükleri	88
3.45. Sakarya Havzasında Yerleşim Birimlerinin 1983 Yılı Atık Yükleri	90
3.46. Sakarya Havzasında Yerleşim Birimlerinin 1985 Yılı Atık Yükleri	90
3.47. Sakarya Havzasında Yerleşim Birimlerinin 2000 Yılı Atık Yükleri	91
3.48. Porsuk Havzası Endüstrilerinin Atık Yükleri	92
3.49. Karasu Havzası Endüstrilerinin Atık Yükleri	93
3.50. Ankara Çayının ve Çark Suyunun Atık Yükleri	93
3.51. Kirilenmeden Az Etkilenmiş Yan Kolların Atık Yükleri	94

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
3.52. Yayılılı Kaynakların Yükleri	94
3.53. Sakarya Nehri Kirlenme Profili	94
4.1. 1989 Yılında İşletmede Olan ve Planlanan Sulama Projeleri	98
5.1. Ölçümü Yapılan Parametreler	112
5.2. Her Örnekleme Noktasında Ölçülen Parametreler, Ölçüm Yöntemleri ve Birimleri	114
5.3. Su Kaynağının Özelliğine ve Kullanım Amacına Göre Ölçümü Yapılan Parametreler	115
5.4. Sakarya Nehri Üzerindeki DSİ Ölçüm İstasyonlarına Ait Veriler	117
5.5. Porsuk Çayı Üzerindeki DSİ Ölçüm İstasyonlarına Ait Veriler	1222
5.6. Karasu Çayı Üzerindeki DSİ Ölçüm İstasyonlarına Ait Veriler	127
5.7. Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	130
5.8. İçmesuyu Standartları	133
5.9. Su Yaşamının Korunması İçin Su Kalite Kriterleri	134
5.10. Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Kıyı ve Deniz Sularında Sağlanması Gereken Standart Değerler	135
5.11. Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri	136
5.12. Gıda Sanayii (Şeker Üretimi ve Benzerleri)	137
5.13. İçki Sanayii (Melastan Alkol Üretimi)	137
5.14. Gıda Sanayii (Mezbahalâr ve Entegrê Et Tesisleri)	137
5.15. Sadece Azot İçeren Gübre Üretimi	137
5.16. Tekstil Sanayii (Dokunmuş Kumaş Terbiyesi ve Benzerleri)	138

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
5.17. Metal Sanayii (Metal Hazırlama ve İşleme)	138
5.18. Karışık Endüstriyel Atıksuların Alıcı Ortama Deşarj Standartları	138
5.19. Evsel Nitelikli Atıksular	138
7.1.a Modelde Tanımlanan Süreç ve Mekanizmaları Karakterize Eden Bağıntılar	168
7.1.b Modelin Proses Kinetiği	170
8.1. Sakarya, Porsuk ve Karasu'ya Ait Başlangıç Koşulları	214
8.2. Akarsu Bölümlerinin Uzunlukları ve Başlangıca Uzaklıkları	214
8.3. Yayılı Kaynak Koşulları	219
8.4. 1984 ve 1985 Su Yılı Ortalamalarına Ait Hidrolik Veriler	221
8.5. Akarsu Bölümlerindeki Ortalama Su Sıcaklıkları	223
8.6. Noktasal Kaynaklarla İlgili Giriş Bilgileri	225
8.7. Akarsuya Deşarj Yapan Kirletici Kaynaklara Ait Ortak Deşarj Yükleri	226
8.8. Kalibrasyon Parametrelerine Ait Reaksiyon Hız Katsayıları	249
9.1. Porsuk'a Deşarj Yapan Kirletici Kaynakların Arıtmadan Sonraki Yükleri	291
9.2. Halen İşletmede Olan ve Planlanan Sulama Suyu Çekimlerine Ait Hedef Değerler İle Kurak Havada Çekilebilecek Debiler	299
9.3. Yıllık Ortalama Debi ve Kurak Hava Debisi Karşılaştırması	300

## ÖZET

### SAKARYA NEHRİ HAVZASINDA SU KALİTESİ YÖNETİMİ

Sosyoekonomik gelişme sürecinde, suyun kısıtlayıcı bir unsur haline gelmemesi amacı ile yapılan su kaynağı planlamalarında belirlenmekte olan yararlı kullanımlar, su miktarının yanı sıra su kalitesi yönetimini de gündeme getirmektedir. Günümüzde su kalitesi yönetimi ile amaçlanan, sosyoekonomik etkinlikler sonucunda su kaynaklarından günümüzde ve gelecekteki yararlanma olasılıklarının sınırlandırılması için su kalitesini tanımlayan parametrelerin kontrol edilmesidir.

Su kaynaklarının kalite yönetimi ile ilgili mevcut bilgilerin değerlendirilmesinde ve ileriye dönük kararların alınmasında matematik modeller önemli bir mühendislik aracı olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada ve daha önceki çalışmalarda seçilen matematik modelin kalibrasyonu, doğruluk ve duyarlılık analizleri yapılmış ve modelin güvenilirlik ile kullanılabilmesi kanıtlanmıştır.

Model kullanımı için gereken veriler, havzada başlatılan bir su kalitesi izleme programı çerçevesinde elde edilmiştir. Bu çalışma ile tüm Sakarya Havzası ele alınarak öncelikle günümüz koşullarındaki su kalitesi saptanmış ve daha sonra Porsuk Çayı ile Sakarya Nehri, yararlı kullanımlar açısından değerlendirilerek bu su kaynaklarının istenen amaçlara uygunlukları araştırılmıştır. Daha sonra gelecekteki yararlı kullanımlar belirlenerek, su kalitesinin iyileştirilmesi için alınabilecek önlemlerin su kalitesi üzerine etkileri model yardımı ile araştırılmıştır.

Bu bağlamda sürdürülen çalışmada, havzadaki kirletici kaynak potansiyeli ve su kalitesi birlikte değerlendirilerek, çeşitli atıksu kontrol seçenekleri irdelenmiş ve sonuç olarak amaçlanan kaliteye ulaşılması için ciddi önlemlerin alınması gerektiği anlaşılmıştır.

Çalışma sonucunda yapılan değerlendirmede, su kaynakları için ulusal platformda kalite standardı uygulamak yerine, havza boyutunda standart uygulamanın daha akılcı bir çözüm olacağı ve su kalitesi standartlarının havzada amaçlanan çoklu yararlı kullanımlar doğrultusunda belirlenmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

## SUMMARY

### WATER QUALITY MANAGEMENT IN SAKARYA RIVER BASIN

Due to the rapid urbanization and industrialization, the increase of water demand for residential, industrial and agricultural areas has been one of the major problems of the last decade. Although Turkey is a country with considerable water resources, only a minor part of the potential is being utilized. In the "Forth Five Year Development Plan" of the 1979 - 1983 period, it has been emphasized that the water resources of the country should be used in a more rational manner. On the other hand, it was pointed out that the water demand can be satisfied by the existing water potential in the national scale into a considerably distant future, if water of adequate quality and quantity for required purposes could be provided at the times and places needed.

In this context, a comprehensive management of the national water resources for multi-purpose beneficial use is required. A pilot project for the "Water Quality Management was carried out by the Technical University of Istanbul (I.T.U) and State Hydraulic Works (DSI), 3<sup>th</sup> Division. The so-called project was sponsored by "Scientific Affairs Division of NATO" within the scope of the Science for Stability programme. The project was undertaken with the basic understanding that water resources management planning on a national or a regional scale should first ensure that water would not be a limiting factor in economical development. The need for long term economical planning of water resources development was noted and emhasized together with short term requirements. Sakarya River Basin was selected to formulate a management plan for the development of the whole basin and for the consideration of the existing and planned projects in the subbasins.

In this framework, system analysis methods were applied for the evaluation and selection of water resources investments, designs and policies.



The study of water quality management in the Sakarya River Basin is particularly interesting as being the first of similar studies in Turkey where quantity and quality have been considered as the major elements in a river basin management effort. Previously reported river management studies did not include quality. Studies in other rivers have not been integrate into comprehensive management projects. As far as pollution control studies are concerned, the project may also be regarded as a continuation of a number of quality oriented projects, previously started and concluded in other parts of Turkey.

The main objective of the water quality management project is to evaluate and regulate within a systems approach, all relevant factors and parameters for a beneficial use planning of the basin as far as land use and water use are concerned. In this framework, the project is expected to deliver information to water resources management and to assess the effects of quantitative resources management on water quality. The objective interpreted for the Sakarya River Basin sets the following scope for the project.

1. Pertinent description of the study area.
2. Impact assessment from polluting sources.
  - . development of a unified methodology and procedure related to data collection from polluting sources.
  - . waste characterization, classification and comparative evaluation of industrial polluters.
  - . significance and priority in the evaluation of polluting sources.
3. Determination of the current and future beneficial use depending on
  - . socioeconomic development
  - . planning water resources
4. Evaluation of waste assimilation capacity and actual water quality of the Sakarya River and its confluents.
5. Regulations on Water Quality Management to be projected in Sakarya River Basin on

- . global and
  - . regional scales
6. Water quality model selection for the management approach under consideration.
  7. Water quality management
    - . structure evaluation
    - . calibration, verification and sensitivity analysis
  9. Evaluation of different scenarios using the calibrated model and defining the management alternative.
  10. Estimation of methodology for water quality monitoring and enforcement.

Within the context of the project, Porsuk and Sakarya River Basin water quality management studies were the first and second application of these approaches respectively.

This study aims to upgrade the water quality of the Basin for the beneficial uses planned. The effect of the preventive actions planned to improve the water quality is examined by a mathematical model tested under a variety of conditions and finally a comprehensive water quality management is applied according to the mentioned approaches for the Basin in its entirety.

The study is presented in ten chapters.

In the first chapter, a general description of the study area concerning hydrological, topographical, demographical, socioeconomical and climatic characteristics is defined. The basin has a catchment area of 58.000 km<sup>2</sup> with a rather varied geological and topographical structure. Sakarya River which originates in Seyitgazi plateau and flows in to the Black Sea, has a total length of 824 km. Porsuk, which is the major confluent, has a total length of 439 km.

In the thirth chapter, polluting sources causing water quality problem in the confluents, namely Porsuk and Karasu, are discussed in detail. In Porsuk River Subbasin, the major polluting sources are Kütahya and Eskişehir

domestic wastewater and industrial wastewater which originate from Kütahya and Eskişehir Sugar Beet Factories, slaughterhouses, Kütahya Nitrogen Fertilizer Factory, Eskişehir Textile, Wagoon Factory and Organized Industrial District. The total waste load coming from those polluting sources is roughly 400 tons/day of organics, 18 tons/day nitrogen and 1 ton/day of phosphorus, Karasu subbasin is known for its ceramic and tile factories, textile and metal industries situated along Karasu stream. The only polluting source on Sakarya River is Etibank Borax industry situated at the upstream of this river at Kirka region.

In the fourth chapter, the current and future beneficial uses in the basin are presented. The Porsuk River is the most important of the surface water resources in the basin. Actually, it serves the purposes of irrigation, industrial water supply and wastewater disposal. DSI State Hydraulic Works has planned the beneficial uses of the Porsuk River primarily as irrigation and as drinking water in the future, and the secondary beneficial uses include industrial water supply, fishing, recreation and wastewater disposal. At the present time, the Porsuk River is heavily polluted when compared with the standards set in the "Water Pollution Control Regulations". Therefore it can not be used for these purposes without any revision. The only regions of Porsuk River acceptable for present beneficial uses are its source, the Porsuk dam exit and the Rivers downstream. Sakarya River itself has a rather good water quality along its main course.

In the fifth chapter the previous investigations carried out on the basin and preliminary studies are outlined. Before this study, Porsuk stream water quality was investigated in detail between 1969-1979 and between 1978-1980 by DSI and ITU. During these previous studies, the available data, the monitoring stations, the patterns of various parameters were evaluated. For the present study a detailed data analysis has been carried out during the monitoring program in the period of 1983-1985. Water quality profiles obtained from the evaluation of the results of the measurements during this programme are presented for the stations situated at the upstream and downstream of the Sakarya, Porsuk and Karasu rivers.

In the sixth chapter, the basic framework of the water quality management model for the basin is presented.

In the seventh chapter, the summary of "works" to be undertaken to choose an appropriate mathematical model that conforms to the objectives of the study and consequently the definition of the model is presented. The model chosen for this study is a simulation model called MODQUAL which is the modified form of the well known model, Qual II. The state variables which were determined due to the characteristics of the rivers and beneficial use considered, are dissolved oxygen, organic matter, nitrogen and phosphorus compounds.

In the eighth chapter the calibration and the sensitivity analysis are presented. This study differs from the previous ones by the calibration works and sensitivity analysis which were carried out simultaneously. The parameters which were calibrated by using the model are the flow rate, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, ammonia, nitrate, nitrite and orthophosphate.

In the ninth chapter, the effect of various basic measures of improving the actual and future water quality are evaluated. In an attempt to achieve the water quality standards, the effect of dilution was tested.

The results have shown that this was not an acceptable solution. The next step was to apply the standards of the "Water Pollution Control Regulations". The results were satisfying except for the nitrogen and phosphorus compounds. The third step, upon which advanced treatment was applied for nutrients, has revealed that all the expected standards were achieved except that for nitrite. Within the next two steps the dry weather flow conditions and the polluting parameters coming from incremental conditions were examined using the mathematical model tested under various conditions. The results revealed that the control of incremental conditions had no effects on the water quality of the stream already polluted by domestic and industrial wastes.

In the last chapter, the results obtained are evaluated in first part and in second part, recommendations to the Authorities are made based on these results. It is pointed out that water pollution control standards should be set, not on national scale but on basin scale, according to multi-purpose beneficial use.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

### 1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Sosyoekonomik gelişme için suyun kısıtlayıcı olmaması amacıyla yapılan su kaynakları planlamalarında, belirlenen yararlı kullanımlar doğrultusunda su kaynaklarının optimum kullanımı su kalitesinin yönetimini gündeme getirmektedir. Bu yönetimin amacı, ülkedeki sosyoekonomik etkinlikler sonucunda su kaynaklarından güncel ve gelecekteki yararlanma olasılıklarının sınırlanmaması için su kalitesinin korunması ve kontrolüdür. Bu amaca ulaşabilmek için çeşitli kontrol seçeneklerinin geliştirilmesi ve bunlar arasında kısa, orta, uzun vadeli seçimler yapılması gerekmektedir. Bu aşamada kullanılan en önemli araçlardan biri, geliştirilen matematik modeller yardımıyla su kaynaklarındaki çeşitli süreç ve mekanizmaların karakterize edildiği ve gelecekteki koşulları yansıtan senaryolarla her türlü simülasyonun yapılabildiği bilgisayarlardır.

Yurdumuzda da su kaynakları yönetiminde sistem analizinin kullanılması ve bu şekilde yukarıda özetlenen amaçlara ulaşılabilmesi için 1982 yılında NATO "Kararlılık için Bilim Programı" çerçevesinde desteklenen bir proje başlatılmıştır. Projede pilot bölge olarak Sakarya Havzası seçilmiş ve İTÜ ile DSİ nin ilgili birimleri arasında gerekli eşgüdüm ve işbirliği sağlanarak proje, 1989 yılında tamamlanmıştır. Bu proje Türkiye'de akarsu havzası yönetimi konusunda su kaynaklarının kantite ve kalite açısından havza bütününde birlikte değerlendirildiği ilk projedir. Projede, havzanın çok amaçlı kullanımına yönelik yönetim esasları belirlenerek, bu kullanımlara ulaşılmasındaki kalite kısıtlamaları araştırılmış ve kalitenin iyileştirilerek korunduğu bir yönetim yaklaşımı benimsenerek çeşitli kontrol seçenekleri oluşturulmuştur.

Bu çalışma, Sakarya Projesi çerçevesinde gerek alıcı ortamda, gerekse kirletici kaynaklarda yapılmış tüm deneysel çalışmalar ile sosyoekonomik verilerin ve su kaynakları yönetim projesi sonuçlarının bir arada değerlendirildiği; yönetimin bir aracı olarak kullanılan modelin güvenilir olması amacıyla tüm kalibrasyon, doğrulama ve duyarlılık analizlerinin ayrıntıları ile yapıldığı ve havzadaki sosyoekonomik gelişmelere göre oluşturulan yararlı kullanımlara yönelik seçeneklerin, teknik ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilir kontrol önlemlerini yansıtan senaryolarla incelenip değerlendirildiği bir sentez çalışma niteliğindedir.

## 1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın genel amacı:

- 1- Yönetimde güvenle kullanılacak bir modelin oluşturulması ve modelin yansıttığı süreç ve mekanizmaları tanımlayan bağıntılardaki katsayıların belirlenmesi,
- 2- Bu model kullanılarak güncel ve gelecekteki yararlı kullanımların gerçekleştirilebilmesi için yapılacak kalite kontrolünde, yöneticilerin gereksinim duydukları bilgi ve verilerin sağlanması,

şeklinde özetlenebilir.

Bu genel amaç çerçevesinde:

- 1- Havzanın çevresel ve sosyoekonomik özelliklerinin araştırılması,
- 2- Havzadaki tüm evsel, endüstriyel, tarımsal etkinliklerin ve bu etkinliklerden kaynaklanan kara kökenli kirlenmenin boyutu ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi,
- 3- Havzadaki sosyoekonomik gelişmeler ve su kaynakları

planlamalarına göre güncel ve gelecekteki yararlı kullanımların saptanması,

- 4- Havzada, Sakarya Nehri ve yan kollarında gerçekleştirilen üç yıllık izleme çalışmaları değerlendirilerek halihazır su kalitesinin ve özümleme kapasitesinin belirlenmesi,
- 5- Ülke ve havza koşulları ile yerel yapı birlikte değerlendirilerek su kalitesi yönetim esaslarının oluşturulması,
- 6- Benimsenen yönetim yaklaşımının gerektirdiği modelin seçilmesi ve model özelliklerinin tanıtılması,
- 7- Modelleme aşamalarını oluşturan kalibrasyon ve duyarlılık analizlerinin yapılması,
- 8- Güncel ve gelecekteki yararlı kullanımlarla kara kökenli kirletici kaynaklarda alınması gerekli teknik ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilir önlemleri yansıtan senaryoların hazırlanması,
- 9- Çeşitli senaryoların model ile değerlendirilmesi ve yönetim seçeneklerinin ortaya konması,

çalışmanın kapsamını oluşturmuştur.



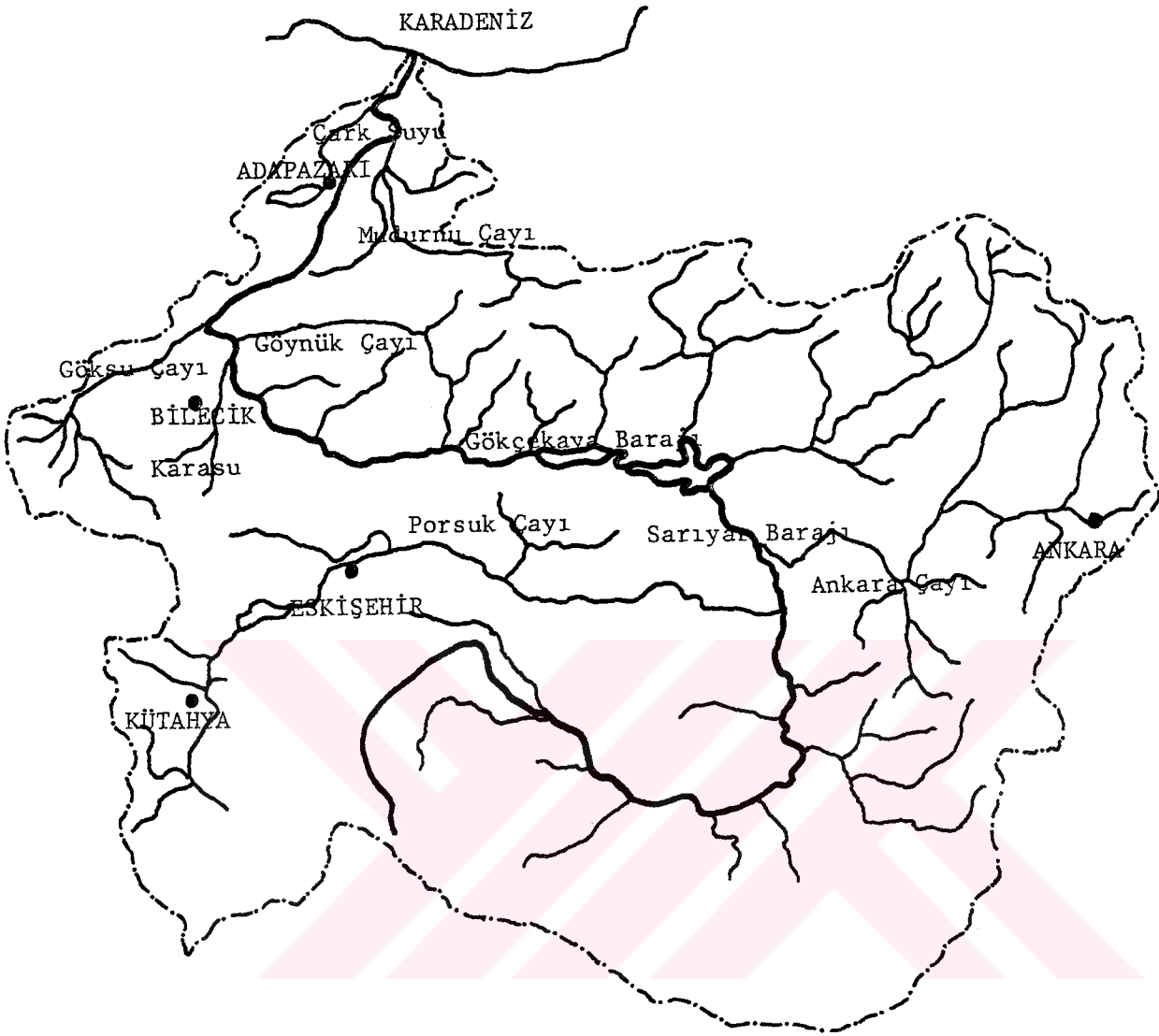
## BÖLÜM 2. SAKARYA HAVZASININ ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ

Su kalitesi yönetimi için ilgili havzanın fiziksel ve sosyoekonomik çevresine ait özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir.

### 2.1. Genel Bilgiler

Sakarya Nehir Havzası Anadolunun kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 2.1). Havza kabaca uzun eksenini doğu-batı doğrultusunda olan bir dikdörtgen şeklinde olup, 58000 km<sup>2</sup> yüzey alanıyla tüm yurdumuzun yaklaşık % 7 sini kapsamaktadır. Kuzeybatı Anadolu'nun en büyük akarsuyu olan Sakarya nehri Afyon'un kuzeyindeki Seyitgazi platolarının Bayat yaylasından doğar ve önce İç Anadolu'ya doğru akar. Daha sonra bir kıvrımla kuzeye dönerek Polatlı yakınlarında en önemli kolu olan Porsuk Çayı ile birleşir. 442 km uzunluğunda olan Porsuk, Dumlupınar'ın güneyindeki Ahırdağı'ndan yaklaşık 1170 m kotunda çıkar. Batıdan Kütahya ovasının sularını toplayan Felent Çayı'nı alıp bir süre güneybatı kuzeydoğu doğrultusunda Kütahya Eskişehir karayolu boyunca aktıktan sonra Eskişehir kentinin içinden geçerek Polatlı kasabasının kuzeybatısında tarihi Gordiyon yıkıntılarının önünde Sakarya nehri ile birleşir. Taşkından korunmak için Kütahya ile Eskişehir arasında 431 X 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> depolama hacmi olan Porsuk barajı inşa edilmiştir. Porsuk kolunu aldıktan sonra kuzey doğrultusunda akışını sürdüren Sakarya nehri bu kez doğudan gelen Ankara Çayını alır. Bu iki önemli yan kolu dışında çok sayıda dere ile beslenen kesim yukarı Sakarya Havzası olarak adlandırılır. Çubuk, İncesu, Hatip çaylarının birleşmesiyle meydana gelen Ankara Çayı, Ankara





Şekil:2.1 - Sakarya nehri havzası haritası

şehrinden 130 km sonra Dümrek köyünde Sakarya'ya karışır. Bu birleşimden sonra yurdumuzun 2 önemli hidroelektrik santrali Sarıyar ve Gökçekaya adlı baraj göllerini oluşturan nehir batıya yönelir. Bu göllerin yüzey alanları ve ortalama derinlikleri sırasıyla 83.83 km<sup>2</sup>, 20 km<sup>2</sup> ve 90 m, 115 m dir. Paşalar Boğazı ile Geyve Boğazı arasından geçen nehir soldan Karasu ve Göksu kolları ile kuzeyden gelen Göynük çayı ile beslenir. Karasu Bozöyükten doğar, Bilecik yakınlarından geçip yaklaşık 60 km sonra Sakarya ile birleşir. Yücedağ'dan doğan Göksu, İnegöl ve Yenişehir ovalarından geçerek Osmaneli aşağısında kaynağından 110 km sonra Sakarya'ya karışır. Göynük çayı ise Karadağ'dan doğar ve 120 km sonra Sakarya ile birleşir. Adı geçen bu çaylardan başka çok sayıda yan kol ile beslenen nehrin bu kesimi Orta Sakarya havzası olarak adlandırılır. Aşağı Sakarya Havzası olarak adlandırılan kesimde ise Adapazarı şehrinin doğusundan geçerek sağdan Adapazarı ovasının ikinci önemli suyu olan Mudurnu Çayını alan Sakarya nehri kuzeye yönelir. Ardıç Dağı eteklerinden doğan Mudurnu Suyu Adapazarı Ovası'nın güneydoğusunda bir bataklık meydana getirdikten sonra menbada yaklaşık 87 km sonra Sakarya'ya karışır. Daha kuzeyde Sapanca gölünün ayağını meydana getiren ve yaklaşık 40 km olan Çarkısu da Sakarya'ya karışır.

Adapazarı ovasının kuzeyindeki yayla alanını bir boğazla geçen Sakarya nehri kıyı ovasına çıkarak Karasu ilçesi topraklarına girer ve Sakarya ağzı denilen yerde Karadeniz'e dökülür. Sakarya nehrinin menbada mansaba toplam uzunluğu 824 km dir.

## 2.2. Jeoloji ve Topoğrafya

Havza çok farklı jeolojik ve topoğrafik yapıya sahiptir. Hemen tüm jeolojik periyodlara havzanın değişik kısımlarında rastlamak olanaklıdır. Havzanın kuzey ve batı kısımları sismolojik olarak aktiftir ve yakın zamanlarda pek çok deprem olmuştur.

Sakarya nehrinin doğduğu kaynaklar 1000 m yüksekliğe ulaşır. Havza ortalarında, iki büyük baraj gölü civarında bu yükseklik 500 m'ye düşer. Karadeniz'e deşarjdan evvel, havzanın tek doğal gölü olan Sapanca'da bu yükseklik 30 m civarındadır.

Sakarya Nehri havzasında Sakarya nehrinin ve yan kollarının suladığı önemli tarımsal etkinliğe sahip verimli ovalar vardır. Bunlardan Seyitgazi, Kütahya, Eskişehir-Alpu, Sapanca-Gölcük, Sakarya-Karasu ovaları sayılabilir. Seyitgazi ovası yaklaşık 945 m kotunda Seydisuyu ve kollarının suladığı bir aşınma ovası olup, geçirgenliği oldukça yüksek olan yaygın ve kalın bir alüvyon tabakası ile kaplıdır. Yörede Kırılıs civarında eski zamanlarda oluşan göllerde bor minarellerinin çökmesi ile bugünkü sedimenter sodyum tuzu ve bor yatakları oluşmuştur. Bu cevher iki kil tabakası arasında yer almakta ve yatağa yakın konumda masif bir yapı göstermektedir. Cevher kalınlığı 10 m - 160 m arasında değişmektedir. Bor yatakları ise yüzeyde olmayıp en az 20 m derinlikte Tinkal ve kolomanit halinde bulunmaktadır.

Yüksekliği ortalama 950 m olan Kütahya ovasında akiferler alüvyon ve neojen kalkerleri olup, alüvyon 5 - 40 m, neojen kalkerleri ise 400 m kalınlık gösterirler. 31 m rakımı olan Sapanca ovasında su veren formasyon alüvyon olup kalınlığı 20 - 30 m arasındadır. Sakarya-Karasu ovasında akifer 5-10 m den başlayıp 200 m ye kadar inmektedir. Sahil boyunca 500 m genişlikteki şerit tuzlanmanın etkisi altındadır. Bu ovanın deniz seviyesinden yüksekliği ise 33 m dir.

Sakarya nehrinin iki önemli kolu olan Porsuk ve Ankara Çayının kaynaklandığı yörelerdeki yükselti 1000 m nin üzerindedir. Sakarya nehrine karıştıkları yerdeki kot ise 300 m civarındadır.

### 2.3. Meteoroloji

Sakarya nehri, İç Anadolu, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgesinden geçtiğinden havzada her dört bölgenin iklim karakteri de görülmektedir. Ancak havza genelinde kara iklimi etkindir. Bu genellik Aşağı Sakarya Havzasında bozulur ve her mevsimi yağışlı Karadeniz iklimi görülür. Havza içinde çok sayıda meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bunlar arasında karakteristik istasyonlara ait uzun dönemli aylık sıcaklık ve yağış ortalamaları sırasıyla Tablo 2.1 ve Tablo 2.2 de verilmektedir. Tablolarda görüldüğü gibi hem sıcaklık hem de yağışlar menbadan mansaba doğru düzenli olarak artış göstermektedir. Havza genelinde en sıcak ay Temmuz en soğuk ay Ocaktır. Yaz ile kış sıcaklıkları arasındaki fark 20 °C ye kadar ulaşmaktadır. Kışın 6°C 8°C izotermleri, yazın da 26°C 28°C izotermleri havzayı keser.

En az yağış Ağustos, en çok da Aralık ayında görülmektedir. Yukarı Sakarya ve Ankara Çayı Havzaları, yıllık ortalama yağış yüksekliği 400 mm civarında olan kurak havzalardır. Aşağı Sakarya Havzasında ise yıllık ortalama yağış yüksekliği 800 mm yi aşar. Tüm havzada 500 mm civarında olan yıllık yağış ortalaması, Türkiye ortalamasından daha azdır. Özellikle Yukarı Sakarya, Porsuk ve Ankara Çayı Havzalarında yağış kar şeklinde görülür. Orta Sakarya Havzasında iklim genelde sert Sakarya nehrinin geçtiği vadi de ise ılıktır. Aşağı Sakarya havzasında yer alan Mudurnu Çayı havzası kışları soğuk, yazları serin geçen yağışı bol bir yöredir.

Yıllık ortalama buharlaşma miktarı tüm havza için 1200 mm civarındadır. Tablo 2.3 de havzada bulunan bazı istasyonlara ait buharlaşma değerleri verilmektedir. Mayıs-Eylül ayları arasında aylık ortalama buharlaşma 120 mm dir. Ortalama yağış değerleri ile ortalama buharlaşma değerleri karşılaştırıldığında genelde buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu görülmektedir.(DMI,1980). Bağıl nem oranı ise menbadan

TABLO 2.1 SAKARYA HAVZASINDA AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)

Alt Havza İstasyon (periyodu)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık ortalama
( <u>Yukarı Sakarya</u> )													
Seyitgazi *	0.4	3.1	5.5	9.3	14.5	18.6	19.7	20.5	16.3	10.1	6.8	2.6	10.6
( <u>Porsuk</u> )													
Kütahya (1919-1980)	0.2	1.6	4.6	9.7	14.3	17.9	20.4	20.2	16.1	11.8	7.1	2.4	10.5
Eskişehir (1929-1980)	-0.3	1.4	4.8	10.2	15.1	18.7	21.4	21.2	16.9	12.1	6.8	2.2	10.9
( <u>Ankara</u> )													
(1926-1980)	-0.2	1.1	5.3	11.1	15.5	19.9	23.1	23.1	18.0	12.6	7.4	2.4	11.6
Ankara													
( <u>Karasu</u> )													
Bilecik (1938-1980)	2.1	3.5	5.9	10.9	15.6	19.1	21.7	21.5	17.9	13.7	9.4	4.7	12.2
( <u>Orta Sakarya</u> )													
Geyve (1929-1970)	4.1	6.2	7.9	12.7	17.2	21.2	23.2	22.9	19.8	15.2	11.0	7.6	14.1
( <u>Aşağı Sakarya</u> )													
Adapazarı (1950-1980)	5.7	6.6	8.2	12.6	17.0	20.9	22.7	22.4	18.9	14.3	11.7	8.1	14.1
Sapanca (1936-1967)	4.4	4.4	7.8	11.8	15.6	21.2	22.1	21.0	18.7	14.4	11.5	10.4	13.6

\* Bu istasyonlar DSI ye aittir.

TABLO 2.2 SAKARYA HAVZASINDA AYLIK YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm)

Alt Havza İstasyon (Periyod)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık Toplam
( <u>Y.Sakarya</u> ) Seyitgazi*	46.2	26.7	52.1	33.6	43.4	33	14	5	16.7	18.1	28.1	47.9	365
( <u>Porsuk</u> ) Kütahya (1931-1980)	76.57	63.76	63.18	48.02	58.91	38.71	20.16	13.86	22.91	40.98	49.28	86.59	582.93
Eskişehir (1931-1980)	44.61	37.14	39.41	37.02	46.71	36.37	13.06	8.09	17.44	26.21	29.90	49.70	385.65
( <u>Ankara</u> ) Ankara (1931-1980)	41.65	36.15	36.72	41.25	53.55	33.62	13.46	9.55	18.99	24.11	29.27	47.49	385.81
( <u>Orta Sakarya</u> ) Gökçekaya* Geyve (1929-1970)	51.2 77.9	50.3 82.2	64.3 63.7	41.7 50.7	45.4 49.8	31.8 39.4	21.4 22.9	13.7 17.2	11.3 37.0	26.1 45.9	32.1 62.0	60.8 83.4	450.1 632.1
( <u>Karasu</u> ) Bilecik (1931-1980)	48.44	43.53	46.26	39.31	50.43	38.09	18.23	15.89	22.15	32.79	37.28	54.00	446.38
( <u>Aşağı Sakarya</u> ) Adapazarı (1954-1980) Sapanca (1936-1967)	95.28 102.0	67.13 93.2	80.40 84.8	57.46 61.1	49.03 53.6	63.58 54.5	41.50 58.9	52.06 33.7	57.76 73.1	66.06 81.5	76.27 87.8	116.20 122.6	822.74 906.9

\* Bu istasyonlar DSI ye aittir.

TABLO 2.3 SAKARYA HAVZASINDA AYLIK BUHARLAŞMA MİKTARI (mm)

Alt Havza İstasyon (Periyod)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık Toplam
(Porsuk)													
Kütahya (1929-1979)	23.3	28.5	5.13	80.7	93.0	106.5	134.5	131.9	93.6	64.8	40.4	28.5	877.0
Eskişehir *	17.7	28.5	52.1	89.5	120.1	128.5	156.6	166	113.9	72	40.2	22	995.3
(Ankara)													
Ankara (1926-1970)	23.2	31.8	66.8	113.9	129.6	163.1	220.8	227.6	154.7	97.4	50.6	28.3	1307.6
(Orta Sakarya)													
Gökçekaya* (Karasu)	0	0	7.3	90.8	147.4	201.0	286.8	254.4	183.3	109.6	24.1	0	1304.7
Bilecik (1929-1970)	36.6	42.8	63.0	89.8	105.2	129.5	165.1	166.5	115.0	77.3	58.7	45.8	1095.3
(Aşağı Sakarya)													
Sapanca*	-	-	-	79.1	123.1	177	178.4	157	106.5	76.55	57.4	42.0	997.05

\* Bu istasyonlar DSI ye aittir.



mansaba doğru artarak, en az % 40 dan en çok % 80 e ulaşır. Havza genelinde ise bu oran % 70 dir.

#### 2.4. Hidroloji

Türkiye'de akarsu hidrolojik gözlem istasyonları EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) tarafından işletilmektedir. Havzada halihazırda kullanılan istasyon sayısı 21 dir. Bunlardan sadece 2 istasyona ait 42 yıllık kayıt bulunmakta, diğerlerinde ise genellikle 20 yıllık kayıtlara rastlanmaktadır. Bunların haricinde havzada kayıt süreleri 20 yıldan az olan ve DSİ tarafından işletilen istasyonlar da yer almaktadır.

Tablo 2.4 de havzaların karakteristik gözlem istasyonları, bunlara ait yağış alanı, gözlem aralığı, kayıt süresi ve bu süre içindeki ortalama debiler, Şekil 2.2 de akım gözlem istasyonları verilmektedir. Bu verilere göre Sakarya'nın Karadeniz'e boşalttığı su miktarı ortalama  $200 \text{ m}^3/\text{sn}'ye$  ulaşmaktadır. Yıllık debi kayıtları incelendiğinde akımda büyük mevsimlik değişimler olduğu göze çarpmaktadır. Bu nedenle akım değerlendirmesi yapılırken çeşitli etkenler gözönünde tutulmalıdır. Sulama ve diğer amaçlarla nehirde su çekilmesi ve nehir kolları üzerindeki regülatörlerin yaptığı düzenlemeler doğal akımları bir miktar etkilemektedir. Ayrıca Porsuk, Sarıyar ve Gökçekaya barajları gibi büyük kapasiteli barajların sadece kendi amaçları doğrultusunda işletilmeleri akım değişimlerini artırmaktadır. Dolayısıyla havza bazındaki çalışma sırasında ileriki yıllara dönük sulama potansiyeli ve diğer kısıtlar irdelenirken doğal akımlar çalışmaya esas tutulmalıdır.

#### 2.5. Demografik ve Sosyoekonomik Yapı

Akarsu havzalarının gelişimi, özellikle yurdumuzda görülen kırsal alanlardan kentlere yönelen göçler, gerek su temini





- SAKARYA İSTASYONLARI
- YAN KOL İSTASYONLARI

Şekil: 2.2 - Sakarya havzası ölçüm istasyonları

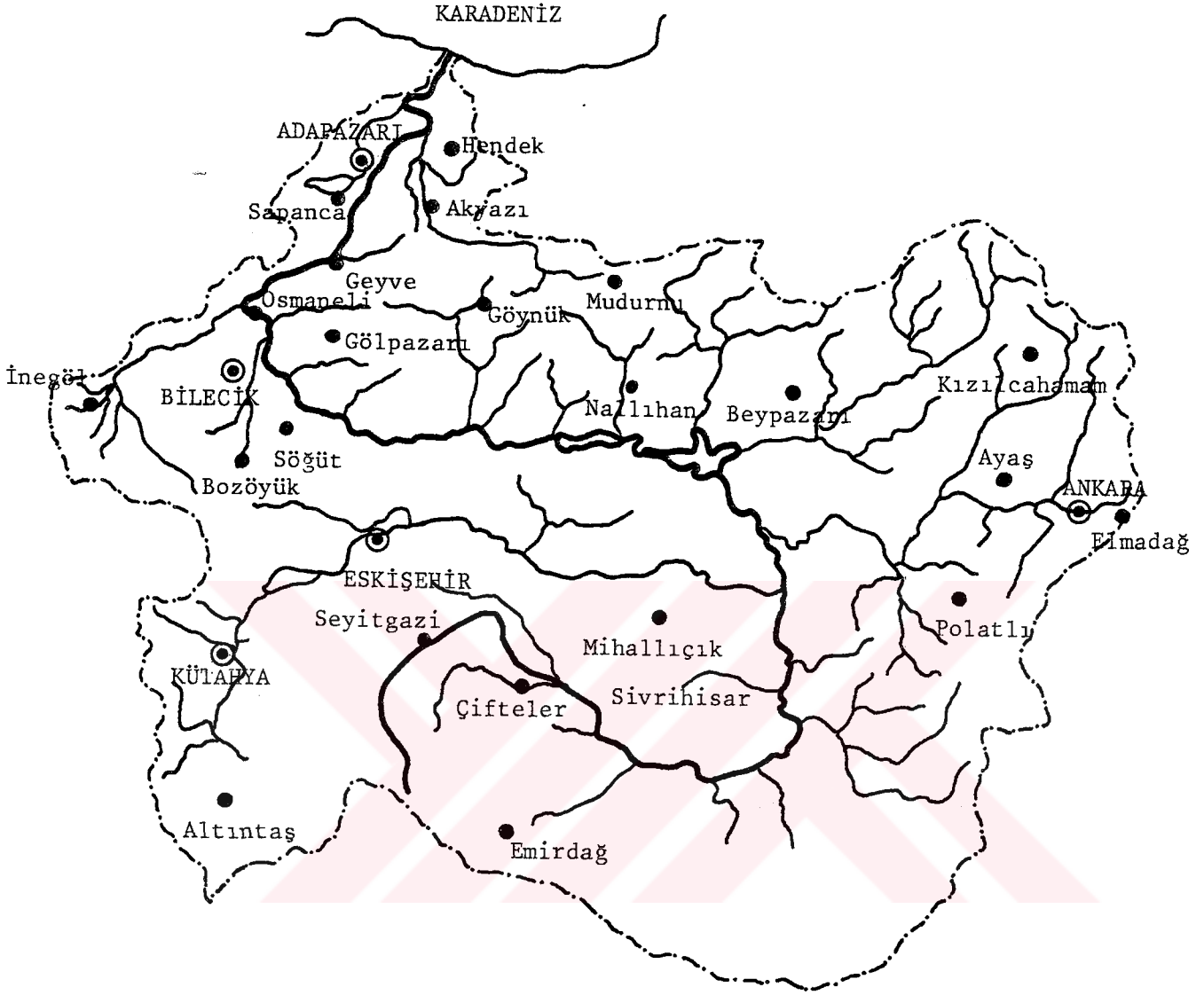
TABLO 2.4. SAKARYA HAVZASI HİDROLOJİK GÖZLEM İSTASYONLARI

Alt Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Kot (m)	Gözlem Aralığı	Kayıt Süresi	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /s)
Yukarı Sakarya	1223	Seydisuyu	895	1952-1982	21	1608.4	2.45
	1224	Aktaş	837	1952-1982	20	4298.0	8.64
	1241	Kavuncu	702	1959-1982	20	14243.6	29.12
Porsuk	1203	Beşdeğirmen	855	1935-1982	42	3938.4	9.37
	1248	Eskişehir	790	1969-1982	10	6340.0	6.20
	1212	Sazılar	680	1943-1982	21	10822.0	15.96
Arkara	1247	Çiftlik	840	1969-1982	-	2695.2	-
	1216	Zir, Ovaçayı	780	1952-1982	21	1539.2	5.81
	1226	Meşecik	635	1953-1982	20	7140.0	13.09
Orta Sakarya	1242	Kargı	495	1959-1982	22	33847.2	58.22
	1218	Yenice	239	1963-1982	17	43362.4	94.99
	1206	Hamitabat		1937-1982	-	-	-
	1233	Aladağ Çayı, Karaköy	512	1958-1982	20	1984.8	16.40
	1245	Kimmir Çayı, Taksir K.	490	1961-1982	12	3941.6	19.99
Karasu	1249	Vezirhan	155	1972-1982	10	1180.0	4.14
Göksu	1222	Kocasu	196	1952-1982	30	2016.6	19.22
Mıduru	1237	Dokurcun	286	1955-1982	26	1072.4	8.12
	1219	Dinsiz Çayı	26	1954-1982	12	410.8	7.23
Çark	1235	Beşkoprüler	32	1954-1982	-	251.2	-
Aşağı Sakarya	1221	Doğançay	41	1952-1982	30	52531.6	137.20
	1243	Botbaşı	8	1960-1982	22	55321.6	192.08

gerekse kullanılmış suların uzaklaştırılması ile ilgili yeni gereksinimleri yaratmakta ve su kaynaklarının yönetimini gündeme getirmektedir. Bu sosyoekonomik gelişme sürecinde suyun kısıtlayıcı olmaması evsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için istenilen yere, istenilen zamanda ve miktarda su temininin ve yapılacak yatırımların havza bazında planlamasını gerekli ve zorunlu kılmaktadır. Bu planlamalar ise ancak demografik yapının iyi değerlendirilmesiyle başarıya ulaşabilir. Sakarya Havzasında Türkiye nüfusunun yaklaşık % 10'unun (5.000.000 kişi) yaşadığı 5 önemli kentimiz olan Ankara, Kütahya, Eskişehir, Bilecik ve Adapazarı yer almaktadır. Bunların haricinde havzanın belli kısımları Bolu, Bursa ve Afyonkarahisar kentlerinin sınırları içindedir (Şekil 2.3). Alt havzalar bazında ayrılmış tüm yerleşim birimlerinin son onbeş yıllık nüfusları Tablo 2.5 de verilmektedir. Görüldüğü gibi toplam havza nüfusunun % 75 i halen kentlerde yaşamaktadır. 1970 li yıllarda bu oranın % 60 olması kentlere yönelen nüfus hareketlerinin iyi bir göstergesidir. (DİE, 1985)

Havzanın büyük kentleri aynı zamanda da endüstriyel merkezlerdir. Bu endüstrileşme hareketleri de kırsal nüfusu çeken önemli bir etmendir. Ancak herşeye rağmen nüfusun önemli bir kısmının halen tarımla uğraştığı söylenebilir. Şekil 2.4 de havzadaki endüstriyel ve tarımsal alanlar gösterilmektedir.

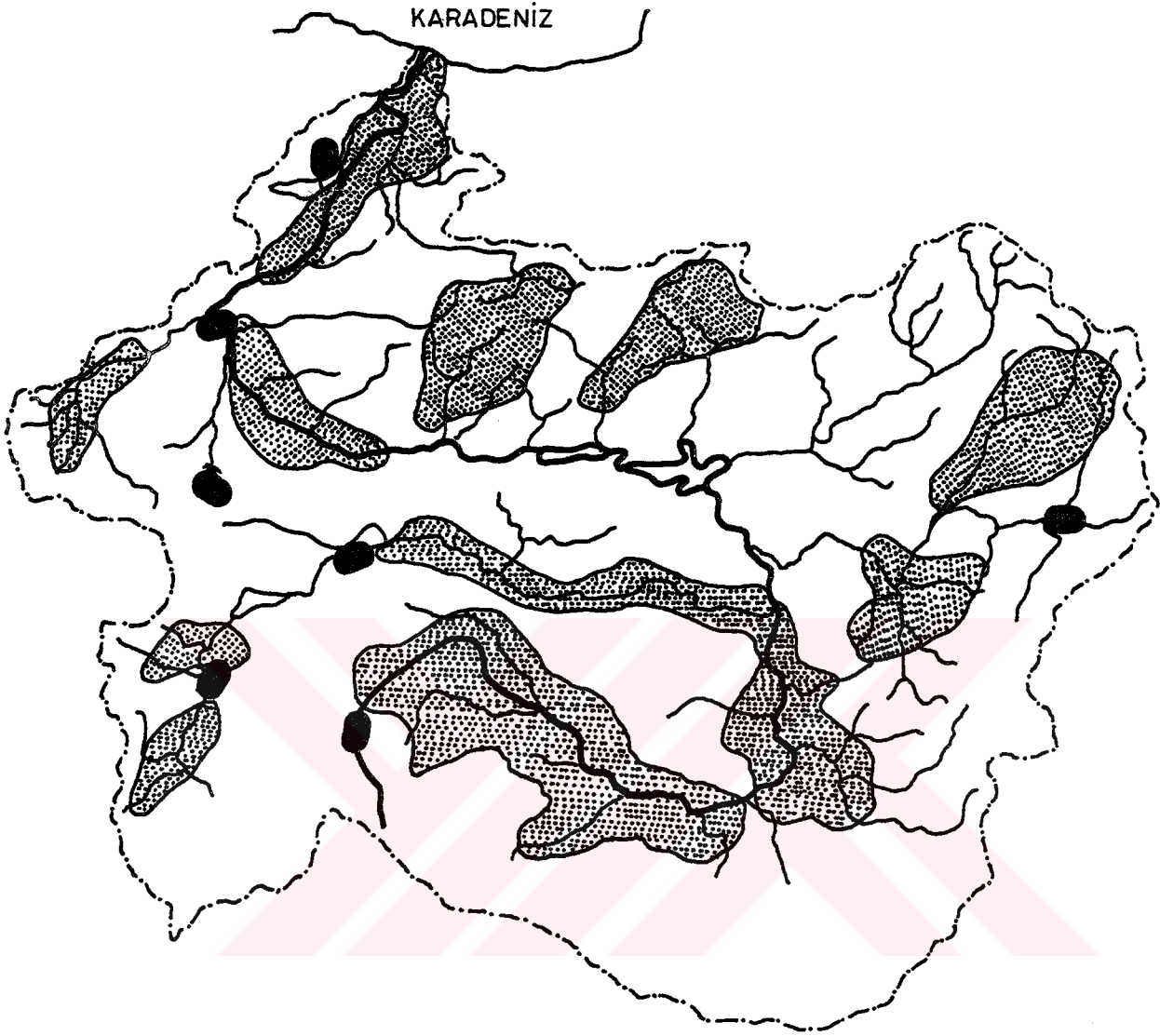
Yukarı Sakarya havzasında büyük yerleşim merkezleri yer almakta, 1985 nüfus toplamları 180 576 olan küçük yerleşimler bulunmaktadır. Bunlara ait geçmiş nüfuslar incelendiğinde, göçlere bağlı olarak bir nüfus azalması göze çarpmaktadır. Bu durum, kurak hava koşullarına bağlı tarımsal etkinliklerin ( tahıl üretimi) getirdiği maddi olanakların yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır. Havzada sulama projelerinin gerçekleştirilmesi halinde, bu durumun değişeceği tahmin edilmektedir. Havzada kırka yöresinde yer alan bor yataklarının 1975 yılından sonra işletilmeğe başlanması da nüfus hareketlerini etkilemiştir. Etibank tarafından -



⊙ ŞEHİRLER

● KAZALAR

Şekil:2.3- Sakarya havzasındaki yerleşimler



TARIMSAL ALANLAR



ENDÜSTRİYEL ALANLAR

Şekil: 2.4 - Sakarya havzasında endüstriyel ve tarımsal alanlar

TABLO 2.5. SAKARYA NEHRİ HAVZASINDA NÜFUS DAĞILIMI

ALT HAVZA	NAHİYELER	N Ü F U S			
		1970	1975	1980	1985
YUKARI SAKARYA	Seyitgazi	25992	25835	24691	25657
	Mahmudiye	12921	12238	12045	11661
	Çifteler	24567	24954	25649	25955
	Emirdağ	72051	66540	62727	64128
	Sivrihisar	56366	54307	55961	53175
	TOPLAM	191897	183874	181073	180576
PORSUK	Altıntaş	38898	32153	29611	33698
	Kütahya	129056	147928	162434	181531
	Eskişehir	284100	324950	373988	430670
	Mihalıççık	41275	38312	37191	35838
	TOPLAM	488329	543343	603224	681737
ANKARA	Çubuk	49539	53114	54616	57716
	Ankara Merkez	114419	94964	77168	822850
	Altındağ	348254	526072	624313	406948
	Ayaş	17581	18325	17202	21762
	Çankaya	683210	927809	968668	667351
	Elmadağ	23852	25893	30354	22967
	Kızılcahamam	36645	36686	35513	32162
	Polatlı	74366	75332	86865	95401
	Yenimahalle	175528	246154	330908	382205
TOPLAM	1 523394	2 004349	2 225607	2 509362	
ORTA SAKARYA	Beypazarı	36435	37140	38568	42008
	Nallıhan	32713	32769	34389	35718
	Sarıcakaya	14146	14501	14277	14441
	Gölpazarı	23063	21942	22422	22296
	Osmaneli	12116	13063	14754	16682
	Geyve	54307	57857	60986	66373
	TOPLAM	175780	177272	185396	197518

TABLO 2.5. DEVAMI

ALT HAVZA	NAHİYELER	N Ü F U S			
		1970	1975	1980	1985
GÖYNÜK (ORTA SAKARYA)	Göynük	20202	20154	20901	21511
	TOPLAM	20202	20154	20901	21511
KARASU (ORTA SAKARYA)	Bozöyük	29725	30368	33346	40588
	Söğüt	24287	23708	23730	25747
	Pazaryeri	16758	15968	16618	16274
	Bilecik	32901	32071	36131	39322
	TOPLAM	103671	102115	109825	121931
GÖKSU (ORTA SAKARYA)	İnegöl	80778	88005	97812	106372
	Yenişehir	46284	46374	48521	50111
	TOPLAM	127062	134379	146333	156483
MUDURNU (AŞAĞI SAKARYA)	Mudurnu	25550	25844	27460	27237
	Akyazı	60254	63207	69364	73871
	Hendek	45635	48291	51768	54795
	TOPLAM	131439	137342	148592	155903
ÇARK (AŞAĞI SAKARYA)	Sapanca	16762	16888	18969	21206
	Adapazarı	199839	223046	158561	301067
	TOPLAM	216601	239934	277530	322273
AŞAĞI SAKARYA	Karasu	60385	66259	66852	69360
	TOPLAM	60385	66259	66852	69360
GENEL TOPLAM		3.038760	3.609021	3.965333	4.416654



işletilen bu yataklardan yılda 400.000 t zenginleştirilmiş bor elde edilmektedir.

Porsuk havzasında son yapılan nüfus sayımlarına göre 681 737 kişi yaşamaktadır. Bu nüfus yıllara göre sürekli artış göstermektedir. Nüfus artış hızı % 11 civarındadır. Yapılan projeksiyonlara göre 20 yıl içinde havza kent nüfusu bir milyonu aşacaktır (DSI, 1980). Bu projeksiyon, kent-sel nüfus oranının % 60 lardan % 80 lere ulaştığı düşünülürse normal karşılanabilir. Ayrıca havzada yoğun endüstriyel etkinlikler mevcuttur. Türkiye'nin en önemli 2 şeker ve gübre fabrikasıyla tekstil ve lokomotif fabrikası havzada yer almaktadır. Ayrıca Eskişehir'de büyük bir organize sanayi bölgesi kurulmuştur. Bu endüstrilerin üretim kategorileri ile ilgili bilgiler Tablo 2.6 da özetlenmektedir. Endüstriyel yapıya bağlı olarak havzada en önemli tarım ürününün şeker pancarı olduğu söylenebilir. Ayrıca meyve ve sebzeçilik de yapılmakta buğday da önemli ürünler arasında yer almaktadır. Tarımın daha da gelişmesi yapılacak sulama projelerine bağlıdır. Havzada gerek su temini gerekse atıksuların uzaklaştırılmasıyla ilgili büyük sorunlar vardır. Havzada taşkın kontrolü ve sulama amacıyla inşa edilen Porsuk Barajı 1972 den beri işletilmektedir.

Ankara Çayı Havzasının önemi Türkiye'nin başşehri Ankara'nın havza içinde olmasından kaynaklanmaktadır. Ankara'nın halihazırda 2.5 milyon nüfusunun gelecek 50 yılda, 2 kat artışla 5 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (DSI, 1983 a) Ankara tüm Anadolu'nun ticaret ve iş merkezidir. Yaşam standartlarının yüksek olması, göç hareketlerinin başlıca nedenidir. Ancak bu yüksek nüfus artışları son yıllarda çözümlü için büyük çaba gösterilen altyapı sorunlarını da birlikte getirmiştir. Bölgenin kırsal kesimlerinde pazar olarak Ankara'ya yönelik tarımsal etkinlikler sürmektedir.(DSI,1983b,c)

Göynük, Karasu ve Göksu'yu içeren Orta Sakarya Havzasında dağınık halde kırsal yerleşimler sözkonusudur. Bu nedenle



TABLO 2.6 SAKARYA HAVZASINIA YER ALAN ÖNEMLİ ENDÜSTRİLER

Endüstri	Kategori	Alt Havza
Kütahya Şeker Kütahya Mezbaha Kütahya Azot Kümas Sümerbank Basma DDY Vagon Eskişehir Şeker Eskişehir Mezbaha Eskişehir Organize Sn.	Şeker Mezbaha Gübre Mineral Tekstil Metal Son İşlemleri Şeker Mezbaha Metal Son İşlemleri	Porsuk
Halıser Toprak Seramik Toprak Fayans Toprak Kağıt Eczacıbaşı Vitra Artema Demirdöküm Sümerbank Seramik Söğüt Seramik	Tekstil Seramik Toprak Ürünleri ve Alçı Kağıt Seramik Metal Son İşlemleri Metal Son İşlemleri Seramik Toprak Ürünleri ve Alçı	Karasu
Adapazarı Şeker Adapazarı Vagon Ziraat Aletleri Deri ve Tabaklama Endüstrileri	Şeker Metal Son İşlemleri Metal Son İşlemleri Deri ve Tabaklama	Çaraksuyu

yıllar boyunca nüfus artışları gerçekleşmemiştir. En önemli yerleşim ve endüstri merkezi Bilecik kentidir. Bu önem Karasu Havzasının mineral yataklarından kaynaklanmaktadır. Havzanın endüstrilerine ait üretim bilgileri Tablo 2.6 da verilmektedir. Bu kısmi endüstri gelişimi dışında, Orta Sakarya Havzasının ana etkinliği tarımdır ve nüfusun büyük çoğunluğu tarımla uğraşır. Bölgenin uygun iklim koşulları düz yerlerde baklagiller diğer yerlerde meyve-sebze ağırlıklı tarımsal etkinlikleri desteklemektedir. Havzada sulama projelerinin geliştirilmesi tarıma dayalı üretim potansiyelini de geliştirecektir. Havzanın bir diğer önemli potansiyeli 460 MW kapasiteli Sarıyar ve Gökçekaya barajlarıdır. Sarıyar Barajının işletmeye açılış yılı 1956, Gökçekaya'nınki ise 1972 dir.

Aşağı Sakarya Havzası, Mudurnu ve Çarksuyunu da kapsamakta olup, gerek meteorolojik koşulların gerekse toprak yapısının uygunluğu nedeniyle tüm havzanın en verimli althavzasıdır. Bu durum nüfus artışlarına da aynen yansımaktadır. Özellikle endüstriyel etkinliklerin başladığı yıllardan sonra % 6 ya varan nüfus artış oranları görülmüştür. Halihazırda 1/2 milyon olan havza nüfusunun önümüzdeki 30 yıl içinde 2 kat artışla 1 milyona ulaşması tahmin edilmektedir (DSI, 1984). Havzanın en önemli yerleşim ve endüstri merkezi Adapazarıdır. Tablo 2.6 da havzadaki endüstrilerin üretim yapıları özetlenmektedir. Bunların dışında, İstanbul ve İzmit endüstrilerinin bir devamı niteliğinde Çarksuyu havzasında çok sayıda orta boy endüstriler bulunmaktadır. Bunların gelişme nedeni bir yandan kolayca İstanbul pazarına ulaşım diğer yandan da su kaynaklarının bolluğudur. Nitekim Çarksuyu havzasında özellikle çok su kullanan deri endüstrileri ağırlıktadır. Havzanın orman alanlarınca da zengin olması, ağaç ve ağaç ürünlerine dayalı endüstrilerin de gelişmesine neden olmuştur. Türkiye'nin önemli şeker fabrikalarından biri ile en büyük lokomotif fabrikasının havzada çok uzun yıllardan beri etkinliğini sürdürmesi endüstriyel gelişimi hızlandırmıştır.

Havzada tarımsal etkinliklerin endüstriler kadar önemli olduğu söylenebilir. Etkin ürünler şeker pancarı, baklagiller, meyve ve sebzedir. Havzanın en önemli su potansiyeli yılda 120 milyon metreküp su kapasitesi olan Sapanca gölüdür. Göl havzasında yerleşimler çok sayıda köyden ve göl kenarında yer alan kırsal düzenli yapılardan oluşmaktadır. Bunun nüfus yoğunluğu özellikle yaz aylarında turistik tesisler nedeniyle artmaktadır. (DSI, 1984).

### 2.6. Arazi Kullanımı

Havzada kent sınırlarına göre arazi kullanım ögeleri Tablo 2.7 de verilmektedir (DSI, 1980) Tablodan görüldüğü gibi havzanın yaklaşık yarısında tarım yapılırken, diğer yarısı da otlak ve ormandır. Buna karşılık yerleşim birimleri ve endüstrilerin alan kullanımı toplamın ancak % 5 i mertebesinde.

Havzada arazi kullanımında tarımın etkinliği toprağın verimliliğinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu verimlilik her yerde aynı değildir ve yapılan yarar-maliyet analizlerine göre sulama yapılarak verimin ekonomik olarak arttırılabileceği tarım alanı toplamın % 20 si civarındadır. Bu oranın en yüksek olduğu bölge, daha önce de sözedildiği gibi Adapazarı çevresidir.

TABLO 2.7. SAKARYA HAVZASINDA ARAZİ KULLANIMI

Yerleşim Merkezi	Tarım alanı (ha)	Mera (ha)	Orman (ha)	Diğer (ha)	Toplam (ha)
BİLECİK	140 743	32 240	246 666	11 151	430 801
KÜTAHYA	471 592	76 773	603 041	36 102	1 187 509
ESKİŞEHİR	563 301	347 642	367 353	84 952	1 365 248
ADAPAZARI	211 000	15 000	169 000	86 700	481.700
TOPLAM	1388 636	471 655	1386 060	218 906	3 465 275

## 2.7. Su Potansiyeli ve Kullanımı

Havzanın su potansiyelinin kentlere göre dağılımı Tablo 2.8 de verilmektedir(DSI, 1980). Buna göre toplam su potansiyelinin % 85 i yüzeysel sular, % 15 i yeraltı sularından kaynaklanmaktadır. Yeraltı su potansiyeli havza içindeki ovalarda ortaya çıkmaktadır. Toplam yıllık potansiyeli yaklaşık 295 milyon m<sup>3</sup> olan bazı ovalara ait güvenilir yeraltı suyu miktarı Tablo 2.9 da verilmektedir. Bu miktar havzadaki toplam su potansiyelinin % 6 sı kadardır. Havzanın su potansiyelinin etkin olarak kullanılması halinde,

- . 280 000 ha tarım alanının sulanabileceği (toplamanın % 20 si)
- . 75 000 ha alanın taşkınlardan korunabileceği.
- . 30 000 ha alanın drenajı
- . 6 200 milyon m<sup>3</sup> suyun regüle edilebileceği
- . 2 366 milyon kwh enerji elde edilebileceği

tahmin edilmektedir.(İLLER BANKASI, 1982). Halihazırda,

- . 35 654 ha tarım alanı sulanmakta (% 13)
- . 58 083 ha alan taşkınlerden korunmakta (% 77)
- . 13 300 ha alanda drenaj yapılmakta (% 45)
- . 3 374 milyon m<sup>3</sup> su regüle edilmekte (% 55)
- . 962 milyon kwh enerji üretilmektedir (% 43)

Bu uygulamalara ait bilgiler Tablo 2.10 da özetlenmektedir.

Havzada endüstriyel ve evsel su kullanımları için de büyük bir su potansiyeli mevcuttur. Bunların arasında Sapanca Gölü 120 milyon m<sup>3</sup> su kapasitesi, halihazırda İzmit Körfezi'nin büyük endüstrileri ile (60 milyon m<sup>3</sup>/yıl) Adapazarı'nın kısmen su ihtiyacını karşılaması (11 milyon m<sup>3</sup>/yıl) daha da önemlisi yakın gelecekte İstanbul'a su verme potansiyeli açısından büyük önem taşımaktadır. Havzanın büyük kentleri halen daha çok yeraltı su kaynaklarını kullanmaktadır. Örneğin Kütahya'nın 3 milyon m<sup>3</sup>/yıl, Eskişehir'in

18 milyon m<sup>3</sup>/yıl su gereksinimi yeraltı sularıyla karşılanabilmektedir. Ancak Kütahya ve Eskişehir kentlerinin Porsuktan 100 milyon m<sup>3</sup>/yıl su temini projeleri tamamlanmış ve Kütahya 1988 yılından itibaren Porsuk kaynaklarından su almaya başlamıştır. Ankara kenti ise hem yeraltı su kaynaklarından (42 milyon m<sup>3</sup>/yıl) hem de rezervuarlardan (100 milyon m<sup>3</sup>/yıl) yararlanmaktadır. Kısmen akarsular kullanılsa da, endüstriler su gereksinimlerini halen yeraltı sularından ve Sapanca gölünden karşılamaktadır. Havzada, özellikle yan kollardaki su potansiyeli kirlenme nedeniyle giderek azalmaktadır. (DSİ, 1989)

TABLO 2.8. SAKARYA HAVZASI SU POTANSİYELİ (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/yıl)

Yerleşim Merkezi	Yüzeysel Su kaynakları	Yeraltı Su kaynakları	Toplam
BİLECİK	320	16.5	336.5
KÜTAHYA	1152	711.5	1323.5
ESKİŞEHİR	1029	362.0	1391.0
ADAPAZARI	1710	103.0	1813.0
GENEL TOPLAM	4211	653.0	4864.0

TABLO 2.9. SAKARYA HAVZASINDA İŞLETMEYE AÇILAN OVALAR

Alt Havza	İşletmeye Açılan Ovalar	Güvenilir Yeraltı suyu rezervi (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl)
Yukarı Sakarya	Seyitgazi	27
	Seydişehir	12
Porsuk	Kütahya	19
	Eskişehir	110
Karasu (Orta Sakarya)	Bilecik	2
Çark (Aşağı Sakarya)	Sapanca-Gölcük	85
Aşağı Sakarya	Sakarya-Karasu	39,5

TABLO 2.10. SAKARYA HAVZASINDA SU KULLANIMI

Havza	Depolama ( $10^6 m^3$ )	Enerji (MW)	Sulama ( $10^6 m^3/yıl$ )	Taşkın kontrol (ha)	Drenaj (ha)	Su Temini ( $10^6 m^3/yıl$ )
Yukarı Sakarya	2	-	100	2820	5800	0.6 (endüstriyel)
Porsuk	562	-	800	28088	5000	21 (evsel) 38 (endüstriyel)
Orta Sakarya	2810	460	-	4887	-	-
Ankara						142 (evsel)
Karasu						3 (evsel) 2 (endüstriyel)
Aşağı Sakarya				22288	2500	26 (endüstriyel) 11 (evsel)
Sapanca						82 (endüstriyel)

## BÖLÜM 3. KİRLLETİCİ KAYNAKLAR VE KİRLLENME YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

### 3.1. Genel Bilgiler

Bu bölümde Sakarya Havzasında yer alan tüm atık kaynakları değerlendirilerek, bunlara ait kirlenme yükleri belirlenmiştir. Böylece Havzadaki kara kökenli kirlenmenin boyutu ve yapısal özellikleri ortaya çıkartılmıştır.

Bir su havzasında kara kökenli kirletici kaynakları, atıklarının boşaltım düzenine göre

- . noktasal kaynaklar
- . yayılı kaynaklar

şeklinde ikiye ayırmak sistematik bir inceleme için gereklidir. Bu ayırım, kirlenme kontrolü çalışmalarında önerilen çözüm seçeneklerinin her iki grup için çok farklı olmasından da kaynaklanmaktadır.

Havzada noktasal kirletici kaynaklar yerleşim merkezleri ile endüstrilerdir. Yerleşim merkezlerinin başlıcaları,

- . Porsuk Havzasında Kütahya ve Eskişehir
- . Ankaraçayı Havzasında Ankara
- . Karasu Havzasında Bilecik
- . Çarksuyu Havzasında Adapazarı

olup, atıksularını yan kollara boşaltmaktadırlar. Bunlardan sadece Kütahyanın arıtma sistemi inşaat halindedir. Ankara atıksu arıtma sistemi de projelendirilmeğe başlanmıştır. Bu merkezlerin atıksularınının karakterizasyonu için

düzenli ölçüm ve analizler yapılmamıştır. Bu nedenle kirlenme yüklerinin belirlenmesinde yurdumuz ve diğer ülkelere ait literatür değerlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca bu merkezlerin çoğunda ya birleşik kanal sistemi ya da septik depolar kullanılmaktadır. Bu durum da atıksu karakterizasyonunu etkilemektedir. Sonuç olarak yapılan değerlendirmelerin ışığında kirlenme yüklerinin hesabında Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 deki birim değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Tablolarda birim atıksu hacminin 200 L/N-gün olduğu kabul edilmiştir. (METCALF-EDDY, 1985)

TABLO 3.1. YERLEŞİM MERKEZLERİ ATIKSU KARAKTERİ  
(Yük bazında, g/kişi-gün)

BOI <sub>5</sub>	TAM	Org-N	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	Org-P	Inorg-P
45	70	2	4	0	0	0,5	1,0

TABLO 3.2. YERLEŞİM MERKEZLERİ ATIKSU KARAKTERİ  
(Konsantrasyon bazında, mg/l)

BOI <sub>5</sub>	TAM	Org-N	NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	Org-P	Inorg-P
225	350	10	20	0	0	2,5	5

Havzada diğer önemli noktasal kirletici kaynak, tüm havza-ya yayılmış endüstrilerdir. Bunların hemen tamamı atıksularını hiçbir arıtmadan geçirmeksizin doğrudan akarsuya boşaltmaktadır. Endüstriyel kirletici kaynakların atıksu karakterizasyonu için, 1984-1986 yılları arasında DSI tarafından gerçekleştirilen anket çalışmaları ile deşarjlar- da yapılan sistematik ölçüm ve analizlerden yararlanılmıştır. Ayrıca endüstriler kirlenme bazında kategorize edilerek literatürle karşılaştırılmıştır. Atıksu karakterizasyonu sonucunda endüstrilerin kirlenme yükleri saptanmıştır.



## Yayıllı Kaynaklar;

- . yağış sonucu yerleşim veya yerleşim dışı bölgelerde oluşan yüzeysel akış ve drenaj suları
- . sulamadan kaynaklanan yüzey ve drenaj suları
- . yeraltı suları

olarak sıralanabilir. Bu kaynaklarla ilgili sistematik ölçüm ve analiz yapılmamıştır. Ancak literatür değerlerinden, arazi kullanımına bağlı olarak yayıllı kaynaklara ait önemli kirletici parametrelerin hesaplanmış birim yükleri Tablo 3.3 de verilmektedir. (Gönenç ve diğerleri, 1985), (Hopstaken C., and others, 1986)

TABLO 3.3 BİRİM DRENAJ SUYU YÜKLERİ (kg/ha.gün)

	Yerleşim Bölgeleri	Tarım Alanları	Diğer
BOI	0.160	0.0060	0.0030
N	0.012	0.0050	0.0025
P	0.003	0.0003	0.0002

Bu genel bilgilerin ışığında, her bir althavzaya ait kirletici kaynaklar aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### 3.2. Havzalara Göre Kirletici Kaynaklar ve Kirlenme Yükleri

#### 3.2.1. Yukarı Sakarya Havzasında Kirletici Kaynaklar

Sakarya nehrinin kaynağı ile Porsuk çayınının Sakarya'ya karıştığı yer arasında kalan havza Yukarı Sakarya Havzası olarak adlandırılmaktadır. En büyük yerleşim alanı Kırka Bucağı olan havzada halk, kasaba ve köylerde yaşamaktadır. Yöredeki başlıca uğraş tarımdır.

Yukarı Sakarya havzasında yer alan en önemli kirletici kaynak Kırka yöresindeki Etibank Boraks İşletmesi ve tarım alanlarından gelen sulardır. Bunlar yayıllı kaynak olarak değerlendirilebilir. Havzada bundan başka nehre doğrudan drenaj yapan yerleşim veya endüstri kuruluşu bulunmamaktadır.

## ETİBANK BORAKS İŞLETMESİ

### Tanım ve Kapasite

1970 yılında Kırka bucağında araştırmalara başlanmış, pilot tesis aşamasından sonra 1975 yılında işletmeye açılmıştır. Tamamı Etibank'a ait olan bu tesiste açık işletme yöntemi ile yılda 60 000 ton cevher çıkartılmakta ve konsantratör tesislerinde zenginleştirilerek yılda 400 000 ton konsantre tinkal üretilmektedir.

### Üretim Düzeni

Bor bileşikleri doğada bulunan çok çeşitli bor cevherlerinden elde edilmektedir. Bu yörede bulunan ve borun bir sodyum tuzu olan tinkal cevheri dünyanın en büyük bor yataklarından biridir. Enerji tasarrufu sağlayan malzemelere olan isteğin artması, bor türevlerinin üretimini de beraberinde getirmiştir. Örneğin selülozik ve fiberglas izolasyonda, kaliteli cam elyafında, sabun, deterjan üretiminde, suni gübre, seramik ve tekstil ürünlerinde bor türevleri kullanılmaktadır.

Etibank Boraks İşletmesindeki konsantratör tesisi, kırma, eleme ve yıkama birimlerinden oluşmaktadır. Açık işletme alanından taşınan cevher silolara doldurulmakta, buradan alınan malzeme, kırıcılara gönderilerek ufaltıldıktan sonra cevher yıkama birimine alınmaktadır. Su ile yıkandıktan sonra ise skraberlere (kazıyıcı) gönderilmektedir. Skraberlerde kil taneleri süspansiyon halinde suya karışmakta ve boraks kristalleri serbest hale gelmektedir. Üzerine tekrar su püskürtülerek yıkanan cevher santrifüj kurutuculara gönderilerek kısmen suyu alınmakta, böylece içindeki yabancı maddeler giderilerek bor oranı yükseltildikten sonra depolara taşınmaktadır.

### Kategorizasyon

Etibank Boraks İşletmesi kirlenme açısından "mineral işletmeleri" kategorisinde yer almaktadır.

### Su kullanımı ve atıksu karakterizasyonu

Etibank Boraks İşletmesinde yıkama ve diğer gereksinimler için kullanılan su, artezyen kuyudan sağlanmakta olup, ortalama 70 m<sup>3</sup>/saat su tüketilmektedir. İkinci bir artezyen kuyu da devreye girmiştir. Cevher zenginleştirme işlemi sonucunda işletmede yılda 200 000 ton killi madde içeren atıksu oluşmakta ve bu atıksu 1970 yılında Etibank ile DSI arasında imzalanan bir protokolle bir atık madde göletinde biriktirilmektedir. DSI tarafından yapımı gerçekleştirilen üç kademeli kapalı baraj şeklindeki atık göletine atık sular borularla ulaşmakta, üçüncü gölette toplanan ve önemli miktarda bor içeren sular buradan tekrar işletmeye geri pompalanmaktadır. Gölette biriken posalar bir drenaj kanalı ile zaman zaman Ağzıkara deresinin geçtiği araziye boşaltılmaktadır. Etibank Boraks Fabrikasının atıksularının deşarj edildiği sularda oluşan bor konsantrasyonları Tablo 3.4 de verilmektedir.

Seydisuyu ve kolları üzerinde sulama suyu temini için baraj yapılması planlandığından bu yörede DSI tarafından bor kirliliği araştırması yapılması öngörülmüştür. Zira bitkilerin gelişmesi için bor gerekli olsa dahi belli bir miktardan fazlası bitki gelişmesini geciktirmekte ve giderek bitkinin tamamen kurumasına yol açmaktadır. Tablo 3.5 de bu araştırma için seçilen örnekleme istasyonlarında elde edilen bor yük değerleri verilmektedir (DSI, 1983a)

#### 3.2.2. Orta Sakarya Havzasında Kirletici Kaynaklar

Menba tarafında Porsuk Çayının Sakarya'ya karıştığı yerle mansap tarafında Göksu Çayının Sakarya ile birleşimi ara-

TABLO 3.4. ETİBANK BORAKS İŞLETMESİ ATIKSULARININ  
ALICI ORTAMA ETKİSİ

Örnekleme Noktası	Olasılık		
	% 10 (mg/l )	% 50 (mg/l )	% 90 (mg/l )
Ağzıkara	3,35	4,6	6,2
Lepçek	36,3	55,0	82,0
Kırka Köprüsü	3,8	9,13	22,0
Numanoluk	1,55	3,38	7,4
Akin	1,4	2,4	4,1
Kozyaka	0,97	2,43	6,0

TABLO 3.5. BOR YÜK DEĞERLERİ

Örnekleme Noktası	Debi Ölçüm Sayısı	Bor (Kg/gün)		
		Minimum	Ortalama	Maksimum
Ağzıkara	1		0,536	
Lepçek	2	6,39	8,379	10,368
Kırka Köprüsü	13	12,338	104,15	276,048
Yarbasan	7	0	0,306	2,022
Numanoluk	12	7,016	118,63	501,12
Akin	14	16,891	93,135	359,104
Keçeliözü	8	0	2,022	8,502
Kozyaka	14	18,662	249,345	798,336

sında yeralan kesim Orta Sakarya Havzası olarak adlandırılmaktadır. Havzaya doğrudan drenaj yapan kirletici kaynak olmamakla beraber bu bölgede Sakarya'ya karışan Ankara Çayı ve Karasu, bünyelerinde topladıkları evsel ve endüstriyel deşarjlar nedeniyle nehrin bu kesiminde kirlenmeye neden olmaktadır. DSI'nın olanaklarına göre Ankara Çayında ölçüm ve analiz, çay Sakarya'ya karışmadan hemen önce yer alan tek bir istasyonunda yapılabildiğinden Ankara Çayı noktasal kaynak olarak gözönüne alınabilmektedir. Bilecik yakınlarında nehre karışan ve Karasu havzasında ele alınan Söğüt Çayı da Söğüt Seramik Fabrikası ve Söğüt bucağı evsel atıksularını toplamaktadır. Karasu havzasındaki kirletici kaynaklara ait veriler ise 3.2.5 bölümünde incelenmektedir.

### 3.2.3. Aşağı Sakarya Havzasında Kirletici Kaynaklar

Aşağı Sakarya Havzasında da Orta Sakarya Havzasına benzer şekilde akarsuya doğrudan deşarj yapan kirletici kaynak yoktur. Çeşitli endüstriler ve Adapazarı şehir atıksuları Çark Suyuna deşarj olmaktadır. Dolayısıyla Sakarya'nın bu kesiminde Çark Suyunun getirdiği kirletici yük söz konusudur. (DSI, 1984)

Sapanca Gölünün ayağını oluşturan Çark Suyu, İzmit'ten sonra yörenin hızla endüstrileşen ikinci kenti olan Adapazarından geçmesi nedeniyle alıcı ortam olarak aşırı kirlenmeye maruz kalmıştır. Çark suyuna deşarj yapan başlıca endüstriler, şeker, metal, besin, inorganik kimya ve deri endüstrisi kategorilerinin birer örneğidir.

Çark suyu havzasında çok sayıda irili ufaklı endüstri bulunması ve DSI'nin tüm bu endüstrilerde ölçüm ve analiz yapma olanağı bulunamaması nedeniyle Çark suyu noktasal kaynak olarak gözönüne alınabilmektedir.

### 3.2.4 Porsuk Çayı Havzasında Kirletici Kaynaklar

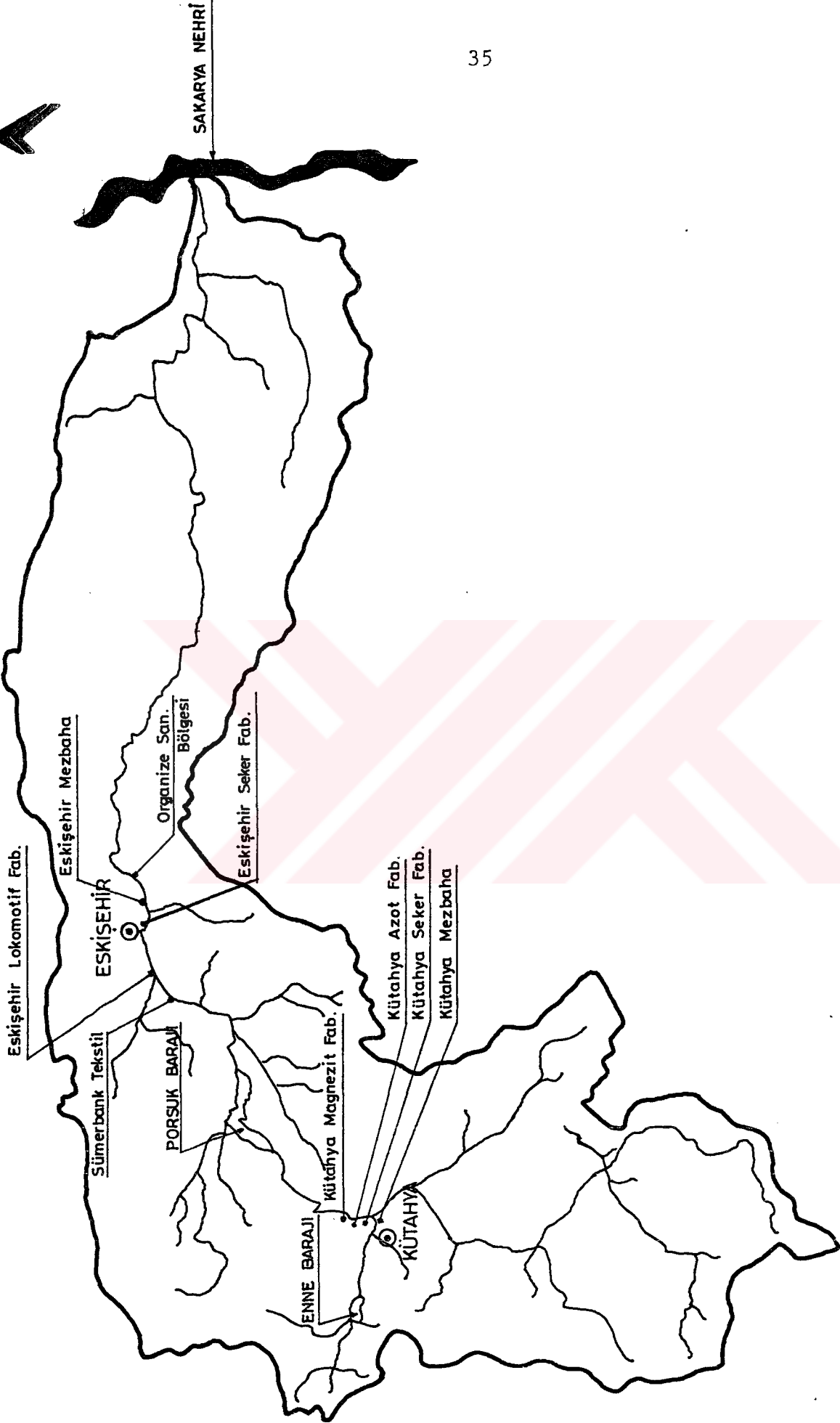
Kütahya ve Eskişehir'den geçen Porsuk Çayı, kaynaktan Kütahya şehri girişine kadar temizliğini korumaktadır. Ancak kaynağın yaklaşık 80.km.sinde yer alan Kütahya'nın atıksuları ve sırasıyla Mezbaha, Şeker Fabrikası, Azot Fabrikası ve diğer küçük sanayi kuruluşlarının atıksuları ile birleşen Porsuk Çayı kaynağın yaklaşık 140.km sinde Porsuk Barajı'na ulaşmaktadır. Barajda bekleme süresi nedeniyle su kalitesinde düzelme olan Porsuk Çayı Eskişehir girişine kadar aynı kaliteyi korumaktadır. Buradan itibaren sırasıyla Sümerbank Basma Fabrikası, Eskişehir atıksuları, TCDD Lokomotif ve Motor Sanayi, Şeker Fabrikası, Mezbaha ve Organize Sanayi Bölgesi atıksuları deşarj olmaktadır. Porsuk Çayına, Eskişehir çıkışından Sakarya Nehrine döküldüğü yere kadar sulamadan dönen sular ile küçük yerleşim birimlerinden gelen atıksular dışında kayda değer başka kirletici kaynak karışmamaktadır. Porsuk endüstrilerinin yerleşim planı şekil 3.1 de verilmektedir.

Bu bölümde, Porsuk havzasında bulunan endüstrilerin tanımı ve kategorizasyonu yapılmakta, üretim düzeni, su kullanımı ve buna bağlı olarak atıksu miktarı ve kategorizasyonu verilmektedir.

## KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI

### Tanım ve Kapasite

1954 yılından beri üretimde bulunan Kütahya Şeker Fabrikası şeker pancarı işleyen entegre bir şeker üretim tesisi- sidir. Üretimden kaynaklanan atıksularını Porsuk çayına boşaltan fabrika Porsuk Çayının yaklaşık 85.km sinde yer almaktadır. Fabrikada üretilen maddeler, bunların yıllık üretim miktarları ve günlük kapasitesi Tablo 3.6 da verilmektedir.



Şekil:31 - Porsuk havzası endüstri kuruluşları



TABLO 3.6. KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI ÜRETİM KAPASİTESİ

Üretilen Maddeler	Üretim Miktarı	Kapasite
Beyaz şeker	120.000 ton/yıl	1150 ton/gün
Melaslı kuru küspe	6.500 ton/yıl	350 ton/gün
Kuru melas	1.300 ton/yıl	3500 kg/gün
Melas	30.000 ton/yıl	280 ton/gün

### Üretim düzeni

Kütahya Şeker Fabrikasındaki üretim sırasında, yıkama, şerbet üretimi, şerbet arıtımı ve koyulaştırması, kristalizasyon, santrifüjleme ve kurutma işlemleri yapılmaktadır. Fabrikaya gelen pancar tartılarak siloya alınır. Buradan basınçlı su püskürtülerek yüzdürme kanalına alınan pancarlar önce temizleme işlemine tabi tutulur. Temizlenmiş pancar doğranır ve haşlama teknesine alınarak difüzyona hazırlanır. Difüzörden % 15-16 kadar şeker içeriği ile çıkan ham şerbete kireç sütü ilavesi ile ardarda iki kez kireçleme uygulanarak şerbet arıtması işlemi başlar. Kireçlenmiş şerbette bulunan fazla kireç  $CO_2$  yardımı ile  $CaCO_3$  a dönüştürüldükten sonra filtrasyondan geçirilerek çökelti ve berrak kısmı birbirinden ayrılır. Elde edilen berrak şerbet ısıtıcıdan geçirilerek  $CO_2$  ile ikinci kez satürasyon işlemine sokulur. Daha sonra dinlendirilip filtrasyondan geçirilen şerbet buharlaşma ile şeker oranı % 14 ten % 55 e çıkarılır. Elde edilen bu koyu şerbet kristalleştirme işleminden geçirildikten sonra serbest ve bağıl nem giderilmek üzere kurutma dolabına alınır. Kurutulan şekerler eleklerden geçirilerek tartılır ve depolanır. Şeker üretiminde ham şerbet elde edilmesi sırasında difüzörde kalan küspenin suyu alınarak hayvan yemi vb. gibi amaçlarla kullanılır. Kristalleştirme işleminde son şeker santrifüjünden süzüntü olarak çıkan melas ise yan ürünlerden biridir. (TAŞLI, R., 1986 a)



Üretim sırasında pancar yıkama, CO<sub>2</sub> yıkama işlemlerinde ve şerbet üretiminde kondansatör soğutmasında su kullanımı söz konusudur. Bunun dışında fabrikada evsel nitelikli su kullanımları da bulunmaktadır.

Üretim etkinliği, hammaddenin ürün haline geldiği hasat süresince süreklidir. Şeker pancarı üretimine bağlı olan bu süre Eylül-Ocak ayları arasında ve kesintisiz 24 saat-tir. Fabrika 365 gün açık bulunmakla beraber, ancak bu aylar arasında şeker üretimi olduğundan mevsimsel değişim söz konusudur. Tesiste maksimum işgücü Ekim ve Kasım aylarında, minimum işgücü ise Ağustosta gözlenir.

Üretimde kullanılan hammaddeler, katkı maddeleri ve yıllık miktarlar incelendiğinde 800.000 ton şeker pancarı, 3200 ton kireç taşı, 3200 ton kok kullanıldığı, ayrıca dezenfeksiyon için 50 ton kükürt, 250 ton formalin tüketildiği saptanmıştır. Melaslı kuru küspe için 26.000 ton yaş küspe ve 1300 ton melas kullanılmaktadır.

### Kategorizasyon

Kütahya Şeker Fabrikası Türkiye'de uygulanan standartlaşmış şeker üretim teknolojisi ile çalışmaktadır. Ana ürün beyaz şeker, alt ürünleri ise melas ve melaslı kuru küspe-dir. (TAŞLI, R., 1986 b)

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kullanılan suyun bir kısmı kuyulardan, bir kısmı ise DSI sulama kanalından sağlanmaktadır. Kuyudan çekilen su 5000 m<sup>3</sup>/gün, sulama kanalından çekilen ise 65.000 m<sup>3</sup>/gün dür. Toplam 70.000 m<sup>3</sup>/gün olan suyun 65.000 m<sup>3</sup>/gün lük kısmı proste, 3000 m<sup>3</sup>/gün lük miktar türbin ve pompa soğutma suyu olarak, geri kalan 2000 m<sup>3</sup>/gün lük kısmı ise evsel nitelikli kullanma suyu olarak kullanılmaktadır.

Pancar yıkama ve yüzdürme sularından oluşan deşarj 3500 m<sup>3</sup>/ton dur. Bu işlem için gerekli miktar genelde 100 ton pancara 1000 m<sup>3</sup> atıksu kadardır. Soğutma kulesinden atılan miktar ise 3000 m<sup>3</sup>/gün dür. Evsel nitelikli atıksu miktarı ise 200 m<sup>3</sup>/gün dür.

Fabrika atıksularının değerlendirilmesinin yapılarak kirleşme profilinin belirlenebilmesi için gereken sürekli ölçümler mevcut değildir. Ancak fabrikanın kendi yaptığı ölçümler ve belirlediği parametreler Tablo 3.7 ve Tablo 3.8 de verilmiştir.

TABLO 3.7. KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİ

Kirletici Parametreler	Şlomp Atığı	Şlempe Atığı
KOI (mg/l)	865.000	63,219
AKM (g/100 ml)	0,275	10,201
pH	7,080	4,6
KM <sub>n</sub> O <sub>4</sub> tüketimi (mg/l)	1,515	823,3

TABLO 3.8. KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI ATIK YÜKLERİ

Debi	BOI <sub>5</sub>	AKM
34993 m <sup>3</sup> /gün	28 537 Kg/gün (815 mg/l)	28 786 Kg/gün (823 mg/l)

Tablo 3.9 da ise 1979 yılında DSI tarafından yürütülen çalışmada saptanan Kütahya Şeker Fabrikasına ait kirletici parametreler verilmektedir.

## KÜTAHYA MEZBAHASI

### Tanım ve Kapasite

Kütahya kentinin et ihtiyacını karşılamak üzere Porsuk Çayının yaklaşık 87.km.sinde kurulmuş olan Kütahya mezba-

TABLO 3.9 KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Kümüne Sayısı		Deneysel sonuçları			Nüme Sayısı		Deneysel sonuçları			Kümüne sayısı		Deneysel sonuçları		
	n		Haziran 78-Eylül 79			n		Haziran 78-Eylül 79			n		Haziran 78-Eylül 79		
			min	ort	max			min	ort	max			min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	2		0.23	0.24	0.26	2		0.13	0.18	0.22	2		0.18	0.26	0.34
T (°C)	2		22	23	24	2		24	26	28	2		11,5	21	30
pH	2		7.7	8.0	8.3	2		7.1	7.8	8.4	2		7.3	7.5	7.6
ÇO (mg/l)	-		-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	2		45	389	733	2		270	835	1400	2		170	290	410
KOI (mg/l)	2		176	1128	2080	2		560	1120	1680	1		-	280	-
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	2		5.5	5.9	6.4	1		-	5.5	-	1		-	4.8	-
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	2		0.04	0.05	0.06	1		-	0.02	-	1		-	0.44	-
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	2		0.85	1.10	1.35	1		-	0.6	-	1		-	1.5	7
o-PO <sub>4</sub> (mg/l)	-		-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-
TAM (mg/l)	1		-	4250	-	2		882	2420	3958	1		-	216	-
TÇM (mg/l)	2		650	2450	4250	2		418	430	442	2		508	546	584

hası halen atıklarını akarsuya deşarj etmektedir. Burada hergün sabahın erken saatlerinde başlayan kesim işlemleri öğleden sonra da devam etmektedir. Sığır, buzağı, koyun gibi hem büyükbaş hem de küçükbaş hayvanların kesiminin yapıldığı tesis basit belediye mezbahasıdır. Günlük üretim kapasitesi 8-10 ton arasında değişen mezbahanın kurulu kapasitesi günlük üretimden hareketle yılda 300 üretim günü hesabına göre Tablo 3.10 da verilmektedir.

TABLO 3.10. KÜTAHYA MEZBAHASININ KAPASİTESİ

Kesilen Hayvan Türü	Baş Sayısı	Tonaj (kg/yıl)	Toplam Tonaj (kg/yıl)
Büyükbaş	11 000	1 595 000	2 700 000
Küçükbaş	92 500	1 110 000	

#### Üretim Düzeni

Kesim için getirilen büyük ve küçükbaş hayvanlar ağıllarda barındırılırlar. Buralarda son bakımları ve temizlik işlemleri yapılan hayvanlar kesime hazırlanırlar. Bu işleme barındırma işlemi denir.

Öldürme veya kesme olarak adlandırılan işlem ise hayvanların mekanik, kimyasal veya elektriksel yöntemlerle yerde veya döner taşıyıcı askılar üzerine alınarak öldürülme işlemidir. Kesimden sonra kan akıtılıp ortamdaki drenaj sistemiyle uzaklaştırılarak bir yerde toplanır. Kesim işlemleri arasında yapılan yıkama basınçlı su kullanılarak iki aşamada yapılır. İlk aşamada yer ve kanallar yıkanarak bu sular kan kanalı ile aynı yerde toplanır. İkinci yıkamada ise yıkama suyu ayrı bir kanalla uzaklaştırılır veya kanalizasyon sistemine deşarj edilir. Kütahya mezbahasının atıksu uzaklaştırma düzeni hakkında yeterli bilgi anketlerde verilmemiştir. Ancak mezbaha kanalı 1990 yılında işletmeye açılması planlanan Kütahya arıtma tesisine bağlanacaktır. (SİSTEM PLANLAMA, 1988)

Kesme işleminden sonra öldürülen hayvanın derisinin karkastan ayrılması işlemi olan deri yüzme işlemi yapılır. Bu işlem kanın akıtılması işleminden sonra uygulanır. Daha sonra karkas yarılarak tüm iç organlar çıkarılır. Yenebilenler ve işleme tabi tutulacak olanlar ayrılarak yenebilen kısmı satışa sunulur, diğer kısmı ilgili işleme ünitesine gönderilir. Karkasın satış veya daha ilerki işlemleri için parçalanıp kemiklerinin ayrılması işlemine parçalama ve kemiklerin ayrılması işlemi denir. Et endüstrisinde her bir proste kullanılan hammadde, bir önceki proste üretilen üründür. Kütahya mezbahasında yapılan işlemler et üretme aşamasında son bulmaktadır. Tüm bu işlemler haftanın 6 günü tek vardiya halinde yaklaşık 8 saat sürmektedir. Toplam personel sayısı 39 kişidir.(AKGÜN, G., 1986 a)

### Kategorizasyon

Et üretimi ilk kez 1952 yılında Et ve Balık Kurumu'nun (EBK) kurulması ile sanayileşmiştir. Ülkemizde resmi ve kontrollü et üretiminin yapıldığı yerler belediye mezbahalarıdır. Sadece hayvan kesimi yapılan mezbahalar basit et ürünleri endüstrisidir. Kombinalar olarak bilinen et ürünleri endüstrisinde ise mezbahalarda yapılan tüm işlemlerle beraber et işleme ve rendering prosesleri de yer almaktadır. Başlıca et işleme prosesleri salamura, tütüleme, haşlama, pişirme ve konservelerdir. Bu proseslerden hem yemeğe hazır etler, hem de sosaj olarak adlandırılan sos, salam, sucuk benzeri ürünler elde edilir. Rendering işlemleri sonucu da yenilebilir taze ve dondurulmuş yağlar, hayvan yemleri, ecza ve sabun endüstrisinde kullanılan çeşitli maddeler üretilir. Endüstrinin yan prosesleri ise hayvanların barındırıldıkları ağıllar ve etlerin bulunduğu soğuk hava depolarıdır. (GÖNENÇ,1984)

Kütahya mezbahası basit mezbaha sınıfında bulunmakta olup ana prosesleri hayvan barındırma, kesme, deri yüzme, sakatat ayırma; ürünleri ise karkas, kan, sakatat, kıl ve deridir. Üretim düzeni ve proses açısından Tablo 3.11 de verilen literatür değerleri uyarınca küçük tesis sınıfına girmektedir.

TABLO 3.11 ET ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİ KARAKTERİZASYONU

ALTKATEGORİLER	ANA PROSESLER	YARDIMCI PROSESLER	ÜRÜN
Basit Mezbahalar (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>hayvan barındırma</li> <li>kesme (öldürme)</li> <li>deri yüzme</li> <li>sakatat ayırma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sakatat işleme</li> <li>deri yıkama-tuzlama</li> <li>karkas parçalama işleme-rinden bir veya en çok ikisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>karkas</li> <li>kan</li> <li>sakatat</li> <li>kıl</li> <li>deri</li> </ul>
Kompleks Mezbahalar (B)	(A) nin aynı	<ul style="list-style-type: none"> <li>sakatat işleme</li> <li>deri yıkama-tuzlama</li> <li>karkas parçalama</li> <li>kan işleme</li> <li>rendering</li> <li>işlemlerinden en az üç tanesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>karkas</li> <li>yan ürünler</li> <li>sakatat</li> <li>parça et</li> <li>ham veya yarı mamul deri</li> <li>ham veya işlenmiş kan</li> <li>rendering ürünleri</li> </ul>
Az İşlemlili Kombinolar (C)	(A) nin aynı ancak sadece kendi kestiği eti kullanıyor	<ul style="list-style-type: none"> <li>et tuzlama-salamura</li> <li>et tütüleme</li> <li>et konserveleme</li> <li>diğer et işlemleri</li> <li>sosaj üretme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>işlenmiş çeşitli etler</li> <li>az miktarda sosaj</li> </ul>
Çok İşlemlili Kombinolar (D)	(A) nin aynı ancak kendi kesimi dışında ayrıca karkas satın alıyor	(C) nin aynı	(C) nin aynı
Et İşleme Tesisleri (E,F,G,H,I)	<ul style="list-style-type: none"> <li>donmuş et çözme</li> <li>haşlama, pişirme, tütüleme, kurutma, dondurma, dilimleme gibi çeşitli işlemler</li> <li>konserveleme işlemleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>paketlenme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>tuzlanmış-salamura et</li> <li>tütümlü et</li> <li>kavurma et</li> <li>konserve et</li> <li>diğer hazır etler (hamburger gibi)</li> <li>sosis, salam, sucuk, pastırma</li> <li>jambon</li> <li>dilimlenmiş et ürünleri</li> </ul>
Rendering Tesisleri (J)	<ul style="list-style-type: none"> <li>rendering</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>yenilir yağ</li> <li>don yağı</li> <li>ecza hammaddeleri</li> <li>hayvan yemleri</li> </ul>

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Mezbahada yapılan işlemler sırasında gerekli olan suyun tümü kuyulardan sağlanmaktadır. Anketteki bilgilere göre günlük su tüketimi  $28 \text{ m}^3$ 'tür. Suyun dağılımı ise  $20 \text{ m}^3/\text{gün}$  proses suyu,  $3 \text{ m}^3/\text{gün}$  kazan suyu,  $3 \text{ m}^3/\text{gün}$  soğutma suyu,  $2 \text{ m}^3/\text{gün}$  diğer kullanımlar içindir. Atıksu miktarı ise  $30 \text{ m}^3/\text{gün}$  olarak verilmektedir. DSI'nin yürüttüğü çalışma sonucu belirlenen atıksu karakteristiği Tablo 3.12 de verilmektedir. DSI raporuna göre günlük su ihtiyacı  $16 \text{ m}^3/\text{gün}$ dür. Bu miktar endüstrinin  $1 \text{ m}^3/\text{saat}$  su tüketimi ve 8 saat üretim yapması kabülü ile bulunmaktadır. Literatür değerinde su kullanımı endüstride işlenen bir ton hayvan başına  $7-33 \text{ m}^3$ 'tür (ortalama  $16 \text{ m}^3$ ). Et ürünleri endüstrisi atıksularındaki kirliliğin belirlenmesi aşamasında kalite ölçütlerine baz oluşturacak esas parametrelerin seçimi  $\text{BOI}_5$ , TAM, yağ ve gres, KOI, azot ve fosfor olarak saptanmaktadır. Basit mezbahalar altkategorisi için atıksu karakteristikleri literatür değerleri konsantrasyon bazında Tablo 3.13, yük bazında Tablo 3.14 de verilmektedir.

TABLO 3.12. KÜTAHYA MEZBAHASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Nüme Sayısı	Deney Sonuçları			Nüme Sayısı	Deney Sonuçları		
		Haziran 78-Temmuz 79				Mayıs 85-Kasım 85		
	n	min.	ort.	max.	n	min.	ort.	max.
Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	1	-	0.005	-	-	-	-	-
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	1	-	17	-	5	12.4	14.7	16.8
pH	-	-	-	-	5	7.2	7.7	8.0
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	5	0.0	0.0	0.0
$\text{BOI}_5$ (mg/l)	2	1 000	1 400	1 800	5	370	750	1 200
KOI (mg/l)	2	1 400	1 600	1 800	5	620	1 200	1 900
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/l)	-	-	-	-	4	4.3	10.6	19.0
$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/l)	-	-	-	-	4	0.03	0.06	0.13
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	-	-	-	-	4	1.8	3.6	4.6
o- $\text{PO}_4$ (mg/l)	-	-	-	-	5	7.8	15.0	22.0
TAM (mg/l)	-	-	-	-	5	736	1 010	1 470
TÇM (mg/l)	-	-	-	-	5	732	1 000	1 450



TABLO 3.13. KÜTAHYA - ESKİŞEHİR MEZBAHALARI ATIKSU KARAKTERİ

Parametre	LİTERATÜR		Parametre	LİTERATÜR		KÜTAHYA MEZBAHASI
	KOMPLEKS MEZBAHA			BASİT MEZBAHA		
	Konsantrasyon Bazında mg/l	Değişim Aralığı		Konsantrasyon Bazında mg/l	Değişim Aralığı	
BOI <sub>5</sub>	500 - 1400	1433 - 3450	BOI <sub>5</sub>	500 - 1400	370 - 1200	
TAM	70 - 1500	1301 - 5353	TAM	70 - 1500	736 - 1470	
KOI	290 - 4600	2059 - 5402.9	KOI	290 - 4600	620 - 1900	
TÇM	500 - 2500	1585 - 4385	TÇM	500 - 2500	732 - 1450	
pH	6,5 - 8,5	7 - 7,7	pH	6,5 - 8,5	7,2 - 8,0	
Yağ	-	-	Yağ	-	-	
Fosfor	-	-	Fosfor	-	7,8 - 22,0	
NH <sub>3</sub> -N	7 - 50	14,7 - 17,0	NH <sub>3</sub> -N	7 - 50	4,25 - 19,0	
NO <sub>3</sub> -N	0,02 - 4,5	5,0 - 3,85	NO <sub>3</sub> -N	0,02 - 4,5	1,85 - 4,6	
NO <sub>2</sub> -N	0,02 - 4,5	0,215 - 0,225	NO <sub>2</sub> -N	0,02 - 4,5	0,03 - 0,132	
Klorür	-	117,69 - 252,4	Klorür	-	42,68 - 82,8	



TABLO 3.14 KÜTAHYA - ESKİŞEHİR MEZBAHALARI ATIK YÜKLERİ

LİTERATÜR-KOMPLEKS MEZBAHA	LİTERATÜR-KOMPLEKS MEZBAHA	ESKİŞEHİR MEZBAHASI	Parametre	LİTERATÜR-BASİT MEZBAHA	KÜTAHYA MEZBAHASI
Parametre	Yük bazında Değişim Aralığı	Yük bazında Değişim Aralığı	Parametre	Yük bazında Değişim Aralığı	Yük bazında Değişim Aralığı
Atıksu Debisi m <sup>3</sup> /ton/KCA	3,6 - 12,5		Atıksu debisi m <sup>3</sup> /ton/KCA	1,33 - 14,64	
Kesim ton KCA/gün	154 - 1498		Kesim ton KCA/gün	18,5 - 552	
BOI <sub>5</sub> Kg/ton KCA	5,4 - 18,8	2,62 - 9,89	BOI <sub>5</sub> Kg/ton KCA	1,5 - 14,3	0,657 - 2,13
TAM Kg/ton KCA	2,8 - 20,5	2,38 - 9,81	TAM Kg/ton KCA	0,6 - 12,9	0,314 - 1,573
TKN Kg/ton KCA	0,13 - 21	0,026 - 0,31	TKN Kg /ton KCA	0,24 - 7,0	7,5510 <sup>-3</sup> -0.0337
Klorür Kg/ton KCA	0,81 - 7,9	0,215 - 0,462	Klorür Kg/ton KCA	0,23 - 1,36	-
T.Fosfor Kg/ton KCA	0,05 - 12	0,0586- 0,195	T.Fosfor Kg/ton KCA	0,01 - 5,4	0,016 - 0,039
Yağ Kg/ton KCA	0,7 - 16,8		Yağ Kg/ton KCA	0,014- 0,086	-

KCA = Kesilen Canlı Ağırlık

## KÜTAHYA AZOT SANAYİ

Tanım ve Kapasite

1962 yılında bir kamu kuruluşu olan Azot Sanayi A.Ş. tarafından işletmeye açılan Kütahya Azot Sanayi 1964 te yılda 50 000 ton amonyum nitrat (% 20.5 N) ve 60 000 ton amonyum sülfat (% 21 N) ile tam kapasite üretime başlamıştır. Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı gereğince 338 500 ton/yıl amonyum nitrat (% 26 N) üretebilecek kapasiteye genişletilmiştir. Porsuk Çayının yaklaşık 90.km sinde yer alan bu işletme atıksularını durultma havuzlarında dinlendirdikten sonra Porsuk Çayına deşarj etmektedir. (YENİLMEZ, 1986)

Genişletilmiş kapasiteli işletmenin yıllık üretim miktarları Tablo 3.15 de, kullanılan hammadde ve miktarları Tablo 3.16 da verilmektedir.

TABLO 3.15. KÜTAHYA AZOT SANAYİ YILLIK ÜRETİM MİKTARLARI

Üretilen Madde	Üretim Miktarı (Ton/yıl)
Amonyak I	30 846
Amonyak II	13 330
Amonyum Nitrat (% 26 N)	145 400
Amonyum Nitrat (% 20.5 N)	12 842
Amonyum Sülfat	39 000
Derişik Nitrik Asit	5 675
Teknik Amonyum Nitrat	39 000
Polietilen Torba	29 898 000 adet

Üretim düzeni

Kütahya Azot Sanayiinin kuruluş amacı başlıca tarımsal üretim faaliyeti için gübre üretiminin yanısıra madencilik, inşaat sektörü ile yurt savunmasında gerek duyulan patlayıcı maddelerin esasını oluşturan nitrik asit ve teknik amonyum nitrat üretmektir. Bu işletmede üretilen

TABLO 3.16. KÜTAHYA AZOT SANAYİ YILLIK HAMMADDE TÜKETİM MİKTARI

Hammadde	Tüketim Miktarı (Ton/yıl)
Kömür	277 000
Kireç	640
Dolomit	32 147
Alçı Taşı	48 425
Sülfürik Asit	476
Hidrazin	1
Sud Kostik	230
Limonit	1 000
Polietilen	4 732
Tuz	245
Sodyum Poli Fosfor	25 000
Sodyum Fasfat	3 500

amonyum nitrat 21, basit bir üretim teknolojisi ile ucuza mal edilebilmesi nedeniyle azotlu gübreler içinde en fazla kullanılanıdır. Üretim yöntemi olarak G.Farben Industrie prosesi, hammadde olarak da kalsiyum karbonat (precipite), nitrat asidi ve amonyak kullanılmaktadır. 100 ton amonyum nitrat üretimi için ortalama 41 ton kalsiyum karbonat, 22 ton nitrat asidi ve 18 ton amonyak gerekmektedir. Amonyum nitrat 26 üretimi için Kaltenbach Prillendirme Kule yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Üretiminde en ağırlıklı payı hammadde olarak nitrat asidi oluşturmaktadır. 100 ton amonyum nitrat-26 gübresi elde etmek için ortalama 51 ton nitrat asidi kullanılmaktadır. Yardımcı hammadde olarak da başlıca amonyak ve kireçtaşı kullanılmaktadır. Jips veya Anhidrit yöntemi ile gerçekleştirilen amonyum sülfat üretiminin başlıca hammaddeleri alçı taşı, amonyak ve oleumdan oluşmaktadır. (TÜRKİYE SİNAYİ KALKINMA BANKASI A.Ş. 1980)

Fabrikada yapılan tüm üretim esasen amonyaktan sağlanmakta olup ara hammadde olarak yılda yaklaşık 450 bin ton linyit kullanılmaktadır. Fabrika 4 bölüme ayrılan üretim düzenin-

dedir. Bunlar sırası ile gaz hazırlama, gaz ayırma, amonyak sentezi, asit ve tuz yapma üniteleridir. Gaz hazırlamada düşük kaliteli linyit gazlaştırılacak hale getirilir. Winkler jeneratöründe hava ve su buharı bu kömür üzerinden geçirilerek su gazı elde edilir. Reaksiyonlar sırasında meydana gelen sülfürik asidi gidermek için oluşan gaz kulelerde limonit ile muamele edilmektedir. Yıkama kulelerinde metan ve ağır hidrokarbonlardan arıtılarak gazometrede toplanan gaz Linde aletinde  $-180^{\circ}\text{C}$  de sıvılaştırılır. Elde edilen  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  gazı ile bire üç oranında karıştırılarak 225 atm. ve  $450^{\circ}\text{C}$  de katalizörle Haber-Boch sentezine göre amonyak elde edilir.

Oluşturulan amonyak gazı sıvılaştırılarak Horton Sphere adlı tanklarda depolanmaktadır. Amonyakın platinyum katalizöründe  $850^{\circ}\text{C}$  de yakılması ile önce azot monoksit daha sonra oksidasyonun devam etmesiyle nitrit elde edilir. Asit işletmesinde su ile muamele edilen nitrit, nitrik aside dönüşür.

Nitrik asit ve amonyaktan da amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) elde edilir. Dolomitte karıştırılan amonyum nitrat, % 26 (N) oranında amonyum nitrata dönüştürülür. Alçı taşı veya Hips yöntemi ile üretimi yapılan amonyum sülfat, kalsiyum sülfat ve amonyum karbonatın reaksiyona sokulması sonucu elde edilir. Proses sırasında alçı taşı öğütülür, su ile bula maç haline getirilir ve soğutucu tertibatı olan bir kazana alınır. Burada kazan içine amonyak ve karbon dioksit verilerek  $40^{\circ}\text{C}$  da 3 ila 4 saat karıştırılır. Daha sonra ikinci bir kazana alınan reaksiyon maddeleri 6 ila 8 saat karıştırılır ve ısıtılarak reaksiyon tamamlanır. Kalsiyum karbonat çöktükten sonra çözelti süzülür ve buharlaştırılır. Çözelti % 30 luk konsantrasyona erişince soğutularak amonyum sülfat kristalleri elde edilir ve kristaller süzülerek kurutulur.

Tesiste 2647 kişi 3 vardiya şeklinde çalışmaktadır. İşgücü kapasitesinde mevsimsel değişiklik yoktur. Fabrikada haf-

tanın 7 günü üretim yapılmakta, yılda 330 gün faaliyet gösterilmektedir. Temmuz ayında 3 hafta süreyle bakım-onarım çalışmaları yapılmaktadır.

### Kategorizasyon

Kimya endüstrisinin bir kolu olan Gübre Endüstrisinde, tarım alanında kullanılmak üzere bitkiler için gerekli olan azot, fosfor, potasyum ve diğer besin maddeleri basit veya bileşik hallerde üretilmektedir. (TÜNAY, ALTAN 1984). Gübre endüstrisi ürünleri azotlu, fosfatlı ve potaslı gübreler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır. Ayrıca belli oranlarda her üçünün karışımından meydana gelen kompoze gübrelerin kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır.

Kütahya Azot Fabrikası, Azotlu Gübre Üretim Sanayinin amonyak, amonyum nitrat, nitrik asit ve amonyum sülfat altkategorilerinde yer almaktadır.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Azot endüstrisinde su, başlıca makinaları soğutmada, buhar ve gaz yapımında kullanılmaktadır. Amonyak altkategorisinde proses için buhar üretimi, ısı değiştiriciden buhar eldesi ve kompresör soğutma suları önemli su kullanımlarını oluşturmaktadır. Nitrik asit üretiminde amonyak oksidasyonundan oluşan ısıdan buhar eldesinde, absorpsiyon ünitesinde proses suyu ile soğutma suyu gerekmektedir. Her üç altkategoriye ait soğutma suyu ihtiyacı değişim aralığı Tablo 3.17 de verilmektedir.

TABLO 3.17 KAPALI DEVRE SOĞUTMA SULARI SİRKÜLASYONU  
YAPILAN SU MİKTARLARI

Üretim Türü	Soğutma Suyu (m <sup>3</sup> /ton ürün)
Amonyak	104 - 417
Nitrik Asit	104 - 146
Amonyum nitrat	8,33 - 29,2

Kütahya Azot Fabrikasına ait ortalama su dağılımı Tablo 3.18 de verilmektedir.

TABLO 3.18. KÜTAHYA AZOT FABRİKASINDA SU DAĞITIMI

Su Kullanım Amacı	Miktar (m <sup>3</sup> /gün)
Proses	2000 - 3000
Kazan	2000 - 3500
Soğutma	15000 - 18000
Evsel	500 - 800
Diğerleri	1500 - 1600

Kütahya Azot Fabrikasında pompajla kuyulardan temin edilen su, saatte 1300 m<sup>3</sup>, deşarj edilen ise 600 m<sup>3</sup>'tür. Fabrika-  
nın atıksuları kirlilik yönünden iki grupta incelenmekte-  
dir.

1. Gaz ve kömür işletmelerinden kaynaklanan atıksular
2. Asit ve tuzlar işletmesinden kaynaklanan atıksular

Gaz ve kömür işletmelerinin atıksuları esasen kömür tozla-  
rı ve diğer tortu maddeleri ile düşük miktarda azotlu bi-  
leşikleri içermektedir. Asit ve tuzlar işletmesinden gelen  
atıksular amonyak, nitrit ve nitrat bileşiklerini içermek-  
tedirler. Azot fabrikaları atıksuları genellikle bazik ka-  
rakterli olup azot bileşikleri içermektedirler. Ancak  
azotlu gübre atıksularındaki azot bileşikleri arasında ya-  
pı olarak önemli farklar vardır. Amonyak sentezi atıksu-  
larında amonyak, amonyum nitrat üretimi atıksularında ise  
amonyakla beraber nitrat da bulunmaktadır. Amonyum sülfat  
üretiminden gelen atıksular ise ayrı olarak ele alınmakta-  
dır. Kütahya Azot Fabrikasının anketinde ana üretim kate-  
gorisini karakterize eden parametrelerin amonyak, nitrit  
ve nitrat olduğu belirtilmektedir. Amonyak ve amonyum nit-  
rat altkategorisi için saptanan literatür değerleri Tablo  
3.19 da verilmektedir.

TABLO 3.19. AMONYAK VE AMONYUM NİTRAT ALTKATEGORİSİ  
KİRLLETİCİ MİKTARLARI

Ürün	Amonyak Konsantrasyonu (mg/l)	Amonyum Nitrat Yüğü (kg/ton-ürün)
Amonyak	500 - 1200	150
Amonyum Nitrat	300 - 750	7000 - 15400

Fabrikanın en önemli kirletici kaynağı olan toplam azot konsantrasyonunun literatür değerlerinin alt sınırında kaldığı, yük olarak ise literatür değerlerine ulaşmadığı gözlenmektedir. Tablo 3.20 de verilen DSI'nın 1985 yılında fabrikanın A ve B olarak kodlanan iki ayrı deşarj kanalı atıksuyunda yapmış olduğu deneysel çalışma sonucu toplam azot ve KOI konsantrasyonu fabrika tarafından yapılan ölçüm sonuçları ile birbirine çok yakındır. Fabrikanın vermiş olduğu kimyasal analizlerde toplam 421 mg/l azotlu bileşiğin 200 - 250 l/s.debi ile Porsuk'a karıştığı belirtilmektedir. Bu değer yük bazında saniyede 80 - 100 g, günde ise yaklaşık 7000 - 8000 kg azot yükü eşdeğeridir.

#### ESKİŞEHİR SÜMERBANK BASMA FABRİKASI

##### Tanım ve Kapasite

Sümerbank Basma Fabrikası dokuma eldesinde pamuk ve viskon polyester kullanılan ana üretim ve faaliyet alanı pamuklu dokuma ve basma olan bir tesistir. Eskişehir girişinde Porsuk nehrinin yaklaşık 190. km sinde yer alan ve atıksularını nehre deşarj etmekte olan bu tesiste günde yaklaşık 30 ton üretim yapılmaktadır. Basma fabrikasında kendi üretiminden başka diğer fabrikalarda dokunmuş ürünler de işlenmektedir. Ürün çeşitlerine göre yıllık üretim miktarları Tablo 3.21 de verilmektedir. (AKGÜN, G., 1986 b)



TABLO 3.20. KÜTAHYA AZOT FABRİKASI KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Numune Sayısı		Deneysel Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Numune Sayısı	Deneysel Sonuçları Mayıs 85 - Kasım 85					
	n	min.	ort.	max.	A KANALI			B KANALI				
					min.		ort.	max.	min.	ort.	max.	
Q (m <sup>3</sup> /s)	9	0.15	0.22	0.34	7	0.022	0.03	0.036	0.17	0.2	0.24	
T (°C)	9	20	24	26	7	23.5	24.5	25.5	23.5	24	24.7	
pH	10	7.7	8.3	9	7	8.0	8.4	8.5	7.4	8.4	9.4	
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	-	0.0	5.0	9.3	7.0	5.0	9.5	
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	10	16	42	80	7	12	22	40	14.5	30	50	
KOI (mg/l)	10	48	85	176	7	20	30	50	25	40	50	
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	10	72	169	238	7	80	100	200	160	312	750	
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	10	11.4	15,2	25	7	2.3	6.0	11.3	3.8	4.8	6.0	
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	10	42	71	119	7	3.8	6.2	10.0	35	90	124	
TKN (mg/l)	-	-	-	-	7	112	140.4	212.8	134.4	342.4	840	
o-PO <sub>4</sub> (mg/l)	-	-	-	-	7	0.03	0.2	0.4	0.6	0.8	1.1	
TAM (mg/l)	10	150	1500	5900	7	55	216	374	29	200	410	
TÇM (mg/l)	9	700	1400	2200	7	780	880	930	1200	2200	4700	



TABLO 3.21. ESKİŞEHİR SÜMERBANK BASMA FABRİKASI ÜRETİM KAPASİTESİ

Üretilen Maddeler	Yıllık Üretim Miktarları
İplik	2 785 ton
Dokuma	17 586 859 metre
Basma	21 276 000 metre

### Üretim Düzeni

Üretimde yeralan proses ve işlemler endüstri bazında ele alındığında tanım olarak birbirlerine benzemektedirler. Bu prosesler başlıca yıkama, boyama ve baskı işlemidir. Ancak üretim prosesinde elyafa bağlı olarak farklı kimyasal maddeler ve işlemler yer almaktadır. Sümerbank Basma Fabrikası gibi pamuklu tekstil endüstrisinde, pamuk elyaf hazır kumaş haline gelinceye kadar başlıca üç üretim aşamasından geçirilir. Bunlar sırasıyla iplik yapımı, dokuma hazırlık ve pamuklu mamüllerin terbiyesidir.

Sümerbank Basma Fabrikasının üretim prosesi iplik, dokuma ve basma üretimlerini kapsamaktadır. Bu prosesler çerçevesindeki işlemler haşıl giderme, beyazlatma, merserizasyon, boyama ve bitirme işlemleridir. Üretim akışına göre ilk işlem pişirme işlemidir. Bu işlem sırasında pamuklu mamül baz çözeltisi ile basınç altında 100 °C nin üzerindeki sıcaklıklarda birkaç saat işleme tabi tutulur. Pişirme kazanının yanında NaOH teksif cihazı bulunur. Burada hazırlanan NaOH yıkama maddesi olarak pişirme kazanına gönderilir. Pişirilmiş bez, klor J-Box ünitesinde çekirdek kabukları ve yapraklardan giderilir. İkinci işlem olan ağartmanın amacı ise pamuğun doğal boyar maddelerinden arındırılarak liflerin temiz ve beyaz hale gelmesini sağlamaktır. Ağartma işlemi hipoklorit ile yapılmaktadır. Ancak bu madde tam beyazlatma sağlamadığından ağartma işlemi hidrojen peroksit ve sodyumklorit ile kombine edilerek daha iyi sonuç elde edilmektedir. Kesiksiz ağartma işlemi J-Box'larda yapılmaktadır.

İşlenecek elyafın dokumaya hazırlanması için haşılama ve haşıl sökme işlemleri uygulanır. Bir ön işlem olan haşılama sırasında iplik bünyesine girecek ipliğin dayanıklılığı ve elastikiyeti artırılır. Haşıl sökme işlemi sırasında ise haşılama sırasında kullanılan ve hidrofob olmaları nedeniyle suda çözünmeyen haşıl maddeleri ile beraber küf gidericiler, mantar öldürücü ilaçlar iplik üzerinden uzaklaştırılır. En çok kullanılan yöntem olan asitle haşıl sökme prosesinde nişastayı hidroliz etmek için seyreltik sülfürik asit çözeltisi kullanılır ve suda çözünür hale sokulur. Asit çözeltisinde iyice ıslatılan kumaşa haşıl maddesinin giderilmesi için yıkama işlemi uygulanır. Mercerizasyon işlemi ise pamuklu ürünün kuvvetli bazik bir çözelti ile muamele edilerek parlaklık kazandırılması esasına dayanır. Bundan sonra uygulanan boyama ve baskı işleminde elyaf hammaddesine, iplik ve kumaşa çeşitli türde boya ve boya yardımcı maddeleri ile renk verilir. Renkli şekiller baskı ile elde edilir. Renk sabitleştirildikten sonra son işlem olan yıkama ve kurutma işlemi uygulanır.

Tesiste 1250 personel üç vardiya halinde çalışmaktadır. Haftada 6 işgünü esasına göre yılda toplam 300 gün üretim yapılmaktadır.

### Kategorizasyon

Kategorizasyon yaparken ara ve son ürünler, karışımda yüzde oranı en fazla olan ürüne göre tanımlanmaktadır. Bu esasa göre yapılan sınıflandırma Pamuklu, Yünlü, İpek, Sentetik Dokuma Sanayii, Örme Sanayi, Halı, Kilim Üretimi ve Diğer Tekstil Eşyaları Sanayi şeklindedir. (GÖKNİL, H., ve diğerleri, 1984). Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası, tekstil endüstrisi dalının havzadaki tek örneğidir.

Sümerbank Basma Fabrikasının hammadde, üretim prosesleri ve son ürünleri incelendiğinde pamuklu dokuma grubu dokunmuş kumaş terbiyesi kompleks işletmeler altkategorisinde yer aldığı görülmektedir. Bu sınıflandırmaya esas oluşturulan işlemlerin tümü bu fabrikada sürdürülmektedir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tekstil endüstrisi, su kullanımının görece olarak fazla olduğu bir endüstri dalıdır. Sümerbank Basma Fabrikasında kuyulardan sağlanmakta olan gerekli miktar günde  $5000 \text{ m}^3$  tür. Günlük ortalama su dağılımı ise  $4150 \text{ m}^3$  proses suyu,  $500 \text{ m}^3$  evsel kullanım,  $350 \text{ m}^3$  kazan suyu şeklindedir.

Tekstil atıksuları genelde gri renkli veya boyamada kullanılan esas boyanın rengindedir. Atıksular kirlilik yoğunluğu ve hacim yönünden ekstrem değerler gösterdikleri gibi bazı durumlarda toksit bileşikler de içerirler. Kirletici kaynaklar elyaftan ekstrakte edilen doğal kirleticilerle elyafın işlenmesinde kullanılan kimyasal maddelerden oluşmaktadır. Atıksuyun miktarı ve kalite parametrelerini, işlenen elyafın cinsi, tüm prosesi kapsayan temel işlemler, proseslerde kullanılan kimyasal maddeler ve tesis-içi kontrollerin uygulanma derecesi gibi dört temel unsur belirler. Ancak endüstri bazında ele alındığında BOI, toplam çözünmüş madde, alkalinite, sıcaklık ve renk parametrelerinin yüksek miktarda olduğu gözlenmektedir.

Sümerbank Basma Fabrikasında tesisten çıkan atıksu miktarları günde  $4150 \text{ m}^3$  proses atıksuyu,  $500 \text{ m}^3$  evsel atıksu ve  $50 \text{ m}^3$  sürekli ortalama debi şeklindedir. Bunlardan başka kazanlardan  $3 \text{ m}^3/10$  dakika, su hazırlama ünitelerinden  $60 \text{ m}^3/4$  saat gibi kesikli deşarjlar yapılmaktadır.

Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikasında proje çerçevesinde İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü ile DSI nin ortak yürüttüğü çalışmalar sonucu elde edilen ölçümler Tablo 3.22, pamuklu tekstil atıksularında bulunan kirleticilerin üretim proses ve metodlarına göre değişim aralığının literatür değerleri ile fabrikada yapılan anket sonuçları Tablo 3.23. de verilmektedir.

TABLO 3.22. SÜMERBANK BASMA FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Numune Sayısı		Deneysel Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Numune Sayısı	Deneysel Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85		
	n		min.	ort.	max.		n	min.	ort.
Q (m <sup>3</sup> /s)	9		0.05	0.08	0.12	7	0.053	0.061	0.121
T (°C)	10		17	28	35	7	25.7	28.6	34
pH	10		8.7	10.2	11.5	7	9.7	11.0	12.2
ÇO (mg/l)	-		-	-	-	7	0.0	0.6	3.9
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	10		100	230	580	7	93	190	260
KOI (mg/l)	10		148	480	1 056	7	290	380	460
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	9		0.5	5.1	11.0	7	3.3	5.4	7.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	9		0.14	0.47	0.88	7	0.07	0.17	0.56
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6		0.75	2.1	5.0	7	2.5	3.3	4.2
o-PO <sub>4</sub> (mg/l)	-		-	-	-	7	0.2	0.76	1.94
TAM (mg/l)	10		253	1 615	6 050	7	185	370	600
TÇM (mg/l)	2		697	834	970	7	1 200	1 640	1 980

TABLO 3.23 TEKSTİL ENDÜSTRİSİNE AİT LİTERATÜR DEĞERLERİ VE ANKET SONUÇLARI

PARAMETRE	Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Lite-ratür Konsantrasyon Değişim Ara.	Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası			Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Lite-ratür Yük bazında	Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası		
		Parshall Kanalı	Porsuğa Deşarj	Nato Çalış.		PARAMETRE (kg/ton-ürün)	Parshall Kanalı	Porsuğa Deşarj
Debi m <sup>3</sup> /gün	42 - 29000			5200	BOI <sub>5</sub>	6.96	12.88	39
BOI <sub>5</sub> mg/l	83 - 2200	40	74	190	KOI	174	330.8	65.97
KOI mg/l	240 - 5100	1000	1900	380	TAM	110	78.36	64.55
TAM mg/l	40 - 870	633	450	370	Sulfür	-	-	-
Sulfür mg/l	100 - 120	-	-	-	Yağ ve pres.	-	-	-
Yağ ve press mg/l	34 - 160	-	-	-	Fenol	-	-	-
Fenol mg/l	10 - 600	-	-	-	Krom	0.044	0.044	0.044
Renk APHA	1300 - 1500	-	-	-				
Krom Mg/l	19 - 1200	250	250	250				

## ESKİŞEHİR LOKOMOTİF VE VAGON FABRİKASI

Tanım ve Kapasite

Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası Porsuk nehrinin 192. km.sinde yer almakta olup atıksularını nehre deşarj etmektedir. Bu tesiste üretilmiş metal ve metal alaşım-lar hammadde olarak kullanılarak ana üretimde lokomotif ve yük vagonu, alt üretimde IMY makası, kantar, vinç, köprü ve çelik konstrüksiyon üretimi yapılmaktadır. Yıl-lık üretim miktarları Tablo 3.24 de verilmektedir.

TABLO 3.24. ESKİŞEHİR LOKOMOTİF VE VAGON FABRİKASI  
ÜRETİM KAPASİTESİ

Üretilen Madde	Yıllık Üretim Miktarı
Lokomotif	37 adet üretim 20 adet yenileme
Yük vagonu	500 adet
IMY makası	200 adet
Kantar	7 adet
Vinç	8 adet
Köprü ve çelik konstrüksiyon	1200 adet

Üretim Düzeni

Lokomotif üretimi esasen, mekanik aksam dizel motoru ve aksesuarı, elektrik makineleri ve aksesuarı olmak üzere üç ana üniteye yapılmaktadır. Üç ana ünite de kısmi ünitelerden oluşmaktadır. Kısmi üniteler yapılip test edildikten sonra montaja verilmektedir. Ünitelerin yapımında gerekli olan parçalar depolanmakta, kullanım miktarına göre üretime verilmektedir. Üretim prosesi sı-rasında kaplama, fosforik aside daldırma, aşındırma, te-mizleme, talaş kaldırma, taşlama, parlatma, şekillendir-me, kaynaklama ve boyama işlemleri uygulanmaktadır.

### Kategorizasyon

Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası atıksuyu ısıtıl işleminden kaynaklanan ağır metaller, tornahane ve yıkama yerlerinden kaynaklanan yağ içermektedir. Bu nedenle işletme metal son işlem kategorisinin adi metal, yağlı atıksu, siyanür altkategorilerinde incelenebilir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Bu işletmede kuyudan günde 4500 m<sup>3</sup> su sağlanmaktadır. Suyun işletmedeki dağılımı 120 m<sup>3</sup>/gün proses, 600 m<sup>3</sup>/gün kazan, 500 m<sup>3</sup>/gün soğutma, 1430 m<sup>3</sup>/gün evsel ve 1830 m<sup>3</sup>/gün diğer amaçlar içindir. Ankette belirlenen atıksu debisi günde 2400 m<sup>3</sup> tür. (MASLAK, C., 1984)

DSI tarafından yürütülen çalışmada nümuneler yağ ve gresli atölye suları ile evsel nitelikli suları taşıyan 2 no.lu deşarj kanalından ve ısıtıl işlem, metal kaplama atölye suları ile evsel nitelikli suları taşıyan 3 no.lu deşarj kanalından alınmıştır. DSI çalışmasına ait veriler Tabló 3.25 de verilmektedir.

## ESKİŞEHİR ŞEKER FABRİKASI

### Tanım ve Kapasite

Porsuk Çayının yaklaşık 195. km.sinde yer alan Eskişehir Şeker Fabrikası, şekerpancarı işleyerek toz şeker üretimi yapan bir şeker endüstrisidir. Fabrikada toz şeker üretme tesislerinin yanısıra melastan ispirto elde etme ünitesi de bulunmaktadır. (TAŞLI, R., 1986 a)

Fabrikada üretilen maddeler, bunların yıllık üretim miktarları ve günlük kapasiteleri Tablo 3.26 da verilmiştir.





TABLO 3.26 ESKİŞEHİR ŞEKER FABRİKASI ÜRETİM KAPASİTESİ

Üretilen Maddeler	Üretim ton/yıl	Hammadde ton/yıl	Kapasite ton/gün
Kristal Şeker	35 000	Pancar 215 000	280
Melas	8 000	Pancar 215 000	65
Pancar küspesi	80 000	Pancar 215 400	700
Kuru küspe	1 500	Küspe ve melas 5 700	140

### Üretim Düzeni

Yılda yaklaşık 650 bin ton şeker pancarı işlenen tesis-te ortalama 978 personel çalışmakta olup, üretim üç vardiya şeklinde kesintisiz devam etmektedir. Ancak fabrikanın sürekli üretimde bulunduğu pancar hasat döneminde, personel sayısı 4 - 6 ay boyunca 1100 kişiye ulaşmaktadır. Sezon dışı devrede ise bu değer 565 kişi civarına düşmektedir.

Eskişehir Şeker Fabrikası üretim akım şemasının kesin olarak gösterildiği bir kaynak bulunmamasına rağmen şeker fabrikalarında uygulanan standart şeker üretim teknolojisi ile üretim yapıldığı esasına dayanarak sırasıyla pancar yıkama, şerbet üretimi, şerbet arıtımı, kristalizasyon, santrifüjleme ve kurutma proseslerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu işlemler hakkında ayrıntılı bilgi önceki bölümde Kütahya Şeker Fabrikası için verilmiştir.

### Kategorizasyon

Eskişehir Şeker Fabrikasında da standartlaşmış şeker üretim teknolojisi uygulandığından tek kategorizasyon çerçevesinde sınıflandırma yapılmıştır. Ana ürün kristal şeker, alt ürün ispirto, yaş pancar küspesi ve melaslı kuru küspedir. (TAŞLI, R., 1986 b)

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyon

Tesiste üretim sırasında gerek duyulan suyun yaklaşık 2000 m<sup>3</sup>/günlük kısmı kuyudan, 8000 m<sup>3</sup>/günlük kısmı ise DSI sulama kanalından sağlanmaktadır. Hammaddenin fabrikaya girişinden şeker eldesine kadar yapılan işlemler sırasında kullanılan su miktarı günde 8500 m<sup>3</sup> dür. Proses dışındaki diğer su kullanımları ise Tablo 3.27 de verilmektedir.

TABLO 3.27. ESKİŞEHİR ŞEKER FABRİKASINDA SU KULLANIMI

Kullanım Alanı	Miktar (m <sup>3</sup> /gün)
Kazan	20
Soğutma	800
Evsel	380
Diğer	300

Şeker Fabrikalarının atıksularında şeker pancarından kaynaklanan yüksek konsantrasyonunda şeker ile azot ve fosfor bileşiklerine rastlanmaktadır. Bunlardan başka şeker pancarının üzerinde bulunan ve yıkama suyuna geçen toprak ve çamur askıda katı madde oluşturduğundan bulanıklığa neden olmaktadır. Tesislerde soğutma suyu kullanımı nedeniyle sıcaklık kirliliği söz konusu olmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında şeker endüstrisi atıksularında kirlletici parametre olarak bu endüstrinin karakteristiği olan yüksek konsantrasyonda BOI<sub>5</sub>, KOI, askıda katı madde alkalinite, çözülmüş katılar, azot ve fosfor bileşikleri, toplam ve fekal koliform, sıcaklık, p<sub>H</sub> sayılabilir. Şeker endüstrileri atıksularına ait literatür değerleri Tablo 3.28 ve Tablo 3.29 da verilmektedir. DSI tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçları Tablo 3.30 da verilmektedir.

TABLO 3.28 ŞEKER FABRİKASI ATIKLARININ KARAKTERİSTİKLERİ (TAŞIMA, YIKAMA VE PROSES SULARI)

63

Saptananlar	Pancar yıkama ve kanal suları (karişik)			Difüzyon Suları			Küspe presleme suları					
	Kapalı Devre			Açık Devre			Min.	Ort.	Max.			
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.						
Sıcaklık, °C	8	22	15	6,5	20	12	34	51	43	37	52	44
Bulanıklık (SiO <sub>2</sub> ) mg/l	600	10000	3300	700	1800	800	1200	5000	7000	1800	5000	7800
Koku	z4G üstünde veya z5Ş		z1Ş	z1Ş	z4Ş	z3S	z2S	z5S	z3S	z2S	z5S	z4S
pH	5,0	7,0	6,2	7,1	7,8	7,5	4,2	5,9	4,9	4,3	4,9	4,5
BOI <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> ) mg/l	450	3000	1300	105	210	160	1400	3000	2200	1050	3600	2600
KMnO <sub>4</sub> değeri mgO <sub>2</sub> /l	120	1900	540	125	185	150	1100	4000	2200	2700	4300	3350
Çürüyebilme (saat)	0,5	7	4	6	8	7	4	10	6	6	45	16
Amonyak (N) mg/l	1,5	5,0	3,0	1,2	3,5	2,0	2,5	6,5	3,9	2,0	4,6	3,2
Organik Azot (N) mg/l	18,0	90,0	45,0	7,0	15,0	10,0	55	110	85	58	186	107
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) mg/l	2,0	4,0	2,9	1,5	5,6	3,0	4,2	14,1	8,1	8,4	13,0	10,7
Potasyum (K), mg/l	40	130	76	8	11	10	90	170	110	100	140	120
Top.Kuru Tortu mg/l	1500	8700	4700	1100	1700	1500	3600	6700	5250	5500	8100	6600
Yanabilir maddeler mg/l	600	2400	1400	330	580	420	3000	5700	4500	4800	7400	5800
Toplam asılı katıllar	850	6200	2800	580	1050	780	1200	2600	1930	1450	2250	1800
Yanabilir madde, mg/l	160	780	360	100	220	140	1000	2300	1580	1150	1950	1450
Çamur* Hacmi cm <sup>3</sup> /l	6	38	14	5	9	7	15	100	60	20	130	75

\* 2 saatlik çökelmeden sonraki

TABLO 3.28 DEVAMI

Saptananlar	Gaz Yıkayıcıdan Gelen Sular			Filtre Bezlerinin Yıkandığı Odadan Gelen Sular			Barometrik Kondensörlerden Gelen Sular			Çamur Ayırmanın Gelenleri (Kok-Kireç Çamuru)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
Sıcaklık °C	10	42	25	43	80	65	30	65	43	8	22	16
Bulanıklık (SiO <sub>2</sub> ) mg/l	40	800	200	10000	50000	21000	15	250	93	220	9000	4600
Koku	z1S	z5S	z3S	z2S	z5S	z3S	z1S	z5S	z4S	z1S	z3S	z2S
pH	4,8	6,7	6,1	8,5	10,0	9,4	6,6	8,5	-	6,0	6,3	6,2
BOI <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> ) mg/l	30	840	370	8400	24000	14000	20	500	187	12000	17000	15000
KMnO <sub>4</sub> değeri mgO <sub>2</sub> /l	13	260	74	6300	18000	13000	15	65	40	2300	3900	3200
Çürüyebilme (saat)	4	yok	-	2	36	12	1	6	4	0,17	1	0,5
Amonyak (N), mg/l	3,5	21,0	11,0	2,0	35,0	20,0	6,0	30,0	18,0	7,0	16,0	12,0
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) mg/l	0,2	4,8	1,6	0,7	3,5	2,4	0,1	1,1	0,5		105	-
Potasyum (K) mg/l	10	55	28	120	260	200	6	55	28		95	-
Top.Kuru Tortu, mg/l	660	2000	1200	20000	78000	43500	275	1600	873	10200	25300	19600
Yanabilir maddeler mg/l	180	860	480	19000	32000	26000	90	990	360	5500	13000	10600
Top. Asılı Katılar mg/l	15	85	39	3400	55000	82000	6	60	27	720	4100	1300
Yanabilir maddeler mg/l	4	35	14	2600	27000	9500	1	35	12	500	1520	830
*Çamur Hacmi cm <sup>3</sup> /l		0,2	0,1	6	800	330	8	6	1		15	7

\* 2 saatlik çökelmeden sonra

TABLO 3.29. ŞEKER FABRİKASI ATIKLARININ KARAKTERİSTİKLERİ (1000 TON PANCAR İŞLENMESİNE KARŞILIK OLUŞAN ATIKSU MİKTARI VE KİRLİLİK YÜKÜ)

Saptananlar	Pancar Yıkama ve Kanal Suları (Karışık)	Gaz Yıkayıcıdan Gelen	Filtre Bezi Yıkama	Difüzyon Suları	Küspe Presleme Suları
Debi m <sup>3</sup> /1000 tp	13 520	150	150	1 500	500
BOI <sub>5</sub> kg/1000 tp	2 704	55,4	2 100	3 300	1 300
Askıda Matı madde kg/1000 tp	10 816	5,85	3 300	2 895	900
Toplam Azot kg/1000 tp	162,24	1,65	3	133,35	55,1
Toplam Fosfor kg/1000 tp	40,56	0,24	0,36	12,15	5,35
Eşdeğer Kirlilik Kişi/gün	50 074	1 028	38 889	61 111	24 074

TABLO 3.29 DEVAMI

Saptananlar	Barometrik Kondanserden Gelen Sular	Kok-Kireç Çamuru Ayrılmadan Gelen	Kirş-Çöktme Tonlu Drenajı	Küspe Çukurları Drenaj Suları	Meydan Suları	Evsel Nitelikli Atık Sular Temizlik Evsel
Debi m <sup>3</sup> /1000 tp	5000	120	120	260	50	133 50
BOI <sub>5</sub> m <sup>3</sup> /1000 tp	1000	1800	170,4	5200	75	399 15
Askıda Katı Madde kg/1000 tp	150	156	54			
Toplam Azot kg/1000 tp	100	1,44				
Toplam Fosfor kg/1000 tp						
Eşdeğer Kirlilik Kişi/gün	18518	33333	3155	96296	1389	7667

TABLO 3.30 ESKİŞEHİR ŞEKER FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Nüme Sayısı		Dene Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Nüme Sayısı			Dene Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Nüme Sayısı			Dene Sonuçları Mayıs 85-Şubat 86				
	n	n	Çamur			n	n	İspirto			n	n	Şlomp			n	İspirto		
			min	ort	max			min	ort	max			min	ort	max		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	2	3	0.03	0.03	0.03	3	0.18	0.21	0.24	7	0.052	0.458	0.664	5	0.095	0.142	0.267		
T (°C)	4	10	13	16	20	10	19	34	43	10	13	24	35	5	31	35	39		
pH	4	10	6.8	9.1	10.9	10	5	5.9	7.7	10	7.1	7.6	8.2	5	6.1	6.7	8.2		
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0.0	0.0	0.0	5	0.0	0.0	0.0		
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	3	9	1900	2767	3200	9	160	2984	4100	10	13	240	540	5	3400	5400	8400		
KOI (mg/l)	4	4	440	1984	6356	4	5840	8680	16960	10	16	425	790	5	1220	6700	8500		
NH <sub>3</sub> -N	4	1	0.4	7.1	13	1	-	2.0	--	10	0.6	5.8	8.8	3	0.8	17.0	25		
NO <sub>2</sub> -N	4	1	0.05	0.3	0.8	1	-	0.12	-	10	0.0	0.2	0.5	3	0.2	1.5	2.6		
NO <sub>3</sub> -N	3	1	0.05	2.6	5.3	1	-	0.85	-	10	0.0	2.5	5.5	3	3.5	9.0	13		
o-PO <sub>4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	0.03	0.25	0.4	5	0.03	0.9	2.5		
TAM (mg/l)	4	1	109	49967	99660	1	-	4740	-	10	30	1250	2700	5	185	1000	2600		
TÇM (mg/l)	3	23	780	6120	12150	23	1970	3945	5920	10	550	760	980	5	690	6250	10500		

## ESKİŞEHİR MEZBAHASI

Tanım ve Kapasite

Eskişehir kentinin et ihtiyacını karşılamak üzere Porsuk çayının yaklaşık 196. km yer olan bu tesis atıksularını nehre deşarj etmektedir. Burada sabahları büyükbaş, öğleden sonra ise küçükbaş hayvan kesimi yapılmaktadır. Kesimden çıkan iç organlar sosaj olarak adlandırılan ve tesisin prosesinde yer alan sucuk, sosis, salam yapımında kullanılmaktadır. Günde ortalama 150 adet küçükbaş hayvanın iç organları bu amaçla işlenmektedir. Eskişehir mezbahasında yürütölen anket sonuçlarından edinilen kurulu kapasite Tablo 3.31 de verilmektedir.

TABLO 3.31. ESKİŞEHİR MEZBAHASI ÜRETİM KAPASİTESİ

Kesilen Hayvan Türü	Baş Sayısı	Ton/yıl
Büyükbaş	29 371	4 252 450
Küçükbaş	87 539	989 283

Üretim Düzeni

Üretim düzeni karkas eldesine kadar Kütahya mezbahası ile aynı düzendedir. Hammaddesi de büyük ve küçükbaş canlı hayvandır. Ancak buradaki işlemler sosaj üretimi ile devam etmektedir. Et işleme olarak tanımlanan bu işlemdede sucuk, pastırma, salam, sosis gibi et ürünleri karkasın veya parçalanmış etin taze veya donmuş halde alınarak kiyılması, tuzlanması, salamura yapılması, pişirilmesi veya konserve yapılması işlemlerinden bir kaçını veya hepsini içerir. Bu amaçla doldurmada kılıf olarak kullanılacak barsaklar da işleme girer. Barsaklardan yararlanılabilmesi için bunların içi yaş veya kuru olarak temizlenir sindirilmemiş kısımları ayrılır. Yaş temizlemede organ içleri basınçlı su ile temizlenir. Yeni bir işlem olan kuru temizlemede ise sindirilmemiş barsak içi maddeler kuru olarak depolanarak hayvan yemi



veya gübre olarak geri kazanılmaktadır. Ayrıca, burada mürekkep yapımında kullanılmak üzere kan işleme prosesi de uygulanmaktadır. Eskişehir mezbahasında yılda 300 gün, tek vardiya halinde günde ortalama 8 saat çalışılmaktadır. (AKGÜN, G., 1986 a).

### Karakterizasyon

Eskişehir mezbahasında sosaj üretimi yapıldığından evvelce verilen Tablo 3.11. uyarınca üretim düzeni ve proses açısından kompleks mezbahalar sınıfına girmektedir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Su kullanımı anket çalışmaları sonucunda 32 m<sup>3</sup>/gün olarak belirlenmiştir. Bu hesaplama için endüstrinin günde 8 saat çalıştığı ve saatte 4 m<sup>3</sup> su ihtiyacı olduğu kabulü yapılmıştır.

Su kullanımında en çok su tüketilen işlemler kesme ve iç organların çıkarılarak karkasın temizlenmesi işlemidir. Kompleks mezbahalar için atıksu karakteristikleri konsantrasyon bazında Tablo 3.13 de, yük bazında Tablo 3.14 de verilmişti. DSI tarafından gerçekleştirilen ölçüm sonuçları Tablo 3.32 de yer almaktadır.

## ESKİŞEHİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ

### Tanım ve Kapasite

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi, Eskişehir'e 10 km uzaklıkta Porsuk Çayı'nın yaklaşık 200.km.sinde geniş bir alana kurulu bulunmaktadır. Metal, gıda, dolgu malzemesi, mobilya üretimi gibi değişik endüstriler olmakla beraber burada bulunan Arçelik Fabrikası'nın atıksu

TABLO 3.32. ESKİŞEHİR MEZBAHASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Ölçüm Peryodu	Nümune Sayısı		Deneysel Sonuçları Haziran 78-Temmuz 79		Nümune Sayısı	Deneysel Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85			
	n		min.	ort.		max.	n	min.	ort.
Q (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T (°C)	8	14	19	22	7	18	19	21	
pH	7	6.5	6.8	7.1	7	7.0	7.4	7.7	
ÇO (mg/l)	-	-	-	-	7	0.0	0.0	0.0	
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	8	3 000	4 700	7 800	7	1 430	2 220	3 450	
KOI (mg/l)	8	5 900	9 200	13 200	7	2 060	3 720	5 400	
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	-	-	-	-	2	14.5	15.8	17	
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	-	-	-	-	2	0.21	0.22	0.23	
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	-	-	-	-	2	3.85	4.40	5.0	
o-PO <sub>4</sub> (mg/l)	-	-	-	-	7	32	77	107	
TAM (mg/l)	10	253	1 615	6 050	7	1 590	2 900	4 525	
TÇM (mg/l)	10	0.7	8.8	40.4	7	1 585	2 850	4 380	

deşarjı toplamdeşarjin % 90 ından fazlasını oluşturduğundan bu bölgeyi atıksu debisi olarak egemen olan metal son işlemleri endüstrisi sınıfında tanımlamak uygun bir yaklaşım olmaktadır. (GÖRGÜLÜ, N., 1986)

Arçelik Fabrikasında ev tipi buzdolabı ve hermetik kompresör üretilmektedir. Yıllık kapasitesi 400 000 adet buzdolabı ve 60000 adet kompresör olarak belirlenmiştir.

### Üretim Düzeni

Arçelik Fabrikası üretim düzeninde birkaç işlem aynı anda yapılmaktadır. Hammadde iki ana grupta ele alınmakta olup bir taraftan rulo halinde gelen sac işlenirken, diğer yandan metal parçaları da ilgili proseslerden geçirilmektedir. Bu işlemlerin türleri ve yöntemleri elektrokaplama, elektriksiz kaplama, kimyasal dönüştürme kaplaması, aşındırma ve kimyasal işleme, temizleme, darbe ile şekillendirme, basınçla şekillendirme, kesme, daldırma ile kaplama, çözücü ile yağ giderme ve boyama olarak özetlenebilir.

Korozyon önlemi olarak yapılan elektrokaplama bir metalin diğeri üzerine elektro depolama ile ince bir tabaka halinde kaplanmasıdır. Arçelikte bu işlem krom kaplama ile metal yüzeyinin önce bakırla, daha sonra nikelle kaplanması ile yapılmaktadır. Elektriksiz kaplama işlemi elektrik enerjisi kullanmadan gerçekleşen bir kimyasal indirgeme işlemidir. Arçelikte bakır kaplama dışında tüm kaplama işleri daldırma ile yapılır. Metal yüzeyine dekoratif görünüm kazandırma esasına dayanan kimyasal dönüştürme kaplamasında, kromatlama, metal renklendirme, eloksalleme gibi işlemler yapılır. Aşındırma ve kimyasal işlemede metal parçalara özel şekiller verebilmek amacı ile metal, kimyasal maddelerle kontrollü olarak çözündürülür. Parça üzerindeki yağ, gres ve kir gibi maddeler alkali temizleme, daldırma

gibi işlemlerle temizlemeye tabi tutulur. En etkili temizleme elektrolitik temizleme yöntemidir. Darbe ile şekillendirmede parça, mekanik olarak çekiç veya şahmerdan ile şekillendirilir. Basınçla şekillendirmede ise parçaya daha yumuşak işlemler olan ezme, bükme, eğme gibi işlemler uygulanır. Kesme işleminde ana parça kesici aletlerle gerekli miktarda parçalara bölünür. Daldırma ile kaplama işleminde kaplanacak metal, ergimiş haldeki metal banyosuna daldırılarak üzeri ince bir tabaka ile kaplanır. Parça üzerindeki yağ ve gresler organik çözücüler kullanılarak giderilir. En son olarak parça üzerine organik bir kaplama uygulanması işlemi olan boyama işlemi uygulanır. Arçelikte bu işlem daldırma yöntemiyle yapılmaktadır.

Arçelik firmasında toplam 1004 kişi genelde 2 vardiya halinde, bazı bölümler ise 3 vardiya halinde çalışmaktadır. İşletmede üretim proseslerindeki temel birimler sürekli çalışma şeklindedir. Yıllık bakımı Ağustos ayı içinde 15 gün süre boyunca yapılır.

### Kategorizasyon

Metal Son İşlemleri. Endüstrisi değişik saflıktaki metal veya metal alaşımlarının hammadde olarak alınıp elde edilmek istenen son ürünün gerektirdiği değişik işlemlerin uygulandığı bir endüstri dalıdır. Hammaddeyi fonksiyonel hale getirmek için gerçekleştirilen bu işlemler başlıca şekil verme, sertlik, korozyona karşı direnç, estetik görünüm verme gibi yüzey özellikleri kazandırma amaçları doğrultusunda metal parçalara uygulanan kaplama, yüzey temizleme, talaş kaldırma, kesme, mekanik ve kimyasal yollarla yüzey aşındırma, parlatma, taşlama, boyama, kalibrasyon, montaj ve benzeri işlemleri kapsamaktadır.

Günümüzde metal son işlemleri endüstrisini dört bölümde incelemek olanaklıdır. Bunlar sırası ile üretim olarak

metal son işlemleri kategorisinde bulunan tesisler, metal son işlemleri ile birlikte diğer endüstri kategorilerine giren tesisler, üretimleri metal son işlemlerine girmeyen ancak tamir ve bakım amacıyla bünyelerinde bu amaca yönelik atölyeler bulunduran endüstriler ile yan sanayi veya doğrudan üretim yapan ve tamir atölyesi olarak çalışan atölyeler grubudur. (OLCAY, T., 1984).

Metal son işlemleri endüstrisinde, bu endüstriyi oluşturan işlemlerin büyük çoğunluğu ülkemizde yapılabilmektedir. Bu endüstri dalında faaliyet gösteren işletmelerin yaklaşık % 80 i İstanbul, Ankara ve İzmir'de gruplanmış olup teknolojik gelişme ve üretimlerinde artış süregelmektedir. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi ile Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası, havzada bu endüstri kategorisinde yer alan en önemli iki kaynaktır.

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesindeki metal endüstrileri ve Arçelik A.Ş., DPT tarafından belirlenen sınıflandırma esasına göre metal son işlemleri kategorisinde yer almaktadır. Burada yer alan endüstriler atıksularının içerdiği metallerle göre yedi altkategoriyeye ayrılmaktadır. Arçelik Fabrikası atıksuları metal kaplamadan piklaj işlemi ve boyamaya kadar olan tüm işlemlerden kaynaklandığı için siyanür, altı değerlikli krom, yağlı atıksu, solvent, kompleks metal ve adi metal içermekte olup bu altkategorilerin tümünde birden incelenmelidir.

#### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesisteki su kullanımı Organize Sanayi Bölgesinden günde yaklaşık 1000 m<sup>3</sup> olarak sağlanmaktadır. Suyun işletmede kullanım yerleri ve miktarlarının dağılımı Tablo 3.33 deki gibidir.

Tablo 3.33. PARÇELİK A.Ş. DE SU KULLANIMI

Proses	Miktar m <sup>3</sup> /gün
Kazan dairesi	50
Kimyasal imalat	400
Fosfat tesisleri	300
Kullanma suyu	200
Diğerleri	50

Tank ve kazan yıkama sonucu üretimde ani olarak 5-6 ton ilave su kullanımı gerekmektedir.

Endüstrinin atıksu karakterizasyonu, literatür değerleri ve yürütülen çalışmalar değerlendirilerek kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerden hareketle kirletici Parametre seçim esaslarına göre yapılmıştır. Bu yaklaşım bazında saptanan parametreler kadmiyum, toplam krom, bakır, kurşun, nikel, çinko, gümüş, TAM, siyanür, florür, toplam fosfor, yağ ve gres, toplam zehirli organik maddeler ve pH dir.

Eskişehir Organize Sanayi bölgesine ait atıksu karakterizasyonu, Tablo 3.34 de verilen ölçümler ışığında belirlenmektedir. Literatür değerleri ile ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ölçüm sonuçlarının literatür aralığında kaldığı gözlenmektedir (Tablo 3.35).

### 3.2.5 Karasu Çayı Havzasında Kirletici Kaynaklar

Karasu, Sakarya nehrinin kirlilik yükü açısından önem taşıyan yan kollarından biridir. Karasu havzası zengin mineral yataklarına sahip olması nedeniyle kısa zamanda endüstrileşmiş ve havzanın önemli yerleşimi olan Bilecik kenti endüstri merkezi haline gelmiştir. Havzada öncelikle seramik fabrikaları yaygınlaşmış, daha sonra gıda, metal son işlem ve kağıt endüstrisi sınıfındaki işletmeler üretime başlamışlardır. Karasu'da kirliliğe

TABLO 3.3.4: ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ (DSİ)

Parametre	Nüme Sayısı		Dene Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Nüme Sayısı		Dene Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85		
	n		min.	ort.	max.	n		min.	ort.	max.
Q (m <sup>3</sup> /s)	8		0.020	0.025	0.035	7		0.022	0.033	0.044
T (°C)	10		14	16.7	19	7		16	19	21
pH	10		7.2	7.5	7.8	7		7.0	7.9	8.3
ÇO (mg/l)	-		-	-	-	7		0	2.5	7.2
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	10		6.4	25	100	7		18	55	115
KOI (mg/l)	10		16	73	240	7		70	120	215
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	10		0.1	1.7	4.8	7		4.4	8.0	12.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	10		0.2	0.5	0.9	7		0.01	0.3	0.5
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6		0.4	1.8	4.2	7		0.5	2.1	4.0
o-PO <sub>4</sub> (mg/l)	-		-	-	-	7		3.8	27	90
TAM (mg/l)	10		30	179	530	7		60	170	255
TÇM (mg/l)	9		270	561	720	7		700	825	1 000

TABLO 3.35. ATIKSULARDAKİ KİRLİTİCİ PARAMETRELERİN LİTERATÜR DEĞERLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

Parametreler	Adi metaller alt kategorisi	Siyanürlü sular	6 Değerlikli krom içeren sular	Ölçüm değerleri	Arçelik (Çayırova)	Arçelik (Eskişehir)
KOI mg/l	35-242	30-928	27-35	70.85-213.8	27-163	100
TAM	11-600	35-100	72-320	62-255	100-320	50
Siyanür	0-42.3	60-100	0.1-7.0	0.08-0.09	0.9-7.0	0.5
Florür	0-36.1	-	-	-	-	-
Fosfor	0.2-3.5	-	-	3.8-89.5	-	-
Zn	0.2-207	16.8-52	6.8-8.0	-	0.72-27	1.0
Cu	0.05-10.2	4.95-48	0.70-5.0	-	0.1-5.0	1.10
Ni	0.10-0.60	23-22	1.1-4.3	-	0.1-4.3	1.30
Pb	0.10-1.8	0.1	0.1-0.4	-	0.1	0.25
Cd	0.05-0.31	32.0-380	2.65-35	-	0.3-2.65	0.3



neden olan ve nehre doğrudan deşarj yapan endüstriler menbada mansaba doğru olmak üzere Şekil 3.2 de gözüktüğü şekilde Haliser, Toprak Grubu (Toprak Seramik, Toprak Kağıt, Toprak Fayans), Eczacıbaşı Vitra, Artema, Demirdöküm, Bozüyük Sümerbank Seramik ve Söğüt Fabrikalarıdır. Endüstriler dışında Bilecik, Bozüyük ve Söğüt yerleşimlerinin atıksuları da nehre boşaltılmaktadır.

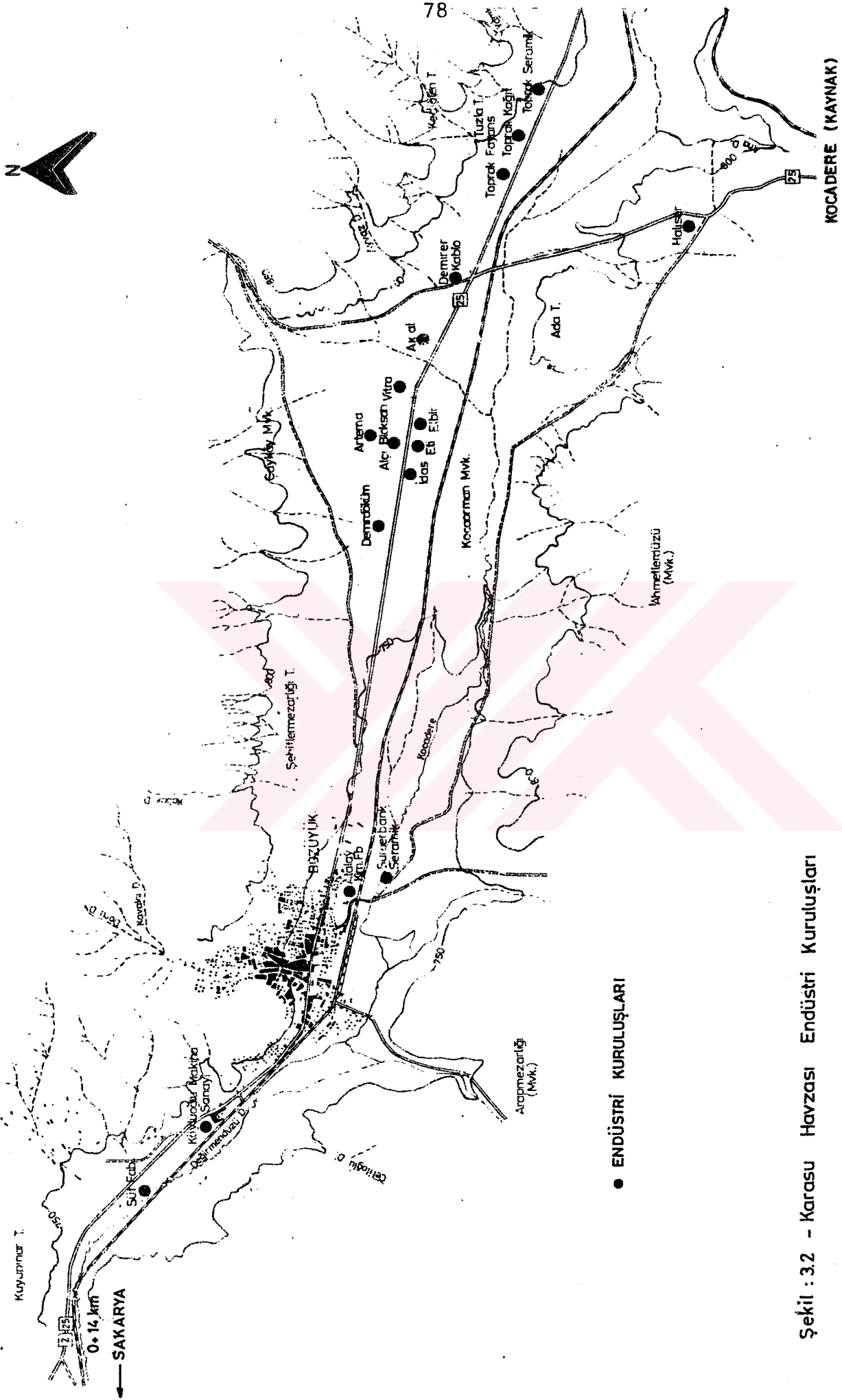
Karasu havzasında bulunan diğer endüstriler nehre deşarj yapmamaları veya endüstriden kaynaklanan atıksuyun ihmal edilebilir olması nedeniyle incelemeye alınmamıştır.

#### HALISER

Haliser Fabrikası ile ilgili bilgi olmadığından bu tesisin kapasitesi, üretim faaliyet düzeni ve su kullanımını bilinmemektedir. Ancak DSI tarafından yürütülen havza kapsamındaki çalışmada Haliser Fabrikası atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Bu çalışmaya ilişkin sonuçlar Tablo 3.36 da verilmektedir.

TABLO 3.36. HALISER FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	Deney Sonuçları Ocak 85-Temmuz 86		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	6	0.001	0.0012	0.003
T (°C)	6	8	15.78	24
PH	6	7.5	6.8	9.1
ÇO (mg/l)	6	-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	6	143	282	510
KOI (mg/l)	6	280	565	1153
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	5.0	9.43	17.30
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	6	0.003	0.026	0.092
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	0.15	0.38	0.65
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	6	0.03	0.37	0.77
TAM (mg/l)	6	0.30	2	5
TÇM (mg/l)	6	614	763	1051



● ENDÜSTRİ KURULUŞLARI

Şekil : 3.2 - Karasu Havzası Endüstri Kuruluşları

## TOPRAK GURUBU FABRİKALARI

Toprak Gurubu olarak adlandırılan Toprak Seramik, Toprak Kağıt ve Toprak Fayans fabrikalarından sadece Toprak Kağıt Sanayine ait bilgi vardır. Ancak DSI tarafından yürütülen çalışmada yapılan ölçümler üç fabrikanın ortak deşarj kanalından alınan nümunelerle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya ait veriler Tablo 3.37 de verilmektedir. (MERİÇ, S., 1987).

## TOPRAK KAĞIT SANAYİ

### Tanım ve Kapasite

Tesiste yazı tabı kağıdı veya "tissue" kağıdı üretilmektedir. Günde 105 ton, yılda 35 000 ton üretim yapılmaktadır.

### Üretim Düzeni

Proses % 20 kesikli, % 80 sürekli deşarj düzenindedir.

### Kategorizasyon

Toprak Kağıt Sanayi "kağıt hamuru ve kağıt üretimi" kategorisi "kağıt üretim" altkategorisinde yer almaktadır.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan günde 3200 m<sup>3</sup> su temin edilmekte, kaynaklanan atıksu miktarı 28.6 m<sup>3</sup>/ton-ürün esasına göre toplam 3000 m<sup>3</sup> gündür. Kirletici parametrelere ait bilgiler Tablo 3.38 de verilmektedir.

TABLO 3.37 TOPRAK GURUBU FABRİKALARI ATIKSU  
KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	D e n e y S o n u ç l a r ı (Ocak 85-Ağustos 86)		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	7	0.022	0.032	0.049
T (°C)	7	10.5	17	25
pH	7	8.0	8.21	8.6
ÇO (mg/l)	7	-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	7	54	104	160
KOI (mg/l)	7	89	146	188
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	3.2	5.61	8.6
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	7	0.019	0.09	0.215
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.35	1.19	2.50
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	7	0.03	0.06	0.10
TAM (mg/l)	7	15	70.35	175
TÇM (mg/l)	7	747	1009	1283

TABLO 3.38. TOPRAK KAĞIT SANAYİNE AİT KİRLLETİCİ  
PARAMETRELER

Parametre	Yük (kg/gün)
BOI <sub>5</sub>	600
KOI	1200
TAM	3600

### ECZACIBAŞI VİTRA

#### Tanım ve Kapasite

Eczacıbaşı Vitra, seramik sanayinde vitrifiye seramik sağlık gereçleri (lavabo, eviye, klozet v.b) üreten bir fabrikadır. Tesiste günde 56, yılda 14 000 ton üretim yapılmaktadır.(MERİÇ. S., 1987).

### Üretim Düzeni

Proses esnasında hammadde ürüne dönüşüncüye kadar kırma, harmanlama, öğütme, eleme, döküm, kurutma, sirlama ve pişirme işlemlerinden geçmektedir. Üretim % 100 sürekli düzendedir. Personel sayısı 517 olup 3 vardiya halinde çalışılmaktadır.

### Kategorizasyon

Eczacıbaşı Vitra Seramik Fabrikası, "toprak ürünleri ve alçı üretimi" kategorisinin "Seramik sağlık gereçleri üretimi" altkategorisi içinde incelenmektedir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Su temini günde yaklaşık 5000 m<sup>3</sup> olarak kuyudan sağlanmaktadır. Ortalama su dağılımı 400 m<sup>3</sup>/gün proses suyu, 80 m<sup>3</sup>/gün çamur hazırlama, 14 m<sup>3</sup>/gün sır hazırlama, 160 m<sup>3</sup>/gün dökümhane, 6 m<sup>3</sup>/gün alçı kalıp ve 4 m<sup>3</sup>/gün diğer gereksinimler içindir. Evsel nitelikli su kullanımını günde 100 m<sup>3</sup> tür. Tesisten çıkan atıksu miktarı 7,17 m<sup>3</sup>/ton-üründür. DSI tarafından yapılan deneysel çalışma sonuçları Tablo 3.39 da verilmektedir.

## ECZACIBAŞI ARTEMA ARMATÜR SANAYİ

### Tanım ve Kapasite

Bu tesiste metale şekil vererek musluk, batarya, vana gibi sıhhi tesisat armatürleri üretilmektedir. Günde 15 503, yılda ise 4 milyon adet üretim yapılmaktadır.

TABLO 3.39. ECZACIBAŞI VİTRA FABRİKASI ATIKSU  
KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	D e n e y S o n u ç l a r ı (Ocak 85-Ağustos 86)		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	7	0.0025	0.004	0.005
T (°C)	7	8	18.07	26
pH	7	7.8	8.1	8.5
ÇO (mg/l)	7	-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	7	3.1	10	17.7
KOI (mg/l)	7	5.6	33	64
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.28	0.74	2.70
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	7	0.016	0.03	0.062
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.80	1.43	2.35
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	7	0.02	0.06	0.12
TAM (mg/l)	6	0	43	220
TÇM (mg/l)	7	384	615	956

### Üretim Düzeni

Sarı parçalar ve krom kaplama parçalar olmak üzere başlıca iki tür üretim yapılmaktadır. Her iki üretimde de şekil verme işlemleri aynı olup yüzey hazırlama ve kaplama işlemleri farklılık göstermektedir. Üretim proses düzeni sürekli dir. (MERİÇ,S., 1987)

### Kategorizasyon

Eczacıbaşı Artema Armatür Sanayi "metal son işlem" kategorisine ait bir tesistir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan 400 m<sup>3</sup> su temin edilmektedir. Kullanılan su 250 m<sup>3</sup>/gün proses, 50 m<sup>3</sup>/gün evsel nitelikli ve 100 m<sup>3</sup>/gün diğer amaçlar için olmak üzere dağıtılmaktadır.

Üretilen parçaların yüzey alanları farklılık gösterdiğinden adet başına birim atıksu oluşumu belirlenmemektedir. DSI tarafından yapılan deneysel çalışmaya ait sonuçlar Tablo 3.40 da verilmektedir.

TABLO 3.40. ECZACIBAŞI ARTEMA ARMATÜR SANAYİ  
ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	D e n e y S o n u ç l a r ı (Ocak 85-Ağustos 86)		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	7	0.005	0.006	0.009
T (°C)	7	8.5	17.43	26.5
pH (mg/l)	7	-	-	-
ÇO (mg/l)	7	-	-	-
BOI (mg/l)	2	7.7	11.6	15.5
KOI (mg/l)	7	20	63.3	187.7
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.35	1.23	1.85
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	7	0.022	0.38	1.25
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.35	12.41	44.5
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	7	0.04	0.11	0.19
TAM (mg/l)	7	82	150	240
TÇM (mg/l)	7	609	839	1478

## DEMİRDÖKÜM

### Tanım ve Kapasite

Türk Demirdöküm A.Ş. de ana ve yan ürün olarak şofben, panel radyatör, termostat ve musluk üretimi yapılmaktadır. Tesiste yılda 75 000 adet şofben, 60 000 adet panel radyatör, 50 000 adet termostat ve 200 000 adet musluk üretilmektedir. (MERİÇ, S., 1987).

### Üretim Düzeni

Üretim esnasında yılda 325 ton bakır, 333 ton pirinç, 35 ton alüminyum, 700 ton rulo saç ve 140 ton galvanizli saç tüketilmektedir.

Türk Demirdöküm Fabrikaları Bozöyük Tesislerindeki çeşitli kimyasal temizleme ünitelerinde kullanılan maddeler nötralizasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Temizleme banyolarından çıkan atıkların nötralizasyonu için otomatik çalışan bir tesis yapılmıştır. Tesiste toplam 263 kişi 3 vardiya halinde çalışmaktadır. Üretim düzeni süreklidir. Haziran veya Temmuz ayında 20 günlük onarım çalışması yapılmaktadır. (MERİÇ, S., 1987).

### Kategorizasyon

Bozöyük Türk Demirdöküm Fabrikası "metal son işlem" kategorisinde yer alan bir tesistir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

İşletmede kuyudan günde toplam 430 m<sup>3</sup> su sağlanmakta olup proses, soğutma, yıkama, buhar üretimi ve evsel kullanım amacıyla kullanılmaktadır. DSI'nın Karasu havzasında yürüttüğü çalışmada Demirdöküm Fabrikasının atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. Bu çalışmaya ilişkin veriler Tablo 3.41 de verilmektedir.

## BOZÖYÜK SERAMİK FABRİKASI

### Tanım ve Kapasite

Fayans ve seramik üretimi yapılmakta olan bu fabrikanın günlük 75 ton, yıllık 22 502 ton üretimi vardır.(MERİÇ, S.,1987).



TABLO 3.41. DEMİRDÖKÜM FABRİKASI ATIKSU  
KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	D e n e y S o n u ç l a r ı (Ocak 85-Ağustos 86)		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	7	0.003	0.015	0.038
T (°C)	7	5	17.14	28.5
pH (mg/l)	7	2.0	4.17	7.3
ÇO (mg/l)	7	-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	1	28.7	28.7	28.7
KOI (mg/l)	7	11.2	39.3	123.7
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.40	1.84	6.45
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	7	0.01	0.10	0.355
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	2.30	7.24	15.40
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	7	0.30	3.59	14.20
TAM (mg/l)	7	64	200	513
TÇM (mg/l)	7	552	2337	6021

### Üretim Düzeni

Tesiste üretim düzeni kesiklidir.

### Kategorizasyon

Bozöyük Seramik Fabrikası "toprak ürünleri ve alçı üretimi" kategorisinin "seramik üretimi" altkategorisine dahildir.

### Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan günde 1200 m<sup>3</sup> su temin edilmektedir ve kaynaklanan atıksu miktarı 8 m<sup>3</sup>/ton-ürün esasına göre toplam 600 m<sup>3</sup>/gündür. DSI tarafından yapılan deneysel çalışma sonuçları Tablo 3.42 de verilmektedir.

TABLO 3.42. BOZÖYÜK SÜMERBANK SERAMİK FABRİKASI  
ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	D e n e y S o n u ç l a r ı (Ocak 85-Ağustos 86)		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	7	0.002	0.003	0.004
T (°C)	7	7	16.42	27
pH (mg/l)	7	7.7	8	8.5
ÇO (mg/l)	7	-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	7	10.7	80	280
KOI (mg/l)	7	22.4	194	683
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	1.55	12.3	47.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	7	0	0.01	0.016
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.20	0.52	0.85
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	7	0.24	0.73	1.0
TAM (mg/l)	-	-	-	-
TÇM (mg/l)	7	563	617	795

### SÖĞÜT SERAMİK FABRİKASI

#### Tanım ve Kapasite

Karo fayans ve hammadde üretimi yapılmakta olan bu fabrikasının günlük 290 bin, yıllık 105 milyon adet üretimi vardır.(MERİÇ, S., 1987).

#### Üretim Düzeni

Tesis % 100 sürekli proses düzeninde çalışmaktadır.

#### Kategorizasyon

Söğüt Seramik Fabrikası "toprak ürünleri ve alçı" üretimi kategorisinin "Karo fayans" altkategorisine dahildir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kuyudan günde 140 m<sup>3</sup> su temin edilmektedir ve kaynaklanan atıksu miktarı 0.00038 m<sup>3</sup>/adet-üretim esasına göre toplam 110 m<sup>3</sup>/gündür. DSI tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçları Tablo 3.43 de verilmektedir. Havzada bulunan 3 seramik endüstrisinde yapılan anketlerde endüstrilerin vermiş oldukları birim atık yükü değerleri de Tablo 3.44 de özetlenmiştir.

TABLO 3.43. SÖĞÜT SERAMİK FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametreler	Nüme ne Sayısı n	D e n e y S o n u ç l a r ı (Ocak 85-Ağustos 86)		
		min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	7	0.0023	0.007	0.012
T (°C)	7	7	16.3	25.5
pH (mg/l)	7	7.4	7.8	8
ÇO (mg/l)	7	-	-	-
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	6	9	28	70
KOI (mg/l)	7	24	58	145.6
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	1.7	3.60	7.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	7	0.006	0.16	0.30
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	7	0.20	3.1	5.70
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	7	0.40	2.36	4.60
TAM (mg/l)	-	-	-	-
TÇM (mg/l)	7	490	520	554

TABLO 3.44. TOPRAK ÜRÜN VE ALÇI ÜRETİM KATEGORİSİ  
ENDÜSTRİLERİ VE BİRİM ATIK YÜKLERİ (kg/gün)

Parametre	Eczacıbaşı Vitra Seramik Sanayi	Bozöyük Seramik Sanayi	Söğüt Seramik Sanayi
TAM	5000	6000	1100
Pb	0,42	0,710	0,093
Cu	0,47	0,56	0,103
Zn	0,44	0,53	0,098
T.Crom	0,40	0,48	0,087
Cd	0,05	0,06	0,011
Ni	0,35	0,42	0,076

### 3.3 Havzada Kara Kökenli Kirlenmenin Boyutu ve Yapısı

Yukarıda herbir althavzada yer alan kirlетici kaynakların üretim-su kullanımı-atıksu etkileşimi teker teker incelenmiş ve atık karakterizasyonu yapılmıştır. Bu inceleme ve değerlendirmelerden yararlanarak herbir kirlетici kaynağa ait tüm havzada bir kirlenme profili oluşturacak ve kirlenme kontrolu çalışmalarında esas alınacak yükler bu kısımda verilmektedir. Bu yüklerin belirlenmesinde;

- . üretim ve su kullanım düzeni
  - . atıksu karakterizasyonu için 1979 yılından beri yapılan ölçüm ve analizler,
  - . aynı kategoriye ait literatür verileri,
- değerlendirilerek, kirlетici kaynağı karakterize eden, anlamlı değerler oluşturulmuştur. Bu yaklaşım çerçevesinde noktasal kirlетici kaynaklara ait atık yükleri-yerleşim birimleri için, daha önce Tablo 3.1 ve 3.2 de verilen birim değerler kullanılarak Tablo 3.45, 3.46 ve 3.47 de,
- . Porsuk Havzası endüstrilerinin atık yükleri Tablo 3.48'-de,
  - . Karasu Havzası endüstrilerinin atık yükleri Tablo 3.49'-da,
  - . Ankara Çayının taşıdığı atık yükleri Tablo 3.50'de
  - . Çark Suyunun taşıdığı atık yükleri Tablo 3.50'de
  - . Göynük, Göksu ve Mudurnunun atık yükleri ise Tablo 3.51' de verilmektedir.

Noktasal olmayan, yayılı kaynaklardan gelen yükler için daha önce verilen Tablo 3.3' deki birim değerler kullanılarak hesap edilen değerler ise Tablo 3.52 de verilmektedir. Bu tablolar birarada değerlendirilerek ve akarsuyun özümleme kapasitesi ihmal edilerek, Sakarya Nehrine gelen atık yükleri ile Sakarya Nehrinin Karadenize boşalttığı yükler Tablo 3.53 de birarada gösterilmiştir. Bu tablo Sakarya Havzasında kara kökenli kirlenmenin boyutu ve yapısı hakkında iyi bir fikir vermektedir.

TABLO 3.45 SAKARYA HAVZASINDA YERLEŞİM BİRİMLERİNİN 1983 YILI ATIK YÜKLERİ

NÜFUS-PARAMETRE	PORSUK HAVZASI		KARASU HAVZASI		
	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	BİLECİK	SÖĞÜT	BOZÜYÜK
NÜFUS (kişi)	170 959	365 309	38 466	25 237	37 672
DEBİ (m <sup>3</sup> /gün)	34 192	73 061	7 693	5 047	7 534
BOI <sub>5</sub> (kg/gün)	7 693	16 439	1 731	1 136	1 695
ORG-N (kg/gün)	342	730	77	50	75
NH <sub>3</sub> (kg/gün)	684	1 461	154	100	150
ORG-P (kg/gün)	85	183	19	13	19
INORG-P (kg/gün)	170	365	38	26	38
TAM (kg/gün)	11 967	24 700	2 693	1 767	2 637

TABLO 3.46 SAKARYA HAVZASINDA YERLEŞİM BİRİMLERİNİN 1985 YILI ATIK YÜKLERİ

NÜFUS-PARAMETRE	PORSUK HAVZASI		KARASU HAVZASI		
	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	BİLECİK	SÖĞÜT	BOZÜYÜK
NÜFUS (kişi)	187 835	398 187	39 108	25 619	39 859
DEBİ (m <sup>3</sup> /gün)	37 567	79 637	7 822	5 124	7 972
BOI <sub>5</sub> (kg/gün)	8 453	17 918	1 760	1 153	1 794
ORG-N (kg/gün)	376	796	78	51	80
NH <sub>3</sub> (kg/gün)	752	1 592	156	102	160
ORG-P (kg/gün)	94	199	19.5	13	20
INORG-P (kg/gün)	188	398	39	26	40
TAM (kg/gün)	13 148	27 873	2 738	1 793	2 790

TABLO 3.47 SAKARYA HAVZASINDA YERLEŞİM BİRİMLERİNİN 2000 YILI ATIK YÜKLERİ

NÜFUS-PARAMETRE	PORSUK HAVZASI		KARASU HAVZASI		
	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	BİLECİK	SÖĞÜT	BOZÜYÜK
NÜFUS (kişi)	234 006	612 469	45 741	29 914	68 588
DEBİ (m <sup>3</sup> /gün)	52 652	137 806	10 292	6 731	15 432
BOI <sub>5</sub> (kg/gün)	12 636	33 073	2 470	1 615	3 704
ORG-N (kg/gün)	1 170	3 062	229	150	343
NH <sub>3</sub> (kg/gün)	1 638	4 287	320	209	480
ORG-P (kg/gün)	117	306	23	15	34
INORG-P (kg/gün)	585	1 531	114	75	171
TAM (kg/gün)	21 061	55 122	4 117	2 692	6 173





TABLO 3.49. KARASU HAVZASI ENDÜSTRİLERİNİN ATIK YÜKLERİ

PARAMETRE (kg/gün)	K A R A S U H A V Z A S I						
	HALİSER	TOPRAK GRUBU	ECZACIBAŞI VİTRA	ARTEMA	DEMİRDÖKÜM	BOZÜYÜK SERAMİK	SÖĞÜT SERAMİK
Q(m <sup>3</sup> /gün)	104	2765	346	518	1296	259	605
BOI <sub>5</sub>	29	288	3.50	6.22	38	21	17
KOI	69	404	11.40	32.66	51	50	35
ORG-N	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>3</sub>	0.98	15.51	0.26	0.64	2.38	3.19	2.18
NO <sub>2</sub>	0.003	0.25	0.01	0.20	0.13	0.003	0.10
NO <sub>3</sub>	0.039	3.29	0.49	6.43	9.38	0.13	1.87
O-PO <sub>4</sub>	0.038	0.17	0.02	0.06	4.65	0.19	1.43
PP	-	-	-	-	-	-	-

TABLO 3.50 ANKARA ÇAYININ VE ÇARK SUYUNUN ATIK YÜKLERİ

PARAMETRE (kg/gün)	ANKARA ÇAYI	ÇARKSUYU
Q (m <sup>3</sup> /gün)	590976	320544
BOI <sub>5</sub>	9012	36863
KOI	24526	50325
Org. N	827	522
NH <sub>3</sub>	6075	2061
NO <sub>2</sub>	201	6.41
NO <sub>3</sub>	1253	173
O-PO <sub>4</sub>	3942	1090
PP	-	-



## BÖLÜM 4. SAKARYA HAVZASINDA YARARLI KULLANIMLAR

### 4.1. Yararlı Kullanım Kavramı

Bir su kaynağının yararlı kullanımında yöre halkının sosyoekonomik yapısı ve istekleri değerlendirilerek yöresel ve ulusal çıkarlar doğrultusunda su potansiyelinin belirlenen hedeflerde kullanılması amaçlanmaktadır. Su kalitesinin yararlı kullanım amacını belirleyici bir unsur olması nedeni ile bu amaçların gereksinimler çerçevesinde önceden belirlenmesi gerekmektedir. Belli bir amaç için sağlanması gereken su kalite ölçütleri başka bir amaç için gereksiz olabilir. Bu nedenle tüm yararlı kullanımların havza bazında karşılaştırmalı bir değerlendirmesinin yapılması, su kalitesi ve yönetim seçeneklerinin belirlenebilmesi için gereklidir.

### 4.2 Sakarya Havzasında Günümüzdeki Yararlı Kullanımlar

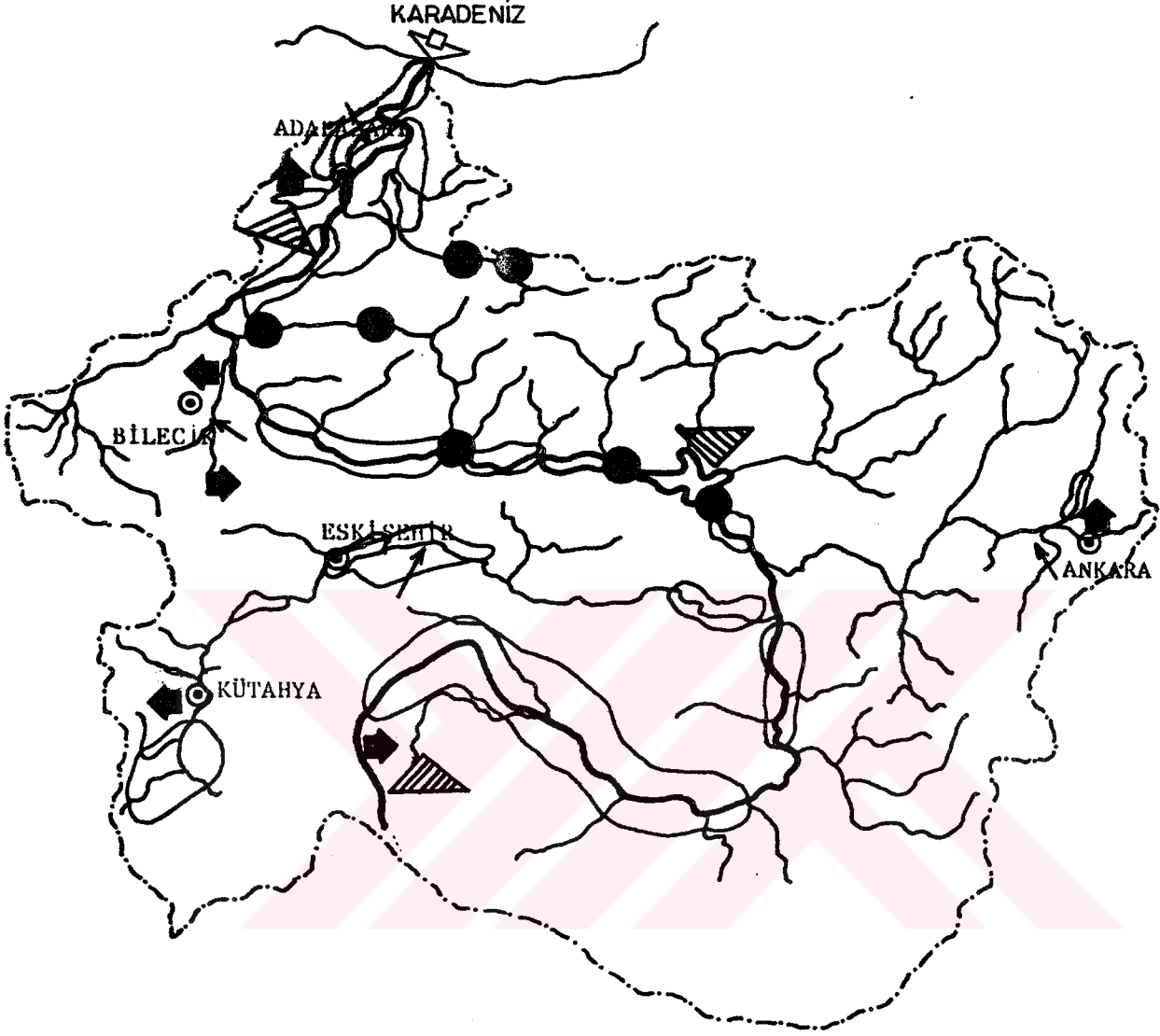
Tüm Sakarya havzasında, günümüzdeki yararlı kullanımlar önceliklerine göre aşağıda sıralanmaktadır:

- . Tarımsal su temini
- . Yerleşim bölgelerine su temini
- . Atıksuların uzaklaştırılması
- . Hidroelektrik güç temini
- . Balıkçılık
- . Gemi taşımacılığı

Havzada halen yukarıda sıralanan yararlı kullanımların dağılımı Şekil 4.1 de gösterilmektedir.

#### Tarımsal Su Temini

Havzanın genel olarak en önemli geçim kaynağı tarım olduğundan tarımsal su temini yararlı kullanımlarda ilk sırayı almaktadır. Tarımsal kullanımlara ait ayrıntılı bilgi bölüm



- TARIMSAL SU TEMİNİ
- YERLEŞİM BÖLGELERİNE SU TEMİNİ
- ATIKSULARIN UZAKLAŞTIRILMASI
- HİDROELEKTRİK GÜÇ TEMİNİ
- BALIKÇILIK VE REKREASYON
- GEMİ TAŞIMACILIĞI

Sekil:4.1 - Sakarya havzasında halihazır yararlı kullanımlar

2.6 da verilmektedir. Havza genelinde yağışın düzensiz olması sulama projelerine ağırlık verilmesini gerektirmektedir. Günümüzde işletmede olan sulama projeleri Tablo 4.1 de verilmektedir.

#### Yerleşim Bölgelerine Su Temini

Ankara Çayı havzasında yer alan başkent Ankara'nın içme ve kullanma suyu temini Ankara Çayı'nın kolları üzerinde bulunan Çubuk, Kayaş ve Kurtboğazi rezervuarlarından karşılanmaktadır. Porsuk Havzasında Kütahya ve Eskişehir kentleri büyük ölçüde yeraltı sularından ve kuyulardan faydalanmaktadır. Kütahya kenti içme suyunu Porsuk kaynaklarından takviye etmektedir.

Aşağı Sakarya Havzasında yer alan Adapazarı kentinin evsel su temini Sapanca gölünden sağlanmaktadır. Karasu Havzasında yer alan Bilecik'te yeraltı kaynakları kullanılmaktadır.

Tüm havzadaki evsel su kullanımları 2.Bölümde Tablo 2. 10 da verilmektedir.

#### Endüstriyel Su Temini

Endüstriyel amaçlı su kullanımlarında proses suyu, kazan suyu ve soğutma suyu gibi çeşitli su gereksinimleri karşılanmaktadır. Halihazırda endüstriler kısmen Sakarya'nın yan kollarındaki yüzey sularını, kısmen de yeraltı sularını kullanmaktadırlar. Tablo 2.10 da alt havza bazında endüstriyel amaçlı su kullanımlarının kaynağı ve miktarı verilmektedir.

#### Atıksuların Uzaklaştırılması

Havza genelinde halen büyük kentler ve endüstriler atıksularını hiç arıtmadan veya basit bir arıtmadan geçirerek doğrudan veya dolaylı olarak nehre deşarj etmektedirler. Ayrıca havzada tarımsal etkinliğin yoğun olması nedeniyle yayılı kaynak olarak nitelendirilen ekili alanlardan drenajla gelen atıksular önemli bir kirletici kaynak oluşturmaktadır.

TABLO 4.1 1989 YILINDA İŞLETMEDE OLAN ve PLANLANAN SULAMA PROJELERİ

Proje Adı	Alt Havza	Aşaması	Su Kaynağı	Sulama Alanı (ha)	Gerçekli Su Mik. (m <sup>3</sup> yıl <sup>-1</sup> -ha)	Çekilen Su mik. (m <sup>3</sup> /s)
Seyitgazi Kaymaz Çifteler Aliken Y. Sakarya Ovası Yaralı Kavuncu	Yukarı Sakarya	İşletmede İşletmede İşletmede Planlama Planlama İşletmede Planlama	Akarsu ve YAS* Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu	10813-3705 420 6200 3967 5940 3600 10120	4420 5790 7810 5600 - - 6070	6.17 0.40 4.91 1.03 4.38 4.26 4.21
Altıntaş Kureyşler Kütahya Söğüt A. Kuzfındık Musaözü İnönü Alpu Ağapınar Karakamış Aşağı Porsuk	Porsuk	Planlama Planlama İşletmede İşletmede Planlama İşletmede İşletmede İşletmede Planlama Planlama Planlama	Akarsu ve YAS Akarsu Akarsu ve YAS Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu ve YAS	21058-2941 2608 1957-690 205 3260 338 1970 23200 4445 6125 8322-456	4820 4660 6810 4990 5220 7650 8104 5675 5675 5675 7526	9.78 1.62 2.60 0.23 1.65 0.25 1.73 16.10 - - 4.82
Mürted Çubuk	Ankara	Planlama Planlama	Akarsu ve YAS Akarsu ve YAS	20279-916 7281-396	9770 9280	- -
Orta Sakarya Karaağaç Pamukova Bakras Kızıldamar	Orta Sakarya  Karasu Karasu	İşletmede İşletmede İşletmede Planlama Planlama	Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu Akarsu	4200 3208 8707 1195 1058	- - 6287 5193 5193	7.00 3.2 6.94 - -
A. Sakarya Ovası	Aşağı Sakarya	Planlama	Akarsu	67595	6910	37.15

\* Yeraltısuyu

tadır. Özellikle havzanın yan kolları olan Porsuk, Ankara Çayı, Karasu ve Çarksuyu, bölgedeki evsel, endüstriyel ve tarımsal kökenli tüm atıksuların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır.

#### Hidroelektrik Güç Temini

Sakarya Nehri Havzasının özellikle ana kolu, hidroelektrik güç potansiyeli açısından oldukça zengindir. Orta Sakarya Havzasında yer alan Sarıyar ve Gökçekaya barajlarından taşkın ve hidroelektrik santral olarak yararlanılmaktadır.

#### Balıkçılık

Havzada Sakarya nehri ve yan kollarının kaynak kısımları ve su kalitesi yüksek olan Sapanca gölü, Göynük çayı ile Çubuk, Kurtboğazı, Porsuk gibi rezervuarlar balık yaşamı için uygun olabilir. Ancak bu kesimlerin dışında kalan yan kollar ve Sakarya Nehri gerek su kalitesinin çeşitli deşarjlar nedeniyle bozulmuş olması, gerekse karların erimesi ve aşırı yağmurlardan kaynaklanan erozyon nedeniyle balık yaşamı için gerekli koşulları sağlayamamaktadır. (DSİ, 1980).

#### Gemi Taşımacılığı

Türkiye genelinde nehirlerin, rejimlerinin düzensiz ve yataklarının kavisli olmasından ötürü taşımacılığa uygun olmamasına karşın Aşağı Sakarya kesimi bu alanda az bir potansiyele sahiptir.

#### 4.3 Sakarya Havzasında Gelecekteki Yararlı Kullanımlar

"Sakarya Havzası Su Kalitesi Yönetimi" kapsamında gelecekteki yararlı kullanımlarda amaçlanan, atık taşınımı dışında günümüzdeki yararlı kullanımların gelecekte de sürdürülmesi ve gerçekleştirilmesidir. Ancak hedeflenen kullanımların önemine göre değişebilmektedir.

Gelecekteki amaçlar doğrultusunda yararlı kullanımlar öncelik

sırasına göre aşağıda verilmektedir.

- . Yerleşim bölgelerine su temini
- . Tarımsal su temini
- . Endüstriyel su temini
- . Rekreasyon
- . Su ürünleri üretilmesi ve avlanması
- . Hidroelektrik güç temini
- . Atıksuların uzaklaştırılması
- . Gemi taşımacılığı

Havzada gelecekte uygulanması öngörülen yararlı kullanımların dağılımı şekil 4.2 de verilmektedir.

#### Yerleşim Bölgelerine Su Temini

Proje alanında bulunan Kütahya ve Eskişehir'in içme ve kullanma suyunun 2000 li yıllarda Kütahya için 7, Eskişehir için ise 100 milyon m<sup>3</sup> arasında olacağı hesaplanmıştır. Bu artış doğrultusunda yeraltısuyu kaynaklarının tükenme ve atık su deşarjlarıyla aşırı kirlenme tehlikesi gözönünde bulundurulurarak Porsuk nehrinden yararlanma yoluna gidilmiştir.

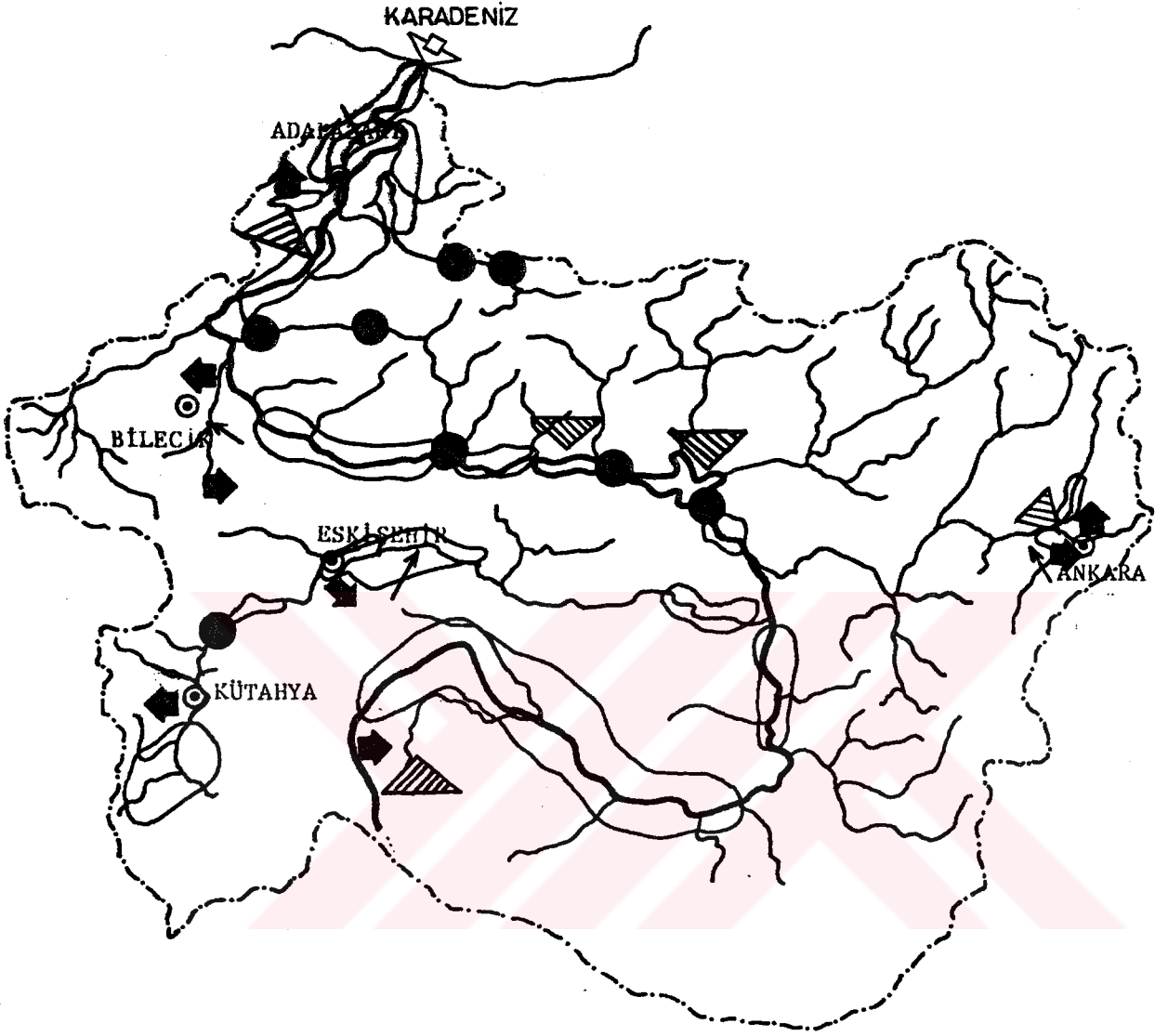
Bu düşünce çerçevesinde Porsuktan beslenen Kütahya kenti su şebekesi 1988 yılında işletmeye açılmıştır. Eskişehir kenti içinde kaynak olarak Porsuk Barajından yararlanılacaktır. İçmesuyu arıtma tesisleri inşası devam etmekte olan Eskişehir kentinin içmesuyu şebekesi ise 1990 yılında hizmete açılacaktır (DSİ 1989). Ayrıca Ankara'nın artan su gereksinimini karşılamak üzere Ankara Çayının kolları üzerinde yeni su rezervuarları ilavesiyle yılda 1 milyon m<sup>3</sup> ilave su sağlanması hedeflenmektedir.

Kentlere su temininde meydana gelen büyük artış bu yararlı kullanımın ilk sırayı alacağına göstergesidir.

#### Tarımsal Su Temini

Yapılan sosyo-ekonomik incelemelerden tarımsal etkinliğin yöre halkı için gelecekte de önemini koruyacağı gözlenmiş





Şekil: 4.2 - Sakarya havzasında halihazır ve gelecekteki yararlı kullanımlar.

olup, bu düşünce doğrultusunda sulama gereksinimlerini karşılayacak yatırımlar gündeme gelmiş ve bu alanda yetkili kuruluşlardan biri olan DSİ tarafından çeşitli projeler gerçekleştirilmiştir. Bunlardan büyük bir kısmı işletmeye açılmıştır. Halen tüm havzada planlama aşamasında olan sulama projeleri Tablo 4.1 de verilmektedir.

#### Endüstriyel Su Temini

Ekonomik gelişmeye paralel olarak havzadaki endüstrileşmenin de hızlı bir artış göstereceği beklenmektedir. Kurulan yeni endüstriler bir yandan havzaya yeni ekonomik boyutlar kazandırırken, diğer yandan önemli miktarda su tüketimine neden olacaklardır. Sonuç olarak halen kurulmuş olan veya ileride kurulacak olan endüstrilere su teminine ilişkin bir yararlı kullanım gelecekte de amaçlanan önemli hedeflerden biri olacaktır.

#### Rekreasyon

Gelecekte havzanın ekonomik yönden kalkınması halkın kültürel açıdan gelişmesiyle rekreasyon alanlarına gereksinimini artıracaktır. Özellikle Porsuk ve Çubuk barajı gibi büyük kentlerin yakınında olan baraj gölleri civarı dinlenme alanları kurulması açısından uygun kesimlerdir. Sarıyar ve Gökçekaya Barajlarından da görülecek ilgi oranında aynı amaçlar için yararlanılabilir.

#### Su Ürünleri Üretilmesi ve Avlanması

Su kalitesi yönetiminde saptanacak önlemlerle ulaşılabilecek en iyi su kalitesi, çok duyarlı olmayan su ürünleri üretimini sağlayabilir (GARLAND 1982). Porsuk, Sarıyar ve Gökçekaya gibi baraj gölleri bu amaca hizmet verebilir. Özellikle Sarıyar ve Gökçekaya barajlarında su kalitesinin yüksek oluşundan yararlanılarak ihracat amaçlı su ürünleri çiftliği kurulması olası görülmektedir.

### Hidroelektrik Güç Temini

Verimli vadi topraklarının sular altında kalmaması için daha fazla taşkın barajı yapılması gerekmektedir. Ancak bu verimli ve tarıma elverişli toprakların büyük hidroelektrik santral inşaatları ile kayba uğraması uzmanları bu konuda fizibilite çalışmaları yapmaya yöneltmiş ve sonuçta nehir tipi santral kullanımının daha elverişli olduğu görüşünde birleşmişlerdir.

Bu şekilde elde edilen enerji daha az olsa da bölgede kullanımı yaygın ve değerli olan tarımsal arazi kaybını engellemiş olacaktır.

### Atıksuların Uzaklaştırılması

Yerleşim merkezlerinin ve endüstrilerin atıksularının arıtıldıktan sonra, yayılı kaynaklardan gelen atıksuların ise doğrudan deşarj edilmesi nedeniyle nehir gelecekte de alıcı ortam olarak kullanılmaya devam edecektir. Nüfusun ve endüstrilerin artmasına paralel olarak su kullanımı da artacağından deşarjların da artacağı açıktır. Ancak büyük yerleşimlerin biyolojik arıtma tesislerinin devreye gireceği, yeni kurulacak endüstrilerin daha az atıksu üreten gelişmiş teknolojileri kullanacakları ve kurulu endüstrilerin modernizasyon çalışmaları ile atık yüklerini azaltabilecekleri varsayımı ile nehre deşarj edilecek kirletici parametrelerin önemli boyutlara ulaşmayacağı düşünülebilir. Sulama projelerinin devreye girmesi ve tarımsal etkinliklerin artması ile yayılı kaynak kirleticileri ve sulama suyundan dönen noktasal deşarjlar artacaktır. Nehre drene olan yayılı kaynak kirleticilerin engellenmeside sulama suyundan dönen noktasal deşarjların önüne sedde koymak suretiyle bu suların tekrar geri döndürülmesi yoluyla olabilir. Böylece çift yönlü bir kazanç elde etmek olası gözükmektedir.

### Gemi Taşımacılığı

Orta Sakarya Havzasında devreye girecek taşkın barajları ile

nehir debisi düzenlenebileceğinden Aşağı Sakarya havzasında gemi taşımacılığı daha yaygın hale gelebilir. Yapılacak fizibilite çalışmaları doğrultusunda Marmara denizine bağlantı kanalları ile taşımacılık bu yola kaydırılabilir.



## BÖLÜM 5. SAKARYA HAVZASINDA SU KALİTESİ

Su kalitesi izleme çalışmaları, alıcı ortama verilen kirletici kaynakların etkilerinin görülmesi, gelecekte alınması gereken önlemlerin belirlenebilmesi ve kontrolü amacıyla yapılmaktadır. Bu bölümde Sakarya ve yan kollarında günümüze kadar değişik projelerle bu proje kapsamında yapılan izleme çalışmaları, elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler verilmektedir.

### 5.1 Sakarya Havzasında Su Kalitesi İzleme Çalışmaları

#### 5.1.1-Proje Öncesi İzleme Çalışmaları

1983 yılında İTÜ ve DSİ tarafından beraber yürütülen NATO'nun finanse ettiği "Sakarya Havzası Su Kalitesi Yönetimi" Projesi başlamadan önce Havza'da özellikle endüstriyel etkinliğin yoğun olduğu kesimlerde kısa ve uzun dönemli çalışmalar yapılmıştır.

Sakarya Havzasında su kalitesi izleme çalışmaları ilk kez 1969 yılında DSİ III. Bölge Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. Yapılan deney programına göre Porsuk Çayı'nın Eskişehir kentine giriş ve çıkışı ile Çayı kirleten Şeker, Tekstil, Lokomotif fabrikaları ve Organize Sanayi atıksu kanallarından aylık dönemler halinde örnekler alınmıştır. Bir yıl süren bu çalışma sonunda Porsuk Çayı'nın kirliliği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. (DSİ, 1970)

İkinci çalışma ise 1974 yılında Porsuk Barajından Eskişehir'e içme ve kullanma suyu projesi gündeme geldiğinde başlatılmış ve içme su kalitesinin standartlara uyumu için kirletici kaynaklarda alınması gereken önlemler açıklanmıştır.

Aynı yıllarda Kütahya Azot fabrikası deşarjından alınan örneklerde yapılan inceleme sonucu nitrat değerlerinin ilerki yıllarda standartları aşacağı hesaplanarak fabrikanın önlem

alanı gerekliliği vurgulanmıştır.

Mart 1974-Ocak 1975 tarihleri arasında Sakarya nehrinin hayli kirlenmiş yan kolları olan Porsuk ve Çarksuyu tarafından ne derece etkilendiğini belirlemek amacıyla yeni bir çalışma başlatılmıştır. Örnek alma noktaları Porsuk Çayının geçtiği Kütahya ve Eskişehir, Çarksuyu'nun geçtiği Sakarya illerinin giriş ve çıkışlarıyla bu yan kolların Sakarya nehrine karışmadan önceki ve sonraki kesimler olarak seçilmiştir. Aylık örnekler halinde alınan örnekler DSİ III. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucu Porsuk ve Çarksuyunun evsel ve endüstriyel atıksular nedeniyle etkilendiği sonucuna varılmıştır. (DSİ, 1977).

1978 yılında DSİ, Birleşmiş Milletler Geliştirme Programı çerçevesinde WHO (Dünya Sağlık Örgütü)nün katkılarıyla Türkiye'de örnek oluşturmak üzere Porsuk Çayında bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışma için Porsuk Çayı'nın kaynağından Sakarya'ya karıştığı yere kadar 10 örnekleme noktası seçilmiş, ayrıca Kütahya ve Eskişehir ili endüstri kuruluşları atıksularından da örnekler alınarak 2 yıl süre ile sistematik bir çalışma yürütülmüştür. 1980 yılında tamamlanan bu projede Porsuk Çayı baraj öncesi ve baraj sonrası olmak üzere 2 bölümde incelenmiştir. Çayın, kaynağından Porsuk baraj gölüne kadar olan ilk bölümünde Eskişehir Kenti için içmesuyu olarak kullanım amacına uygunluğu araştırılmış, Eskişehir'den sonraki ikinci bölümünde ise akarsuyun atık özümleme kapasitesi değerlendirilmiştir. Porsuk çayının özellikle Kütahya ile Eskişehir arasında aşırı kirlenmiş olduğu, çayın ancak Yunussemre örnekleme istasyonundan sonra kendi kendini temizlenmeye başladığı, Sakarya nehrine ulaştığında ise halen bir miktar kirlilik bulunduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda endüstrilerin ve büyük kentlerin ivedi önlemler almaları gerektiği vurgulanmıştır. (DSİ, 1980)

Daha sonraki yıllarda ise Porsuk Çayı üzerinde devamlı izleme noktaları seçilerek gözlem çalışmalarına devam edilmiştir.

(DSİ, 1989). Porsuk havzasında bu projeler kapsamında örnek alınan istasyonlar Şekil 5.1 de verilmektedir.

#### 5.1.2 Bu Proje Kapsamında Yapılan Su Kalitesi İzleme Çalışmaları ve Sonuçları

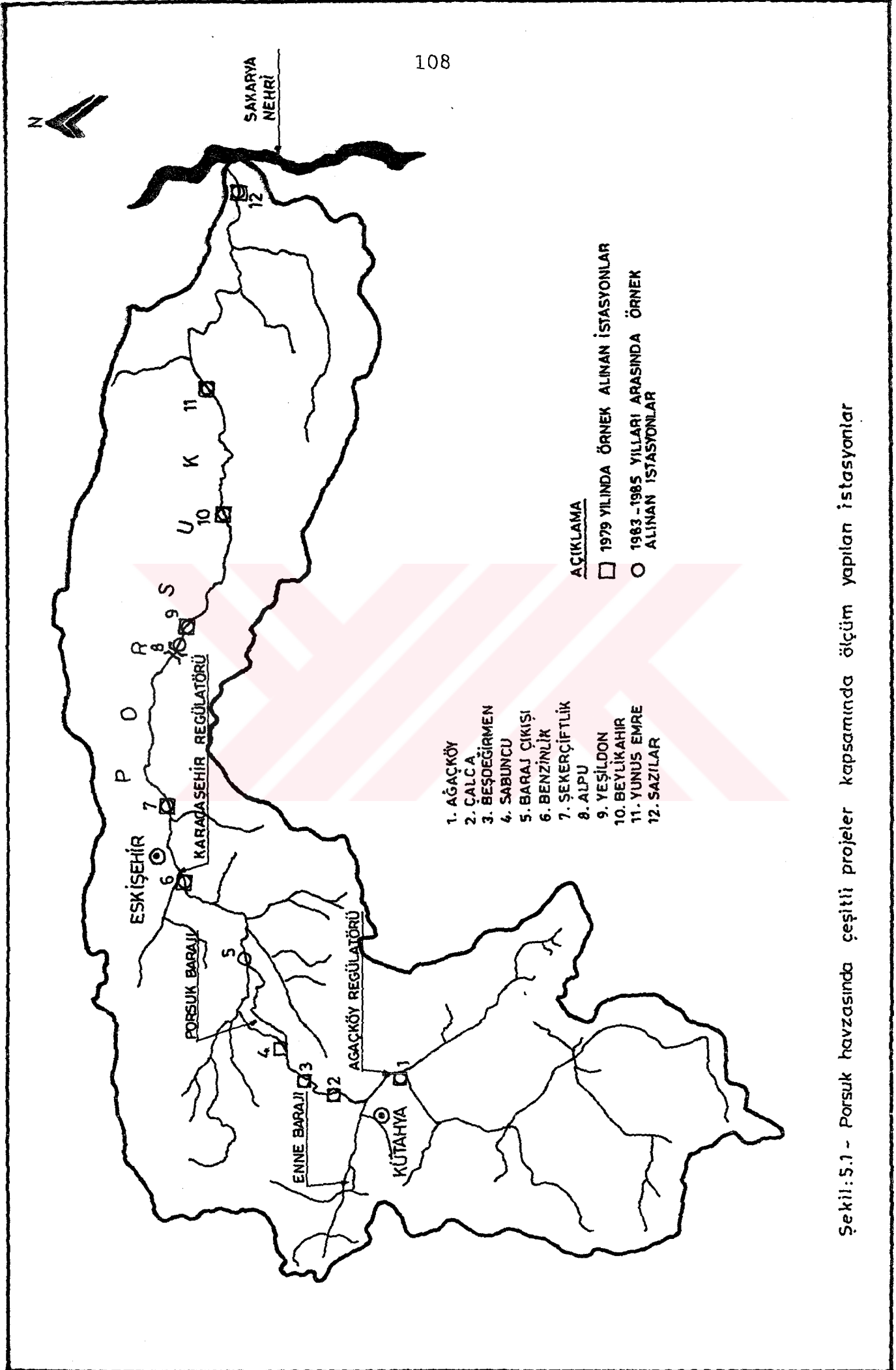
1983 yılında beş yıllık süre ile başlatılan bu çalışmada Sakarya havzasında yararlı kullanımlar açısından su kalitesinin uygunluğunun araştırılması ve modelleme aşaması için veri toplanması amaçlanmıştır. Bu iki temel amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar aşağıda sıralanmaktadır.

- . Havzadaki mevcut su kalitesi ve kantitesini belirlemek amacıyla veri toplanması
- . Mevcut ve ileride kurulması düşünülen endüstrilerden gelecek atıksu deşarjlarının yaratabileceği etkilerin belirlenmesi
- . Büyük çaplı sulama projelerinin devreye girmesi halinde havzada akarsudan çekilen suyun kaliteye etkisinin belirlenmesi
- . Su kaynaklarında kirlenmenin önlenmesi için izlenecek politikaların belirlenmesi
- . Su kaynaklarında yararlı kullanım amaçlarına bağlı olarak kabul edilebilir kirlilik yükünün belirlenmesi
- . Su kalitesini sürekli izlemek için bir metodoloji geliştirilmesi

Bu kapsamda yapılan program başlıca üç bölümde yürütülmüştür.

##### 5.1.2.1 Deney Programının Belirlenebilmesi İçin Yapılan Kısa Süreli ve Sık Aralıklı Çalışmalar

Bu projeden önce yapılan çalışmaların yeniden gözden geçirilmesi, matematik modellemede durum değişkenlerinin seçilebilmesi, önemli süreç ve mekanizmaların belirlenebilmesi için bir ön çalışma yapılmıştır. Bu çalışma sırasında durum değişkenlerinin günlük ve kritik dönem olarak adlandırılan yılın en kurak dönemindeki değişimleri araştırılmıştır.



Şekil:5.1 - Porsuk havzasında çeşitli projeler kapsamında ölçüm yapılan istasyonlar



Mevcut ölçüm istasyonlarında debi, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve çözülmüş oksijen günde 1 saatlik zaman aralıklarında ölçülmüştür. Organik madde , orto fosfat, organik azot, amonyak azotu, nitrit ve nitrat azotu gibi diğer parametreler günlük ölçümler ile aynı zaman aralığında 24 saatlik kompozit numuneler halinde analiz edilmiştir. Bu deneyler 15 günlük devreler halinde 1982 yazında Ağustos ve Eylül aylarında iki kez yapılmıştır. Buna ek olarak akarsuyun en kirlenmiş yerlerini karakterize eden 2 istasyonda, bütün durum değişkenleri hergün alınan örnekler üzerinde analiz edilerek günlük maksimum ve minimum değerleri belirlenmiştir.

Edinilen bilgilerle bu proje kapsamında

- . Ölçüm istasyonunun seçimi
- . Deney aralığının seçimi
- . Parametre seçimi
- . Ölçüm ve analiz yöntemlerinin seçimi konusunda belirlemeler yapılmıştır. (İTÜ,1982)

#### Ölçüm İstasyonu Secimi

Akarsuda çeşitli noktalarda su kalitesinin belirlenmesi amacıyla öncelikle ölçüm istasyonlarının yerleri seçilmiştir. Bu istasyonların yerlerinin seçiminde başlıca günümüzdeki ve gelecekteki yararlı kullanımlar, bu kullanımların yerleri, birbirlerine olan öncelikleri, endüstri deşarjlarının yerleri ve bazı bölgelerdeki ölçüm sonuçları esas alınmıştır. (GÖNENÇ ve diğ., 1983).

1979 yılından beri ölçümlerin sürdürüldüğü bu istasyonlar 2. Bölümde Şekil 2.2 de gösterilmektedir. Belirlenen ana hatlar çerçevesinde istasyon seçimi yapılırken

- . EİE'nin akım gözlem istasyonlarının yakınında,
- . Akarsuyun henüz kirlenmemiş olan ve doğal kalitesini koruyan kaynak kısmında,
- . Kirletici kaynakların deşarj kanalları ile bu kanalların akarsuya karıştıkları noktadan hemen sonra tam karışımın gerçekleştiği yerlerde,
- . Yan kolların ana kola birleşmesinden önce ve sonra,
- . Baraj giriş ve çıkışlarını karakterize edebileceği düşünülen yerlerde,

- . Sulama suyu çekişleri ve dönüşleri olan yerlerde olmasına dikkat edilmiştir.

Bu proje kapsamında yukarıda sıralanan seçimlere uygun düşmeyen Sabuncu ve Yunusemre ölçüm istasyonları yerine Beşdeğirmen, Barajçıkış ve Beylikahır istasyonlarında ölçümlere devam edilmiştir. Sabuncu istasyonu Porsuk barajından hemen önce yer aldığı için barajda meydana gelen şişmeden etkilendiğinden bu istasyonun yeri kaynak tarafına kaydırılarak Beşdeğirmen istasyonu devreye sokulmuştur. Ayrıca baraj çıkışında da aynı adla anılan bir ölçüm istasyonu daha kurulmuştur. Yunusemre istasyonu ise Porsuk'un mansabında yer alan Sazılar istasyonu ile hemen hemen aynı özelliklere sahip olduğundan bu istasyon yerine kirletici kaynakların deşarj noktalarına daha yakın olan Beylikahır istasyonu kurulmuştur. Ayrıca Kümaş Manyezit Fabrikası atıksuları yüksek konsantrasyonda askıda madde içerdiğinden fabrika yakınında bulunan Çalca istasyonunun kesiti değişmiş bu nedenle istasyonun yeri uygun konuma kaydırılmıştır.

#### Deney Aralığı Seçimi

Akarsu istasyonlarında ve endüstrilerin deşarj kanallarında ölçümü yapılacak parametrelerin deney aralığı, parametrelerin özelliğine ve ölçüm yöntemine göre belirlenmiştir. Örneğin durum değişkenleri her ay kritik akım dönemlerinde ayda iki kez olmak üzere, metaller her mevsimde bir kez olmak üzere yılda dört kez ölçülmüştür.

#### Parametrelerin Seçimi

Havzadaki su kalitesi ölçümleri akarsuda çeşitli noktalar-daki kirlenme durumunun, bugünkü ve gelecekteki yararlı kullanımlar gözönüne alınarak değerlendirilmesi amacı ile yapılmıştır. Bu nedenle ölçümü yapılacak parametreler

- . Çeşitli yararlı kullanımlar açısından kirlenmeyi
- . Endüstriyel ve evsel deşarjların su kalitesi üzerine etkilerini
- . Kirliliğin fiziksel ve kimyasal parametre gruplarıyla karakterizasyonunu

belirleme amaçlarına yönelik olacak şekilde seçilmiştir. Bu esaslar doğrultusunda seçilen parametreler Tablo 5.1 de verilmektedir DSİ (1980).

Fiziksel ve kimyasal parametrelerin dışında biyolojik ve hidrobiyolojik parametrelerin de ölçülmesi düşünülmüş, ancak gerçekleştirilememiştir DSİ (1980).

Bu çalışmayı da içeren NATO Projesi kapsamında çeşitli parametre grupları için örnekleme istasyonlarının yerleşimleri Şekil 5.2 de verilmektedir.

Ancak çeşitli nedenlerle bu parametrelerden bazıları ölçüm programından çıkartılmıştır.

#### Ölçüm ve Analiz Yöntemlerinin Seçimi

Bu proje kapsamında ölçülen parametreler ağır metaller ve bakteriyolojik parametreler dışında DSİ Laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Ağır metaller M.T.A. Enstitüsü Genel Müdürlüğü ve İ.T.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümünde, bakteriyolojik parametreler ise S.S.Y.B.'na bağlı Halk Sağlığı Laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

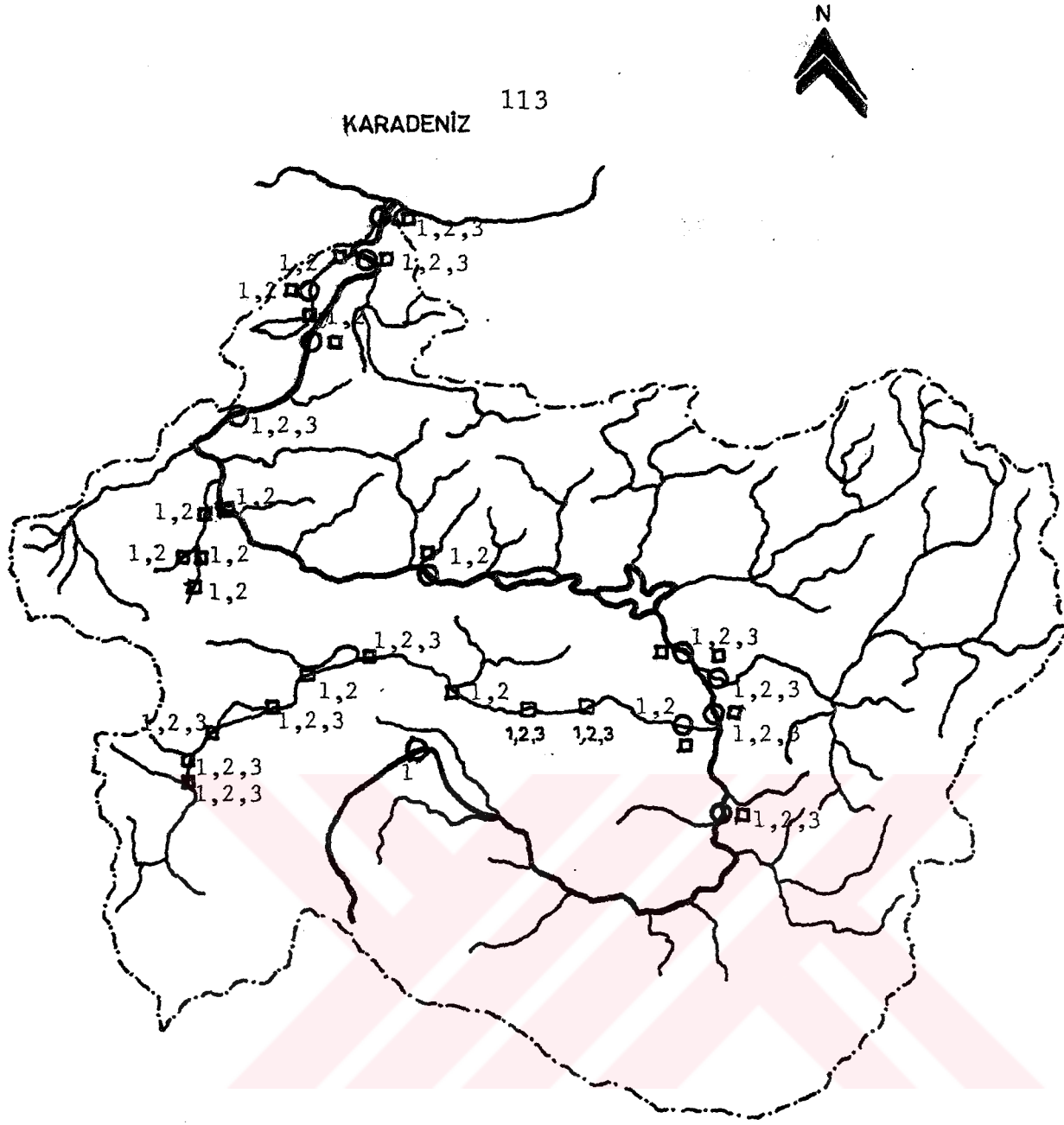
Ölçümlerde standart yöntemler kullanılmıştır. ( Standard Methods, 1975 ), (DSİ, 1976). Her bir parametrenin ölçümünde aynı analiz yönteminin kullanılmasına çalışılmış, buna karşın elde edilen değerlerde örnek alma, ölçümde kullanılan araç gereçler, insan faktöründen kaynaklanan hatalar ve duyarlılık farklılıklarıyla karşılaşmıştır. Ölçüm yöntemlerinin duyarlılığı gözönünde tutularak parametre değerlerinde birlikteliğin sağlanmasına çalışılmıştır.DSİ (1980)

Ölçülen parametrelere ait yöntemler ve birimler Tablo 5.2 ve 5.3 de verilmektedir.

TABLO 5.1 ÖLÇÜMÜ YAPILAN PARAMETRELER\*

Parametreler	Akarsuda Ölçüm	Endüstrilerde Ölçüm
Debi	+	+
Sıcaklık	+	+
Bulanıklık	+	
Askıda Katılar	+	+
Çökebilir Katılar		+
Çözünmüş Katılar		+
Toplam Katılar		+
pH	+	+
İletkenlik	+	+
Tuzluluk	+	
Çözünmüş Oksijen	+	
BOI <sub>5</sub>	+	+
KOI	+	+
NH <sub>3</sub> -N	+	+
NO <sub>2</sub> -N	+	+
NO <sub>3</sub> -N	+	+
Klorür	+	
Alkalinite	+	+
Toplam Sertlik	+	+
Fosfat	+	
Demir	+	
Siyanür	+	
Ağır Metaller	+	+

\*(+) işareti bu parametrelerin akarsuda en az bir istasyonda veya endüstride en az bir kere ölçüldüğü anlamında kullanılmıştır.



PARAMETRELER

1		2		3	
Na	pH	BOD	As		
K	T	COD	Cr		
Mg	DO	NH <sub>3</sub> -N	Cu		
Ca	SS	NO <sub>2</sub> -N	Fe		
SO <sub>4</sub>	Bula.	NO <sub>3</sub> -N	Pb		
Cl	EC	Org-N	Hg		
HCO <sub>3</sub>	TDS	O-PO <sub>4</sub>	Se		
CO <sub>3</sub>	Debi	Top-P	Zn		
B			Cd		
			Ni		

○ İlk Çalışma İstasyonları      □ İzleme İstasyonları

Şekil: 5.2 - İzleme programı içinde ölçülen parametreler

TABLO 5.2 HER ÖRNEKLEME NOKTASINDA ÖLÇÜLEN PARAMETRELER, ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ VE BİRİMLERİ

Parametreler	Simge	Parametrelerin Ölçüm Yöntemleri	Birim
Debi	Q	Limmigraf, eşel veya yerinde Ölçüm	m <sup>3</sup> /sn
Su Sıcaklığı	T	Termometre	°C
PH	PH	PH Metre	
Elektriksel İletkenlik	EC	İletkenlik Ölçer	µmhos/cm
Toplam Alkalinite	TA	Titrasyon	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Klorür İyonu	Cl <sup>-</sup>	Titrasyon	mg/l
Amonyak Azotu	NH <sub>3</sub> -N	Kolorimetrik	mg/l
Nitrit Azotu	NO <sub>2</sub> -N	Kolorimetrik	mg/l
Nitrat Azotu	NO <sub>3</sub> -N	Kolorimetrik	mg/l
Çözülmüş Oksijen	DO	DO Metre, Winkler Yöntemi	mg/l
Permanganat Değeri	PV	Permanganat Yöntemi	mg/l O <sub>2</sub>
Orto-Fosfat	O-PO <sub>4</sub>	Kolorimetrik	mg/l

TABLO 5.3 SU KAYNAĞININ ÖZELLİĞİNE VE KULLANIM AMACINA GÖRE ÖLÇÜMÜ  
YAPILAN PARAMETRELER

Parametre	Simge	Parametrelerin Ölçüm Yöntemleri	Birim
Toplam Çözünmüş Katılar	TDS	Gravimetrik	mg/l
Askıdaki Katılar	SS	Gravimetrik	mg/l
Çökebilir Katılar	Set.S	Volumetrik	ml/l
Bulanıklık	Turb	Turbitimetre,Komperatör	SiO <sub>2</sub> ,JIU,NIU
Renk	Col	Komperatör	Pt-Co
Fenolftalain Alkalinite	P-Al	Titrasyon	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	BOI <sub>5</sub>	5 Gün Seyrelme	mg/l
Toplam Sertlik	TH	Titrasyon	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Sülfat İyonu	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Kolorimetrik	mg/l
Serbest Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	Titrasyon	mg/l
Demir	Fe	Kolorimetrik	mg/l
Mangan	Mn	Kolorimetrik	mg/l
Sodyum	Na	Fotometrik	mg/l
Potasyum	K	Fotometrik	mg/l
Kalsiyum	Ca	Fotometrik, Titrasyon	mg/l
Magnezyum İhtiyacı	Mg	Fotometrik, Titrasyon	mg/l
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	KOI	Dikromat Yöntemi	mg/l
Toplam Kjeldahl Azotu	TKN	Kjeldahl Yöntemi	mg/l
Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S	Titrasyon	mg/l
Toplam Fosfor	Top-P	Kolorimetrik	mg/l
Siyanür	CN	Kolorimetrik	mg/l
Bor	B	Kolorimetrik	mg/l
Kurşun	Pb	Atomik Absorpsiyon	mg/l
Arsenik	As	Kolorimetrik	mg/l
Krom	Cr	Kolorimetrik	mg/l
Bakır	Cu	Atomik Absorpsiyon	mg/l
Çinko	Zn	Kolorimetrik, Atomik Absorpsiyon	mg/l
Cıva	Hg	Atomik Absorpsiyon	mg/l
Fenol	Fen.	Kolorimetrik	mg/l
Flor	F	Kolorimetrik	mg/l
Selenyum	Se	Atomik Absorpsiyon	mg/l
Çözünmüş Silis	Çöz. Silis	Kolorimetrik	mg/l SiO <sub>2</sub>
Toplam Koliform	T-Coli	Tüp Yöntemi	sayı/100 ml
Toplam Germ	T-Germ	Tüp Yöntemi	sayı/100 ml
Fekal Koliform	F-Coli	Tüp Yöntemi	sayı/100 ml

Bu ön çalışma sonucunda kesit homojenliği, örnekleme yöntemleri, çeşitli analizler için örneklerin saklanması, örnekleme dönemlerinin belirlenmesi ile laboratuvar aletlerindeki analiz hata payının en aza indirgenebilmesi amacıyla laboratuvar aletlerinin kalibrasyonu yapılmıştır.

#### 5.1.2.2 Akarsuda Yapılan Uzun Dönemli Çalışmalar

Akarsuda yer alan örnekleme istasyonlarında eldeki olanaklar çerçevesinde ölçüm ve analizler ayda ancak bir kez yapılabilmektedir. Bu nedenle ay içindeki değişimler karakterize edilememiştir. Bu proje kapsamında 1983-1985 su yıllarında Sakarya Porsuk ve Karasu istasyonlarında yapılan ölçümlere ait değerlendirmeler Tablo 5.4, 5.5 ve 5.6 da verilmektedir.

Tablolardaki veriler incelendiğinde minimum ve maksimum değerler arasındaki sapmanın büyük olduğu görülmektedir. Bu fark endüstriyel etkinliklerin yoğun olduğu bölgelerde ani ve değişken kirlilik artışlarından kaynaklandığı için özellikle bu kesimlerde bulunan ölçüm istasyonlarında daha belirgindir.

#### 5.1.2.3 Kirletici Kaynaklarda ve Akarsuda Aynı Anda Yapılan Çalışmalar

Projenin 1985 yılı çalışma programında Porsuk Çayına deşarj yapan endüstrilere, 1986 yılında da Karasu'ya deşarj yapan endüstrilere "Bilgi Formları" dağıtılarak kuruluşların hammadde yükleri, üretimleri ve deşarj düzenleri hakkında bilgi toplanmıştır. (Konuya ilişkin ayrıntılı bilgi 3. Bölümde verilmektedir.) Endüstriler hakkında edinilen bilgiler ışığında örnek alma düzeni ve parametre seçimi belirlenmiştir. Bir taraftan fabrikaların atık kanallarından bir saat ara ile 8 saatlik kompozit nümune alınırken diğer taraftan alıcı ortam olan Porsuk ve Karasu'da da paralel bir çalışma yürütülmüştür. Örnekler, alıcı ortamdaki akarsu hızına göre, bir istasyondan geçen taneciğin bir sonraki istasyona varış süresi hesaplanarak alınmıştır. Böylece iki istasyon arasındaki geçiş süresi boyunca parametre konsantrasyonlarındaki değişim gözlemlenmiştir. Debi ölçümlerinin de yapıldığı bu çalışmalar ayda 2 kez tekrarlanarak toplam 7 ay sürdürülmüştür. (DSİ,1989)



TABLO 5.4 SAKARYA NEHRİ ÜZERİNDEKİ DSİ ÖLÇÜM İSTASYONLARINA AİT VERİLER

Parametre	KOZYAKA											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	6	0.15	1.37	3.40	3	0.21	0.29	0.38	2	0.21	0.76	1.3
T (°C)	6	4.5	12.5	18.5	4	2.5	11.3	20.5	2	11.5	16.0	20.5
ÇO (mg/l)	6	8.2	9.87	12.0	4	8.3	10.0	13.0	2	8.6	9.9	11.2
BOI (mg/l)	6	0.5	1.08	1.5	4	1.1	1.57	2.3	2	2.2	2.4	2.6
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	0.1	0.31	0.42	4	0.14	0.18	0.23	2	0.30	0.32	0.35
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	6	0.008	0.013	0.038	4	0.00	0.012	0.026	2	0.013	0.028	0.043
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	0.50	1.16	1.75	4	1.5	1.7	1.8	2	0.50	0.62	0.75
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	6	0.08	0.16	0.29	4	0.03	0.25	0.68	2	0.03	0.12	0.22
	KAVUNCU											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	12	19.0	33.2	70.0	11	18.30	31.36	56.0	12	14.40	23.65	47.70
T (°C)	12	7.0	14.3	24.0	11	5.5	14.4	22.5	12	10.0	17.8	23
ÇO (mg/l)	12	7.9	9.5	11.1	11	7.50	9.45	11.60	12	8.0	8.15	10.3
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	12	0.5	1.2	1.8	10	0.20	1.19	2.60	12	1.0	2.14	3.8
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.06	0.33	0.90	11	0.05	0.28	0.74	12	0.1	0.26	0.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.00	0.01	0.02	11	0.003	0.013	0.034	12	0.006	0.016	0.032
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.55	1.54	2.25	11	1.40	1.98	3.00	12	1.30	1.67	2.15
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.04	0.08	0.12	11	0.03	0.09	0.19	12	0.03	0.067	0.10

TABLO 5.4 devamı

Parametre	KARACA AHMET											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	12	25.16	40.4	80.5	11	36.0	52.35	98.0	4	29.5	52.1	69.4
T (°C)	12	7.0	14.5	22.0	11	5.0	14.2	22.5	4	9.5	14.4	21
ÇO (mg/l)	12	7.2	9.03	11.3	11	7.4	9.05	11.2	4	8.7	9.1	9.8
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	10	0.4	1.95	5.8	11	0.6	2.81	7.0	4	1.7	3.4	5.1
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.10	0.50	1.01	11	0.10	0.53	2.02	4	0.25	0.57	0.85
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.004	0.021	0.072	11	0.010	0.046	0.083	4	0.026	0.046	0.082
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.85	1.66	2.25	11	1.35	1.92	3.00	4	1.25	1.58	1.95
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)												
Parametre	DÜMREK											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	5	29.53	43.34	90.10	5	9.53	47.17	62.41	9	27.16	39.63	51.03
T (°C)	5	16.0	21.0	25.5	5	8.0	16.7	21.5	9	16.0	21.9	25.5
ÇO (mg/l)	5	6.2	6.94	8.0	5	6.2	7.82	10.3	9	6.8	7.7	8.6
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	5	1.8	2.9	4.0	5	1.2	3.62	5.3	9	2.5	4.85	7.6
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.69	1.15	2.24	5	0.15	0.94	2.0	9	0.3	1.06	2.6
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	5	0.004	0.08	0.147	5	0.056	0.119	0.190	9	0.089	0.133	0.198
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	1.75	2.24	2.96	5	1.35	1.93	2.50	9	1.65	2.3	3.0
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	5	0.14	0.51	0.70	5	0.64	0.75	0.81	9	0.64	0.84	1.17

TABLO 5.4 devamı

Parametre	YENİCE											
	Mart 1983-şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	12	12.18	60.45	107.15	11	55.56	104.15	205.25	3	5.80	107.93	218.00
T (°C)	12	7.0	13.5	20.0	11	8.0	13.2	18.0	3	8.5	12.2	15.0
ÇO (mg/l)	12	7.0	9.7	11.0	11	8.4	10.3	11.4	3	9.2	9.8	10.8
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	12	0.6	1.4	2.8	11	0.9	1.7	3.7	2	1.6	2.2	2.7
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.00	0.08	0.21	11	0.05	0.25	0.65	3	0.10	0.17	0.20
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.004	0.014	0.042	11	0.006	0.013	0.030	3	0.010	0.015	0.023
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.5	1.3	2.5	11	0.40	1.25	2.50	3	1.00	1.08	1.20
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.01	0.10	0.26	11	0.04	0.15	0.24	3	0.03	0.13	0.19

Parametre	HAMİTABAT											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	12	10.1	69.8	124.2	11	66.0	94.0	170.0	10	60.6	96.4	112.5
T (°C)	12	7.0	14.8	20.0	11	9.0	14.5	21.0	10	7.5	13.5	21.5
ÇO (mg/l)	11	7.5	9.6	11.6	11	8.2	10.1	11.5	10	8.2	10.3	11.4
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	12	0.3	1.5	3.0	11	0.7	1.6	2.6	9	1.2	2.1	3.0
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.05	0.18	0.64	11	0.05	0.25	0.56	10	0.00	0.18	0.55
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.004	0.018	0.095	11	0.006	0.014	0.033	10	0.00	0.012	0.023
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.50	1.22	2.10	11	0.40	1.35	2.50	10	0.65	1.14	1.50
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.01	0.10	0.24	11	0.06	0.18	0.27	10	0.03	0.13	0.26

TABLO 5.4 devamı

Parametre	PAMUKOVA											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	11	33.5	76.6	107.1	11	46.8	112.7	410.0	7	35.4	145.6	300.0
T (°C)	11	8.0	13.8	22.5	11	8.5	15.7	22.0	7	7.0	13.2	23.0
ÇO (mg/l)	11	8.1	10.2	12.0	11	8.5	9.8	11.2	7	9.1	10.4	11.8
BOI <sub>5</sub> (Mg/l)	11	0.5	1.6	3.4	11	0.3	1.3	2.4	7	4.0	2.6	1.8
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	11	0.10	0.24	0.48	11	0.05	0.24	0.65	7	0.10	0.30	0.35
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	11	0.007	0.012	0.023	11	0.005	0.010	0.016	7	0.010	0.016	0.030
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	11	0.5	1.19	2.25	11	0.80	1.42	2.50	7	0.50	0.94	1.30
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	11	0.06	0.09	0.14	11	0.03	0.12	0.20	7	0.03	0.10	0.17

Parametre	DOĞANÇAY											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	5	65.4	95.3	127.0	11	27.5	123.2	425.0	4	51.2	131.5	241.1
T (°C)	5	8.0	12.1	19.5	11	8.0	15.2	22.5	4	6.5	13.3	21.5
ÇO (mg/l)	5	8.0	10.2	11.4	11	8.2	9.8	11.5	4	9.9	11.0	11.8
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	5	0.8	1.7	2.6	11	0.6	1.3	2.4	4	1.4	2.6	4.4
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.27	0.33	0.37	11	0.10	0.19	0.46	4	0.10	0.15	0.20
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	5	0.008	0.014	0.019	11	0.004	0.011	0.022	4	0.010	0.015	0.020
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.46	1.04	1.75	11	0.85	1.45	3.00	4	0.20	0.55	1.10
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	5	0.040	0.096	0.160	11	0.03	0.12	0.20	4	0.030	0.097	0.170

TABLO 5.4 devamı

Parametre	BOTBAŞI											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	5	92.5	164.3	243.0	11	65.5	153.7	526.0	6	41.5	140.6	296.0
T (°C)	5	7.5	12.4	21.5	11	7.0	14.6	21.10	6	7.5	14.5	25.0
ÇO (mg/l)	5	8.0	10.4	11.7	11	8.1	9.8	11.6	6	9.2	10.4	11.8
BOI (mg/l)	5	0.7	1.3	2.1	11	0.6	1.2	3.2	4	1.9	2.2	2.7
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.10	0.25	0.38	11	0.10	0.24	0.45	6	0.15	0.24	0.45
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	5	0.004	0.012	0.019	11	0.004	0.010	0.023	6	0.006	0.011	0.016
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.40	0.87	1.75	11	0.65	1.29	2.25	6	0.35	1.0	1.65
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	5	0.08	0.12	0.16	11	0.09	0.14	0.20	6	0.03	0.07	0.20

Parametre	ADATEPE											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	10	96.0	163.8	290.0	11	93.4	184.8	587.4	12	70.2	210.2	490.0
T (°C)	11	6.0	13.6	22.5	11	7.0	15.0	22.5	12	7.5	15.8	25
ÇO (mg/l)	11	6.6	9.4	11.7	11	6.5	8.9	11.0	12	5.2	9.3	11.6
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	11	0.7	1.8	3.2	10	0.6	2.3	9.0	10	1.7	3.4	8.3
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	11	0.10	0.23	0.37	11	0.15	0.34	0.55	12	0.15	0.38	0.75
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	11	0.004	0.013	0.023	11	0.008	0.013	0.023	12	0.010	0.016	0.033
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	11	0.25	0.89	1.50	11	0.30	1.13	2.25	12	0.35	0.87	1.45
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	11	0.06	0.17	0.24	11	0.04	0.19	0.34	12	0.10	0.16	0.28

TABLO 5.5 PORSUK ÇAYI ÜZERİNDEKİ DSİ ÖLÇÜM İSTASYONLARINA AİT VERİLER  
AĞAÇKÖY

Parametre	Mart 1983- Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	12	0.15	4.81	8.61	10	1.94	8.79	40.2	12	0.51	5.38	28.3
T (°C)	12	7.0	13.4	20	10	8.0	13.58	18.5	12	7.0	15.8	20
ÇO (mg/l)	12	7.9	9.38	11.3	10	8.8	9.44	10.1	12	8.1	9.27	10.3
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	12	0.5	1.29	2.9	10	0.4	1.30	1.80	12	1.0	1.9	3.3
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.1	0.27	0.59	10	0.05	0.3	0.7	12	0.1	0.26	0.55
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.0	0.017	0.034	10	0.004	0.013	0.023	12	0.01	0.015	0.023
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	1.04	1.71	2.25	10	1.55	1.87	2.75	12	1.2	1.6	2.0
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.02	0.085	0.16	10	0.22	0.09	1.12	12	0.03	0.033	0.06

Parametre	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	6	1.8	6.27	11.0	10	5.0	12.28	44.0	11	2.0	9.4	44
T (°C)	6	8.0	11.7	19.5	10	8.0	15.5	22.0	11	6.5	18.2	23.5
ÇO (mg/l)	6	1.8	7.23	9.4	10	5.2	7.63	10.0	11	3.0	7.6	10.6
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	6	1.8	8.06	18.0	10	0.9	3.41	11.4	11	3.1	6.8	19.5
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	2.56	5.03	10.5	10	0.97	10.75	24.0	11	1.7	15.9	40
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	6	0.08	0.31	0.84	10	0.05	0.28	0.63	11	0.03	0.37	0.75
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	3.5	5.2	9.9	10	3.0	5.42	8.75	11	2.0	6.8	29.3
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	6	0.05	0.34	1.22	10	0.14	0.47	1.03	11	0.1	0.46	0.9

Parametre	BEŞDEĞİRMEN											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986			Mart 1985-Şubat 1986		
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	6	3.35	8.74	14.3	10	5.58	15.59	52.0	8	2.64	11.89	49.50
T (°C)	6	7.0	11.4	19.0	10	7.0	15.0	20.0	8	7	16.9	22
ÇO (mg/l)	6	3.7	7.83	10.0	10	6.4	7.5	9.7	8	3.8	6.9	10.6
BOI (mg/l)	6	3.0	7.9	17.3	10	0.4	3.24	9.3	8	5.5	8.8	14.5
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	2.36	6.87	21.0	10	0.92	7.62	22.0	8	1.8	13.8	43.75
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	6	0.10	0.44	0.82	10	0.045	0.27	0.57	8	0.033	1.65	10
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	3.00	6.4	20.0	10	2.65	4.75	7.3	8	1.70	15.75	19.5
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	6	0.05	0.41	1.52	10	0.14	0.43	0.82	8	0.10	0.4	0.70

Parametre	BARAJ ÇIKIŞI											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986			Mart 1985-Şubat 1986		
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	6	0.022	4.3	14.0	9	5.8	17.54	27.0	5	1.2	10.28	17.5
T (°C)	6	3.5	8.0	17.0	9	6.0	11.1	17.0	5	2	7.8	17
ÇO (mg/l)	6	8.0	10.3	11.4	9	8.6	9.98	12.2	5	8.8	10.5	12.2
BOI (mg/l)	6	2.2	3.77	6.1	9	1.3	1.84	4.0	5	2.6	5.8	10.3
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	0.16	1.09	1.5	9	0.7	1.15	1.60	5	1.6	2.3	2.9
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	6	0.023	0.095	0.186	9	0.023	0.073	0.182	5	0.013	0.061	0.099
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	1.6	3.23	6.3	9	0.80	2.35	3.5	5	0.7	2.31	3.0
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	6	0.02	0.13	0.24	9	0.04	0.15	0.27	5	0.03	0.12	0.24



Parametre	BENZİNLİK											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	12	0.14	1.28	3.30	10	0.83	7.80	22.0	10	2.0	5.2	17
T (°C)	12	3.5	10.6	17.0	10	6.0	11.95	17.0	10	2.0	13.0	17
ÇO (mg/l)	12	7.6	9.92	11.4	10	8.8	9.74	11.0	10	8.3	9.7	12.4
BOI (mg/l)	12	0.7	2.05	3.4	10	1.8	2.28	3.3	10	3.0	4.3	5.7
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.10	0.487	1.01	10	0.05	0.40	0.70	10	0.6	0.9	1.9
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.011	0.069	0.152	10	0.011	0.064	0.125	10	0.039	0.10	0.14
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	2.25	3.19	5.50	10	1.0	2.50	3.85	10	1.55	2.9	3.6
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.02	0.12	0.20	10	0.04	0.14	0.35	10	0.03	0.09	0.17

Parametre	ŞEKERÇİFTLİK											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	11	1.7	3.33	6.0	10	6.0	10.82	15.0	10	3.8	6.5	16.5
T (°C)	11	8.0	16.0	23.0	10	8.0	13.5	18.0	10	3.0	16	19.5
ÇO (mg/l)	11	2.2	5.21	7.5	10	4.2	6.5	8.2	10	2.2	5.2	10
BOI (mg/l)	11	3.7	349.6	10.21	10	3.0	80.00	340	10	18	71	167
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	11	0.69	3.62	7.5	10	0.15	1.25	3.0	10	0.65	1.3	3.0
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	11	0.046	0.26	0.50	10	0.053	1.39	0.212	10	0.07	0.27	0.48
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	11	0.35	2.33	5.75	10	0.85	2.25	3.50	10	0.2	1.7	2.8
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	11	0.02	0.60	2.50	10	0.03	0.187	0.56	10	0.0	0.09	0.47



TABLO 5.5 devamı

Parametre	YEŞİLDON											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985			Mart 1985-Şubat 1986					
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	5	5.2	7.8	13.4	9	11.0	17.7	25.0	9	10.0	11.5	14.0
T (°C)	5	7.0	11.5	17.0	9	6.0	14.6	18.0	9	16	19	21
ÇO (mg/l)	5	4.0	5.70	7.0	9	2.5	5.24	7.5	9	0.6	3.4	5.6
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	5	28.0	170.0	310.0	9	2.0	12.51	42	8	9.5	23	48
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.64	1.7	3.2	9	0.05	0.77	2.28	9	0.5	1.4	3.2
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	5	0.0	0.008	0.023	9	0.095	0.14	0.228	9	0.0	0.1	0.3
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	5	0.25	0.63	1.25	9	0.10	1.15	3.25	9	0.0	0.4	1.6
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	5	0.06	0.6	2.2	9	0.03	0.14	0.33	9	0.0	0.2	0.7

Parametre	BEYLİKAHİR											
	Mart 1983-Şubat 1984			Mart 1984-Şubat 1985								
	n	min	ort	max	n	min	ort	max				
Q (m <sup>3</sup> /sn)	12	6.0	15.96	23.5	7	8.84	12.1	23.5				
T (°C)	12	5	12.3	17.5	7	3	16.6	21.5				
ÇO (mg/l)	12	2	5.15	8.5	7	0.0	4.27	9.4				
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	11	1.9	19.5	64	7	5.5	13.6	38				
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.15	0.80	1.76	7	0.7	1.64	3.3				
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.0	0.111	0.167	7	0.0	0.10	0.185				
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.0	0.925	2.25	7	0.0	0.69	2.25				
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.03	0.115	0.35	7	0.03	0.18	0.54				

TABLO 5.5 devamı

Parametre	SAZILAR											
	Mart 1983-Şubat 1984				Mart 1984-Şubat 1985				Mart 1985-Şubat 1986			
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /s)	12	5.7	7.38	10.5	10	13.7	20.63	50.0	9	6.5	20.0	34
T (°C)	12	6.5	14.5	22.5	10	4.5	13.63	22.0	11	10	18.6	24.5
ÇO (mg/l)	12	6.8	8.13	9.3	10	7.6	8.90	11.0	11	7.2	8.5	9.4
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	12	1.0	28.8	170.0	10	1.0	8.49	19.0	11	3.6	5.8	11.3
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.32	1.91	5.12	10	0.10	1.057	3.28	11	0.2	1.12	2.8
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	12	0.0	0.042	0.125	10	0.042	0.097	0.17	11	0.036	0.125	0.25
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	12	0.25	0.86	2.08	10	0.40	1.39	3.25	11	0.65	1.44	2.25
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	12	0.11	0.263	0.62	10	0.03	0.2	0.45	10	0.03	0.18	0.37

TABLO 5.6 KARASU ÇAYI ÜZERİNDEKİ ÖLÇÜM İSTASYONLARINA AİT VERİLER

Parametre	KOCADERE (HALİSER ÖNCESİ)			
	Mart 1983-Şubat 1984			
	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	4	0.015	0.021	0.029
T (°C)	4	7	10.8	15
ÇO (mg/l)	4	5.6	10.8	9.12
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	4	0.4	0.66	1.1
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	4	0.17	0.36	0.64
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	4	0.019	0.023	0.026
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	4	5.45	6.12	6.75
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	4	0.08	0.10	0.12

Parametre	KARASU SAKARYA'YA KARIŞMADAN ÖNCE											
	Mart 1983-Şubat 1984				Mart 1984-Şubat 1985				Mart 1985-Şubat 1986			
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m <sup>3</sup> /sn)	6	0.716	4.13	5.82	11	0.88	3.49	10.0	7	0.39	2.74	4.12
T (°C)	6	7.5	12.5	22	11	6.5	14	22.5	7	6.0	12.4	22
ÇO (mg/l)	5	5.3	9.52	11.2	11	7.0	9.6	11.6	7	8.0	10.37	11.8
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	6	2.8	10.4	20	11	1.0	5.14	12.3	7	2.0	5.74	16
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	0.34	0.71	1.6	11	0.10	0.43	1.6	7	0.15	0.50	0.70
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	6	0.011	0.024	0.044	11	0.0	0.021	0.049	7	0.016	0.038	0.072
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	6	1.0	2.3	4.8	11	0.85	1.8	3.0	7	1.1	1.40	1.65
O-PO <sub>4</sub> (mg/l)	6	0.05	0.11	0.22	11	0.03	0.14	0.24	7	0.06	0.25	0.47

## 5.2 Su Kalitesi Kontrolu

Su potansiyeli açısından zengin bir ülke olan Türkiye'de çevrenin önemli bileşenlerinden biri olan su ortamlarının korunmasına ilişkin düzenlemelerde etkin ve akılcı çözümler bulunmalıdır. Bu çözümlerin çoklu yararlı kullanımlara yönelik olması su kalitesi kontrolunun önemli amaçlarından birini oluşturmaktadır.

### 5.2.1 Mevcut Düzenlemeler

Türkiye'de Cumhuriyet'in ilk yıllarından günümüze değin su kirliliğinin önlenmesi ile ilgili birçok düzenlemeler yapılmıştır. Bunlar bu konuda yetki verilen bir çok kurum ve kuruluşların çıkardığı çeşitli kanun, yönetmelik ve tüzükler ile Türkiye'nin katıldığı uluslararası sözleşmelerdir. Bu kanunlardan ilk dördü 1930 yılına kadar ardarda çıkan Limanlar Kanunu, Türk Kanunu Medenisi, Sular Hakkında Kanun, Umumi Hıfzısıhha Kanunu'dur.

Konu ile ilgili yetkilerin değişik kurumlara verilmiş olmasından merkezci bir politikanın uygulanamadığı ve bunun sonucu olarak etkin bir su kirliliği kontrolunun yapılamadığı görülmektedir. Bu konuda düzenlemeler yapmaya yetkisi olan kuruluşlar konuyu sadece kendi yaptırımlarını ilgilendiren yönüyle ele aldıklarından genel anlamda su kirliliğini önlemeye yönelik çözümler getirememişlerdir. Örneğin İmar ve İskân Yönetmeliği, yeni kuruluşları arazi kullanımında çevre sorunları yaratmamaya yönlendirirken, Türkiye'de su kalitesi kontrolunda standart kavramını ilke olarak oluşturan, 1971 yılında yürürlüğe giren 1380 sayılı "Su Ürünleri Kanunu" su ortamlarını yalnızca su ürünleri yetiştirme açısından değerlendirdiği için tüm su kirliliği problemlerine çözüm olamamıştır. Diğer taraftan 1984 tarihinde İSKİ tarafından düzenlenen "Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği"de sadece kanalizasyona kabul standardı kavramına yöneliktir. Son olarak 1988 yılında Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğünce hazırlanan "Su Kirliliği Yönetmeliği" çerçevesinde kıta içi yüzeysel sular için kalite sınıflaması yapılmıştır. Bu yönetmeliğe göre

akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen yüzeysel suların kaliteleri aşağıdaki şekilde belirlenmektedir:

- A- Sınıf I-Yüksek Kaliteli Su
- B- Sınıf II- Az Kirlenmiş Su
- C- Sınıf III-Kirli Su
- D- Sınıf IV-Çok Kirlenmiş Su

Belirtilen kalite sınıflarının uygun olduğu kullanım alanları her sınıf için aşağıda açıklanmaktadır.

A- Sınıf I Yüksek Kaliteli Su

- Yalnızca dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- Rekreasyon amaçları (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
- Alabalık üretimi
- Hayvan üretimi ve çiftlik gereksinimi
- Diğer amaçlar

B- Sınıf II- Az Kirlenmiş Su

- İleri veya uygun bir arıtma ile içmesuyu temini
- Rekreasyon amaçları
- Alabalık dışında balık üretimi
- Sulama
- Sınıf I dışındaki tüm kullanımlar

C- Sınıf III- Kirlenmiş Su

- Gıda, tekstil gibi özel kaliteli su gerektiren endüstriler dışında, uygun bir arıtma ile endüstriyel su temini

D- Sınıf IV- Çok Kirlenmiş Su

- Sınıf I, II, ve III ile verilen sulardan kalite parametreleri açısından daha düşük kaliteli yüzeysel sular

Sınıflandırmada geçerli olan su kalite ölçütleri ve bunun değerleri Tablo 5.7 de verilmektedir.

İnsan sağlığı açısından büyük önem taşıyan içmesuyu standartları ise TSE tarafından hazırlanmış, ayrıca buna ilaveten İstanbul Büyükşehir sınırları içinde geçerli olmak üzere İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından içmesuyu amacıyla kullanılacak su kaynaklarında istenen kalite saptanmıştır. TSE ve

TABLO 5.7 KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
<b>A) Fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler</b>				
1. Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
2. pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3. Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /l) <sup>a</sup>	8	6	3	<3
4. Oksijen doygunluğu (%) <sup>n</sup>	90	70	40	<40
5. Klorür iyonu (mg Cl <sup>-</sup> /l)	25	200	400 <sup>b</sup>	>400
6. Sülfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /l)	200	200	400	>400
7. Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/l)	0.2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	>2
8. Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05
9. Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/l)	5	10	20	>20
10. Toplam fosfor (mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P/l)	0.02	0.16	0.65	>0.65
11. Toplam çözünmüş madde (mg/l)	500	1500	5000	>5000
12. Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	>300
13. Sodyum (mg Na <sup>+</sup> /l)	125	125	250	>250
<b>B) Organik parametreler</b>				
1. KOİ (mg/l)	25	50	70	>70
2. BOİ (mg/l)	4	8	20	>20
3. Organik karbon (mg/l)	5	8	12	>12
4. Toplam Kjeldahl-azotu (mg/l)	0.5	1.5	5	>5
5. Emülsifiye yağ ve gres (mg/l)	0.02	0.3	0.5	>0.5
6. Metilen mavisi aktif maddeleri (MBAS) (mg/l)	0.05	0.2	1	>1.5
7. Fenolik maddeler (uçucu) (mg/l)	0.002	0.01	0.1	>0.1
8. Mineral yağlar ve türevleri	0.02	0.1	0.5	>0.5
9. Toplam pestisid (mg/l)	0.001	0.01	0.1	>0.1

TABLO 5.7'nin devamı

C) <u>Inorganik kirlenme parametreleri</u> <sup>d</sup>				
1. Civa ( $\mu\text{g Hg/l}$ )	0.1	0.5	2	> 2
2. Kadmiyum ( $\mu\text{g Cd/l}$ )	3	5	10	>10
3. Kurşun ( $\mu\text{g Pb/l}$ )	10	20	50	>50
4. Arsenik ( $\mu\text{g As/l}$ )	20	50	100	> 100
5. Bakır ( $\mu\text{g Cu/l}$ )	20	50	200	> 200
6. Krom (toplam) ( $\mu\text{g Cr/l}$ )	20	50	200	> 200
7. Krom ( $\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{l}$ )	ölçülenecek kadar az	20	50	> 50
8. Kobalt ( $\mu\text{g Co/l}$ )	10	20	200	> 200
9. Nikel ( $\mu\text{g Ni/l}$ )	20	50	200	> 200
10. Çinko ( $\mu\text{g Zn/l}$ )	200	500	2000	> 2000
11. Siyanür (toplam) ( $\mu\text{g CN/l}$ )	10	50	100	> 100
12. Florür ( $\mu\text{g F}^{-}/\text{l}$ )	1000	1500	2000	> 2000
13. Serbest klor ( $\mu\text{g Cl}_2/\text{l}$ )	10	10	50	> 50
14. Sülfür ( $\mu\text{g S} /\text{l}$ )	2	2	10	> 10
15. Demir ( $\mu\text{g Fe/l}$ )	300	1000	5000	> 5000
16. Mangan ( $\mu\text{g Mn/l}$ )	100	500	3000	> 3000
17. Bor ( $\mu\text{g B/l}$ )	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	> 1000
18. Selenyum ( $\mu\text{g Se/l}$ )	10	10	20	> 20
19. Baryum ( $\mu\text{g Ba/l}$ )	1000	2000	2000	> 2000
20. Alüminyum ( $\text{mg Al/l}$ )	0.3	0.3	1	> 1
21. Radyoaktivite (pCi/l)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta- aktivitesi	10	100	100	> 100
D) <u>Bakteriyolojik parametreler</u>				
1. Fekal koliform (EMS/100 ml)	10	200	2000	> 2000
2. Toplam koliform (EMS/100 ml)	100	20000	100000	> 100000

a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu  $0.02 \text{ mg NH}_3\text{-N/l}$  değerini geçmemelidir

d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektir

e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri  $300 \mu\text{g/l}$  'ye kadar düşürmek gerekebilir.

İSKİ tarafından hazırlanan standartlarla AET ülkelerince benimsenen standartlar içmesuyu temininde kullanılabilecek I. ve II. sınıf su kalite parametreleriyle Tablo 5.8 de karşılaştırılmaktadır. Bu tablonun incelenmesi sonucu İSKİ ve TSE standardının maksimum değerlerinin II. sınıf su kalitesini sağladığı görülmektedir. AET içmesuyu standartlarıyla karşılaştırıldığında ise AET ülkelerince öngörülen standartların yine II. sınıf su kalitesine yakın olduğu söylenebilir.

Su ürünlerinin üretilmesi ve avlanması amaçlarına uygun olabilecek alıcı ortamlar "Su Ürünleri Tüzüğü" denetimi altında Tablo 5.9 da verilen su kalite ölçütleri uyarınca yapılmaktadır.

Su Kalitesi Yönetmeliğinde belirlenen ve rekreasyon amacıyla kullanılan kıyı ve deniz sularında sağlanması gereken ölçütler Tablo 5.10 da, Sakarya Havzası için büyük önem taşıyan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri Tablo 5.11 de verilmektedir.

Ayrıca, Su Kalitesi Yönetmeliğinde belirlenen deşarj standartları Sakarya Havzasında yer alan endüstri kuruluşları ile evsel atıksular için Tablo 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, ve 5.19 da verilmektedir. (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1988)

#### 5.2.2 Su Kalitesinin Değerlendirilmesi

Sakarya Havzasının 1979-1986 yılları arasında yapılmış ve halen sürdürülmekte olan su kalitesi izleme çalışmaları ile Bölüm 5.2.1 de belirtilen su kalitesi sınıflandırmaları ışığında Sakarya Nehri ve yan kollarının halihazır kalite değerlendirmesi aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Sakarya'nın kaynak kısmında kalan Etibank Boraks İşletmesi nehrin bu kesiminde bor kirliliğine neden olmaktadır.



TABLO 5.8 İÇMESUYU STANDARTLARI

Parametre	İSKİ	T S E		AET	SINIF I	SINIF II
		İzin Ve.	Max.			
Sıcaklık (°C)	30			22	25	25
pH	6,5-8,5	7,0-8,5	6,5-9,2	5,5-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5
Oksijen Doygunluğu %	70			50	90	70
Klorür (mg/l)	250	200	600	200	100	200
Sülfat (mg/l)	400	200	400	150	200	200
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	1.0	-	-	0.8	0.2	1.0
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	-	-	-	-	0.002	0.01
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	10	-	45	-	5	10
Top.P (mg/l)	-	-	-	0.31	0.02	0.16
TÇM (mg/l)	-	-	-	-	500	1.500
Bulanıklık (NTU)	-	5	25	-	5	50
Renk (Pt,Co)	75	5	50	50	5	50
KOI (mg/l)	50	-	-	-	25	50
BOI <sub>5</sub> (mg/l)	10	-	-	-	4.0	8.0
TKN (mg/l)	1.5	-	-	2.0	0.5	1.5
Yağ-Gres (mg/l)	0.1	-	-	-	10	20
ABS (mg/l)	0.5	0.5	1.0	-	0.5	1.0
Civa (µg/l)	1.0	-	-	0.5	0.1	0.5
Kurşun (µg/l)	50	-	50	-	10	20
Arsenik (µg/l)	50	-	50	-	20	50
Top.Cr (µg/l)	50	-	20	-	20	50
Top CN (µg/l)	20	-	10	-	10	50
Florür (µg/l)	1.500	1.000	1.500	700-1.700	1.000	1.500
Demir (µg/l)	1.000	300	1.000	1.000	300	1.000
Mangan (µg/l)	500	100	500	100	100	500
Selenyum (µg/l)	10	-	10	-	10	10
Fenolik m. (µg/l)	2.0	-	2.0	1.0	0.002	0.01
Fek. Kol.EMS/100 ml	2.000	-	-	2.000	10	2.000

TABLO 5.9 SU YAŞAMININ KORUNMASI İÇİN SU KALİTE KRİTERLERİ

Parametre	Üst Limit
Sıcaklık	< 20°C
Çözünmüş Oksijen	5 mg/l
pH	6.5
Amonyak	1.0 mg/l
Emülsiyeye Yağ	1.0 mg/l
Fenoller	0.5 mg/l
Civa	0.01 mg/l
Kadmiyum	0.01 mg/l
Arsenik	0.05 mg/l
Bakır	0.02 mg/l
Nikel	0.05 mg/l
Demir	1.0 mg/l
Çinko	0.1 mg/l
TÇM	2.000 mg/l
Anyonik deterjanlar	0.2 mg/l
Fekal koliform	10/100 ml

TABLO 5.10 REKREASYON AMACIYLA KULLANILAN KIYI VE DENİZ  
SULARINDA SAĞLANMASI GEREKEN STANDART DEĞERLER

Parametre	Standart	Düşünceler
Renk	Doğal	Estetik açıdan deniz suyunun renginden farklı olmamalıdır.
Koku ve tat	Doğal	Doğal koku ve tadı dışında olamaz
Işık geçirgenliği	2 metreden fazla	Estetik açıdan deniz suyunun doğal bulanıklığından farklı olmamalıdır. Bu değer Secchi disk ölçümüyle 2 metreden az olamaz
pH	6-9	
Yağ ve gres (mg/l)		Estetik açıdan deniz suyunun doğal yağ ve gres içeriğinden farklı olmamalıdır.
Toplam koliform (EMS/100 ml)	200	
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeler (mg/l)	Kalıcı köpük teşkil etmeyecek seviyede olacaktır. Ayrıca 0.3 mg/l lauril sülfat eşdeğerinin altında olmalıdır.	Herhangibir şüpheli durumda ilgili İdarenin isteği üzerine yapılan analiz üzerinden mg/l lauril sülfat eşdeğeri olarak
Fenoller (mg/l)	Fenol kokusu duyulmayacak kadar az olacak ancak 0.005 mg/l'inin altında olması gerekir.	Herhangibir şüpheli durumda ilgili İdarenin isteği üzerine fenol analizi yapılarak verilen değerlerin aşımaması gerekir.
Çözülmüş Oksijen	Doğunluğu %80'den az olmamalıdır.	
Katran kalıntıları ve yüzen maddeler	Bulunmayacaktır.	

TABLO 5.11 GÖLLER, GÖLETLER, BATAKLIKLAR VE BARAJ HAZNELERİNİN  
ÖTROFİKASYON KONTROLÜ SINIR DEĞERLERİ

İstenen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
pH	6.5-8.5	6-10.5
KOI (mg/l)	3	8
ÇO (mg/l)	7.5	5
AKM (mg/l)	5	15
Toplam koliform sayısı(EMS)/ 100 ml	1000	1000
Toplam azot (mg/l)	0.1	1
Toplam fosfor (mg/l)	0.005	0.1

TABLO 5.12\* SEKTÖR: GIDA SANAYİİ(ŞEKER ÜRETİMİ VE BENZERLERİ)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı(BOI <sub>5</sub> )	(mg/l)	40
Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOI)	(mg/l)	450

TABLO 5.13\* SEKTÖR: İÇKİ SANAYİİ (MELASTAN ALKOL ÜRETİMİ)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> )	(mg/l)	80
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	150

TABLO 5.14\* SEKTÖR: GIDA SANAYİİ (MEZBAHALAR VE ENTEGRE ET TESİSLERİ)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> )	(mg/l)	40
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	160

TABLO 5.15\* SADECE AZOT İÇEREN GÜBRE ÜRETİMİ

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	150
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	(mg/l)	50
Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N)	(mg/l)	50

TABLO 5.16\* SEKTÖR: TEKSTİL SANAYİİ (DOKUNMUŞ KUMAŞ TERBİYESİ VE BENZERLERİ)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> )	(mg/l)	70
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	300
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	(mg/l)	5(2saatlik kompozit)

TABLO 5.17\* SEKTÖR: METAL SANAYİİ (GENELDE METAL HAZIRLAMA VE İŞLEME)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	100
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	(mg/l)	100(2saatlik kompozit)
Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N)	(mg/l)	5

TABLO 5.18\* KARIŞIK ENDÜSTRİYEL ATIKSULARIN ALICI ORTAMA DEŞARJ STANDARTLARI (KÜÇÜK VE BÜYÜK ORGANİZE SANAYİİ BÖLGELERİ VE SEKTÖR BELİRLEMESİ YAPILAMAYAN DİĞER SANAYİLER)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> )	(mg/l)	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	100
Toplam Fosfor	(mg/l)	1

TABLO 5.19\* SEKTÖR: EVSEL NİTELİKLİ ATIKSULAR (EŞDEĞER NÜFUSUN NE OLDUĞUNA BAKILMAKSIZIN STABİLİZASYON HAVUZLARI SİSTEMİYLE BİYOLOJİK ARITMA YAPAN KENTSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI <sub>5</sub> ) (Çözülmüş)	(mg/l)	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	(mg/l)	100

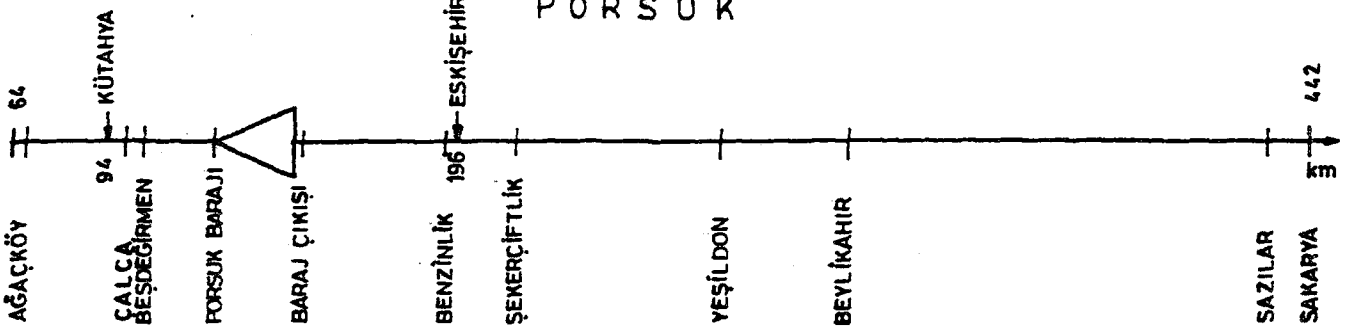
\*Bu tablolarda sadece modellemeye kullanılan parametrelerle ilgili deşarj standartları verilmektedir.

Seydisuyu-Kozyaka istasyonunda ölçülen bor konsantrasyonu 1983-1985 su yılları için 1000 mg/l den fazla olup bu parametre için 4. sınıf değerindedir. Kavuncu ve Karacaahmet istasyonlarında ölçülen değer 1000 mg/l nin altında olduğundan 1. sınıf su kalitesine yükselmektedir. Ancak bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında mevcut olan 300 µg/l sınır değerine ancak Aşağı Sakarya'da ulaşılmaktadır. Sakarya ve Porsuk'ta mevcut bor konsantrasyonları salınımı Şekil 5.3 de verilmektedir. Bitkilerin gelişmesi için yararlı olan bor elementinin yüksek konsantrasyonları bitkiler için zararlıdır. Ayrıca, borun toprakta tutulması zamanla toprağın verimsizleşmesine neden olmaktadır. Klorüre karşı hassas olan bitkilerin sulanmasına ait sınır değer olan 400 mg/l ye havzada 1983-1985 su yıllarında yapılan ölçümlerde rastlanmamıştır. Porsuk ve Sakarya'nın kaynak bölümleri klorür parametresi açısından 1. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak, Porsuk Çayı mansapta Sazılar istasyonunda, Sakarya Nehri ise Kavuncu istasyonundan sonra klorür parametresi açısından 2. sınıf su özelliği taşımaktadır. 1984-1985 su yıllarına ait klorür konsantrasyonları Şekil 5.3 de verilmektedir.

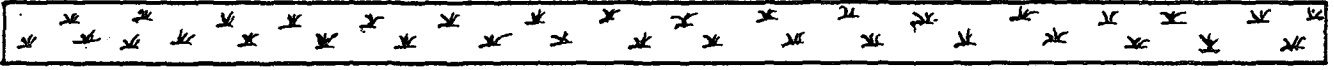
Tarımsal etkinliklerin yoğun olduğu bölgelerde doğal drenaj ile alıcı ortama gelen yüksek azot ve fosfor yükleri nehirde ötrofikasyon riski yaratmaktadır. Ancak, Sakarya Nehri yer yer feyezan nedeniyle oluşan aşırı bulanıklık dışında canlı yaşamını kısıtlayan bir unsur taşımamaktadır. Sakarya'nın kaynak kısımları ile onu besleyen yan kollardan Mudurnu, Göynük ve Göksu Çayları yukarıda belirtilen olumsuz etkiler dışında yüksek kaliteli su kaynaklarıdır. Sakarya'nın, 1983-1984-1985 yıllarında gözlenen su kalitesi Şekil 5.4 a, 5.5 a ve 5.6 a da verilmektedir.

Sakarya Nehri'nin diğer büyük yan kolları olan Porsuk, Ankara Çayı, Karasu ve Çarksuyu, endüstriler ve büyük kentlerin evsel atıklarıyla aşırı derecede kirletilmiş olup karışıkları noktalarda ana kol Sakarya'yı olumsuz yönde etkilemektedir.

## PORSUK



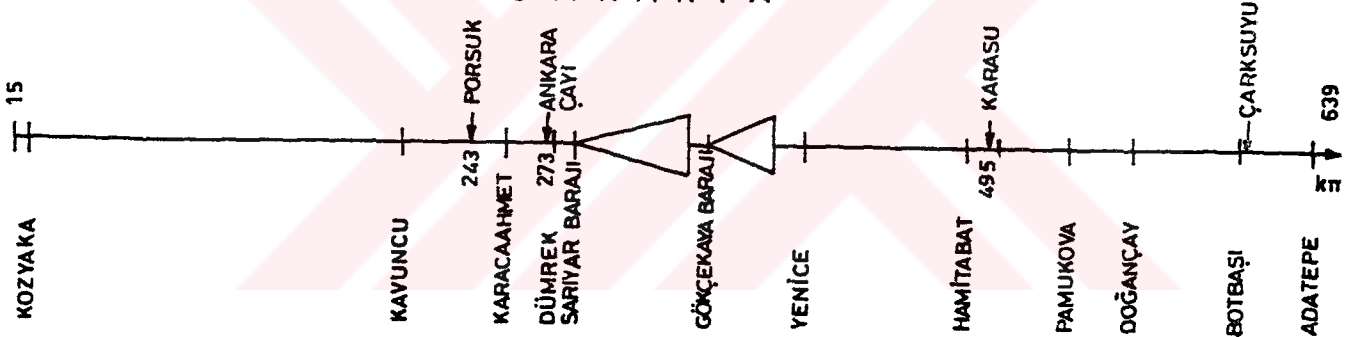
BOR



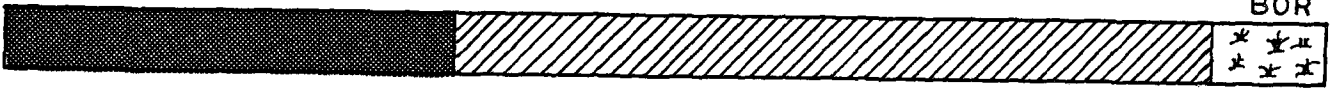
KLORÜR



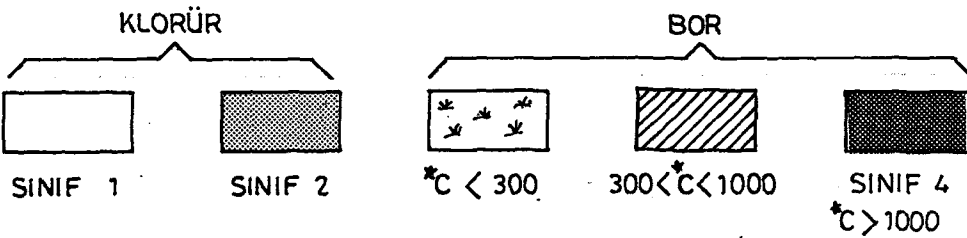
## SAKARYA



BOR



KLORÜR

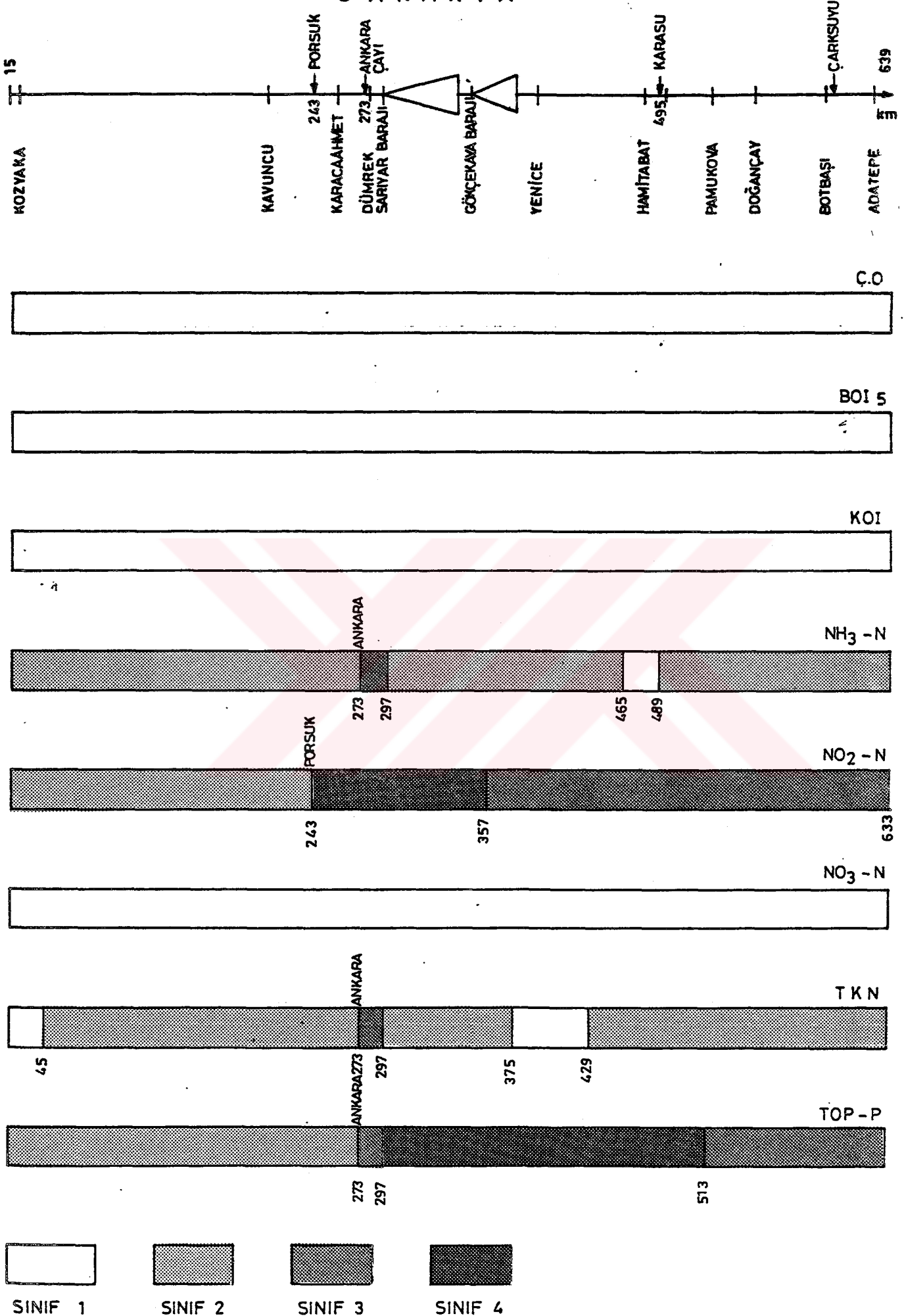


\*C = Bor konsantrasyonu ( $\mu\text{g/l}$ )

Şekil: 5.3-1984-1985 yıllarında Porsuk ve Sakarya'da bor ve klorür parametreleri için gözlenen su kalitesi

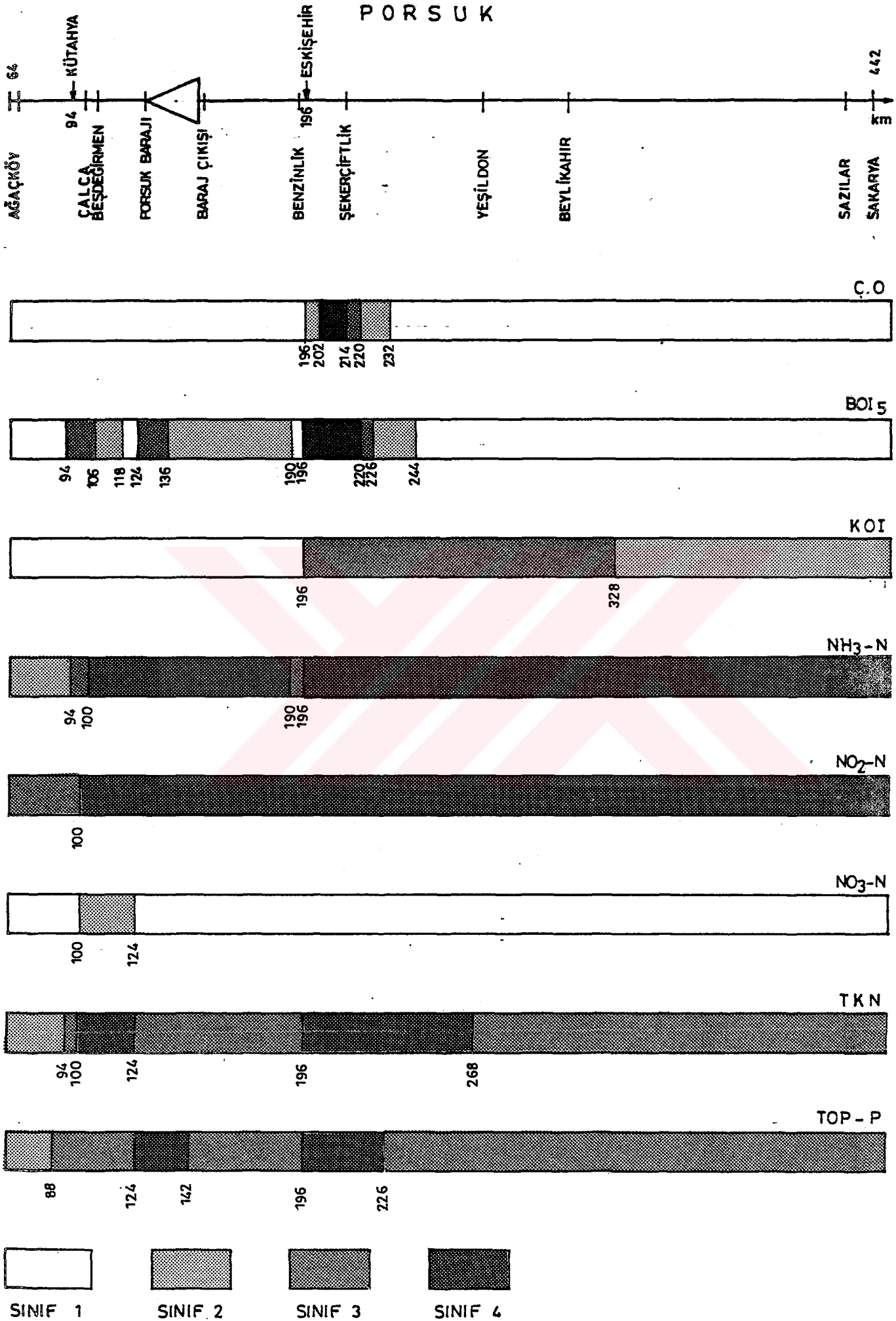


## S A K A R Y A

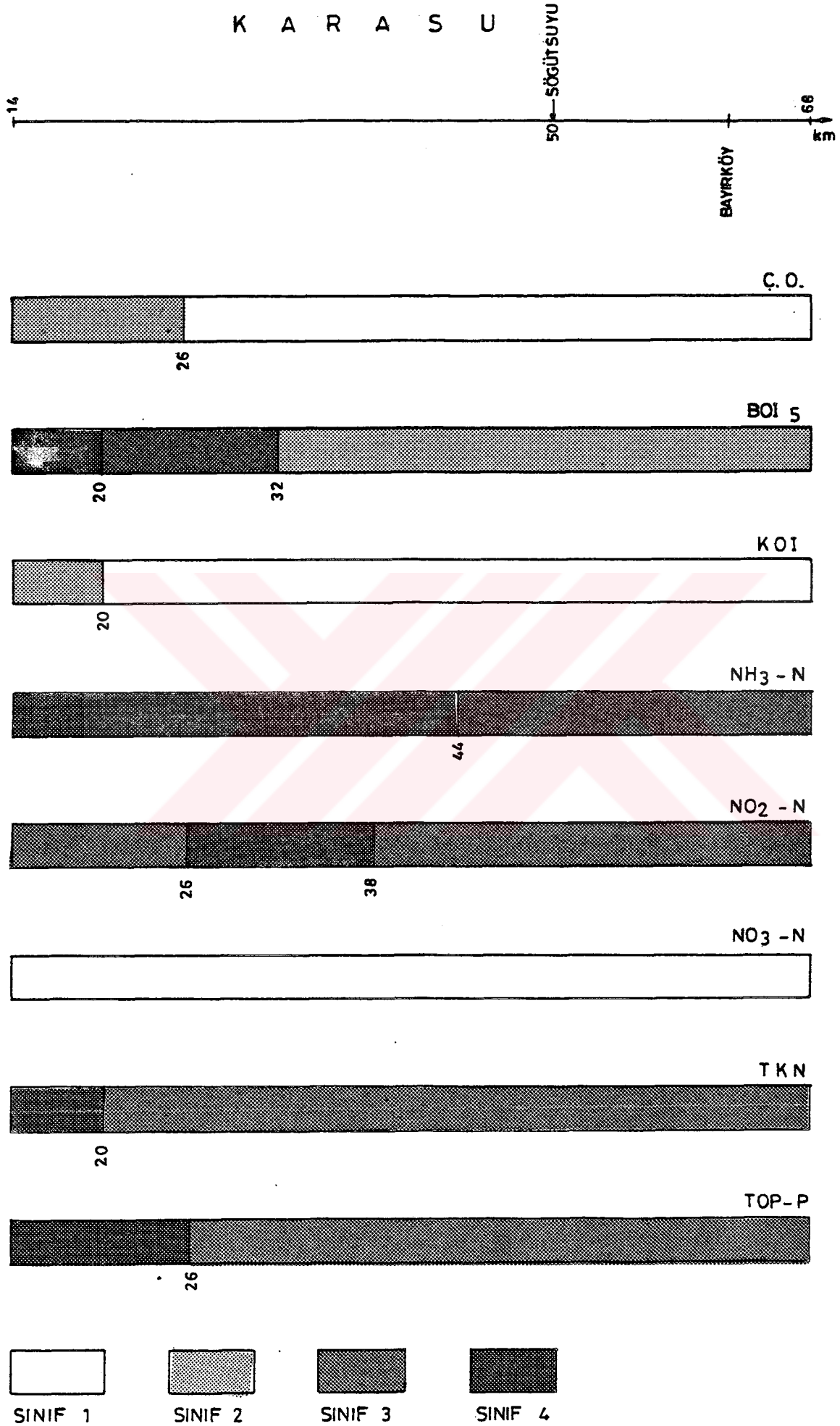


Şekil: 5.4a - 1983 su yılında Sakarya'da kalite değerlendirmesi

## PORSUK

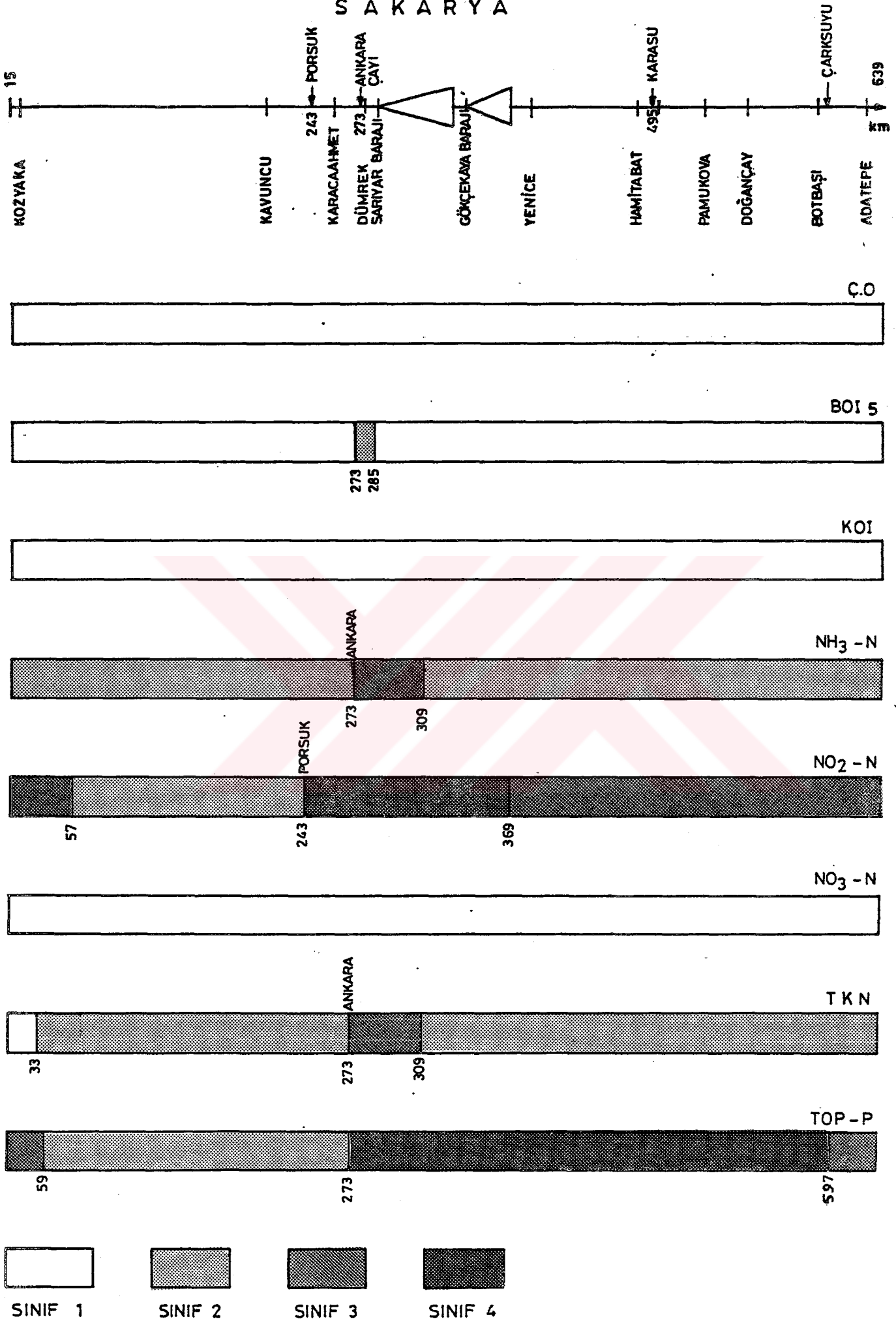


Şekil: 5.4b-1983 su yılında Porsuk'ta kalite değerlendirmesi



Şekil: 5.4c - 1983 su yılında Karasu'da kalite değerlendirmesi

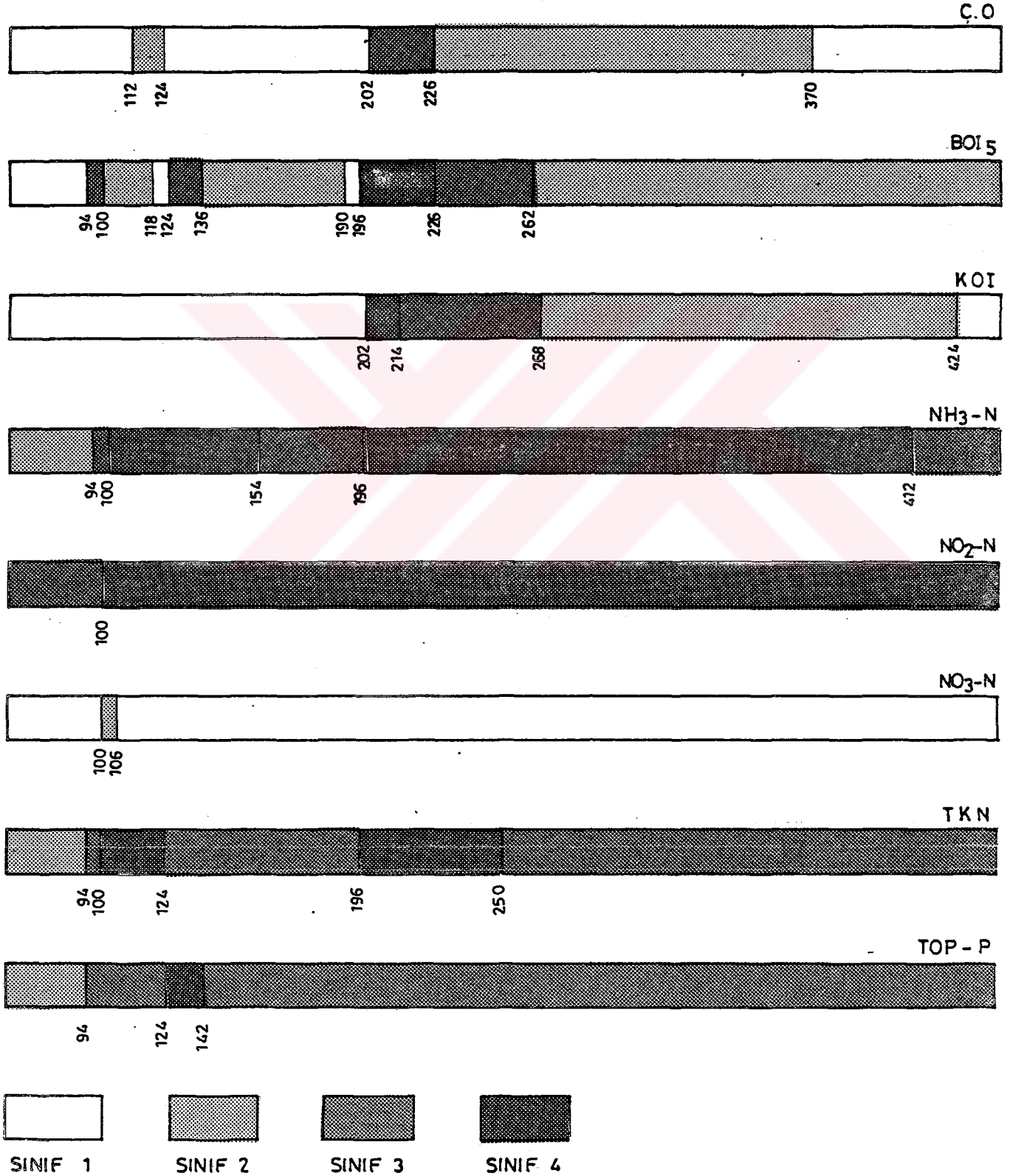
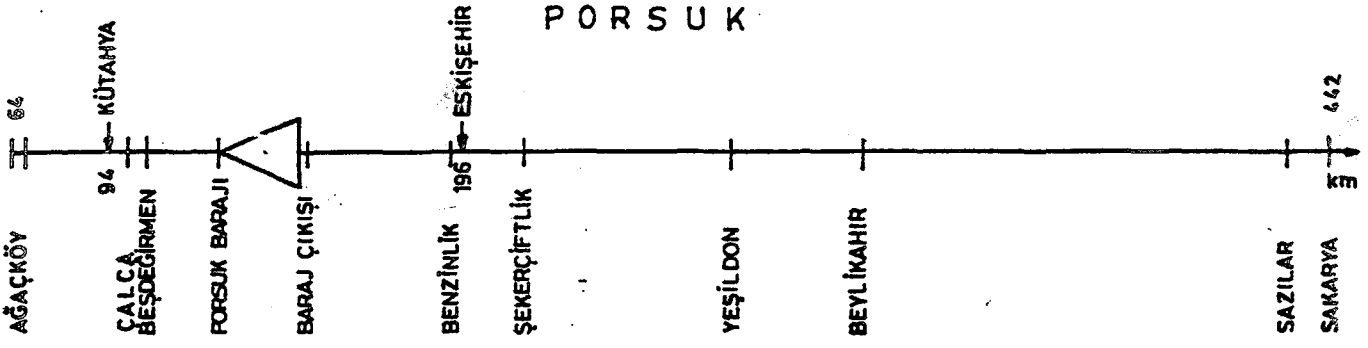
## S A K A R Y A



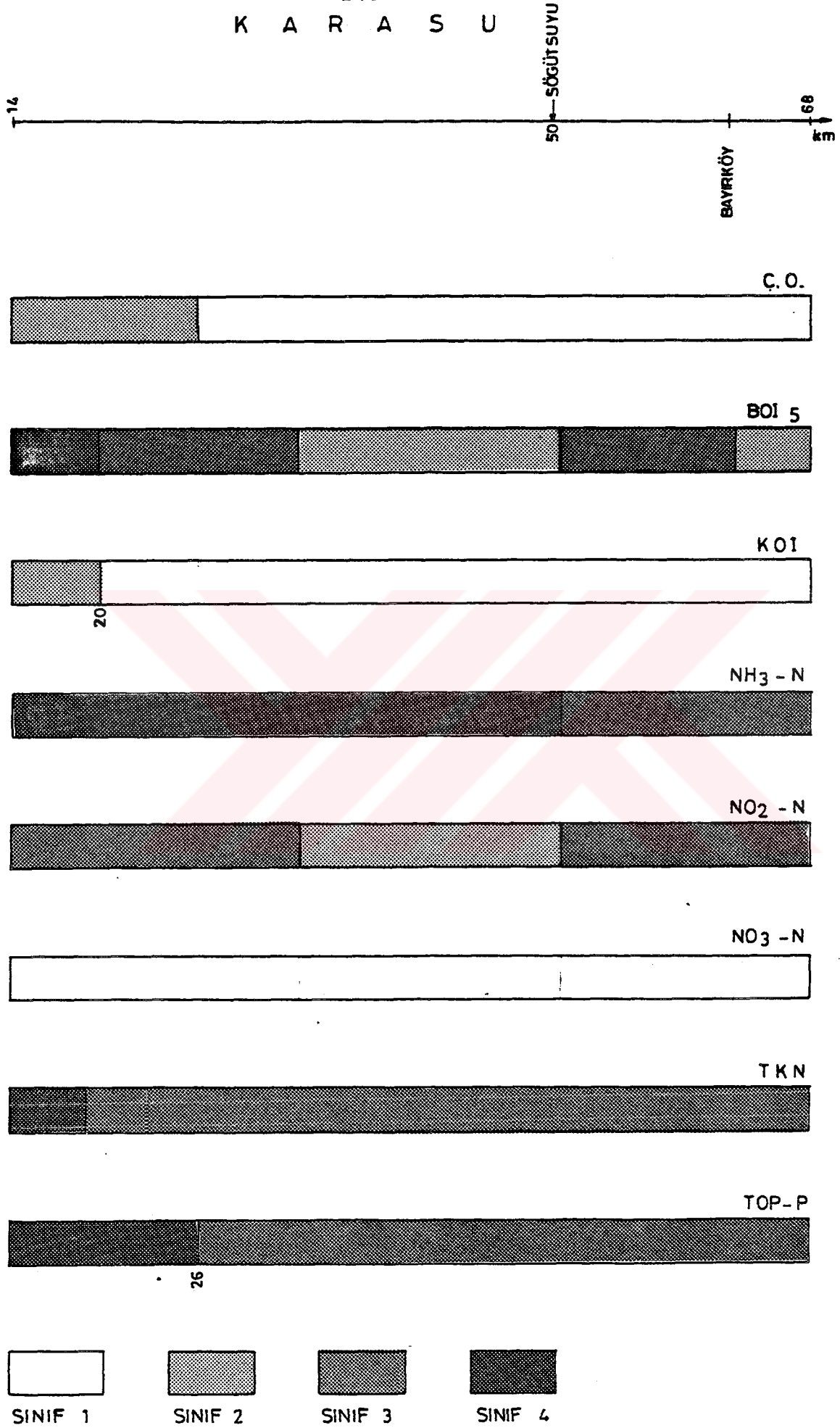
Şekil:5.5a -1984 -1985 yıllarında Sakarya'da kalite değerlendirmesi



## PORSUK

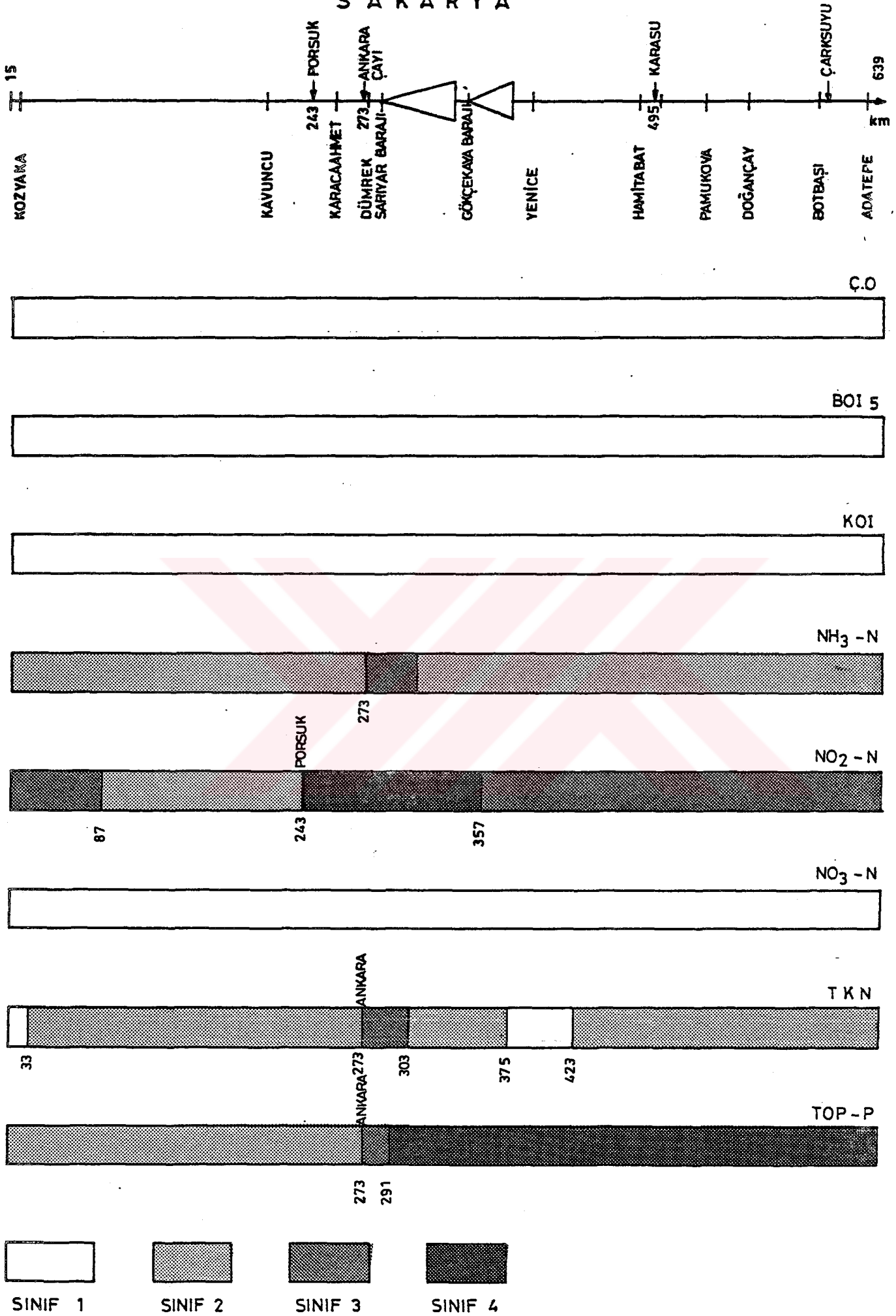


Şekil: 5.5b - 1984-1985 yıllarında Porsuk'ta kalite değerlendirmesi



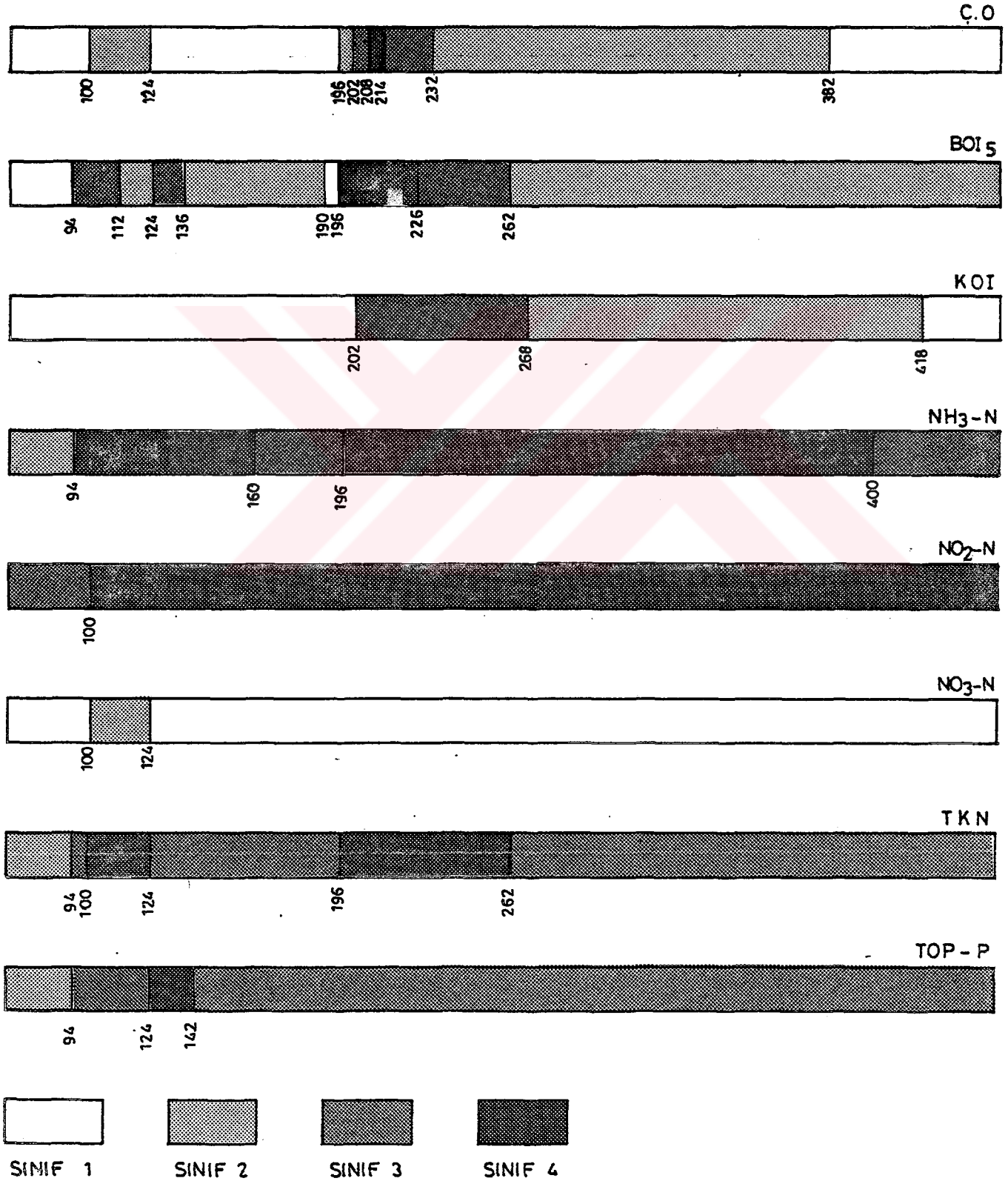
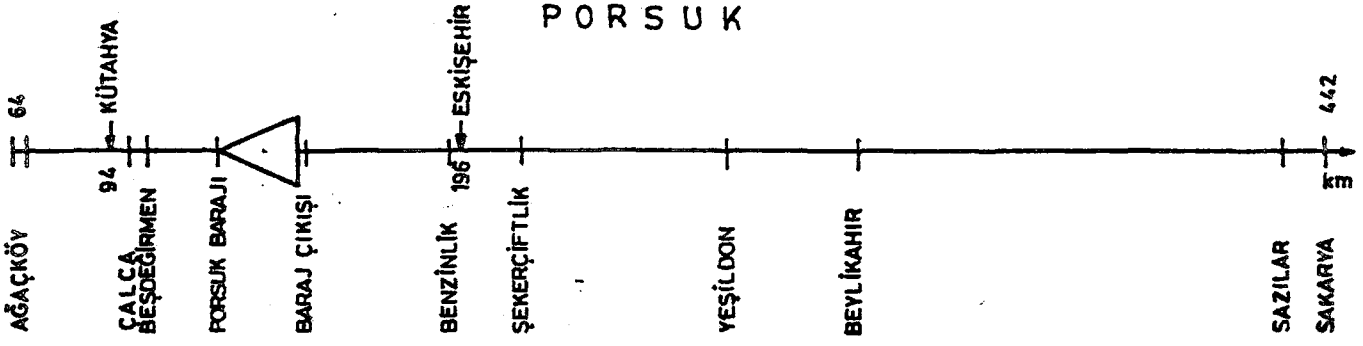
Şekil : 5.5c - 1984 -1985 yıllarında Karasu'da kalite değerlendirmesi

## S A K A R Y A



Şekil:5.6a - 1985 su yılında Sakarya'da kalite değerlendirmesi

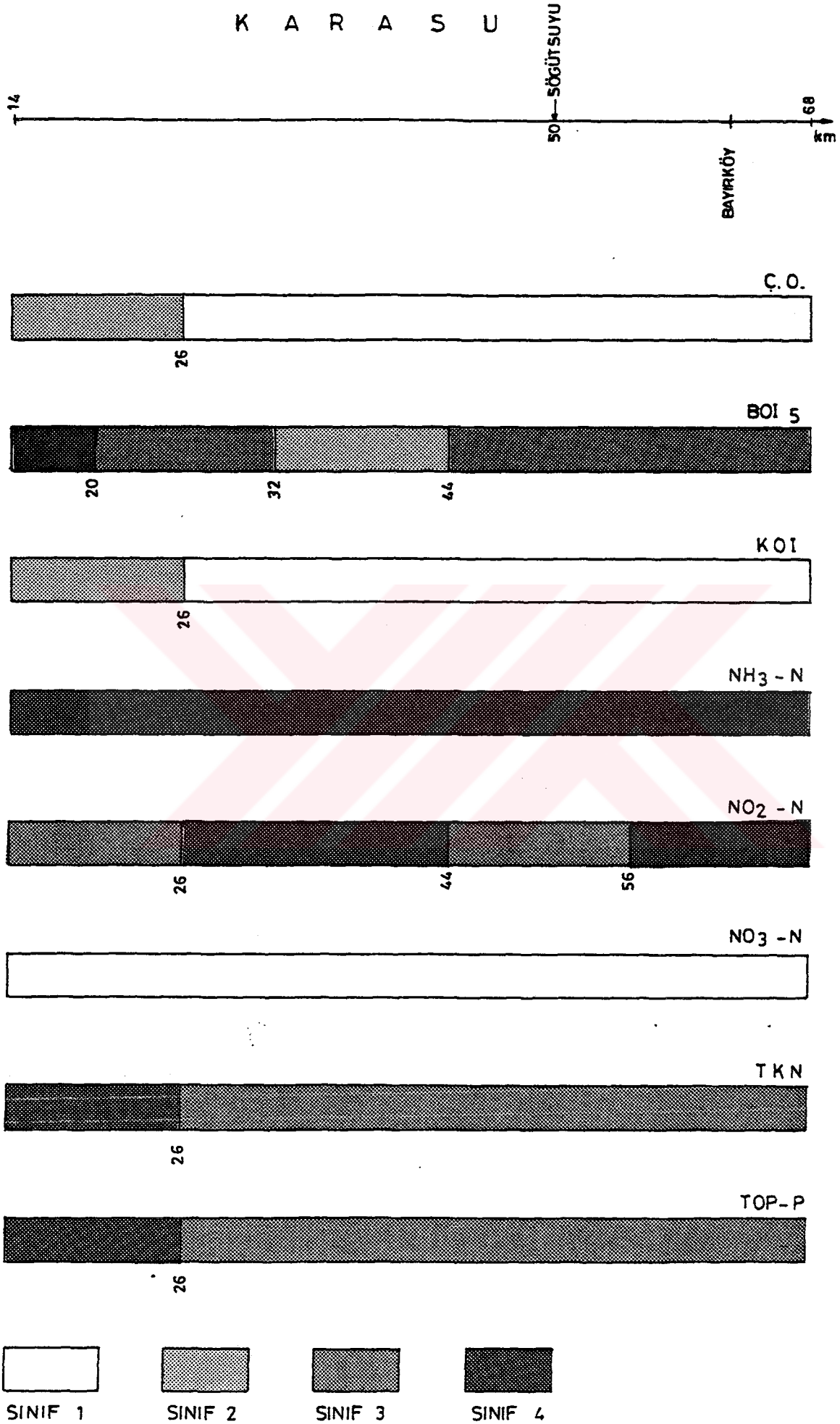
## PORSUK



Şekil:5.6b - 1985 su yılında Porsuk'ta kalite değerlendirmesi



## K A R A S U



Şekil: 5.6c- 1985 su yılında Karasu'da kalite değerlendirmesi

1983, 1985 ve 1984-1985 su yıllarında  $\text{NH}_3\text{-N}$ , TKN ve TOP-P parametreleri için Sakarya'da su kalitesi Ankara Çayı karıştıktan sonra 2. sınıftan 3. sınıfa, Porsuk karıştıktan sonra ise  $\text{NO}_2\text{-N}$  için 2. sınıftan 4. sınıfa düşmektedir. (Şekil 5.4 a, 5.5 a, 5.6 a)

Diğer kirletici parametre konsantrasyonlarında da artış gözlenmiş ancak sınıf düşmesine neden olmamıştır.

Çarksuyu Sakarya'ya kavuştuktan sonra da tüm kirletici parametrelerde artış gözlenmiş ancak karışım noktasının bulunduğu mansap tarafında Sakarya'nın debisi Çarksuyu'nun yaklaşık 50 katı olduğundan, seyrelme nedeniyle Sakarya'nın su kalitesinin düşmesine yol açmamıştır.

Halen ve yakın gelecekte içmesuyu kaynağı olarak kullanılacak olan Kurtboğazı, Porsuk Baraj rezervuarları ve Sapanca Gölünde ötrofikasyon tehlikesi bulunduğu DSİ tarafından değişik yıllarda yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (DSİ, 1980; DSİ, 1983c ve DSİ, 1984).

Şekil 5.4 a, 5.4 b; Şekil 5.5 a, 5.5 b ve Şekil 5.6 a, 5.6 b de gözleendiği gibi 1983, 1984-1985 ve 1985 su yıllarında Porsuk ve Sarıyar baraj gölleri girişlerinde azot bileşikleri ve Toplam Fosfor parametreleri yönünden su kalitesinin düşük olduğu gözlenmektedir.

Sakarya Havzası için su kalitesi sınıflandırmasının irdelenmesi sonucunda yukarıda belirtilen yerler dışında, havza genelinde su kalitesi, özellikle azot ve fosfor bileşikleri açısından düşüktür.

Kalibrasyona esas alınan parametrelerin 1983, 1984-1985 ve 1985 su yıllarına ait kalite sınıflandırmaları ; Sakarya

Nehri, Porsuk ve Karasu ayları için sırasıyla Şekil 5.4 a, 5.4 b, 5.4 c; Şekil 5.5 a, 5.5 b, 5.5 c; Şekil 5.6 a, 5.6 b, 5.6 c de kalitenin deęiŐtięi kilometreler esas alınarak akarsu boyunca verilmektedir.



## BÖLÜM 6. SAKARYA HAVZASINDA SU KALİTESİ YÖNETİM ESASLARI

### 6.1 Su Kalitesi Yönetim Kavramı

Sosyoekonomik gelişme için suyun kısıtlayıcı olmaması amacıyla yapılan su kaynakları planlamalarında belirlenen yararlı kullanımlar doğrultusunda su kaynaklarının optimum kullanımı su kantitesiyle birlikte yönetimi de gündeme getirmektedir. Su kaynakları yönetimi birbiriyle etkileşim içindeki sosyal ve teknik yönetim kavramlarıyla açıklanmaktadır. Sosyal yönetimde tüm insan değer yargılarının, teknik yönetimde ise doğa yasalarının analiz ve sentezleri yapılmaktadır. Buna göre yönetimin iki boyuttan sözedilebilir: sosyal ve teknik boyut. Kültürel, politik, yasal ve ekonomik altboyutların bileşkesi olarak ortaya çıkan sosyal boyut yönetimin politikasını belirler. Bu aşamada suyun toplum için ifade ettiği değer belirlenmesi, su gereksinimleri ve kullanım isteklerinde önceliklerin sıralanması ve bu sıralamanın yasalara karşı güvencesinin sağlanması, yapılacak yatırımın ekonomik analizi için gerekli sosyal araştırmaları yönlendirir. Kantite, kalite ve ekolojik etmenlerin ayrıntılarıyla incelenip değerlendirilmesi sonucu oluşturulan teknik boyut ise projenin gerçekleştirilmesi için yönetimin izleyeceği yolu belirler. Yönetimin teknik ve sosyal boyutu çevresel etki değerlendirme kapsamında biraraya getirilerek kesin karar oluşturulur. Her iki boyutun yapısı içerisinde hidrolojik ve doğal döngüler ile yararlı kullanımların ve bunların etkileşimlerinin önemle ele alınması gerekmektedir. Yönetim yöre, havza, bölge, ülke, ülkelerarası, dünya, evren ölçeğinde gerçekleştirilebilir.

Su kalitesi yönetiminin tarihçesinin incelenmesi, yukarıda özetlenen, çağımızdaki uygulamaya hangi aşamalardan geçtikten sonra ulaşıldığı konusunda bizleri aydınlatabilir.

Bu tarihsel süreç aşağıdaki adımlarda toparlanabilir: Birinci adım, kantite açısından yeterli suyun temini sürecini içermektedir. İkinci adımda halk sağlığı açısından uygun su temini de yönetim boyutlarına katılmıştır. Üçüncü adıma ulaşıldığında çeşitli yararlı kullanımların biribirlerine olan ters etkilerinin en aza indirilmesi, dördüncü adımda da çok sayıda yararlı kullanımın birarada gerçekleştirilmesi istekleri yönetimde sistem analizi uygulamasını gerekli ve zorunlu kılmıştır. Sudaki yaşamın korunması ancak son otuz yıldır yönetimin gündemine girebilmiş ve beşinci adımı oluşturmuştur. Son on yıldır, dünyamıza insan ve diğer tüm canlılarla, tarım, endüstri, kirlenme elemanlarının oluşturduğu bir sistem olarak bakılmakta, yönetimden de bu sistem içerisinde tüm elemanlar arasındaki eşgüdüm ve dengeyi koruması beklenmektedir. Bu ulaşılan altıncı ve son adımdır. Günümüzde su kalitesi yönetiminin amacı, sosyoekonomik etkinlikler sonucunda su kaynaklarında güncel ve gelecekteki yararlanma olasılıklarının sınırlanmaması için su kalitesinin ve kaliteyi tanımlayan parametrelerin konum, zaman, şekil ve kantitesinin kontrolüdür. Bu kontrol başlıca 5 yöntemle gerçekleştirilmektedir.

- 1) Seyreltme yöntemi
- 2) Alıcı ortam standartları
- 3) Deşarj standardı yaklaşımı
- 4) Sıfır deşarj yaklaşımı
- 5) Gerikazanma yaklaşımı

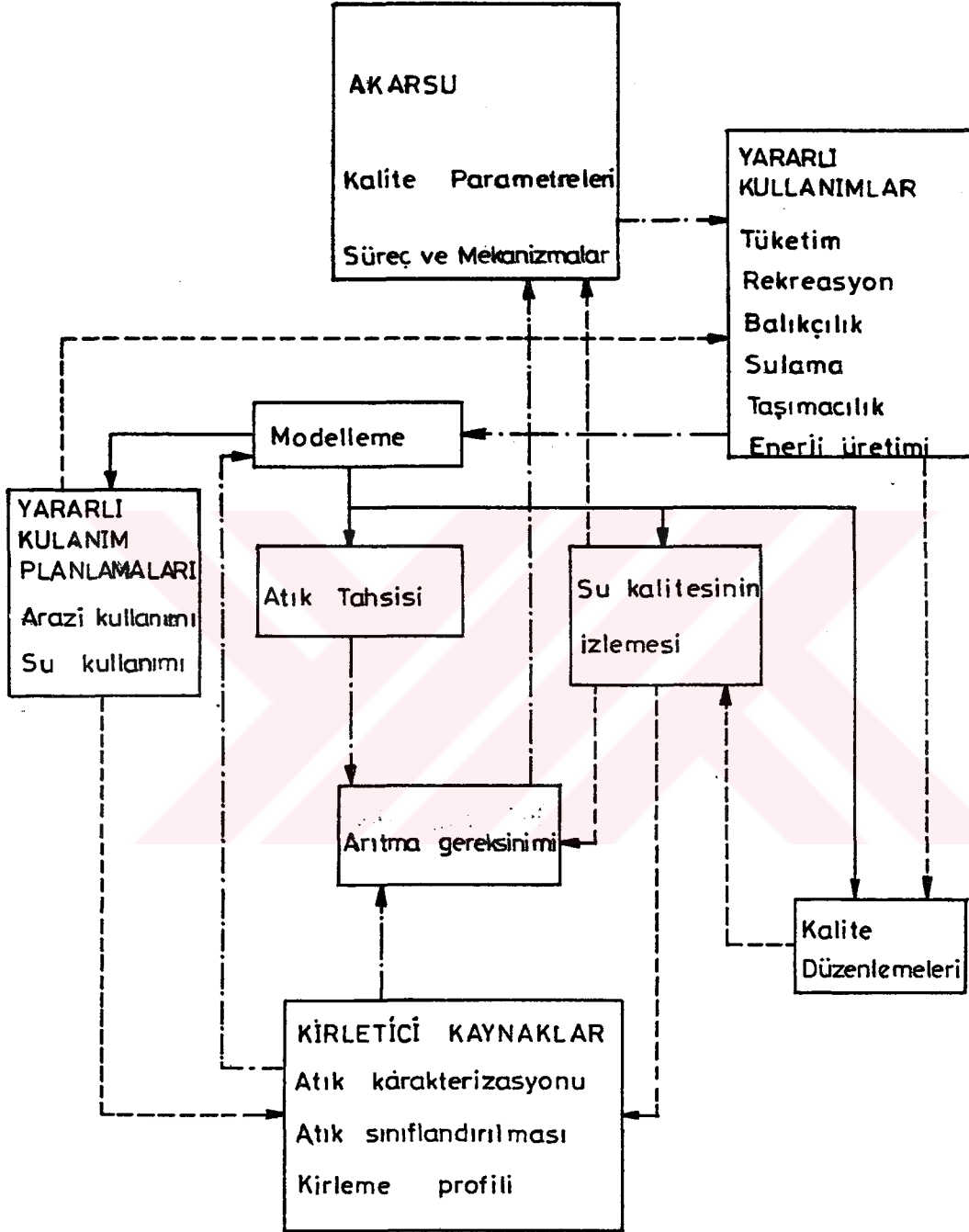
Bunlardan birinci yöntemde sadece parametrelerin kantitesi konsantrasyon olarak kontrol edilir. Deniz deşarjlarıyla atıksuların uzaklaştırılması buna iyi bir örnek oluşturur. İkinci yöntemde su kalitesi alıcı ortamda kontrol edilirken, üçüncü ve dördüncü yöntemde alıcı ortamda kaliteyi değiştiren atık kaynaklarında kontrol yapılmaktadır. Burada sıfır kelimesi göreceli olup, örneğin alıcı ortam kalitesinde suyun deşarjını veya zararlı maddelerin alıcı ortama hiçbir şekilde boşaltılmamasını sağlamaya yöneliktir.

Son yaklaşımda ise; artan nüfus ve gelişmeler nedeniyle kaynakların kısıtlandığı dünyamıza, su kalitesini etkileyecek maddelerin ve atıksuyun alıcı ortama atılması yerine geri kazanılıp tekrar kullanımının sağlanması amaçlanmıştır. Bu yöntemlerin her biri tek başına veya birarada dünyamızın çeşitli ülkelerinde uygulama alanı bulmuştur. Yurdumuzda da ilk üç yöntemin ülke ölçeğinde uygulanması 1988 yılında çıkartılan 19914 no.lu yönetmelikle yasallaştırılmıştır.

## 6.2 Sakarya Havzası Su Kalitesi Yönetiminde Benimsenen Yaklaşım ve Model Gereksinimi

Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında, Sakarya Havzasında uygulanmasına karar verilen yönetim yaklaşımı şematik olarak Şekil 6.1 de gösterilmektedir. Bu yaklaşımda bir önceki bölümde anlatılan 5 yöntemin de, yararlı kullanımların oluşturduğu genel çerçeve içerisinde uygulanması olanaklıdır. Bunun için;

- 1) Havzada güncel ve gelecekteki yararlı kullanımlar belirlenmiş,
- 2) Herbir yararlı kullanıma ait sağlanması gerekli ve zorunlu olan kalite ölçütleri saptanarak, halihazır yasal yapıya uygun olarak alıcı ortam standartları oluşturulmuş,
- 3) Yararlı kullanımlara göre oluşturulan alıcı ortam standartlarının; havzanın belirlenen konumunda, belirlenen zamanda, yararlı kullanımlara göre belirlenen su kalitesinde sağlanabilmesi için atıksu kaynaklarının deşarjlarında alınması gerekli önlemler saptanmış,
- 4) Bu önlemler teknolojik ve ekonomik yapılabilirlik açısından değerlendirilerek deşarj standartları oluşturulmuş ve bu aşamada ortaya çıkan sıfır deşarj ve geri kazanma seçenekleri de incelenmiş,



Şekil:6.1 - Sakarya havzasında su kalitesi yönetiminin kavramsal yaklaşımı

5) Son adımda, akarsuda kaliteyi etkileyen tüm atık kaynaklarının, havzada belirlenen yararlı kullanımlar doğrultusunda suyun optimum kullanımını sınırlamayacak şekilde arıtma gereksinimleri ortaya çıkartılmıştır.

Bu yaklaşımda, gerek güncel ve gelecekteki yararlı kullanımların havzadaki sosyoekonomik gelişmelerle birlikte değerlendirilmesi, gerekse üçüncü adımda açıklanan önlemlerle ilgili kontrol seçeneklerinin geliştirilmesi ve bunlar arasında beşinci adımda açıklandığı gibi kısa, orta uzun vadeli seçimler yapılması için model kullanılmıştır. Diğer bir deyişle belirlenen sosyal ve teknik boyutların oluşturduğu koşulları yansıtan senaryolarla bilgisayarda yapılan simülasyonlar, kirlenme kontrolüyle ilgili tüm seçeneklerin değerlendirilip bunlar arasında seçim yapılması için gerekli tüm bilgi ve veriyi sağlamıştır.



## BÖLÜM 7. SAKARYA NEHRİ SU KALİTESİ MODELİ VE ÖZELLİKLERİ

### 7.1. Model Seçimi İçin Yapılan Çalışmalar

#### 1. Model Tipinin Seçimi :

Akarsu modelleri

. simülasyon modelleri

. optimizasyon modelleri

şeklinde iki tipe ayrılabilir. Bunların arasında yapılacak seçim modelin kullanım amacına bağlıdır. Sakarya nehrinde gerçekleştirilen çalışmaların amacına göre bu iki tip modelle ilgili yapılan yorumlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

. Çalışmanın genel amacı, havzanın sosyoekonomik gelişmesinde suyun kısıtlayıcı olmaması için yapılan su kaynakları planlamalarında belirlenen yararlı kullanımlar doğrultusunda kaynakların kantite olarak optimum kullanımının su kalitesine etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaçla geliştirilen çeşitli yönetim seçeneklerinin politik, sosyal ve yasal boyutlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi için simülasyon modelleri daha uygundur. Bu modellerle gelecekteki koşulları yansıtan senaryolar yazılarak kaynak kullanımında kalitenin sınırlayıcı olup olmadığı veya sınırlayıcı olmaması için alınması gereken önlemler belirlenebilir, kısa ve uzun vadeli planlamalar yapılabilir.

. Optimizasyon modelleri için gerekli olan kalite kontrol önlemlerinin ekonomik analizi konusunda yurdumuzda yeterli veri birikimi oluşmamıştır. Aynı şekilde kalite standartları daha yeni yürürlüğe girdiğinden, optimizasyon için

gerekli denenmiş ve güvenilir standartlar bulunmamaktadır.

- . 4.bölümde belirtildiği gibi halihazırda Sakarya Havzasında çok amaçlı kullanımlar sözkonusudur. Bu kullanımlar bir taraftan çok sayıda parametre ile tanımlanan çok iyi kalitede suya gereksinim duyarken, diğer taraftan kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedirler. Optimizasyon modelleri yönetim kararlarını yönlendirebilmek için belli sayıda kalite parametresi ve amaç fonksiyonu ile sınırlandırılmalıdır. Simülasyon modellerinde ise, kinetiği iyi anlaşılabilir formüle edilebilen her kalite parametresinin her türlü kullanımı için zamansal ve mekansal değişiminin incelenmesi olanaksızdır.
- . Projenin önemli sonuçlarından biri de, belirlenen yararlı kullanımlara göre su kalitesinin tüm havzada düzenli olarak izlenmesi için, ölçüm ve analiz istasyonları ile parametrelerin belirlenmesidir. Bu amaçla simülasyon modellerinin kullanılması gerekmektedir.

Yukarıdaki yorumların ışığı altında çalışmada simülasyon modeli kullanılmasına karar verilmiştir.

## 2. Durum Değişkenlerinin Seçimi :

Havzada evvelce yapılmış çalışmalar ile proje kapsamında yapılan ön deneysel çalışmalar değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- . Havzada endüstriyel, evsel, tarımsal etkinliklerden kaynaklanan yüksek miktarlarda organik madde ve besi maddeleri en önemli kalite sorunudur. Bunun yanında şiddetli erozyondan kaynaklanan aşırı askı maddesi ve jeolojik yapıdan kaynaklanan yüksek bor miktarları sorun olarak sayılabilir.

- . Sırasıyla sulamasuyu temini, hidroelektrik enerji elde edilmesi, evsel, endüstriyel su temini en önemli yararlı kullanımlardır. Bu kullanımlar için, kontrolü gerekli kalite parametreleri, durum değişkenlerinin seçimini yönlendirmektedir. (GÖNENÇ, E., ORHON, D., 1986)
- . Halihazırda akarsuyun yan kolları her türlü atığın deşarj edildiği alıcı ortamlar olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle herşeyden önce acil olarak sudaki oksijen ve oksijeni etkileyen organik madde ve azot parametrelerinin kontrol altına alınması gerekli ve zorunludur.
- . Halihazırda ana akarsuda, çevresindeki tarımsal etkinliklerden kaynaklanan azot ve fosfor en önemli kalite sorunudur.
- . Havzadaki baraj göllerinde ötrofikasyon sorunu gündeme gelmiştir.

Bu sonuçlara göre modelin durum değişkenleri olarak,

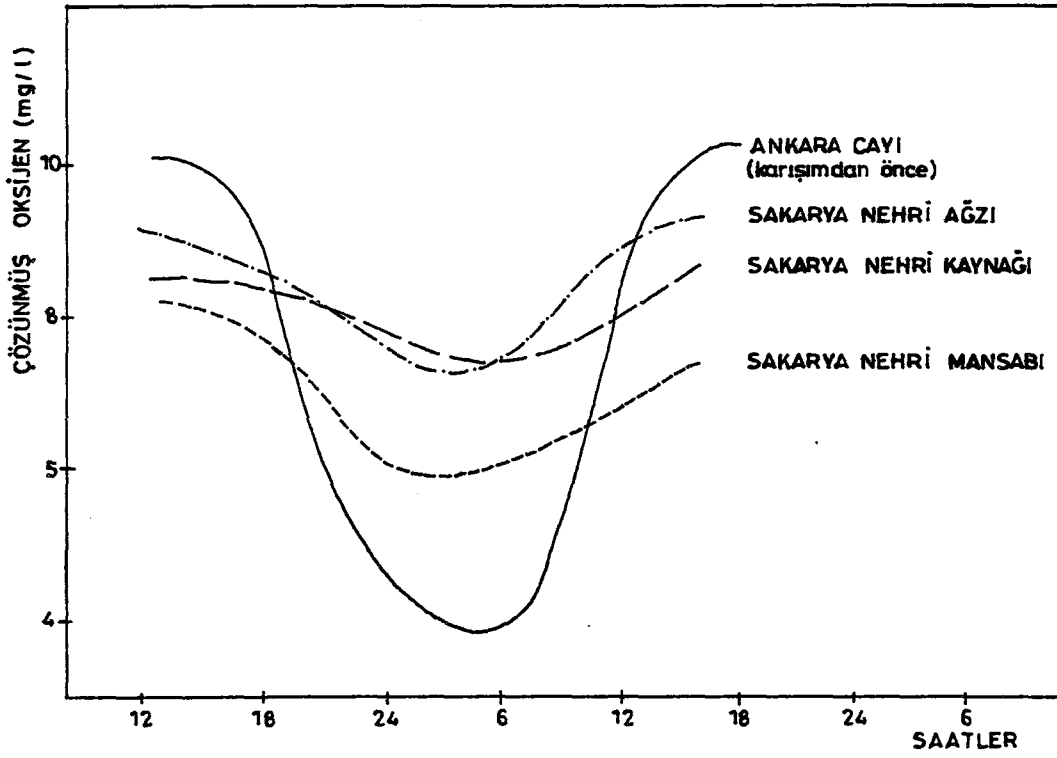
- . çözünmüş oksijen
- . organik madde
- . azot
- . fosfor
- . alg ve detritus

seçilmiştir.

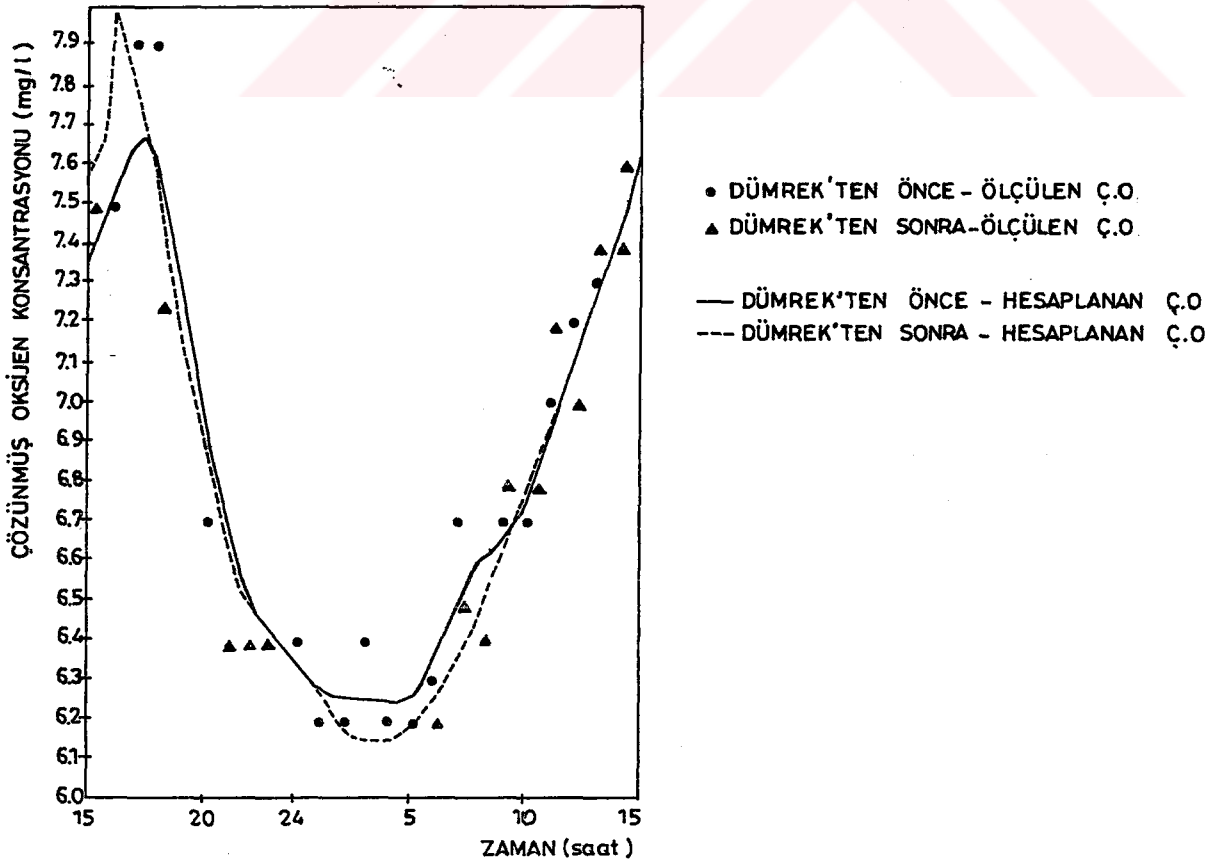
### 3. Süreç ve Mekanizmaların Seçimi :

Durum değişkenlerinin zamansal ve mekansal değişimlerine etkili süreç ve mekanizmaların belirlenmesi için hem evvelce yapılmış çalışmalardan hem de Raporun 5.Bölümünde sözedilen proje öncesi izleme çalışmalarından yararlanılmıştır. Bunların değerlendirilmesi aşağıda verilmektedir.

- . Akarsuyla, özellikle yan kollarla ilgili en belirgin gözlem sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun organik maddelerin mineralizasyonu ile amonyak azotunun nitrifikasyonunun birinci derecede etkilenmesidir. Bu etki, akarsuya endüstri ve yerleşim merkezlerinden boşaltılan büyük miktarlardaki organik madde ve azotla kuvvetlendirilmektedir.
- . Özellikle bol nitrat içeren atıksu deşarjlarından sonra, akarsu tabanında biriken katı maddelerin de etkisiyle denitrifikasyon görülmektedir.
- . Laboratuvarında ölçülen BOI ayrışma katsayısı, akarsuda gözlenenden her zaman daha düşük çıkmaktadır. Bu durum DSI (1980) nin çalışmaları da gözlenmiş olup akarsuda ayrışabilen maddelerin çökmesi, akarsu tabanındaki birikintilerin oksijen tüketmesi, sesil ve mobil organizmaların da mineralizasyon ve asimilasyonla organik maddeleri ayrıştırmalarıyla açıklanabilir. Özellikle akarsuda hızın azaldığı zaman (yaz ayları) ve yerlerde (baraj yakınları, mansab gibi) veya deşarj yakınlarında bu durum çok açık olarak gözlenmiştir.
- . Yukarıda sözedilen yerler civarında kütle dengesi kurulduğunda BOI, N ve P miktarlarında artışlar olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum, akarsu tabanındaki birikintiden suya ilaveler olduğu düşünülerek açıklığa kavuşturulabilir. Gerçekten, yerinde yapılan gözlemlerde özellikle yan kollarda akarsu tabanında önemli ölçüde canlı aktivitesi saptanmıştır. Bu artışların bir nedeni de suda askı halinde taşınan detritusların mineralizasyonudur.
- . Suda gün boyunca yapılan oksijen ölçümleri, gündüz ortamdaki aşırı mineralizasyon ve nitrifikasyona rağmen oksijen miktarının olması gerekenden çok olduğunu, gece ise bu durumun tersine döndüğünü göstermiştir (Şekil 7.1). Havalanma yoluyla oksijen kazanımı maksimum miktarda hesaba katılsa bile gündüz ölçülen fazla oksijeni açıklayamaz. Bunun tek



Şekil: 7.1 - Çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki günlük değişim



Şekil: 7.2 - Oksijen için ikiz eğri analizi

açıklaması fotosentezle oksijen üretimi ve solunumla oksijen tüketimi düşünülerek yapılabilir. Nitekim Simonsen ve Harremoés (1978a) un ikiz eğri yöntemi (twin curve method) kullanılarak yapılan hesaplar akarsuda önemli ölçüde fotosentetik aktivite (solunum ve fotosentez) olduğunu göstermektedir. (Sekil 7.2).

- . Akarsu genellikle taşınan askı maddeleri nedeniyle bulanık olduğundan alg gelişimi için besi maddelerinden çok, ışık sınırlayıcı olmaktadır.
- . Akarsuda yapılan analizler, atıksuya bağlı olarak BOI ayrışma katsayısının değiştiğini ve bu değişimin akarsu boyunca da sürdüğünü göstermiştir. Bu nedenle ayrışma katsayısının atıksuda KOI/BOI oranına bağlı olarak formulasyonu gerekmektedir.
- . Havza çok büyük olduğundan, akarsu boyunca sıcaklıklar da değişmekte ve bu değişim çeşitli süreç ve mekanizmaları etkilemektedir.
- . Çeşitli kesitlerde yapılan hidrolik ölçümler, akarsu hız ve derinliğinin debinin bir fonksiyonu olarak değiştiğini göstermiştir.

Bu değerlendirmelere göre modelde esas alınacak süreç ve mekanizmalar,

- . oksijen dengesine etkisi açısından; havalanma, suda ve akarsu tabanında mineralizasyon ve nitrifikasyon, fotosentez ve solunum,
- . organik madde dengesine etkisi açısından, mineralizasyon ve çökme ve BOI içinde alg/detritus ile azot oksijen gereksiniminin ayrılması,
- . azot dengesine etkisi açısından; nitrifikasyon, denitrifikasyon, amonyaklaşma, çökme, birikintilerin ve detritusların

mineralizasyonu ve alg gelişimi,

. fosfor dengesine etkisi açısından; adsorpsiyon, çökeltme, alg gelişimi, detritus ve birikintilerin mineralizasyonu, desorpsiyon,

. alg dengesi açısından; gelişme, ölüm, çökeltme, fotosentez,

. solunum ve alglerin ölümüyle oluşan detritusların çökeltme ve mineralizasyonu

olarak saptanmıştır.

#### 4. Model Boyutunun Seçimi:

Akarsu enkesitlerinde iki kıyı arasında çeşitli derinliklerde yapılan ölçümler ve analizler durum değişkenlerinin enkesit içinde hemen hemen değişmediğini göstermektedir. Buna göre yanıl ve düşey doğrultularda tam karışım kabulü yapılarak sadece akarsu boyunca değişimin simüle edildiği tek boyutlu bir model kullanılabilir. (GÖNENÇ ve diğerleri 1985)

#### 5. Zamana Bağımlılık (Dinamik veya Kararlı Denge Modelleri):

Yapılan gözlemler havzada su miktar ve kalitesinin günlük, aylık ve mevsimlik olarak değiştiğini göstermektedir. Günlük değişmelerin ana nedeni atıksu kaynaklarındaki günlük değişimlerle baraj işletimi ve alg etkinlikleridir. Aylık ve mevsimlik değişimler ise; debi, sıcaklık ve özellikle endüstrilerin ve barajların işletilmesindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Bu zamana bağımlı değişimler ancak dinamik bir modelle simüle edilebilir. (ARTAN, R., 1983) Buna karşın;

. dinamik modellerin bilgisayarda çok yer ve zaman tüketimleri,

. dinamik modelde kullanılan zaman aralığı kadar veri gereksinimi ve bu nedenle bu proje bütçesinin kaldıramayacağı

kadar yüksek deneysel çalışma giderleri,

- . su kaynakları yönetiminde kullanılan ve kalite yönetimine debi verisi sağlayan programın aylık ortalama debileri üretmesi,
- . akarsuda menbada mansaba ulaşım süresinin göreceli olarak kısa olması (10-20 gün),
- . özellikle ana akarsuda, yan kollarla ve birleşim yerleri ile baraj mansaplarının dışında, durum değişkenlerinin dar bir aralıkta değişimi,

gibi nedenler ilk elemelerde kararlı denge modelinin kullanılması zorunluluğunu getirmiştir. Modelin kullanım amaçları iyice düşünülerek yapılan ikinci elemelerde, modelin akarsudaki düzensiz akışların disipline edilerek optimum kullanımı sağlayacak yapılaşmaları ve işletmeleri içeren uzun dönemli planlamaların su kalitesine etkisini araştırmak amacıyla kullanılacağı gözönüne alınarak, kararlı denge modelinin bu amaçla daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç Loucks (1981) tarafından da desteklenmiştir. Ancak, özellikle baraj işletmelerinden ve yağışlardan kaynaklanan mevsimsel değişimleri karakterize edebilmek için, model birbiri peşisıra simülasyon yapmaya uygun yapıda olmalıdır.

#### 6. Model Seçimi:

Yapılan literatür çalışması (Gönenç ve Orhon, 1985) ve çeşitli modelleri kullanan uluslararası kişi ve kuruluşlarla yapılan görüşmeler sonucunda, yukarıda sıralanan kriterleri sağlayan MODQUAL modelinin seçimine karar verilmiştir. Bu model uluslararası üne sahip ve ABD de pek çok kere denenmiş QUAL II modelinin (Roesner, 1977) Hollanda'da Delft Hydraulic Laboratory tarafından modifiye edilmiş şeklidir. Ayrıca MODQUAL, bu proje amaçlarına benzer amaçlarla REN nehri için



de yıllarca başarıyla kullanılmıştır. (Postma, 1981; DHL; 1981; BISWASS, 1981; VAN PAGEE, 1983).

Bu ön seçimden sonra yapılan çeşitli analiz ve doğrulama kontrolleri ile MODQUAL modelinin proje amaçlarına yeterli hizmeti sağlayacağı görüş ve kanaatine varılmıştır. (GÖNENÇ, E., ORHON, D., ARTAN, R., 1983).

## 7.2 Model Yapısı

MODQUAL, esas olarak akarsu enkesitinde homojen dağılım kabulüne dayanan aşağıdaki tek boyutlu kütle taşınım bağıntısını kullanmaktadır :

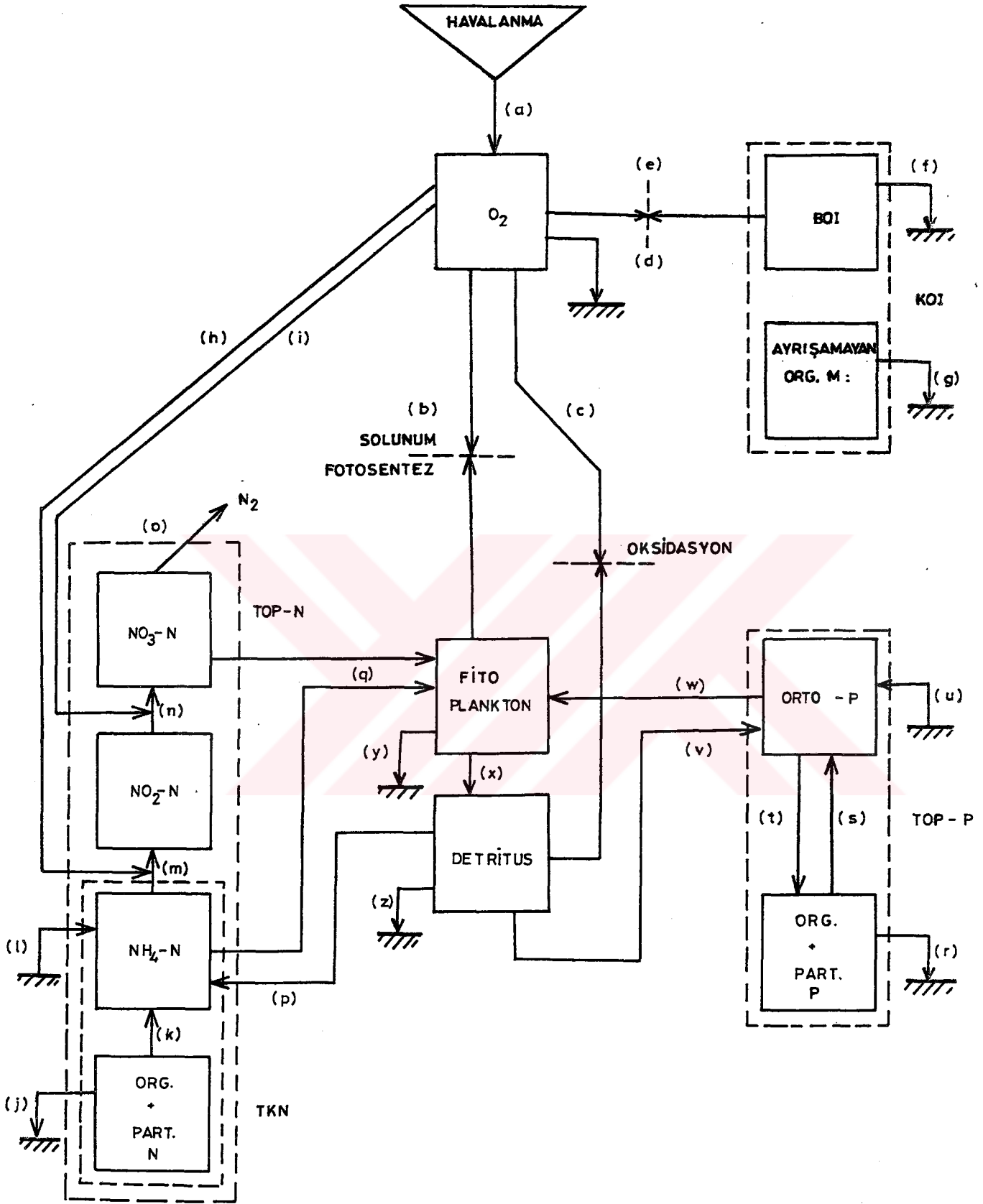
$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{A_x} \frac{\partial}{\partial x} (A_x D_L \frac{\partial c}{\partial x}) - \frac{1}{A_x} \frac{\partial (A_x V_c c)}{\partial x} + \frac{S_c}{A_x \Delta x} + (\text{süreç ve mekanizmalar}) \quad (7.1)$$

Bu bağıntıya göre akarsudaki herhangi bir maddenin konsantrasyonundaki değişim, dispersiyon ve adveksiyonla iletimin, bu maddenin akarsuya boşaltılma düzeninin ve çeşitli süreç ve mekanizmaların bir fonksiyonu olmaktadır.

Modelde,

- . Çözünmüş oksijen
- . Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- . Kimyasal oksijen ihtiyacı
- . Alg (klorofil a)
- . Amonyak, nitrit, nitrat azotu veya organik azot
- . Çözünmüş veya partiküler fosfat
- . Detritus
- . Sıcaklık
- . İlave korunmayan uç madde
- . İlave korunan uç madde

konsantrasyonundaki değişimlerin tamamı veya bir kısmı simültane olarak hesap edilmektedir. Modelde gözönüne alınabilen süreç ve mekanizmalarla, yukardaki bileşenler arasındaki simültane etkileşimler Şekil 7.3 de gösterilmektedir.



Şekil:7.3 - Modqual modelinin integral yapısı

1- Oksijen Miktarını Etkileyen Kinetikler

- a) atmosferik oksijen değişimi
- b) solunum nedeniyle oksijen tüketimi ve fotosentez nedeniyle oksijen üretimi
- c) detritusun ayrışması nedeniyle oksijen tüketimi
- d) canlılar için gerekli oksijen ihtiyacı
- e) organik karbonun biyokimyasal olarak ayrışması
- f) ayrışabilen organik karbonun çökmesi
- g) ayrışmayan organik karbonun çökmesi
- h) 1. adım nitrifikasyon nedeniyle oksijen tüketimi
- i) 2. adım nitrifikasyon nedeniyle oksijen tüketimi

2- Azot Miktarını Etkileyen Kinetikler

- j) organik azotun çökmesi
- k) organik azotun amonyaklaşması
- l) canlılar tarafından amonyakın serbest bırakılması
- m) 1. adım nitrifikasyonda  $\text{NH}_4$ 'ün  $\text{NO}_2$ 'ye oksidasyonu
- n) 2. adım nitrifikasyonda  $\text{NO}_2$ 'nin  $\text{NO}_3$ 'e oksidasyonu
- o) denitrifikasyon
- p) detritusun mineralizasyonu ile  $\text{NH}_4$ 'ün serbest kalması
- q) fitoplanktonların gelişimi nedeniyle  $\text{NH}_4$  (veya  $\text{NO}_3$ ) kullanımı

3-Fosfor Miktarını Etkileyen Kinetikler

- r) organik ve partiküler fosforun çökmesi
- s) organik fosforun mineralizasyonu ve partiküler fosforun desorpsiyonu
- t) orto fosforun adsorpsiyonu ve koagülasyonu
- u) canlılardan serbest kalan orto fosfat
- v) detritusun mineralizasyonu nedeniyle orto fosfatın serbest kalması
- w) fitoplankton gelişimi nedeniyle orto fosfat kullanımı

4-Fitoplankton ve Detritusu Etkileyen Kinetikler

- b, q, w) fitoplankton gelişimi
- x ) fitoplankton ölümü
- y ) fitoplanktonun çökmesi
- c, p, v) detritusun mineralizasyonu.
- z ) detritusun çökmesi

Şekil 7.3 ün açıklaması

TABLE 7.1 a MODELDE TANIMLANAN SÜREÇ VE MEKANİZMALARI  
KARAKTERİZE EDEN BAĞINTILAR

CO (C)	:	$K_2 (C_s - C) + (\alpha_3 \mu - \alpha_4 \rho) A - \alpha_3 \delta D - \frac{K_4}{H} - K_1 L - \alpha_5 \beta_1 N_1 - \alpha_6 \beta_2 N_2$	(7.2)
		(a) (b) (c) (d) (e) (h) (i)	
UBOI-C (L)	:	$-K_1 L - \frac{K_3}{H} L$	(7.3)
		(e) (f)	
KOI-RC (L <sub>2</sub> )	:	$-\frac{K_5}{H} L_2$	(7.4)
		(g)	
org-N (N <sub>0</sub> )	:	$-\frac{\beta_3}{H} - \beta_0 N_0$	(7.5)
		(j) (k)	
NH <sub>4</sub> -N (N <sub>1</sub> )	:	$+\beta_0 N_0 + \frac{\beta_4}{H} - \beta_1 N_1 + \alpha_1 \delta D - \gamma \alpha_1 \mu A$	(7.6)
		(k) (l) (m) (p) (q)	
NO <sub>2</sub> -N (N <sub>2</sub> )	:	$+\beta_1 N_1 - \beta_2 N_2$	(7.7)
		(m) (n)	
NO <sub>3</sub> -N (N <sub>3</sub> )	:	$+\beta_2 N_2 - \frac{\beta_5}{H} N_3 - (1-\gamma) \alpha_1 \mu A$	(7.8)
		(n) (o) (q)	
Org+part-P (P <sub>1</sub> )	:	$-\frac{\sigma_2}{H} P_1 + f P_0$	(7.9)
		(r) (s, t)	
O-P (P <sub>0</sub> )	:	$-f P_0 + \frac{\sigma_3}{H} + \alpha_2 \delta D - \alpha_2 \mu A$	(7.10)
		(s, t) (u) (v) (w)	
ALG (A)	:	$(\mu - \rho) A - \sigma_1 A - \frac{\sigma_5}{H} A$	(7.11)
		(b, q, w) (x) (y)	
DET (D)	:	$+\sigma_1 A - \delta D - \frac{\sigma_6}{H} D$	(7.12)
		(x) (c, p, v) (z)	

Bu süreç ve mekanizmaları karakterize eden bağıntılar Tablo 7.1 a da, modelin proses kinetiği ise matris formda Tablo 7.1 b de verilmektedir. Aşağıda ise modelin diğer denklemleri gösterilmektedir. Tüm bu bilgilerin ışığında EGMODQUAL'ın oksijen ve besi maddeleri bütçesi üzerine kurulmuş ve birinci üretime kadar ulaşan bir "ekolojik model" olarak değerlendirilmesi olanaklıdır.

$$BOI_5 = f_1 \cdot L + f_2 \cdot \alpha_3 \cdot A + f_3 \cdot \alpha_4 \cdot D \quad (7.13)$$

$$KOI = L + L_2 + \alpha_3 \cdot A + \alpha_4 \cdot D \quad (7.14)$$

$$L = 1,46 \cdot BOI_5^{20} \quad (7.15)$$

$$\rho = f_r \cdot \mu_{max}^{20} \cdot T/20 \quad (7.16)$$

$$\sigma_1 = f_d \cdot \mu_{max}^{20} \cdot T/20 \quad (7.17)$$

$$\mu = \mu_{max}^{20} \cdot \frac{T}{20} \cdot d \cdot \frac{K_L}{H(\epsilon_o + \epsilon_s \cdot A)} \quad (7.18)$$

Modelde sıcaklık ve alg miktarı sınır koşulu olarak da kullanılabilir. Simülasyonu yapılacak korunan veya korunmayan maddeler modele noktasal veya yayılı kaynak olarak sokulabilmekte, ayrıca akarsu içinde kaynak ve kuyular gözönüne alınabilmektedir. Bu kaynaklar için konsantrasyon veya yük birimlerinden birine kullanım olanağı verilmektedir.

Modelde, menbadan başlanarak çeşitli giriş ve çıkışlar gözönüne alınıp mansaba kadar debi hesabı yapılmaktadır. Bu sırada debinin üstsel bir fonksiyonu olarak ( $V=a \cdot Q^b$ ,  $H=cQ^d$  bağıntıları) veya Manning bağıntısından yararlanılarak ortalama hızlar, bu hızların ve su derinliğinin bir fonksiyonu olarak da  $D_L$  dispersiyon katsayıları hesap edilmektedir.

TABLO 7.1 b MODELİN PROSES KİNETİĞİ

		B İ L E Ş E N											
j	Proses	1 CO	2 BOI <sub>u</sub>	3 KOI-R	4 Org-N	5 NH <sub>4</sub>	6 NO <sub>2</sub>	7 NO <sub>3</sub>	8 Org+ Part.P	9 Orto P	10 Alg	11 Det.	Proses hızı, ρ <sub>j</sub>
1	Atmosferik havalandırma	1											$K_2(C-C)$ $S_5$
2	Alg büyümesi (fotosentez)	$\alpha_3$				$-\gamma.\alpha_1$		$-(1-\gamma).\alpha_1$		$-\alpha_2$	1		$\mu.A$
3	Alg solunumu	$-\alpha_4$									-1		$\rho.A$
4	Detritus mineralizasyonu (ayrışması.)	$-\alpha_3$				$\alpha_1$				$\alpha_2$		-1	$\delta.D$
5	Dip çamurunun O <sub>2</sub> tüketimi	-1											$K_4/H$
6	Biyokimyasal ayrışma	-1	-1										$K_1.L$
7	Amonyakın nitrite oksidasyonu	$-\alpha_5$				-1	1						$\beta_1.N_1$
8	Nitritin nitrate oksidasyonu	$-\alpha_6$					-1	1					$\beta_2.N_2$
9	Ayrışabilen org.madde çökmesi		-1										$K_3.L/H$
10	Ayrışamayan org.madde çökmesi			-1									$K_5.L_2.H$
11	Organik azotun çökmesi				-1								$\beta_3/H$
12	Amonifikasyon				-1	1							$\beta_0.N_0$
13	Dip çamurdan amonyağın açığa çıkışı					1							$\beta_4/H$
14	Denitrifikasyon							-1					$\beta_5.N_3/H$
15	Org.+Part.P'nin çökmesi								-1				$\sigma_2/H.P_1$
16	Ortofosfatın adsorpsiyon hızı								1	-1			$f.P_0$
17	Dip çamurdan ortofosfatın açığa çıkışı									1			$\sigma_3/H$
18	Alg ölüm hızı										-1	1	$\sigma_1.A$
19	Alglerin çökmesi										-1		$\sigma_5/H.A$
20	Detritusun çökmesi											-1	$\sigma_6/H.D$

$$r_i = \sum_j v_{ij} \rho_j$$

Gözlenen Dönüşüm Hızı

### 7.3. Sayısal Çözüm ve Simülasyon Sistemi

EGMODQUAL, sayısal çözüm yöntemi olarak sonlu farkları kullanmaktadır. Bunun için (7.1) bağıntısı, kararlı denge halinde

$$0 = \left( \frac{Q_{i-1}}{V_i} - \frac{A_{i-1} \cdot D_{i-1}}{V_i \cdot x} \right) c_{i-1} - \left( \frac{Q_i}{V_i} - \frac{A_{i-1} \cdot D_{i-1} + A_i \cdot D_i}{V_i \cdot x} \right) c_i - \left( \frac{A_i \cdot D_i}{V_i \cdot x} \right) c_{i-1} + \frac{S_i}{V_i} + R(c_i) \quad (7.19)$$

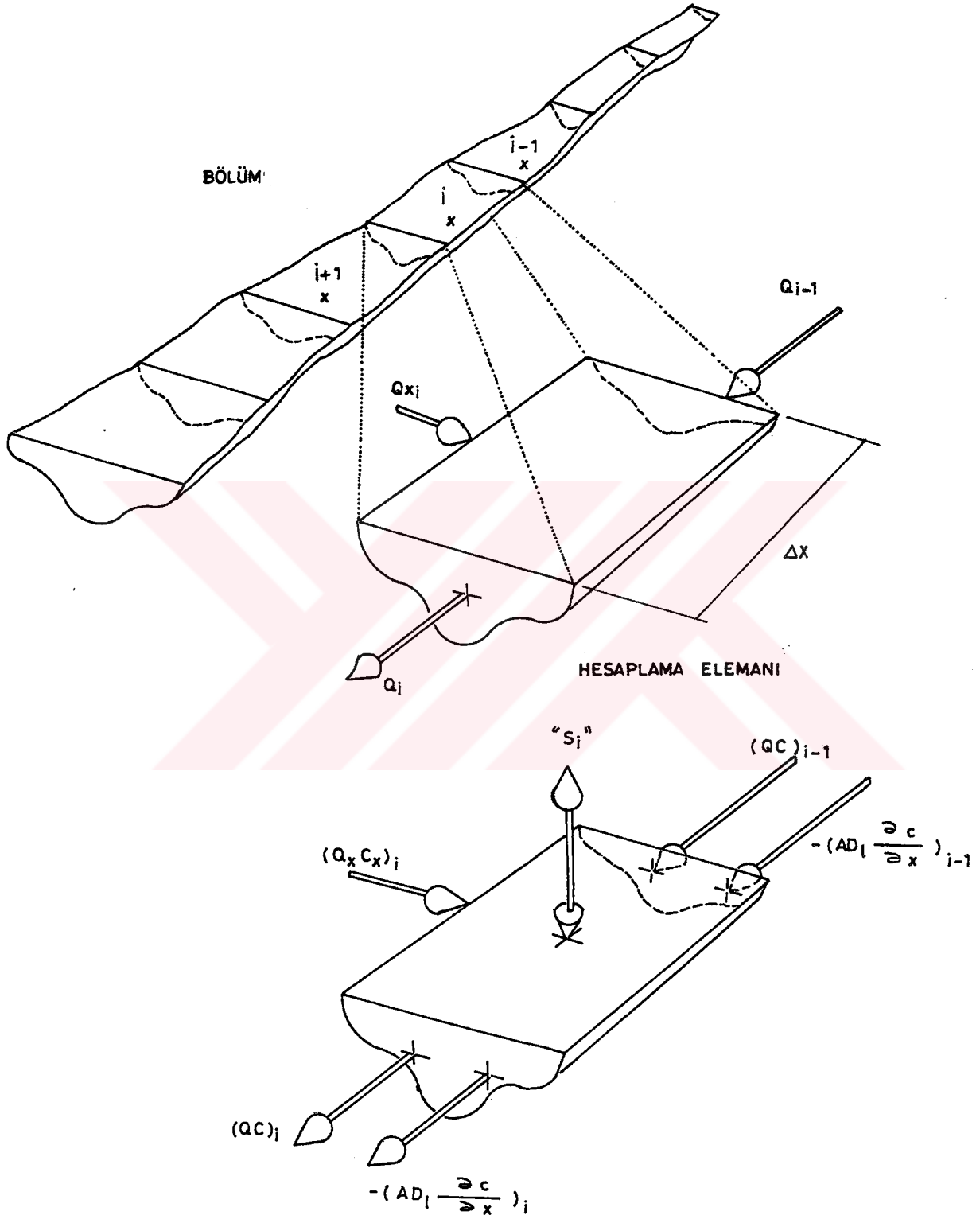
şeklinde sonlu fark bağıntısına dönüştürülmekte ve elde edilen bağıntılar matris dönüşümleriyle,

$$\bar{C} = U^{-1} \bar{S}_c \quad (7.20)$$

vektörel forma getirilerek çözülmektedir. Bu çözümde yazılım dili olarak FORTRAN 77 kullanılmış ve bilgisayar programı 1 ana programla gösterilmiştir.

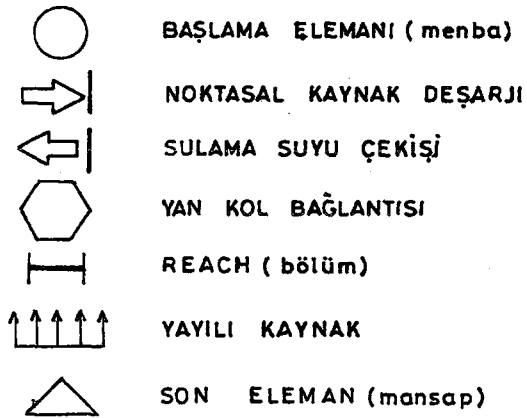
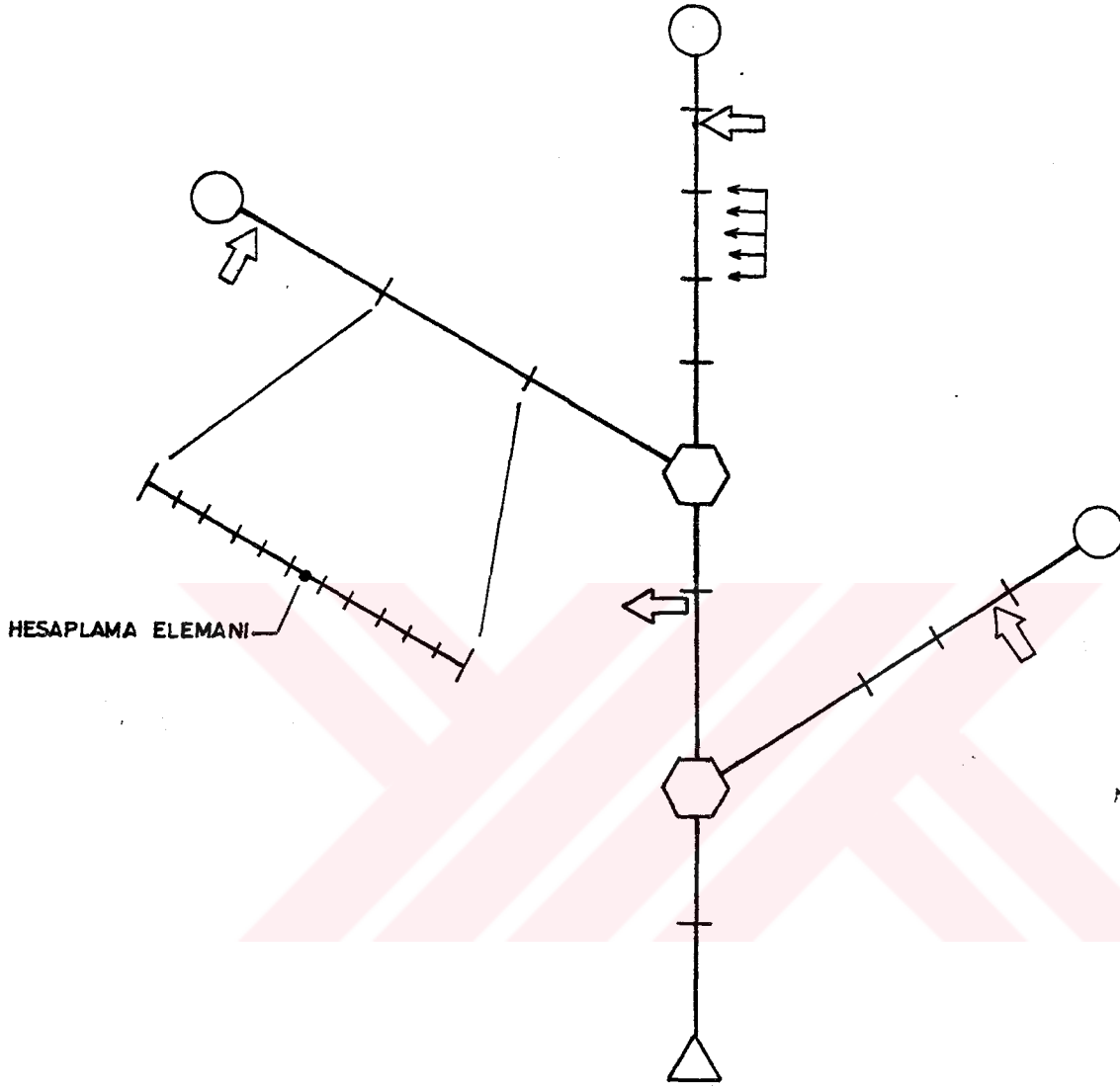
Bu kavramsal yapının uygulamadaki karşılığı akarsuyu Şekil 7.4 de gösteren "n" adet hesaplama elementine (i) ayırmaktadır. Akarsudaki çeşitli giriş-çıkış özellikleri ile hidrolik yapıya göre modelde farklı elementler düşünülmüştür. Bunlar akarsu menba veya mansab, noktasal veya yayılı kaynak-kuyu, akarsu yan kol, akarsu üzerindeki savak-düşü, akarsu deltasında dallanma elementleri olarak sıralanabilir. Bu hesaplama elementleri geometrik, hidrodinamik veya kinetik parametreleri farklı, "m" adet bölüm içine yerleştirilebilir. (Şekil 7.5 a,) . Böyle bir simülasyon düzeninin sayısal çözüm hatalarının azaltılması bilgisayar kapasitesine bağlı sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Halihazırda,

- . En çok 75 bölüm
- . Her bölümde en çok 20, akarsu toplamında en çok 500 element
- . En çok 15 yan veya ana kol
- . En çok 15 düşü-savak
- . En çok 90 adet noktasal kaynak ve su çekimi



Sekil 7.4 - Nehir bölümlerinin ve hesaplama elemanlarının gösterimi





Şekil: 7.5a-Varsayılan akım sisteminin şematik gösterimi

ile program sınırlandırılmıştır. Ayrıca, sayısal dispersiyon ve boyuna doğrultuda konsantrasyon gradyanı yayılması gibi hataları önlemek için element uzunlukları çok büyük seçilmemelidir. Diğer taraftan çok küçük uzunlukta elementler nedeniyle bilgisayar zamanının gereksiz yere harcanmamasına da özen gösterilmelidir.

Her bir hesaplama elementi tipi, modelin standartlaştırılmış notasyonları ile tanımlanmıştır.

Bunlar:

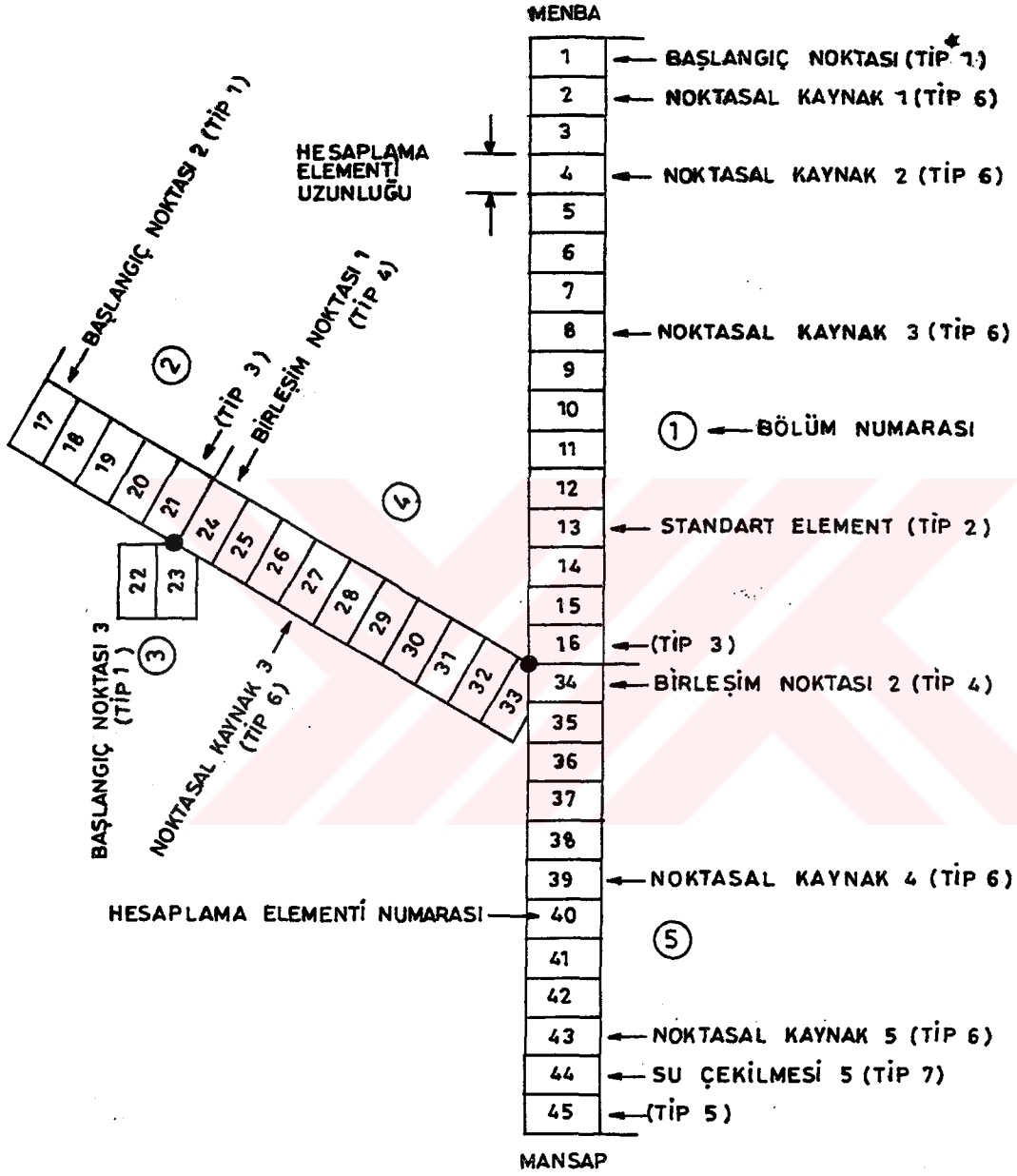
- Tip 1 = Başlangıç elementi
- Tip 2 = Giriş veya çıkışın olmadığı element
- Tip 3 = Modellenen bir yan kol girişinin menbasındaki element
- Tip 4 = Modellenen bir yan kolun girdiği element
- Tip 5 = Tüm akarsu sisteminin son elementi
- Tip 6 = Noktasal kaynak girişi olan element
- Tip 7 = Su çekişi olan element

olarak sıralanabilir. (Şekil 7.5 b).

#### 7.4 Program Girdi ve çıktıları

Program aşağıdaki giriş bilgi ve verilerine gereksinim gösterir:

- . Simülasyon yapılacak kalite parametrelerinin ve çıkış düzeninin seçilmesi,
- . Akarsuyun program yapısına uygun bir yapıya getirilmesi; bunun için akarsuyun bölümlere ve hesaplama elementlerine ayrılması,
- . Su hacimlerinin, enkesit alanlarının, akım hız ve derinliklerinin hesabı için geometrik ve hidrolik parametrelerin tanımı,
- . Akarsuda kaliteyi etkileyen süreç ve mekanizmaları karakterize eden bağıntılardaki katsayı ve sabitlerin tanımı,



Şekil: 7.5b - Bir akarsuyu modele göre düzenleme şeması

- . Debi hız, su derinliği, dispersiyon ve kirlenme yüklerinin hesabı için başlangıç koşullarının ve noktasal, yayılı kirletici kaynakların tanımlanması,
- . Başlangıçta ve kirlenme kaynaklarında debi ve konsantrasyonlar,
- . Akarsu boyunca sıcaklık değişimleri.

Programın esas çıktısı, tüm elementler için hesaplanmış su kalite parametrelerinin akarsu boyunca aldığı değerlerdir. Kullanıcının seçimine bağlı olarak programdan,

- . Tüm giriş bilgileri,
- . Akarsu boyunca belli yerlerde (örneğin numune alma istasyonlarında) su kalitesi parametrelerinin hesap edilmiş değerleri,
- . Katsayı ve sabitlerin değerleri

çıktı olarak alınabilir.

## BÖLÜM 8. SAKARYA NEHRİ MODELLEME AŞAMALARI VE SONUÇLARI

Modqual, Sakarya Nehri ile Sakarya Nehrinin önemli iki kolu olan Porsuk ve Karasu Nehirlerinde havza bazında yönetim amacıyla uygulanmıştır. Sakarya Nehrinde, Kozyaka'dan Adatepe,'ye kadar olan bölüm, Porsuk'ta Ağačköy'den Sakarya karışımına, Karasu'da ise kaynağın yaklaşık 14. km.sinden Sakarya karışımına kadar olan bölüm modele esas alınmıştır.

Model, Mart 1984-Şubat 1986 tarihleri arasında 2 yıllık veriler ile kalibre edilmiştir.

Bu bölümde modelin kalibrasyonu ve duyarlılığı için yapılan çalışmalar sırasıyla anlatılmaktadır.

### 8.1 Veri Analizi ve Program Girdilerinin Hazırlanması

Veri analizleri, örnekleme istasyonları ve kirletici kaynaklar daha önce iki ayrı bölümde incelenmiştir. (3. ve 5. Bölüm)

#### 8.1.1 Örnekleme İstasyonlarından Elde Edilen Veriler

Önceki bölümlerde açıklandığı üzere Sakarya Nehri ile yan kollarında 1979-1986 su yılları arasında su kalite ölçümleri yapılmıştır. 5. bölümde ayrıntıları ile anlatılan örnekleme istasyonlarının yerleşimleri 2. Bölüm Şekil 2.2 de gösterilmektedir. Bu istasyonlardan sağlanan Mart 1983-Şubat 1986 dönemine ait verilerden model kalibrasyonuna esas oluşturan parametreler olan debi, ÇO, BOI<sub>5</sub>, Org-N, NO<sub>2</sub>, TKN, O-PO<sub>4</sub> ve bunlara ek olarak bozunmayan bir madde olması nedeniyle kütle dengesi kurulmasında iyi bir gösterge olan klorür parametresi, 3 yıllık süre boyunca izlenmiş ve istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde yıllara göre sapma gösteren değerlerin nedenleri araştırılmıştır. Yukarıda belirtilen

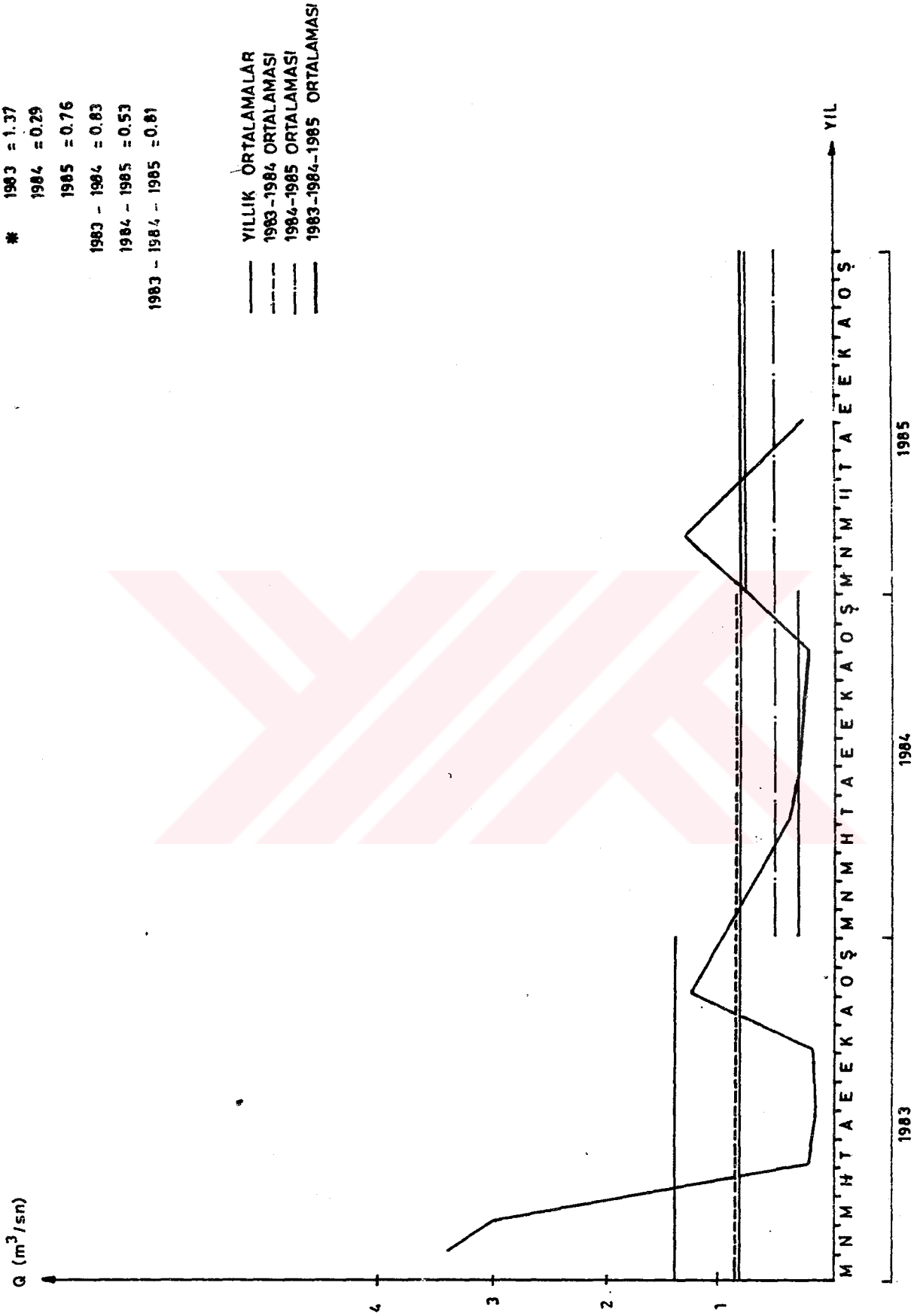
parametrelere ait verilerin özenli bir analizi sonucunda 1984 ve 1985 su yıllarına ait hidrolojik verilerin birbirine yakın olması nedeniyle model kalibrasyonunda bu iki yıla ait ortalama değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Yapılan değerlendirmelere bir örnek oluşturmak üzere Sakarya Nehri ile Porsuk Çayının menba ve mansap istasyonlarına ait ölçümler Şekil 8.1, 8.2, 8.3 ve 8.4 de verilmektedir.

Program girdilerinin hazırlanması aşamasında 7. Bölümde açıklanmış olan ve başlangıç koşulları adı altında tanımlanan bilgiler modele giriş bilgisi olarak alınmıştır. Bunlar her üç kolun kaynak istasyonları olan Kozyaka (Sakarya), Ağaçköy ( Porsuk ) ve Kocadere (Karasu) istasyonlarına ait verilerdir. (Tablo 8.1) Karasu'da, akarsuyun kaynağını aldığı Kocadere'nin debisinin çok küçük olması nedeniyle, Halıser, Toprak Grubu ve Bozüyük Seramik Fabrikaları gibi önemli kirleticilerin karıştığı akarsu kaynağının yaklaşık 14.km sinde Kocadere ve kirletici kaynaklarla kütle dengesi yapıldıktan sonra elde edilen veriler başlangıç koşulu olarak alınmıştır. (3. Bölüm Şekil 3.2)

Nehir, örnekleme istasyonlarının yerleşimleri ile barajlar, yan kol ve kirletici kaynak girişleri, su çekişleri gibi su kalitesini ve sistem hidroliğini etkileyecek etkenler gözönünde bulundurularak, olabildiğince benzer özellik taşıyan ve "bölüm" olarak tanımlanan üniform hidrolik karakteristiklere sahip kontrol hacimlerine ayrılmıştır. Bundan önce yapılan Sakarya Havzası "Su Kalitesi Yönetimi" çalışmalarında Porsuk Çayı ve Sakarya Nehri farklı çalışmalar kapsamında modellenmiştir. (Menet, 1985 ; Durdu, 1986; Özen, 1987).

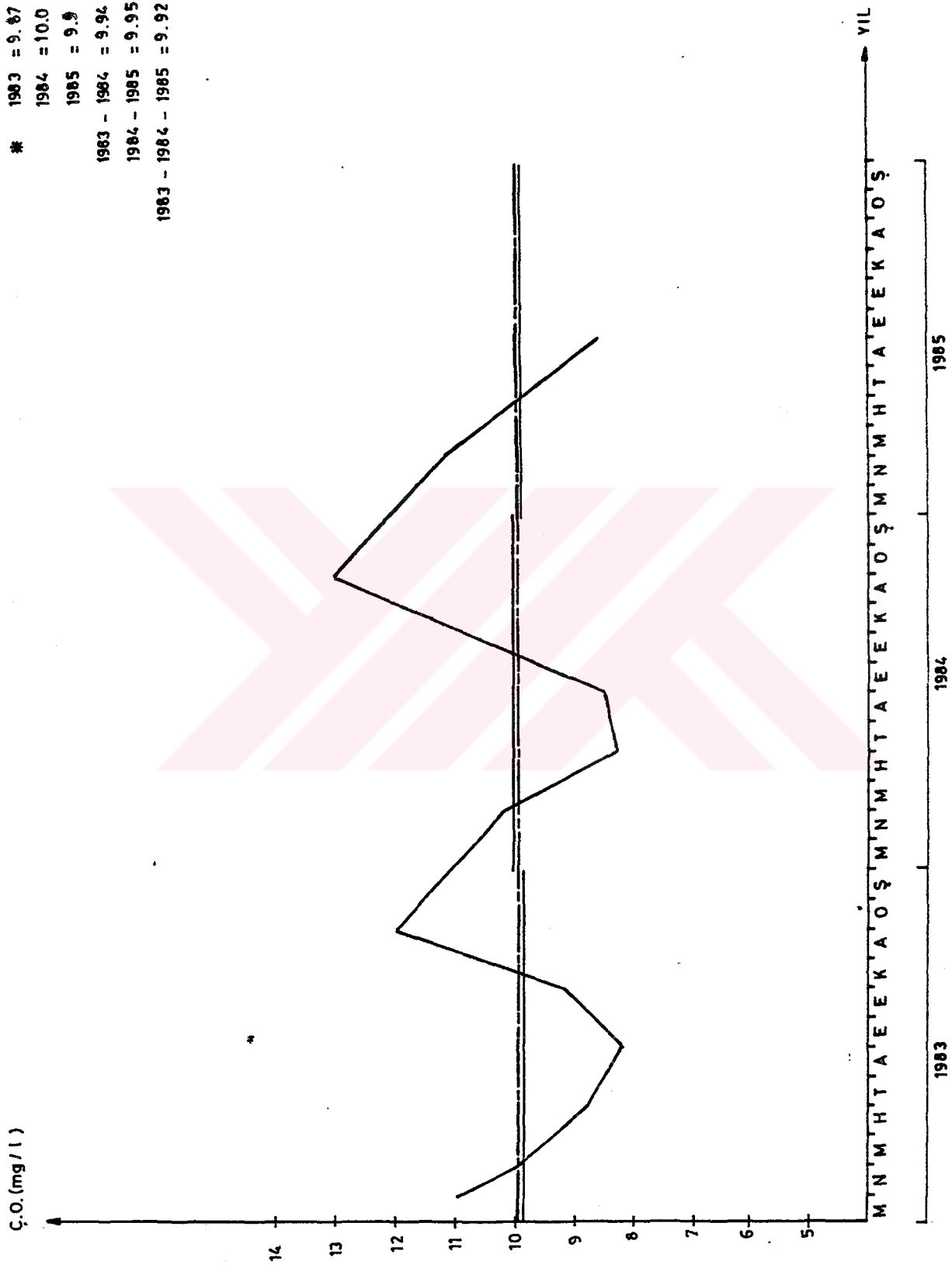
Gerek Porsuk Çayı, gerek Sakarya Nehri modelleme çalışmalarında akarsu, barajların o aşamada modellenememesi nedeniyle baraj üstü ve baraj altı olmak üzere iki ayrı bölümde incelenmiştir. Bu konuda yapılan ilk çalışma olan Porsuk Çayı'nın modellenmesi aşamasında, Porsuk, baraj gölünden ikiye ayrılmıştır. Baraj üstü, Ağaçköy istasyonundan Porsuk Barajına kadar

İSTASYON : SEYDİSUYU - KOZ KAYA



Şekil: 8.1a - Kozyaka istasyonunda yapılan çeşitli parametrelere ait ölçüm ve değerlendirmeler. \* İlgili su yıllarına ait ortalamaları göstermektedir

## İSTASYON : SEYDİSUYYU - KOZKAYA

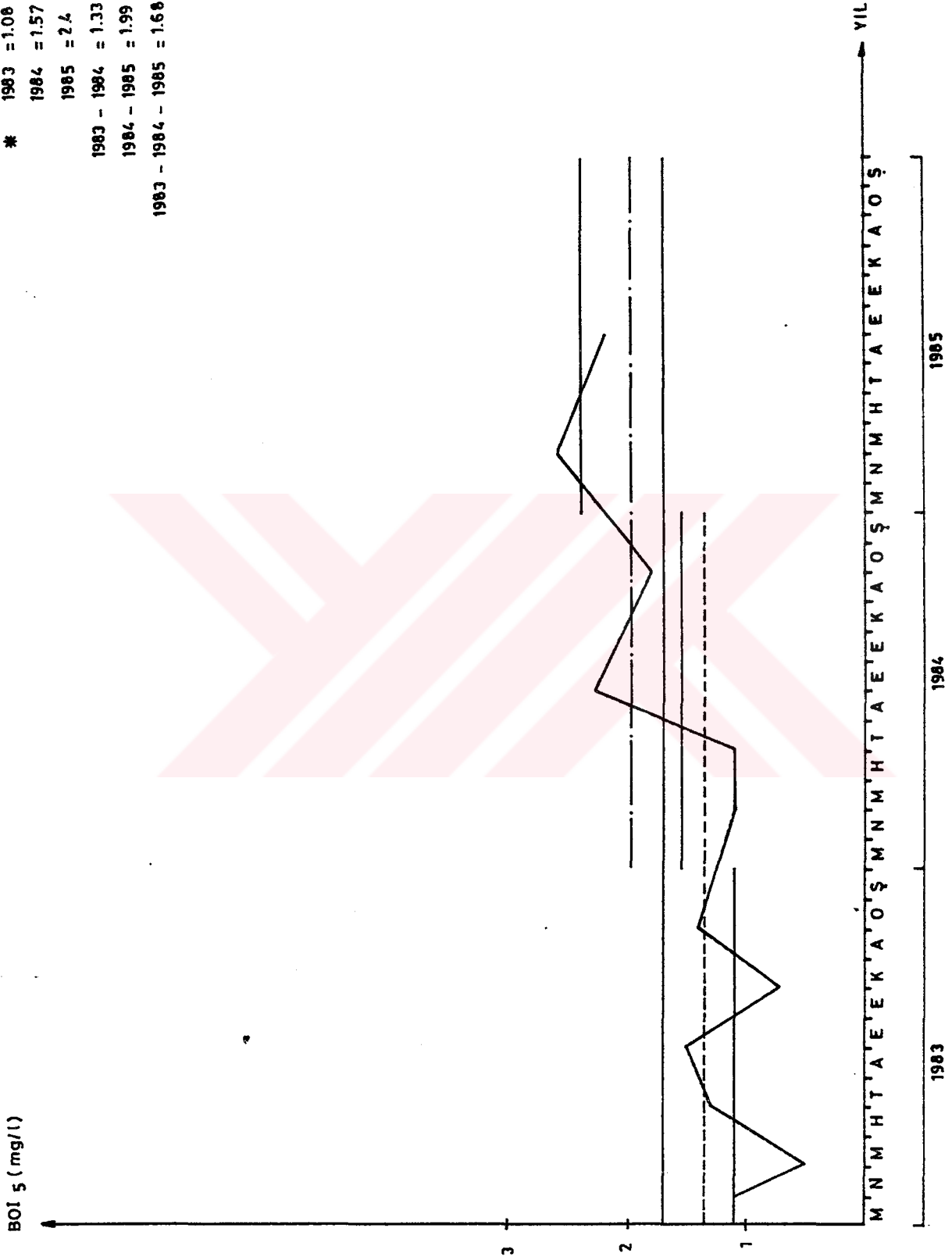


Şekil: 0.1b - Devamı



## İSTASYON : SEYDİSUYU - KOZKAYA

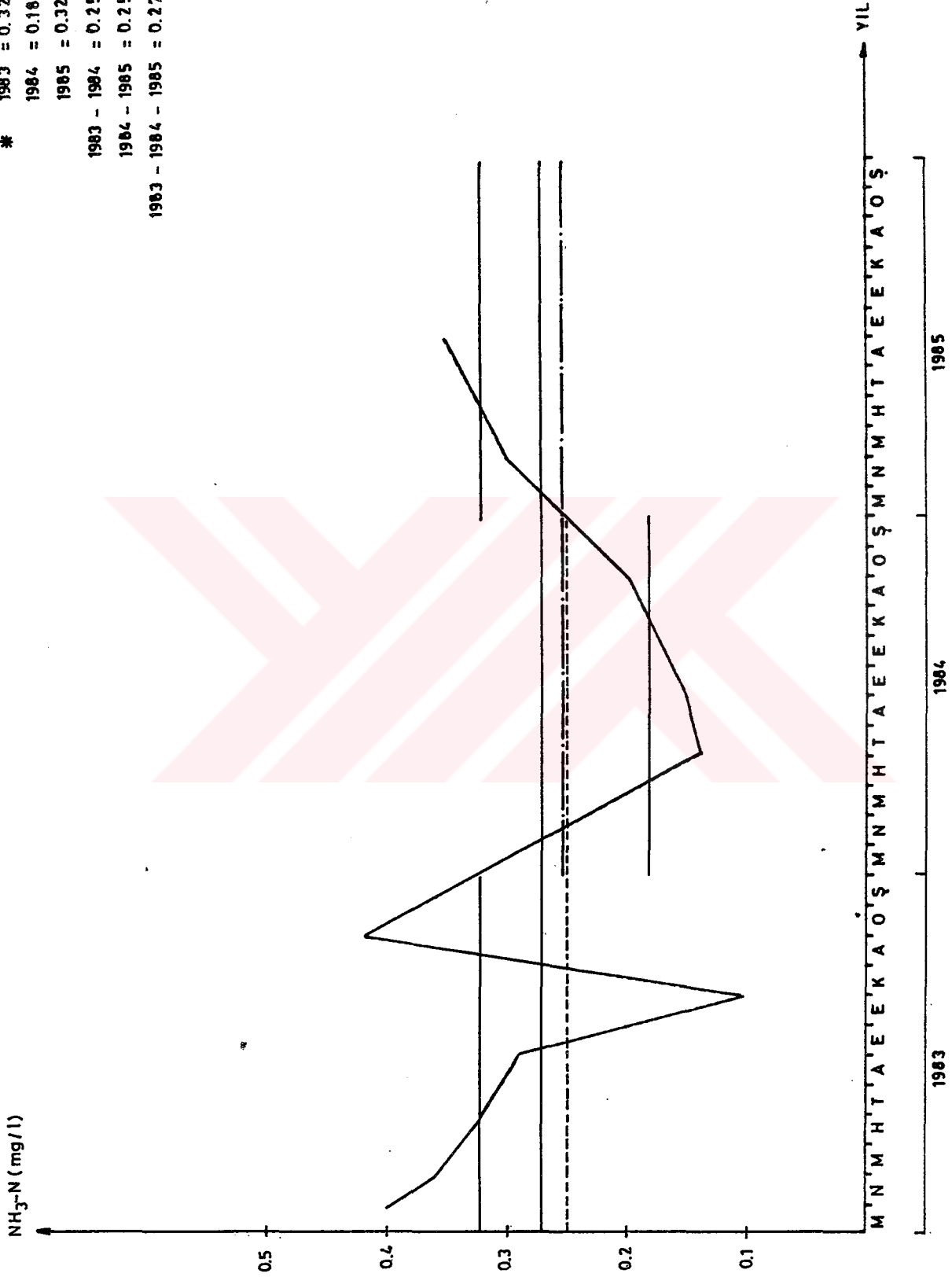
\* 1983 = 1.08  
 1984 = 1.57  
 1985 = 2.4  
 1983 - 1984 = 1.33  
 1984 - 1985 = 1.99  
 1983 - 1984 - 1985 = 1.68



Şekil: 8.1 c - Devamı

İSTASYON : SEYDİSU YU - KOZKAYA

\* 1983 = 0.32  
 1984 = 0.18  
 1985 = 0.32  
 1983 - 1984 = 0.25  
 1984 - 1985 = 0.25  
 1983 - 1984 - 1985 = 0.27

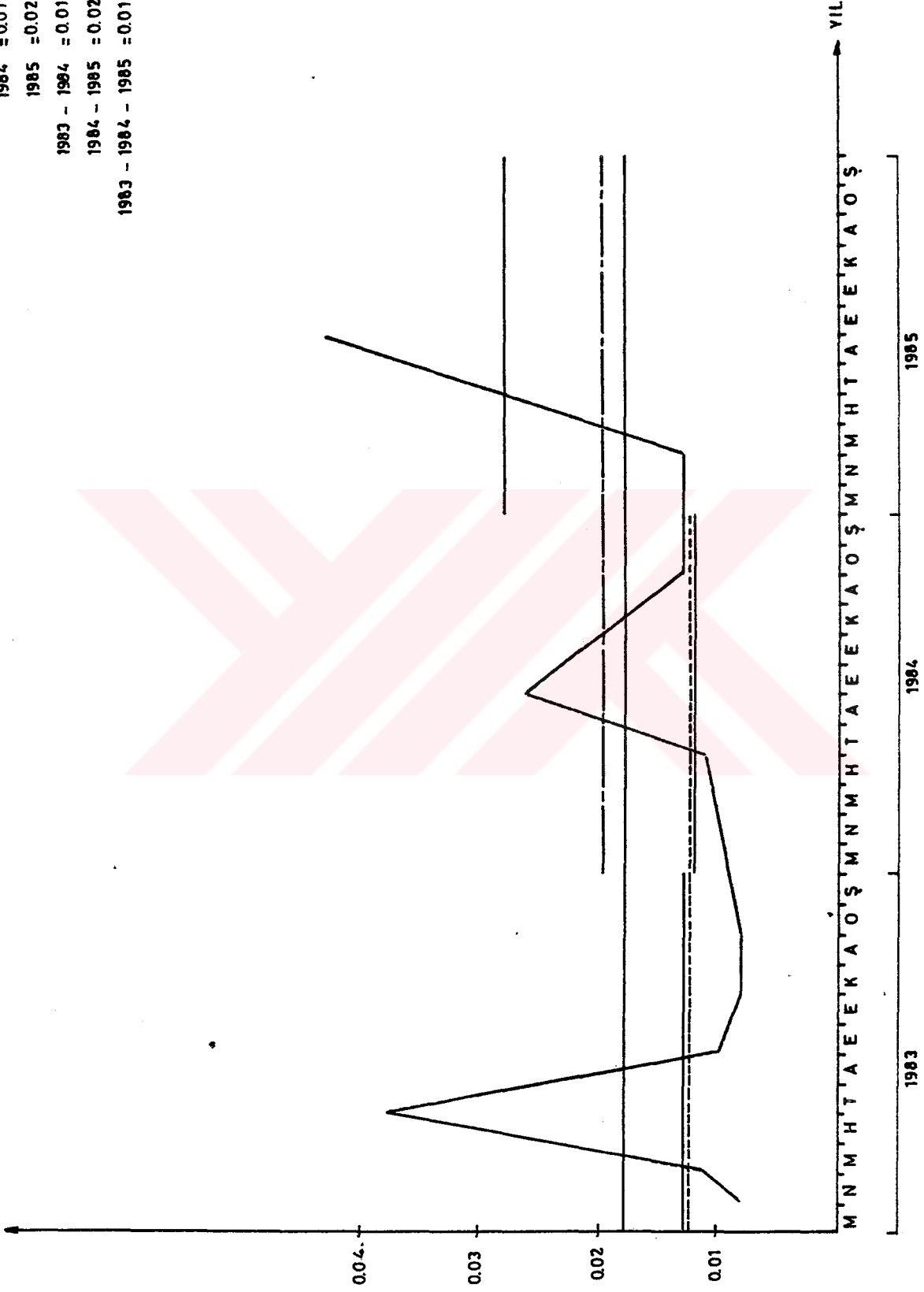


Şekil: 8.1d - Devamı

## İSTASYON : SEYDİSU YU - KOZKAYA

NO<sub>2</sub>-N (mg/l)

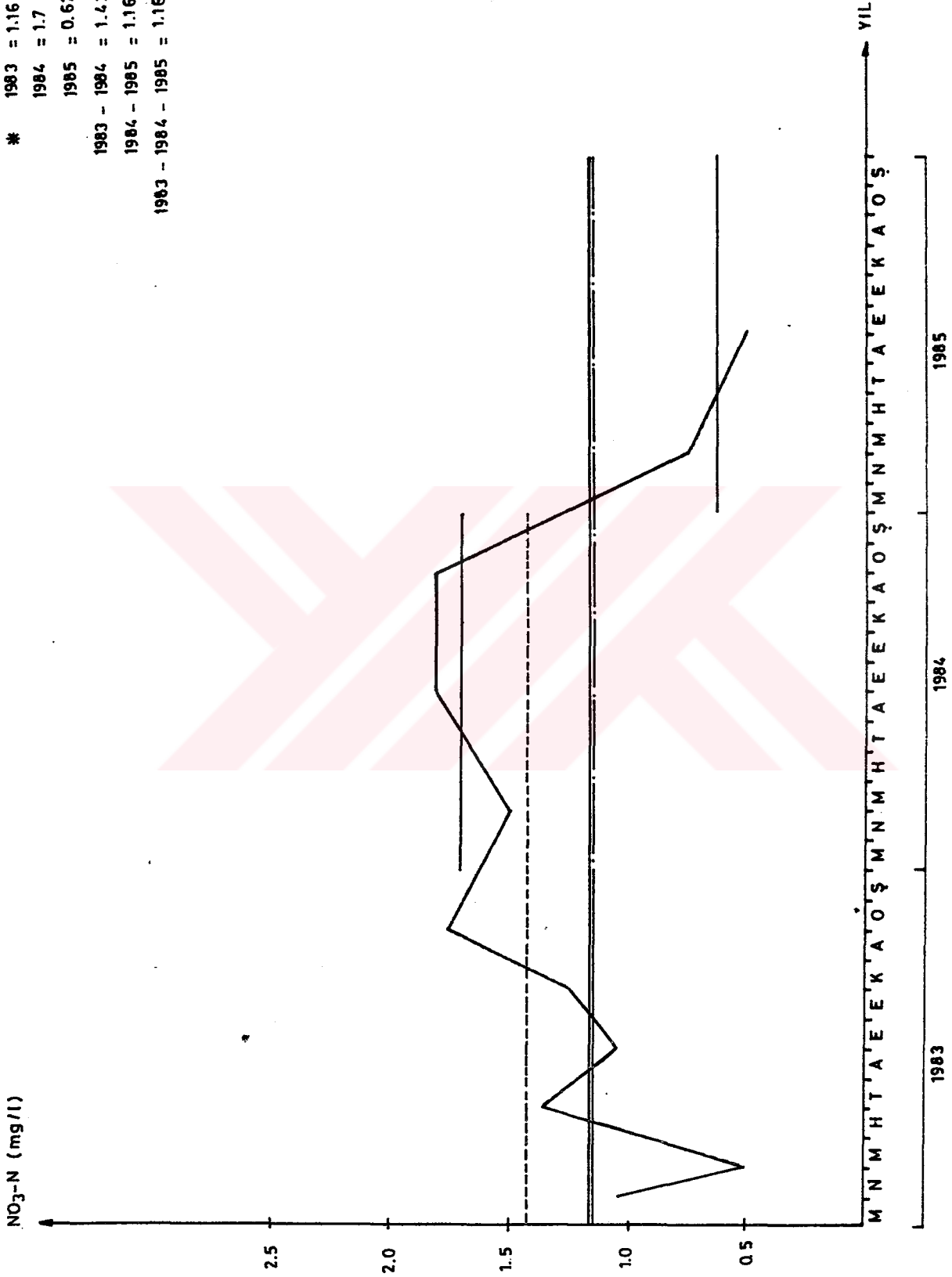
- \* 1983 = 0.013  
 1984 = 0.012  
 1985 = 0.028  
 1983 - 1984 = 0.0125  
 1984 - 1985 = 0.02  
 1983 - 1984 - 1985 = 0.018



Şekil: 8.1e - Devamı

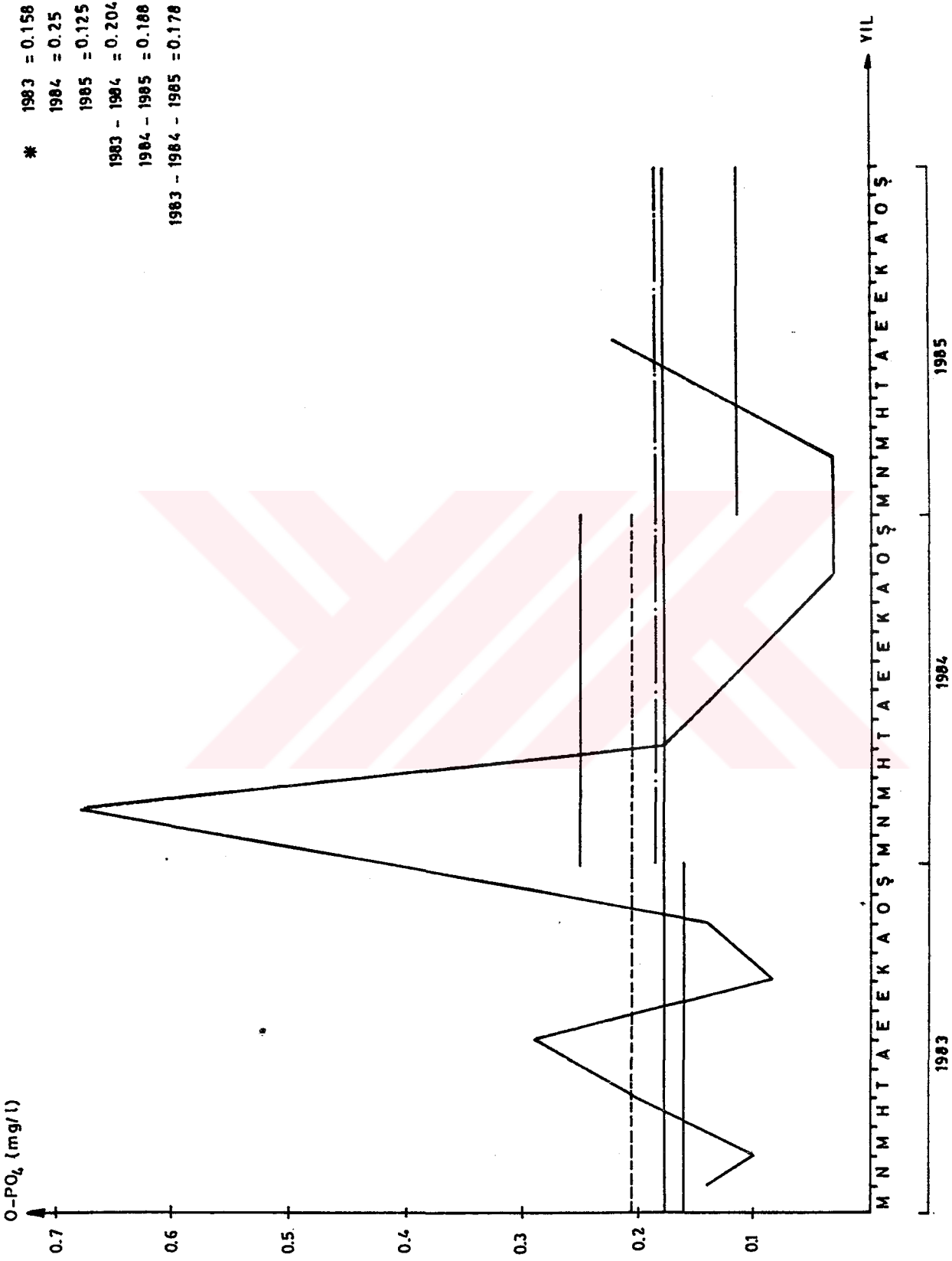
## İSTASYON : SEYDİSUJU - KOZKAYA

\* 1983 = 1.16  
 1984 = 1.7  
 1985 = 0.625  
 1983 - 1984 = 1.43  
 1984 - 1985 = 1.16  
 1983 - 1984 - 1985 = 1.16



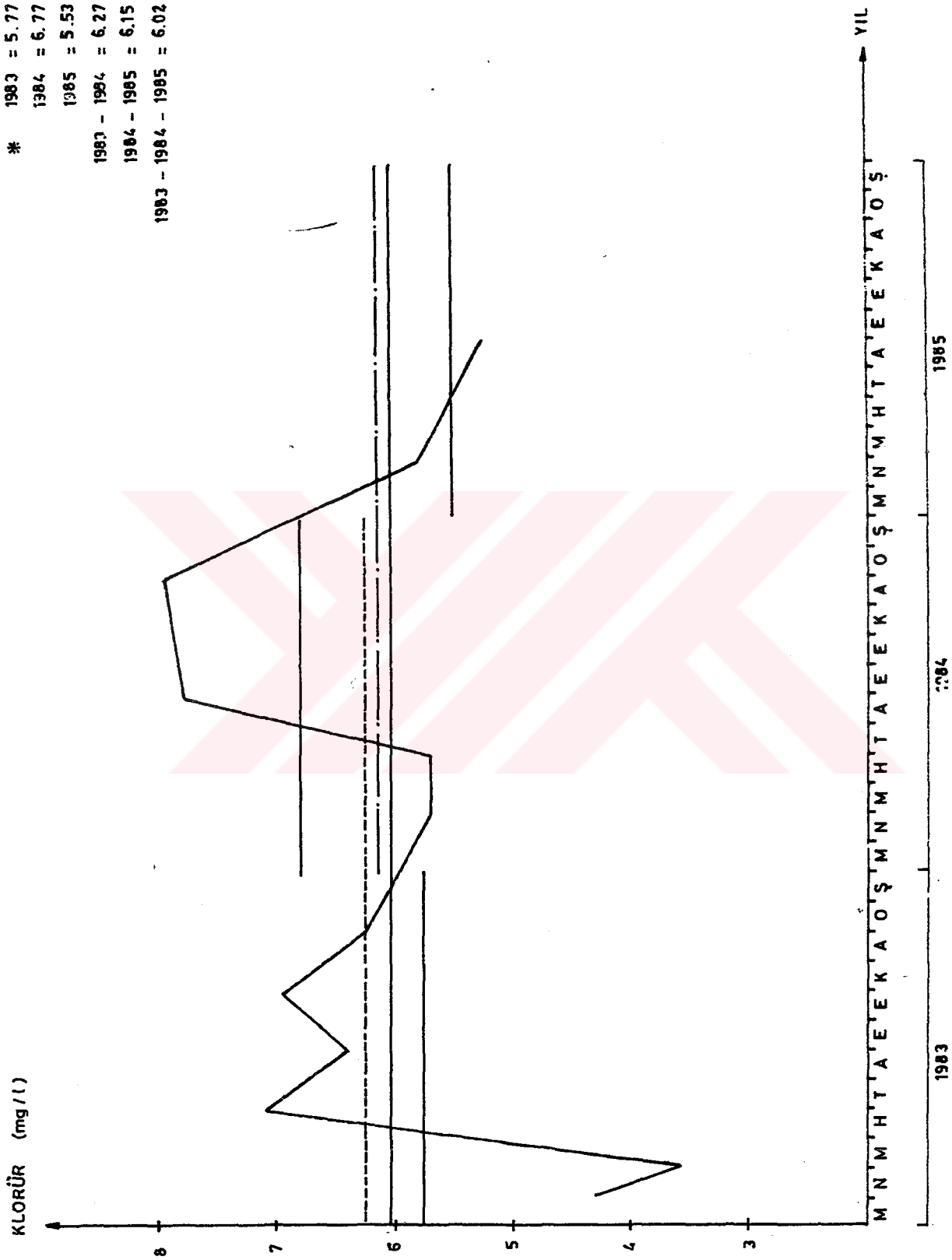
Şekil : 8.1f - Devamı

## İSTASYON : SEYDİSU YU - KOZYAKA



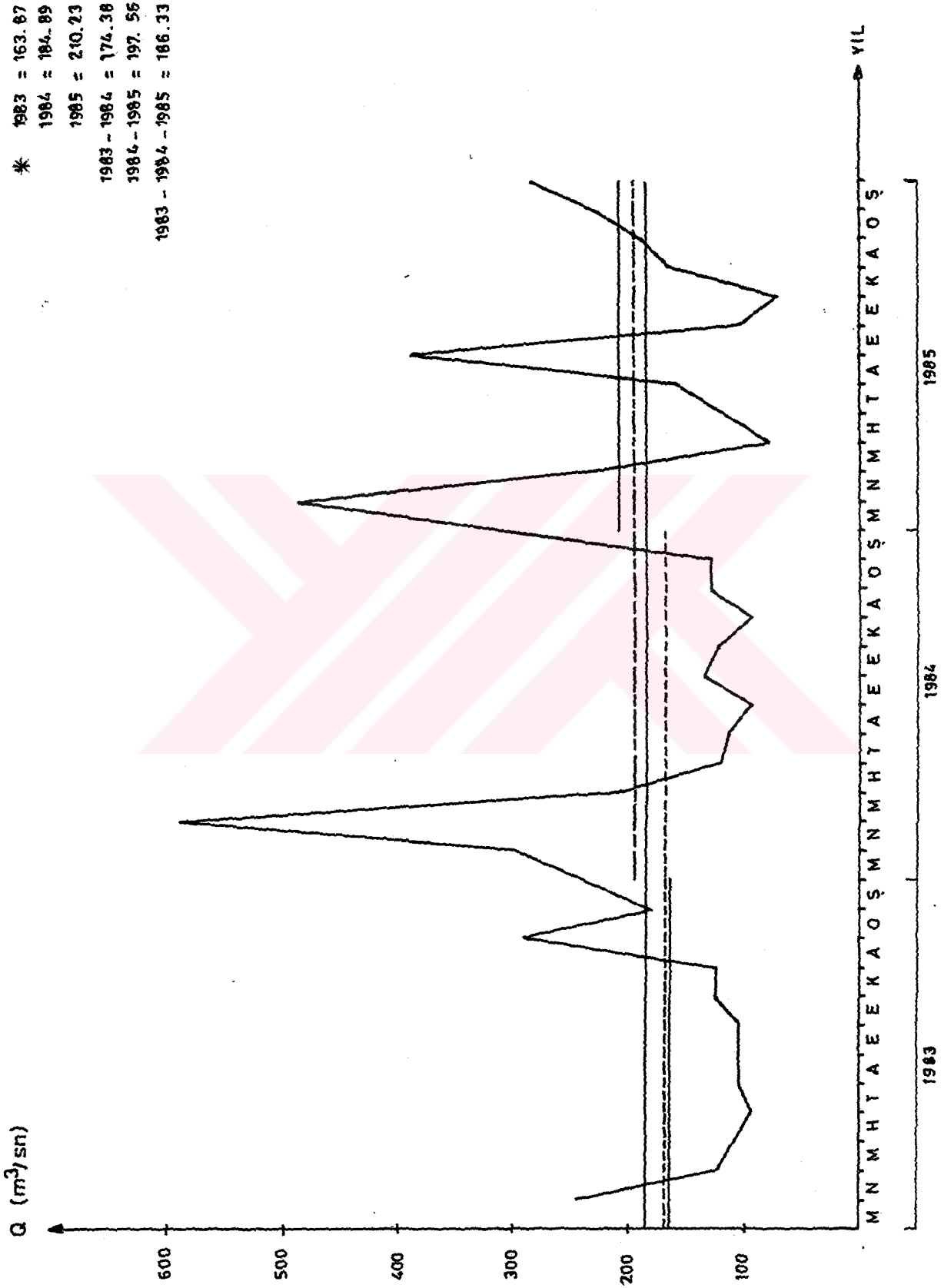
Şekil: 8.1g - Devamı

## İSTASYON : SEYDİSUJU - KOZYAKA



Şekil: 8.1h - Devamı

## İSTASYON : ADATEPE (AŞAĞI SAKARYA)

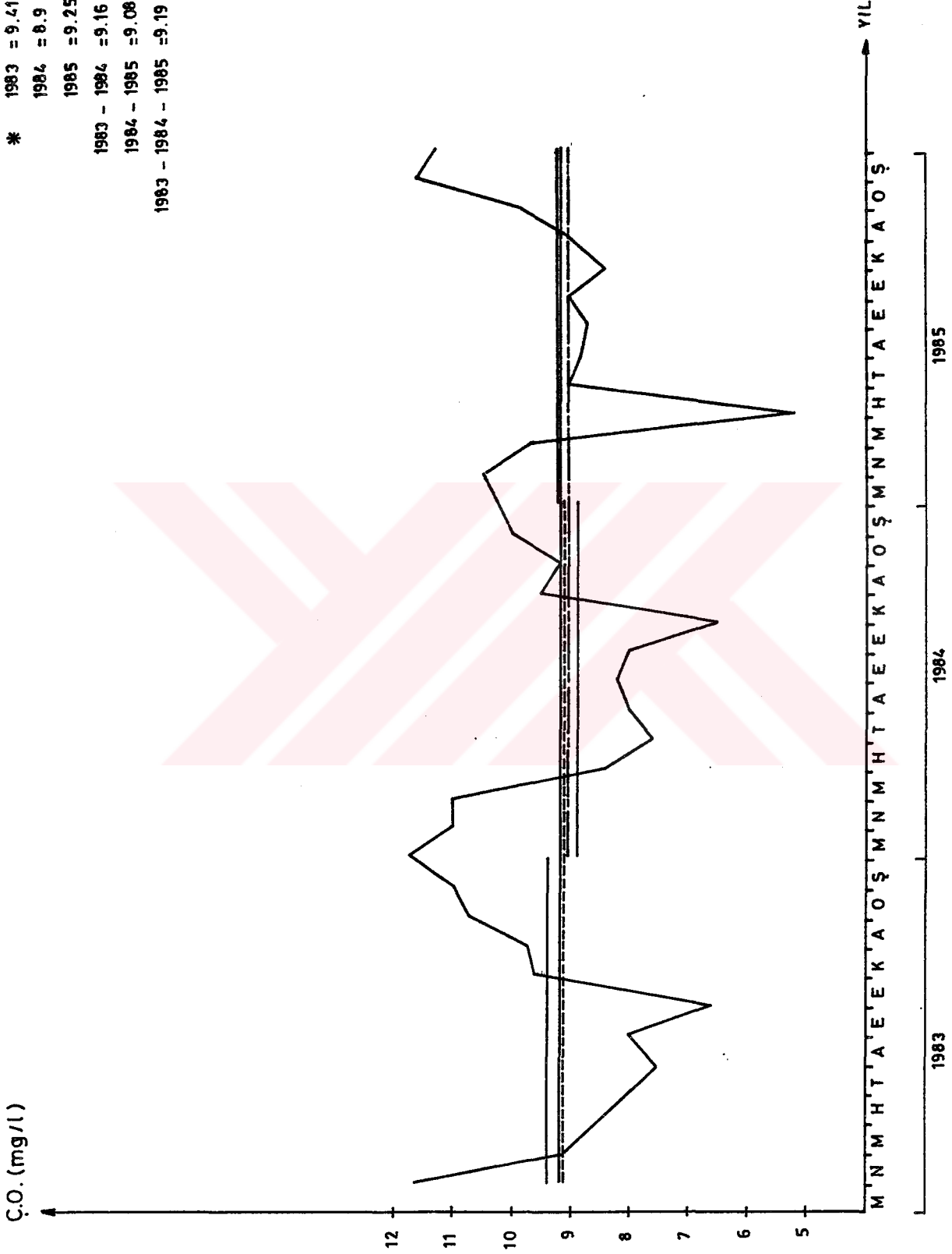


Şekil: 8.2a - Adatepe istasyonunda yapılan çeşitli parametrelere ait ölçümler ve değerlendirmeler.

\* İLGİLİ SU YILLARINA AİT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR.

İSTASYON : ADATEPE (AŞAĞI SAKARYA)

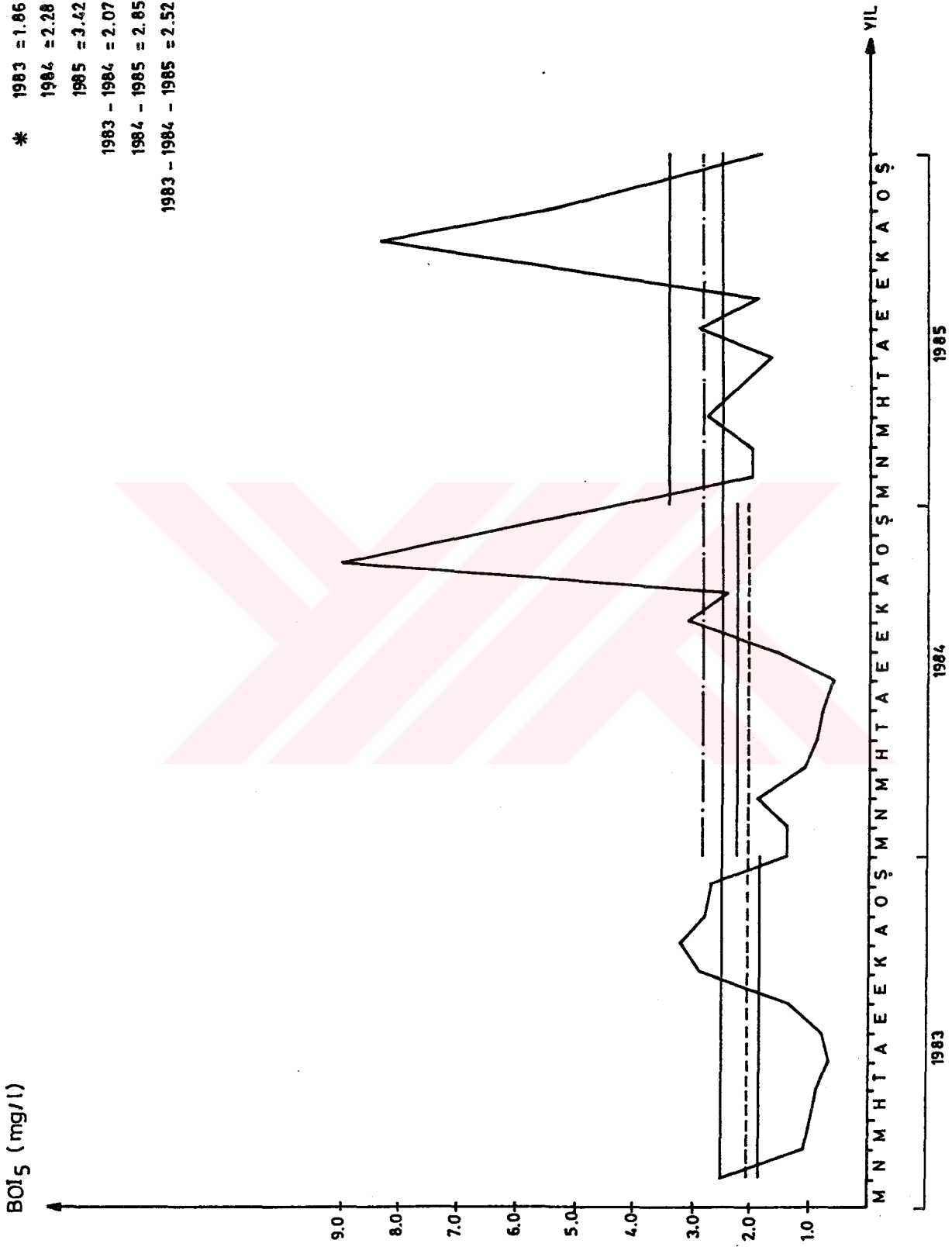
\* 1983 = 9.41  
 1984 = 8.9  
 1985 = 9.25  
 1983 - 1984 = 9.16  
 1984 - 1985 = 9.08  
 1983 - 1984 - 1985 = 9.19



Şekil: 8.2b - Devamı

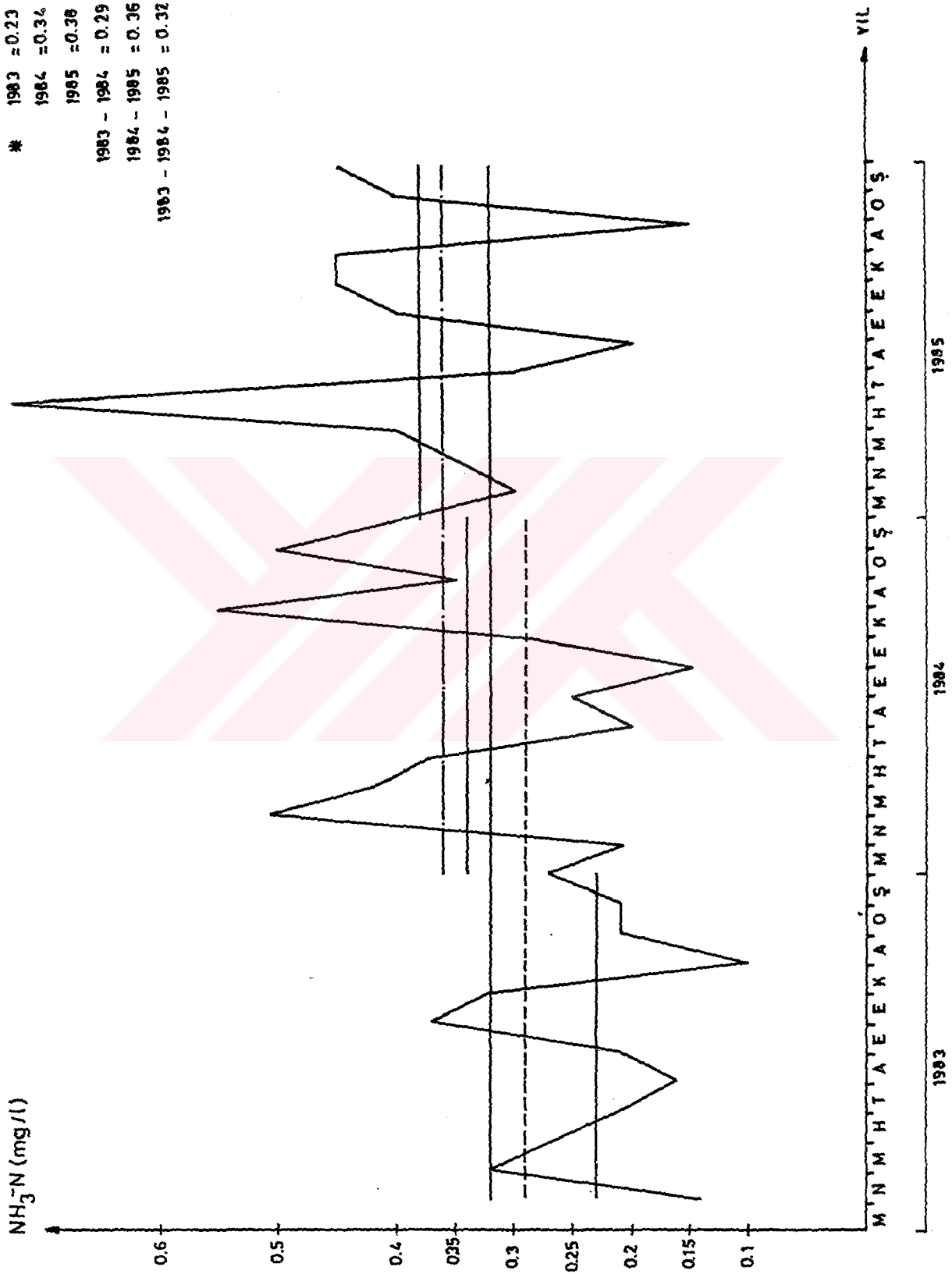


İSTASYON : ADATEPE



Şekil : 8.2c - Devamı

İSTASYON : ADATEPE

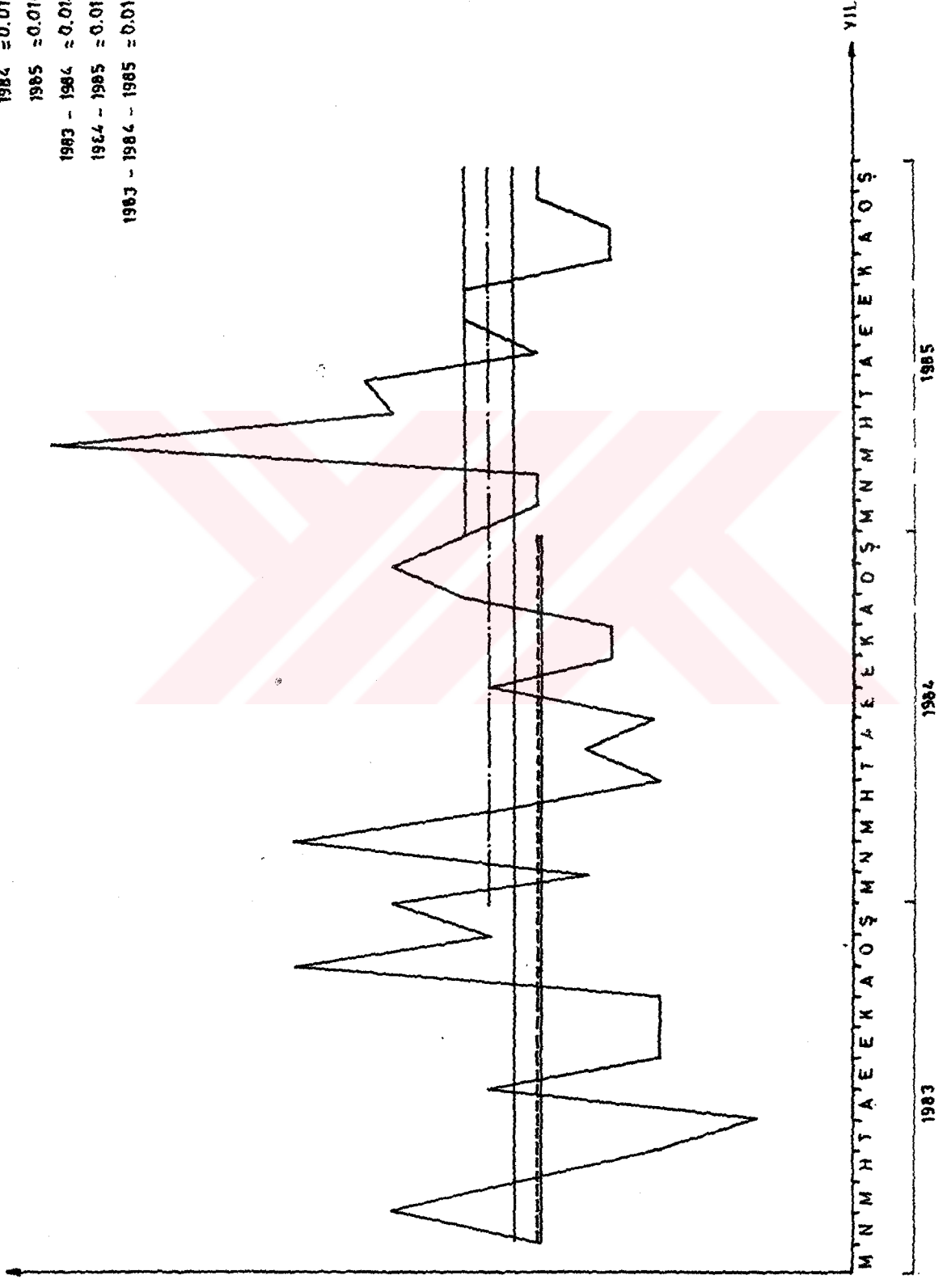


Şekil: 8.2d - Devamı

İSTASYON : ADATEPE

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>N (mg/l)

- \* 1983 = 0.013
- 1984 = 0.013
- 1985 = 0.016
- 1983 - 1984 = 0.013
- 1984 - 1985 = 0.015
- 1983 - 1984 - 1985 = 0.014

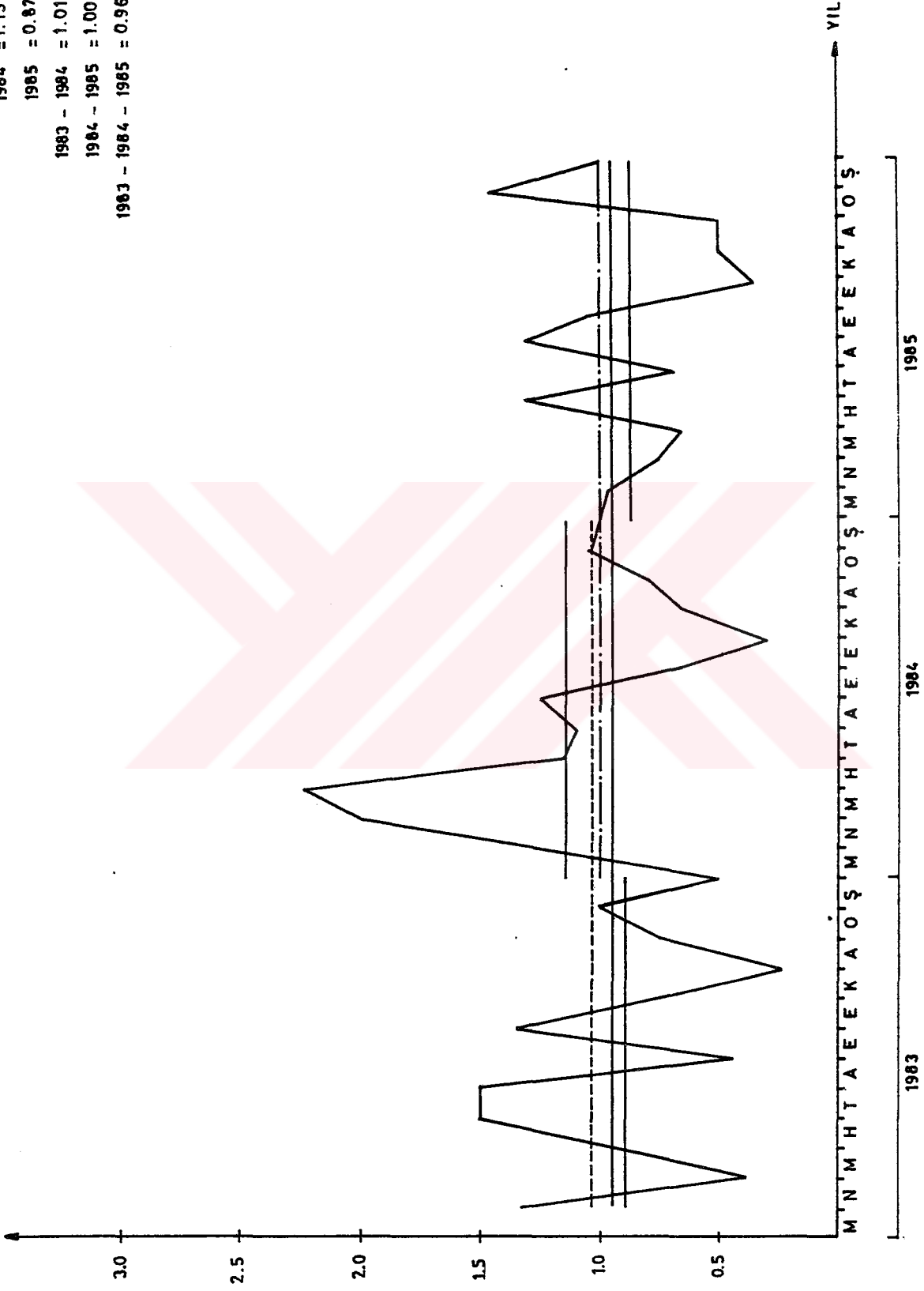


Şekil: 8.2e - Devamı

İSTASYON : ADATEPE

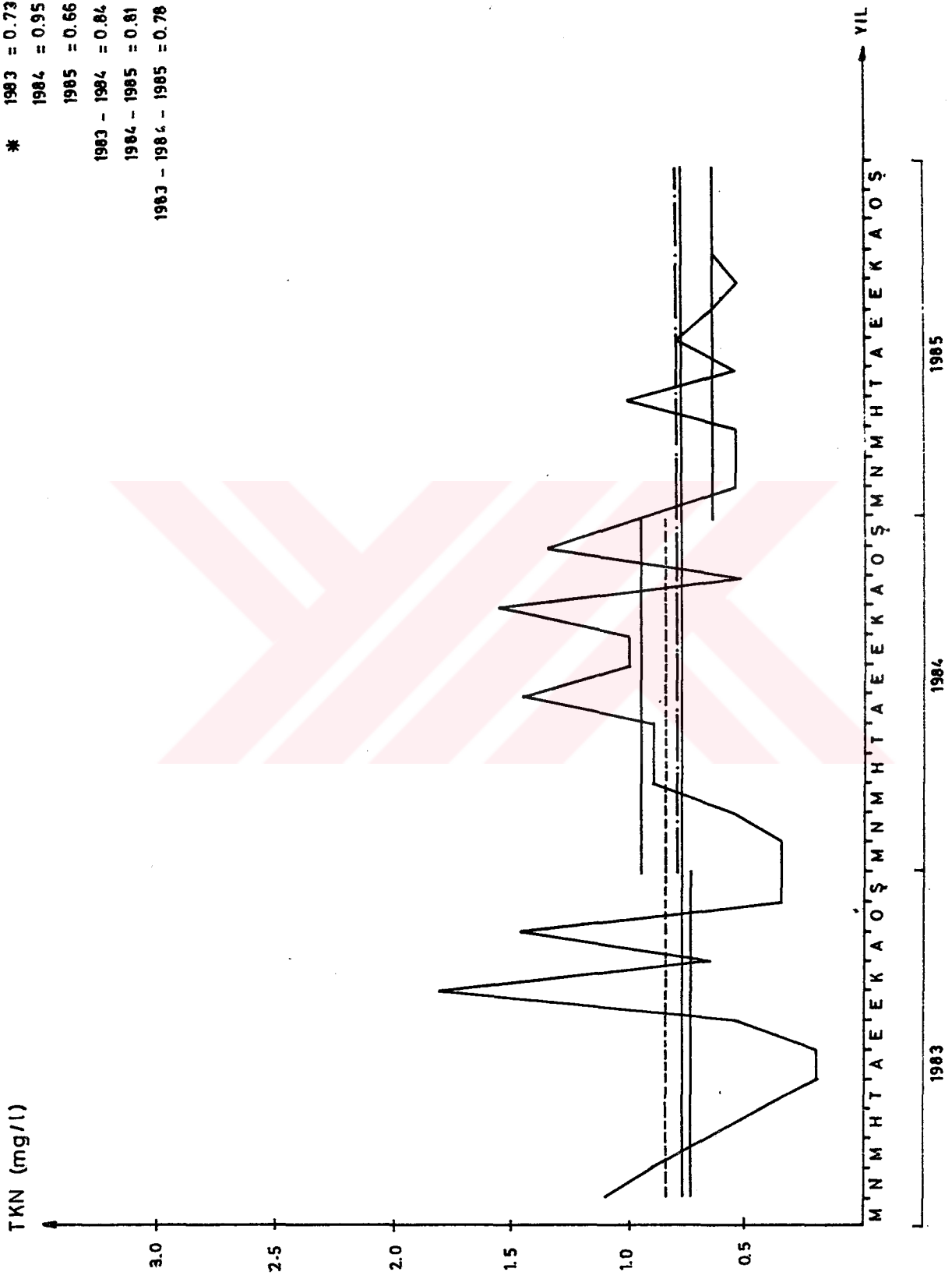
NO<sub>3</sub>-N (mg/l)

\* 1983 = 0.89  
 1984 = 1.13  
 1985 = 0.87  
 1983 - 1984 = 1.01  
 1984 - 1985 = 1.00  
 1983 - 1984 - 1985 = 0.96



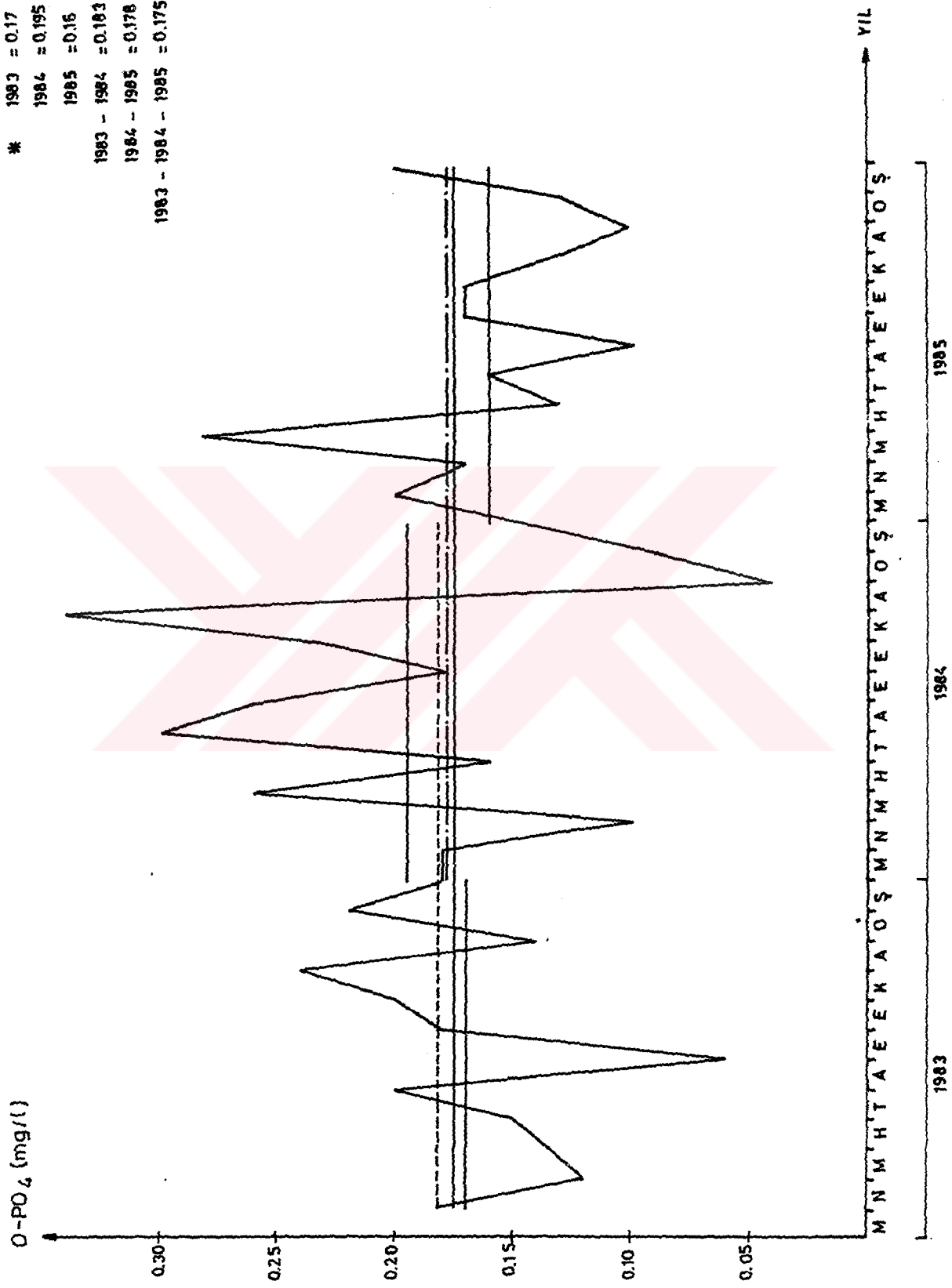
Şekil: 8.2f - Devamı

İSTASYON : ADATEPE



Şekil: 8.2g - Devamı

İSTASYON : ADATEPE



Şekil: 8.2h - Devamı

İSTASYON : ADATEPE

KLORÜR (mg/l)

1983 = 24.34

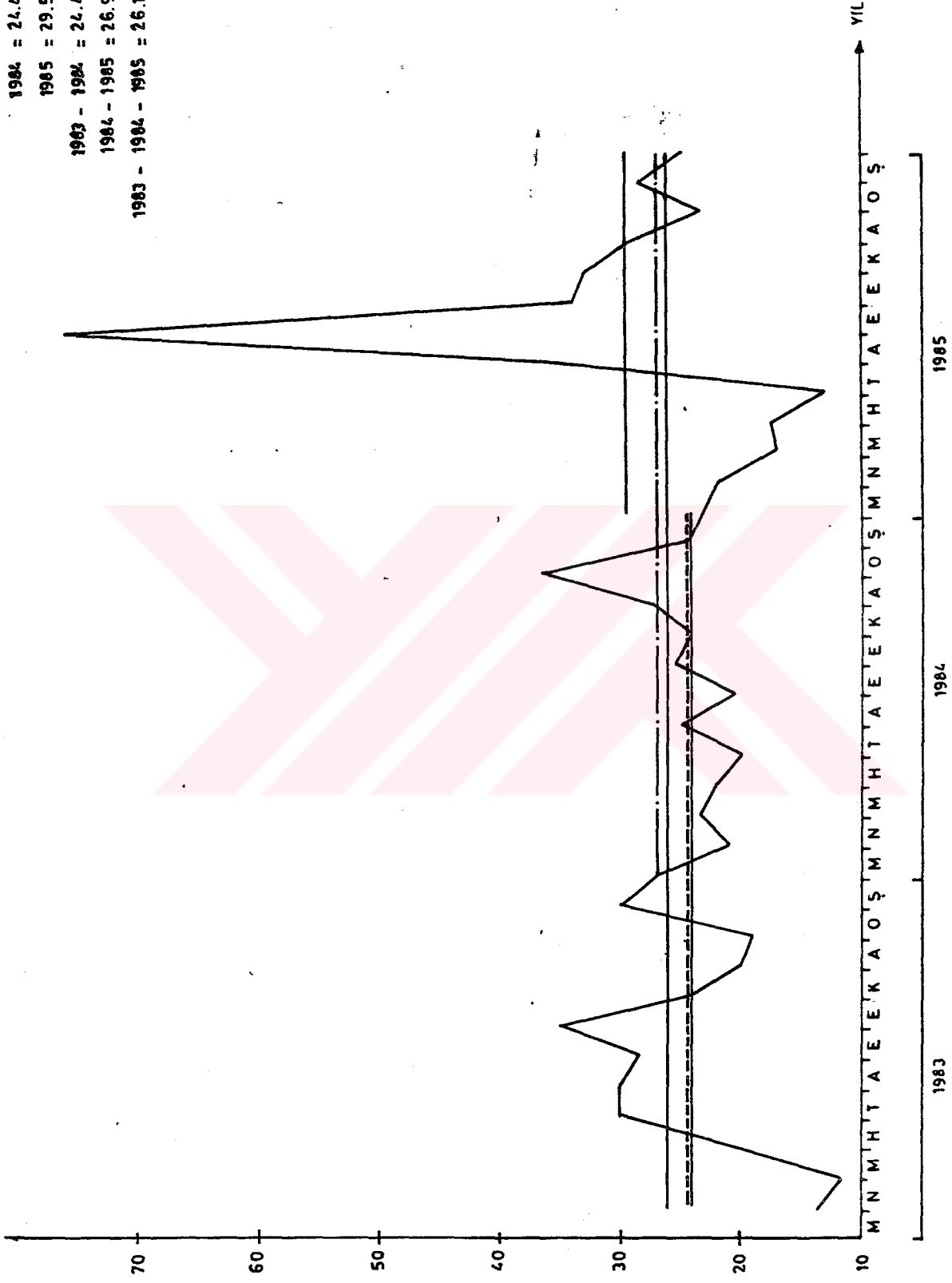
1984 = 24.45

1985 = 29.51

1983 - 1984 = 24.40

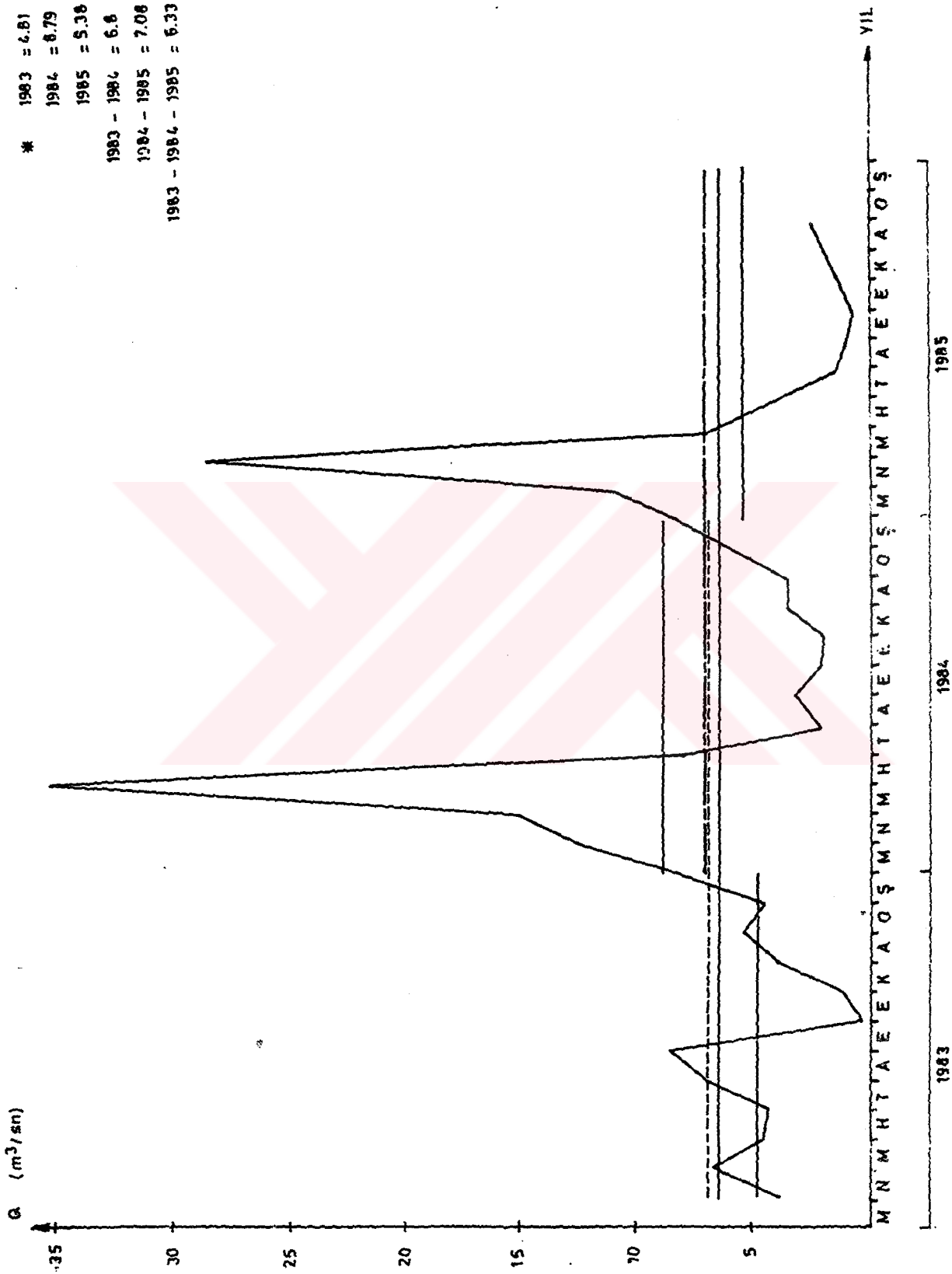
1984 - 1985 = 26.98

1983 - 1984 - 1985 = 26.10



Şekil: 8.2i - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY



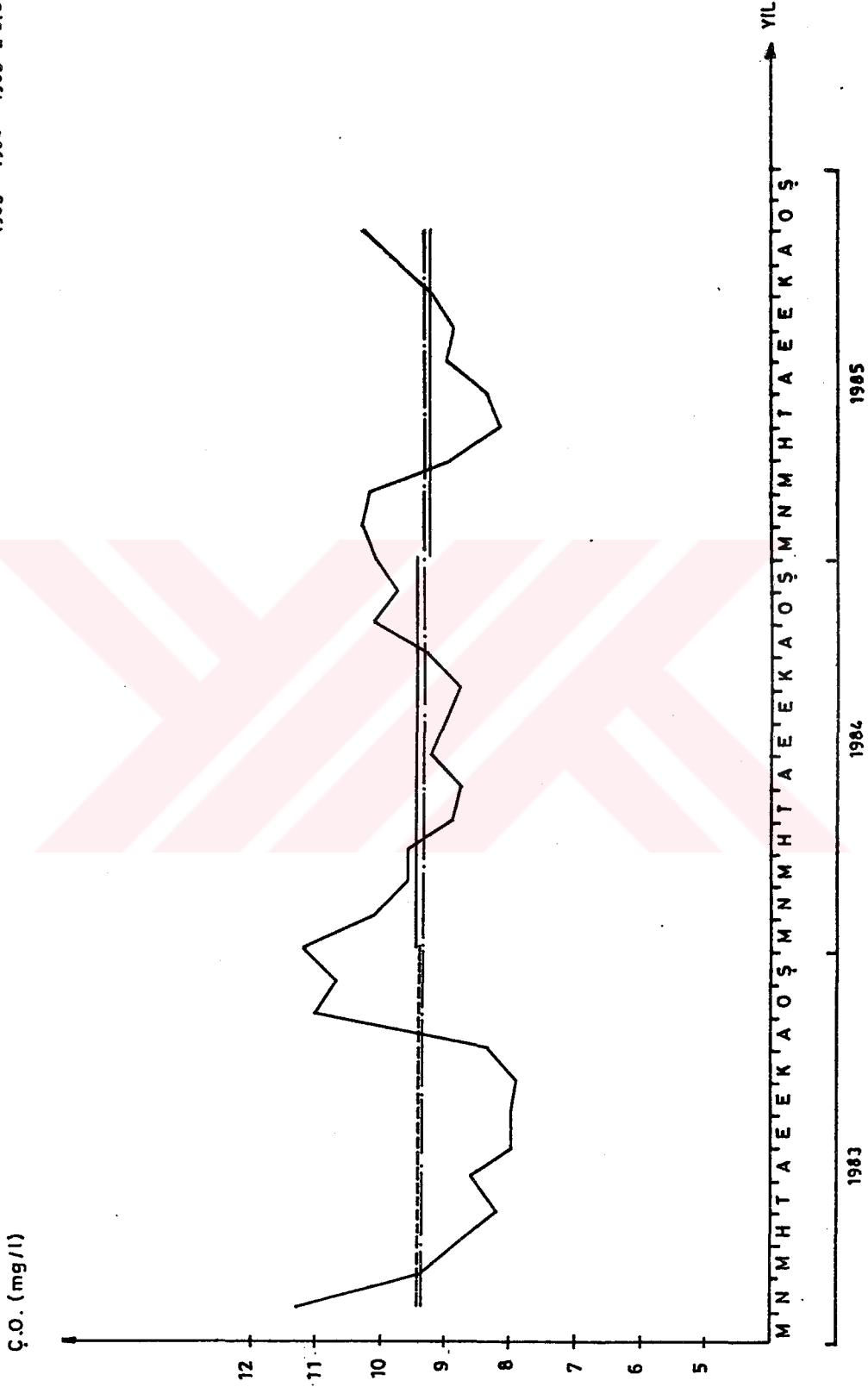
Şekil: 6.3a - Ağaçköy istasyonunda yapılan çeşitli parametrelere ait ölçüm ve değerlendirme

\* İLGİLİ SU YILLARINA AIT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR.



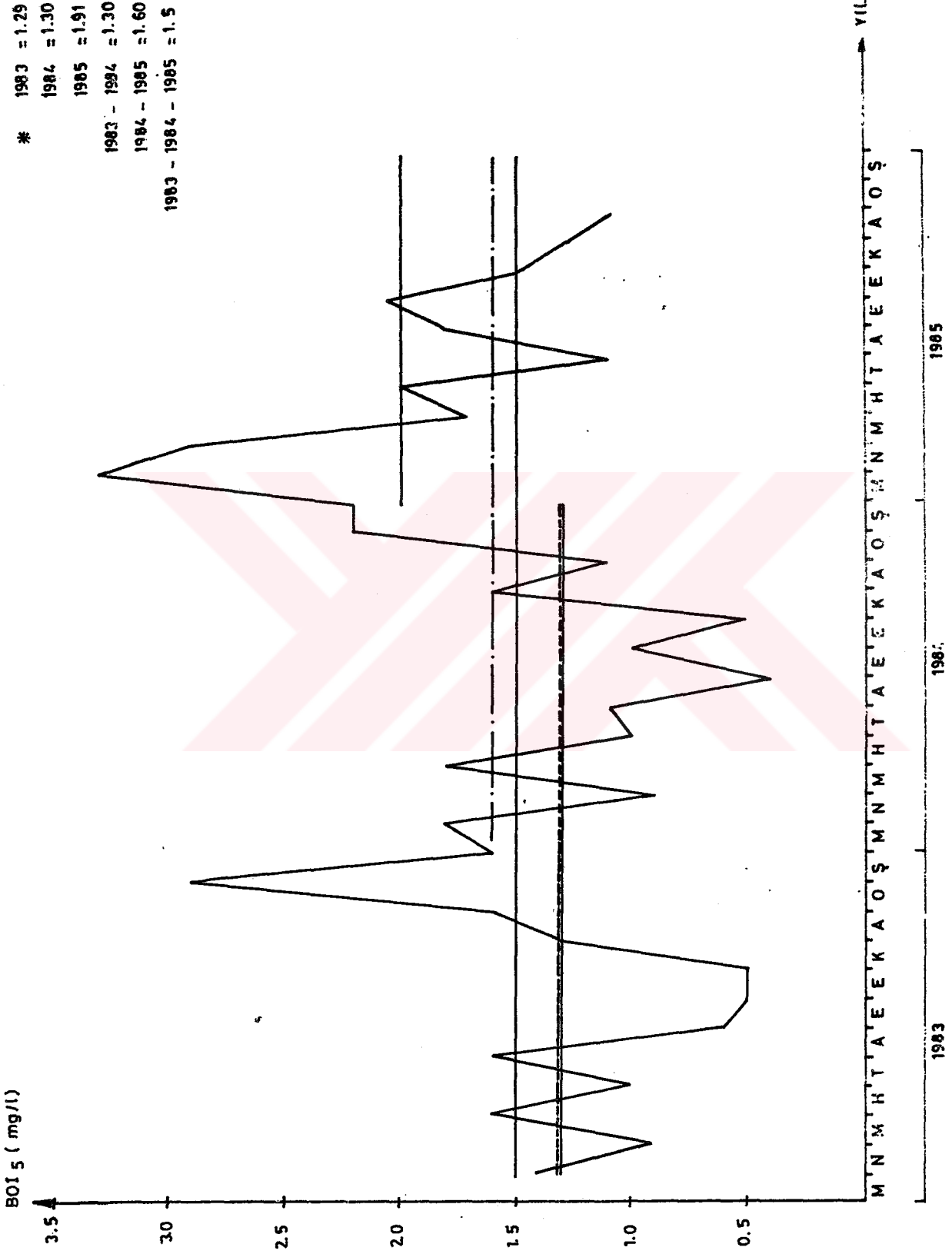
## İSTASYON : PORSUK N.- AĞAÇKÖY

\* 1983 = 9.38  
 1984 = 9.44  
 1985 = 9.27  
 1983 - 1984 = 9.41  
 1984 - 1985 = 9.36  
 1983 - 1984 - 1985 = 9.36



Şekil: 6.3b - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

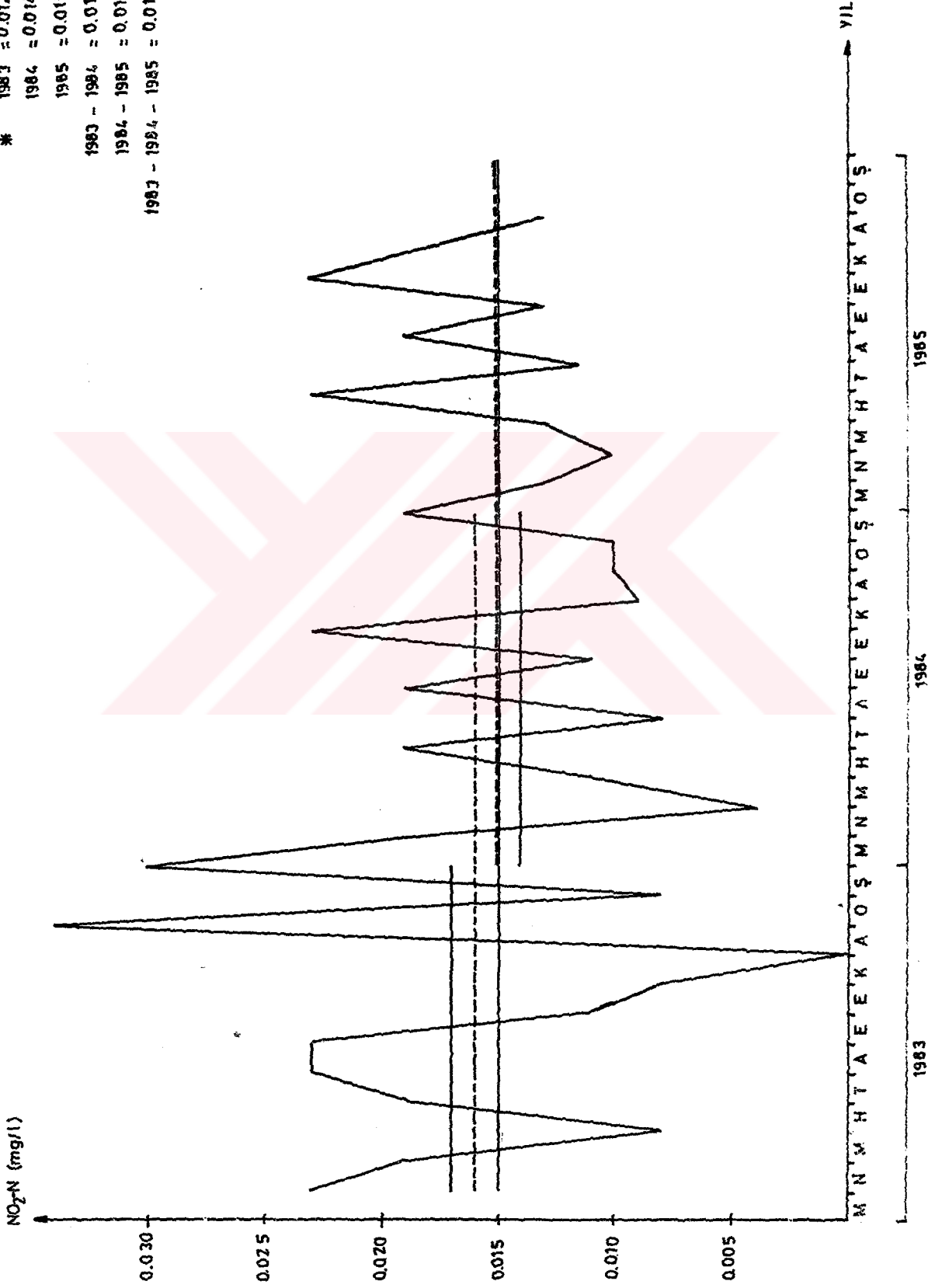


Şekil: 8.3c - Devamı



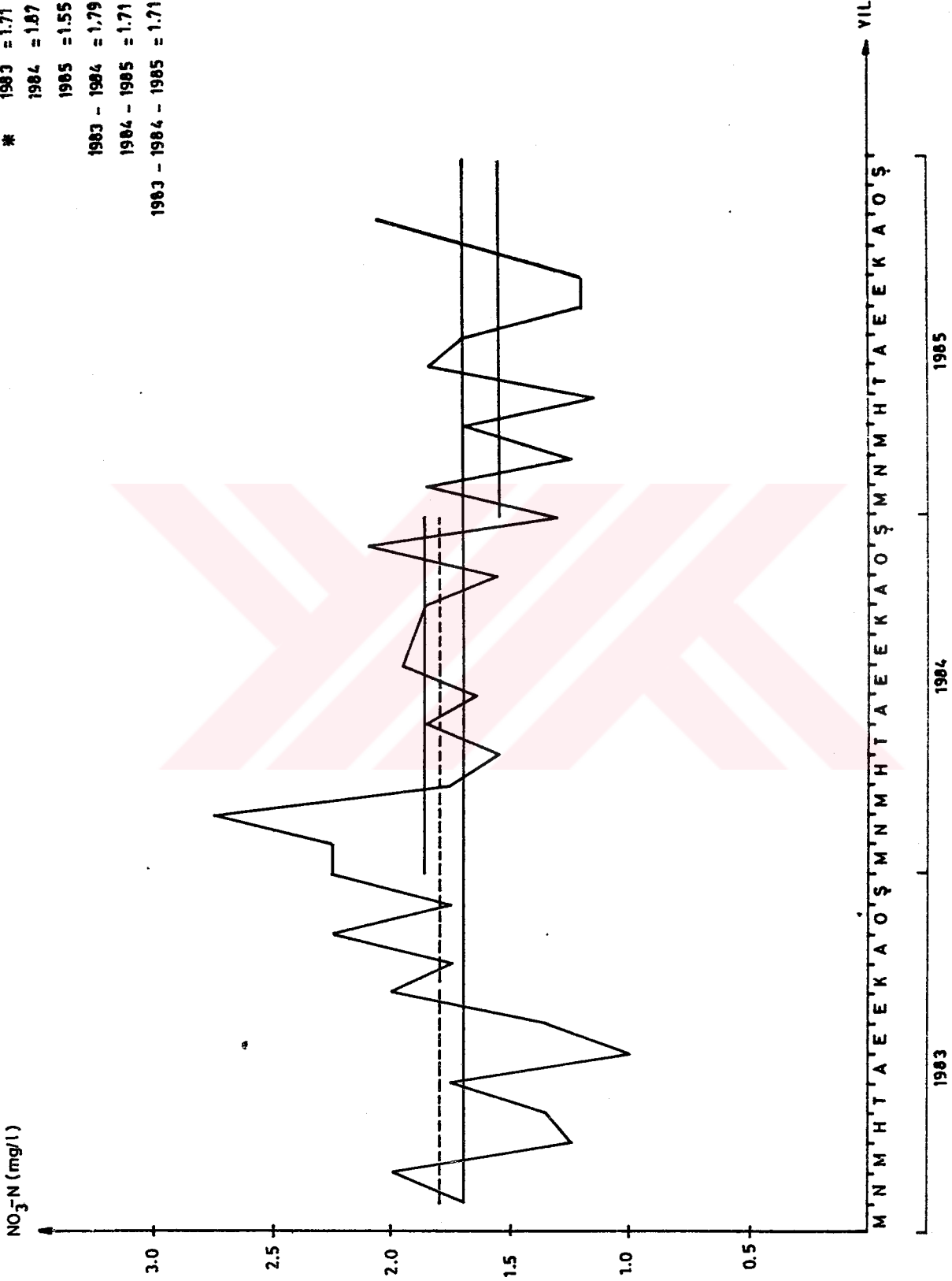
## İSTASYON : PORSUK N.- AĞAÇKÖY

\* 1983 = 0.017  
 1984 = 0.012  
 1985 = 0.015  
 1983 - 1984 = 0.016  
 1984 - 1985 = 0.015  
 1983 - 1984 - 1985 = 0.015



İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

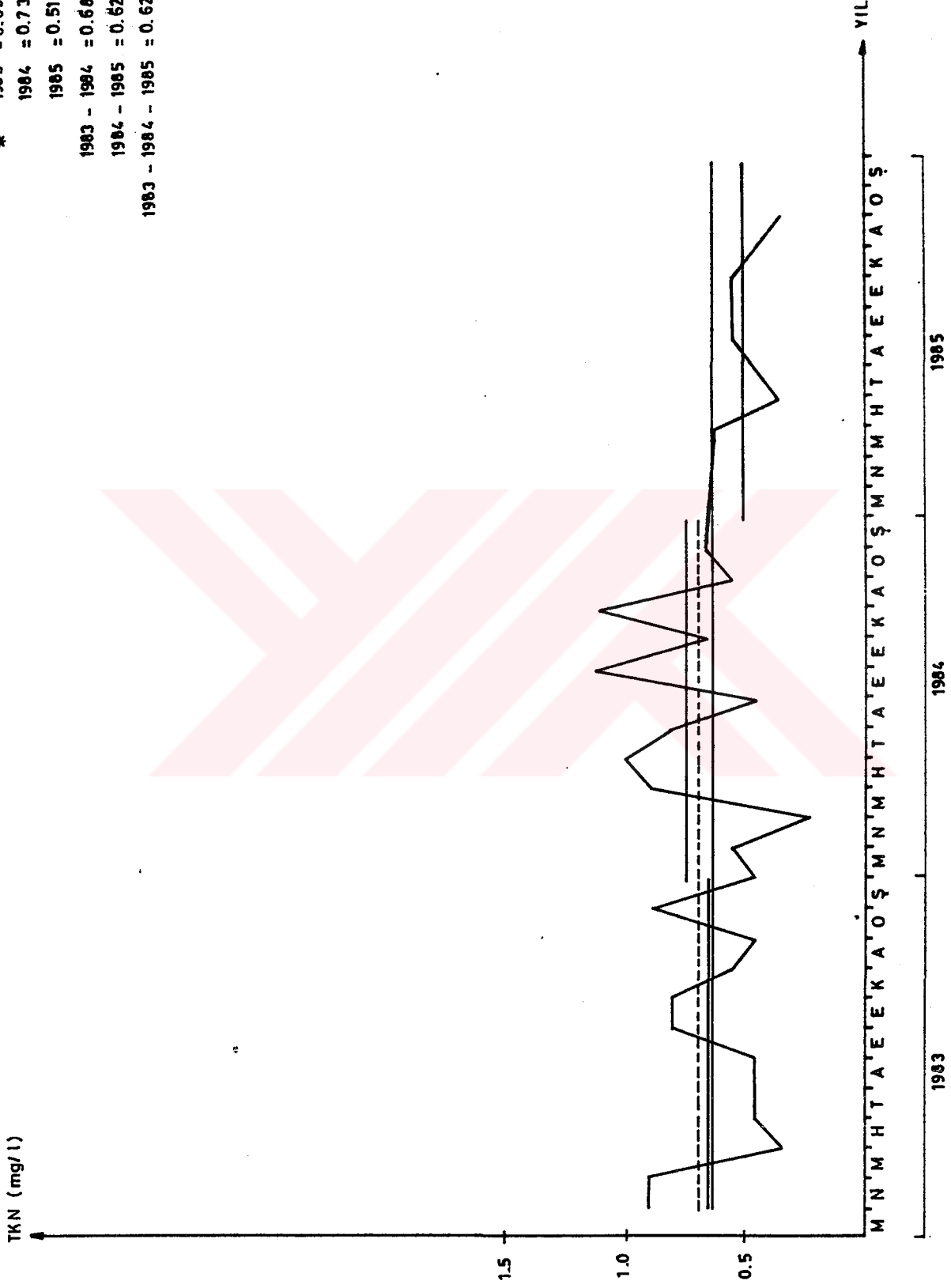
\* 1983 = 1.71  
 1984 = 1.87  
 1985 = 1.55  
 1983 - 1984 = 1.79  
 1984 - 1985 = 1.71  
 1983 - 1984 - 1985 = 1.71



Şekil: 8.3f - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

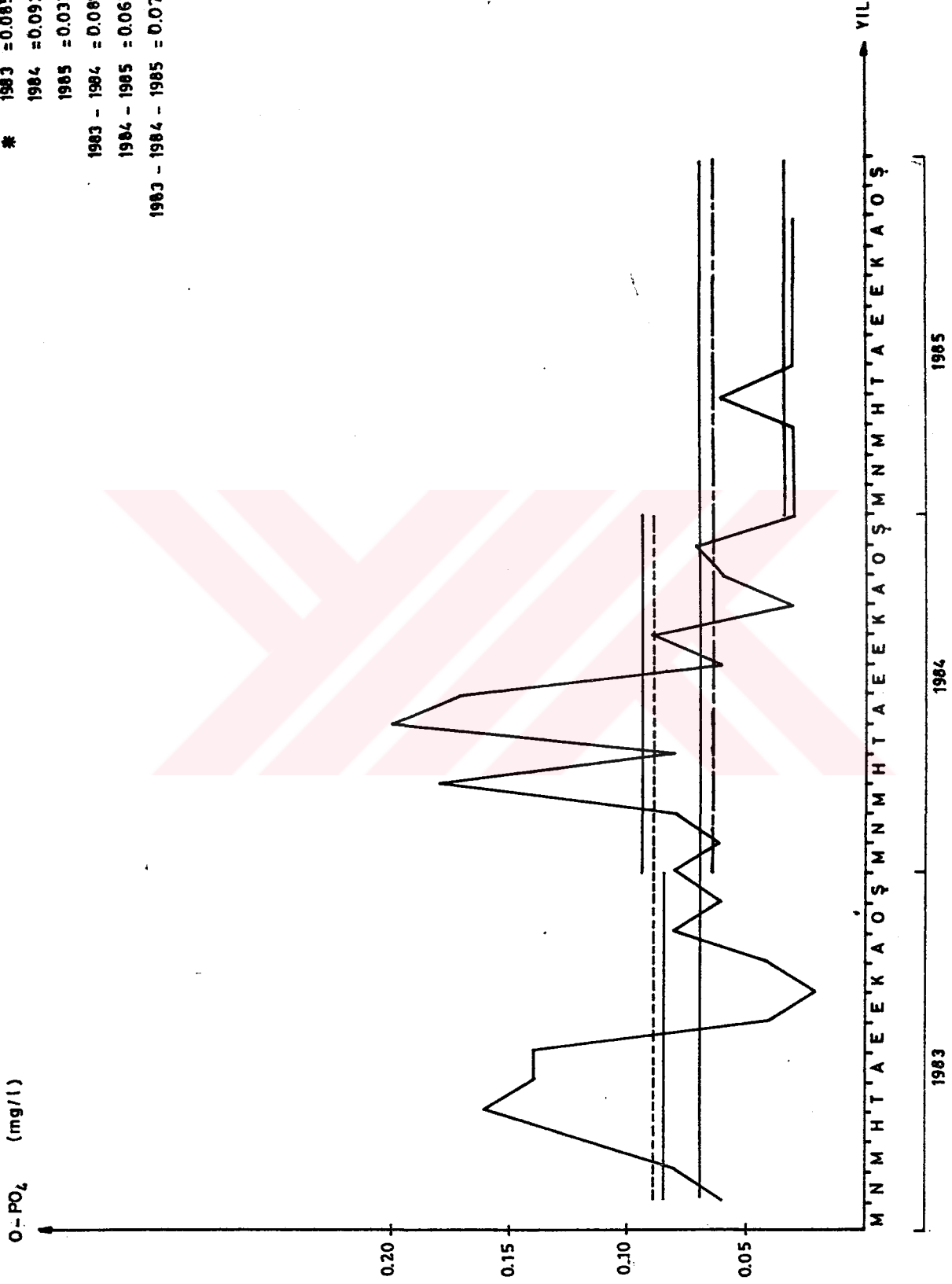
\* 1983 = 0.63  
 1984 = 0.73  
 1985 = 0.51  
 1983 - 1984 = 0.66  
 1984 - 1985 = 0.62  
 1983 - 1984 - 1985 = 0.62



Şekil: 8.3g - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

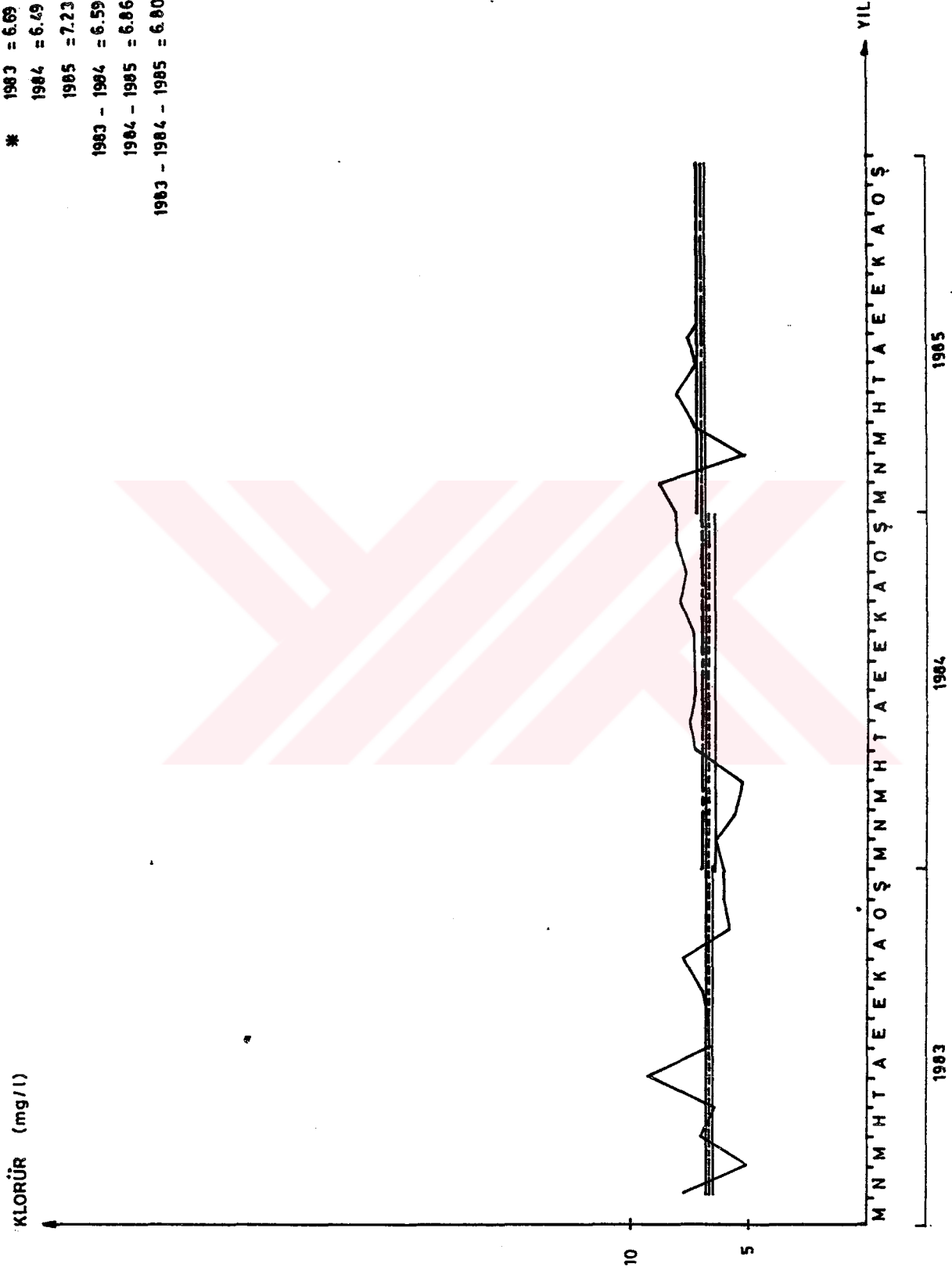
\* 1983 = 0.085  
 1984 = 0.093  
 1985 = 0.033  
 1983 - 1984 = 0.089  
 1984 - 1985 = 0.063  
 1983 - 1984 - 1985 = 0.070



Şekil: 8.3h - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

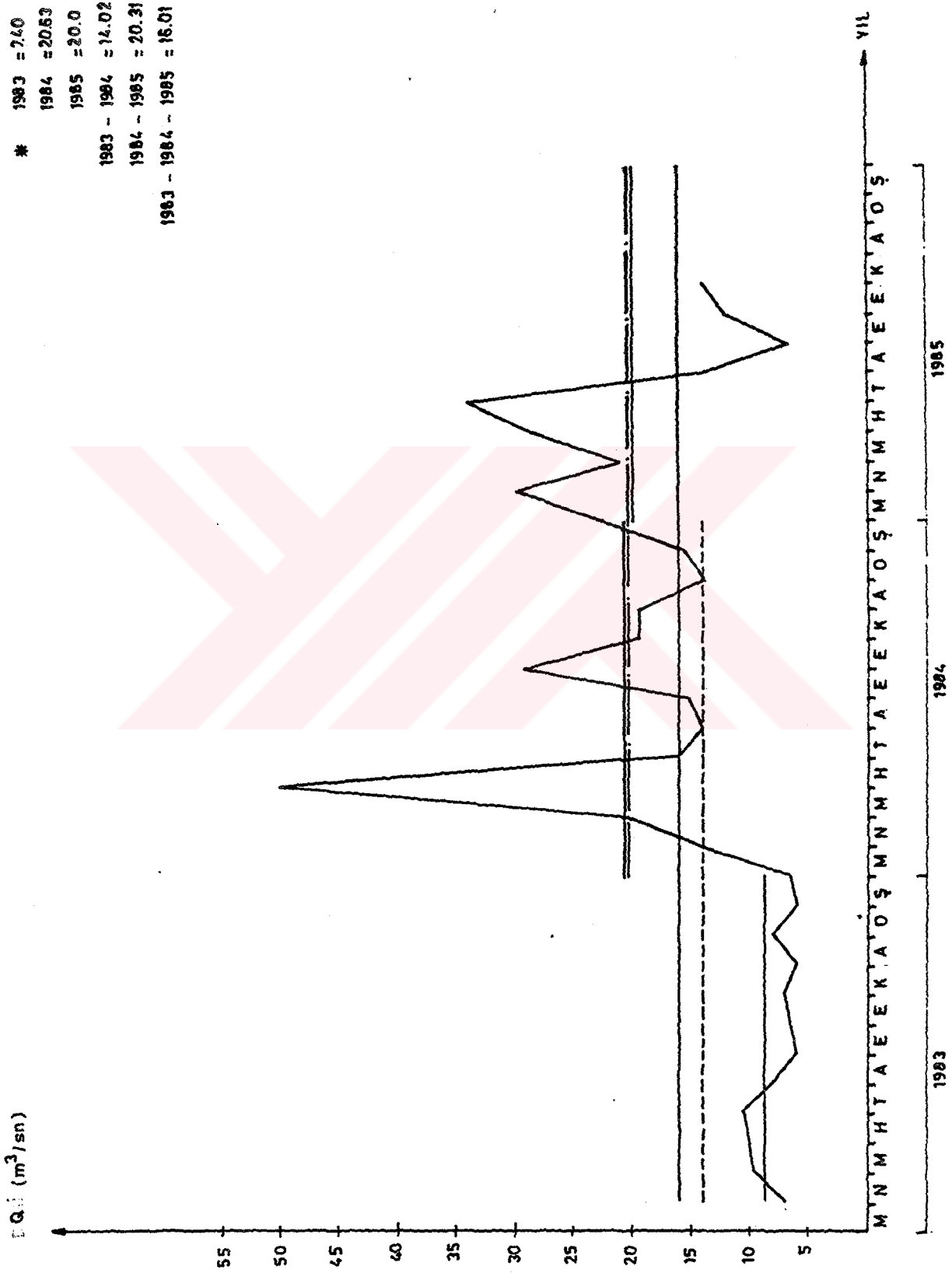
\* 1983 = 6.69  
 1984 = 6.49  
 1985 = 7.23  
 1983 - 1984 = 6.59  
 1984 - 1985 = 6.86  
 1983 - 1984 - 1985 = 6.80



Şekil: 8.3i - Devami



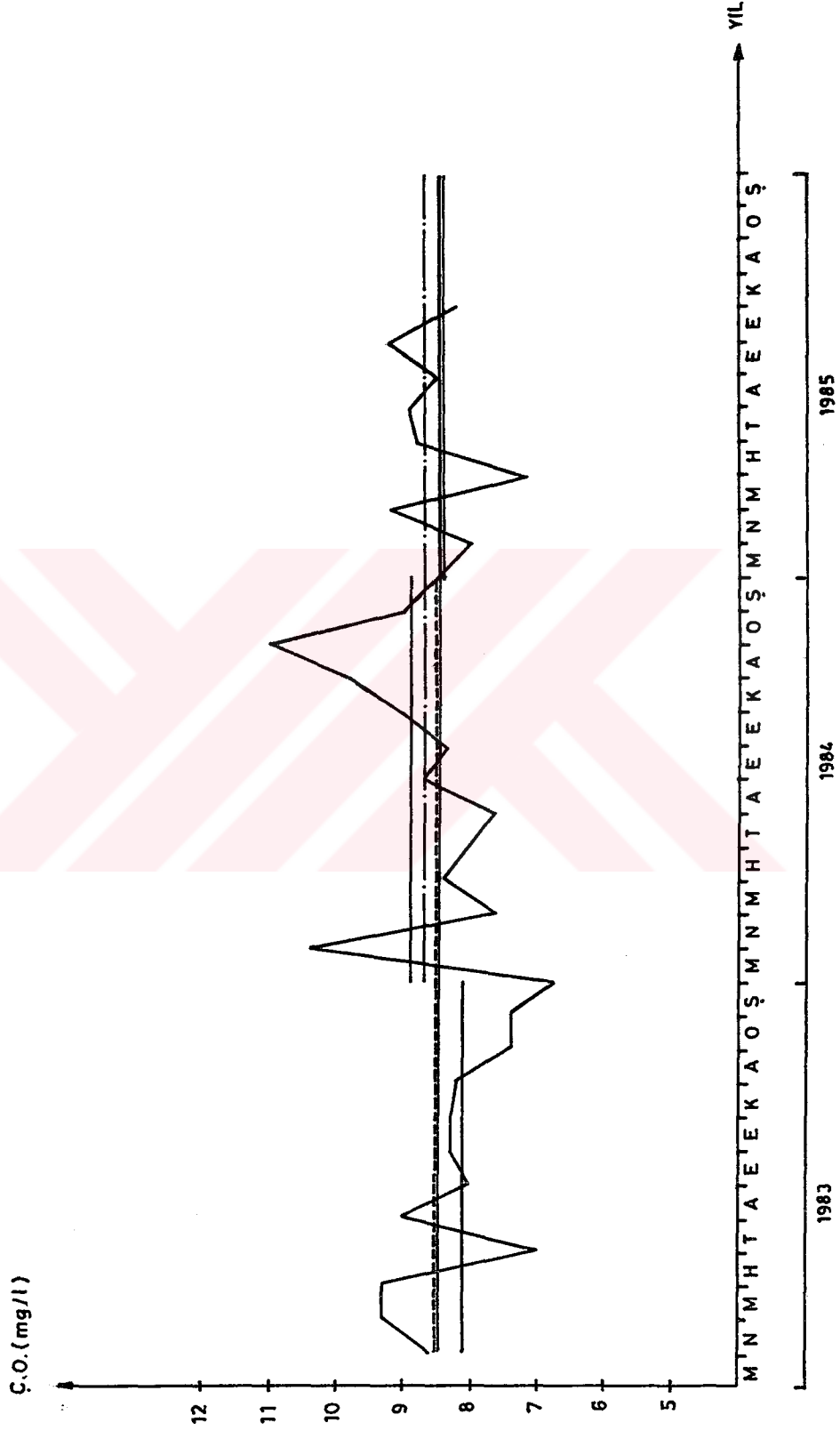
## İSTASYON : PORSUK N.-SAZILAR



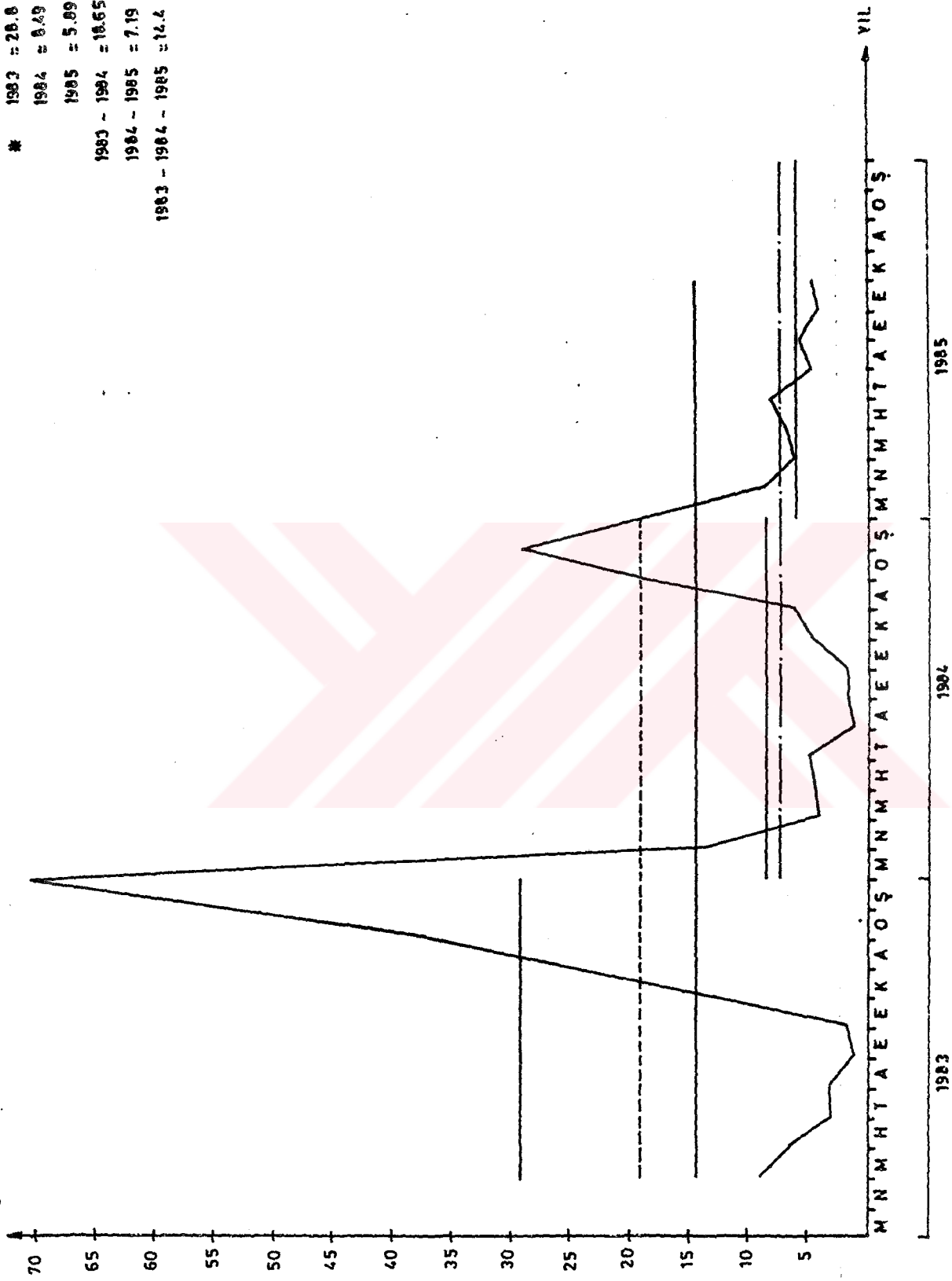
Şekil: 8.4a - Sazılar İstasyonunda yapılan çeşitli parametrelere ait ölçüm ve değerlendirmeler.

\* İLGİLİ SU YILLARINA AİT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR

\* 1983 = 8.13  
1984 = 8.9  
1985 = 8.49  
1983 - 1984 = 8.52  
1984 - 1985 = 8.70  
1983 - 1984 - 1985 = 8.51

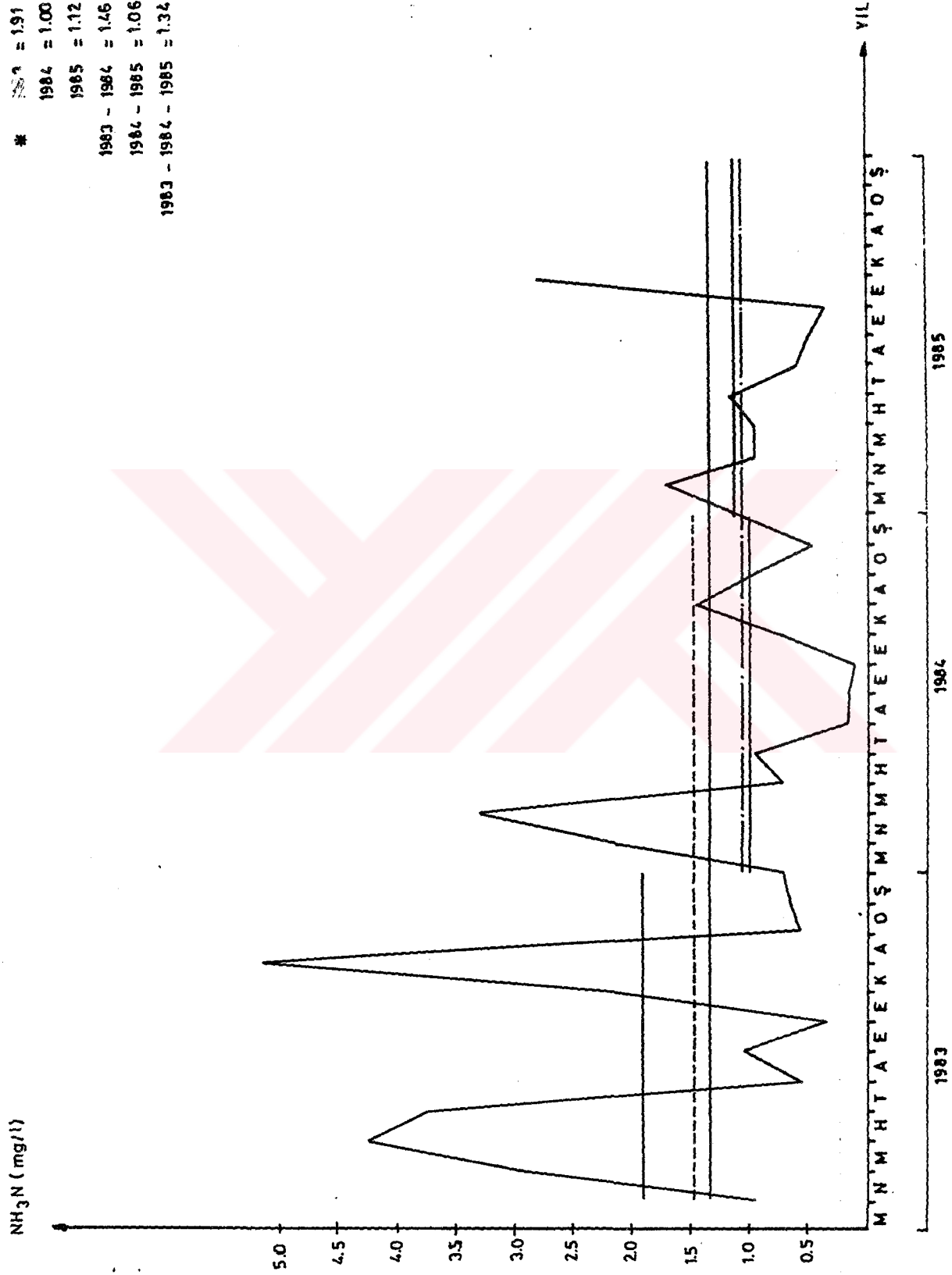


İSTASYON : PORSUK N. - SAZILAR

BOI<sub>5</sub> (mg/l)

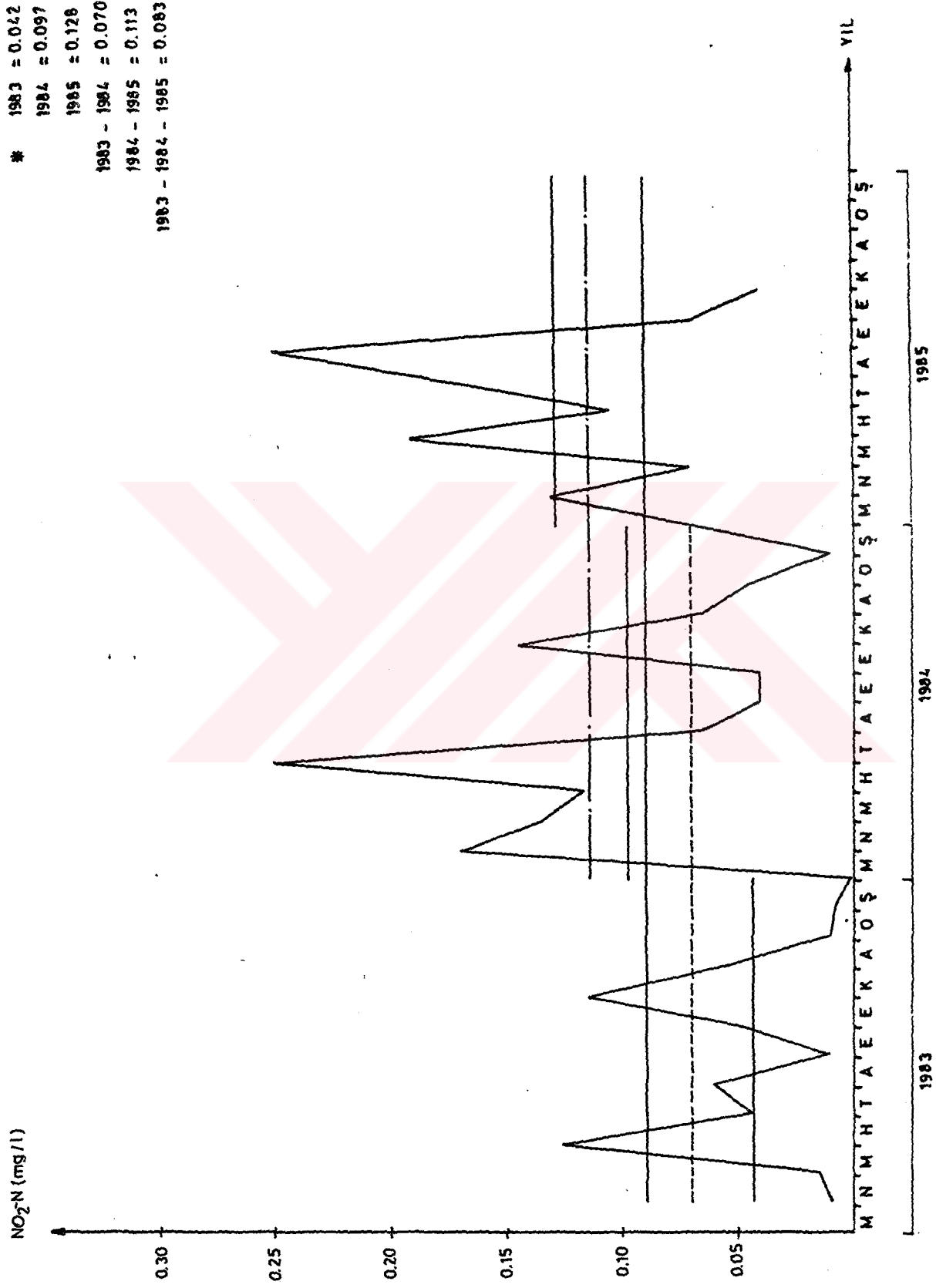
Şekil: 8.4c - Devamı

## İSTASYON : PORSUK N.-SAZILAR



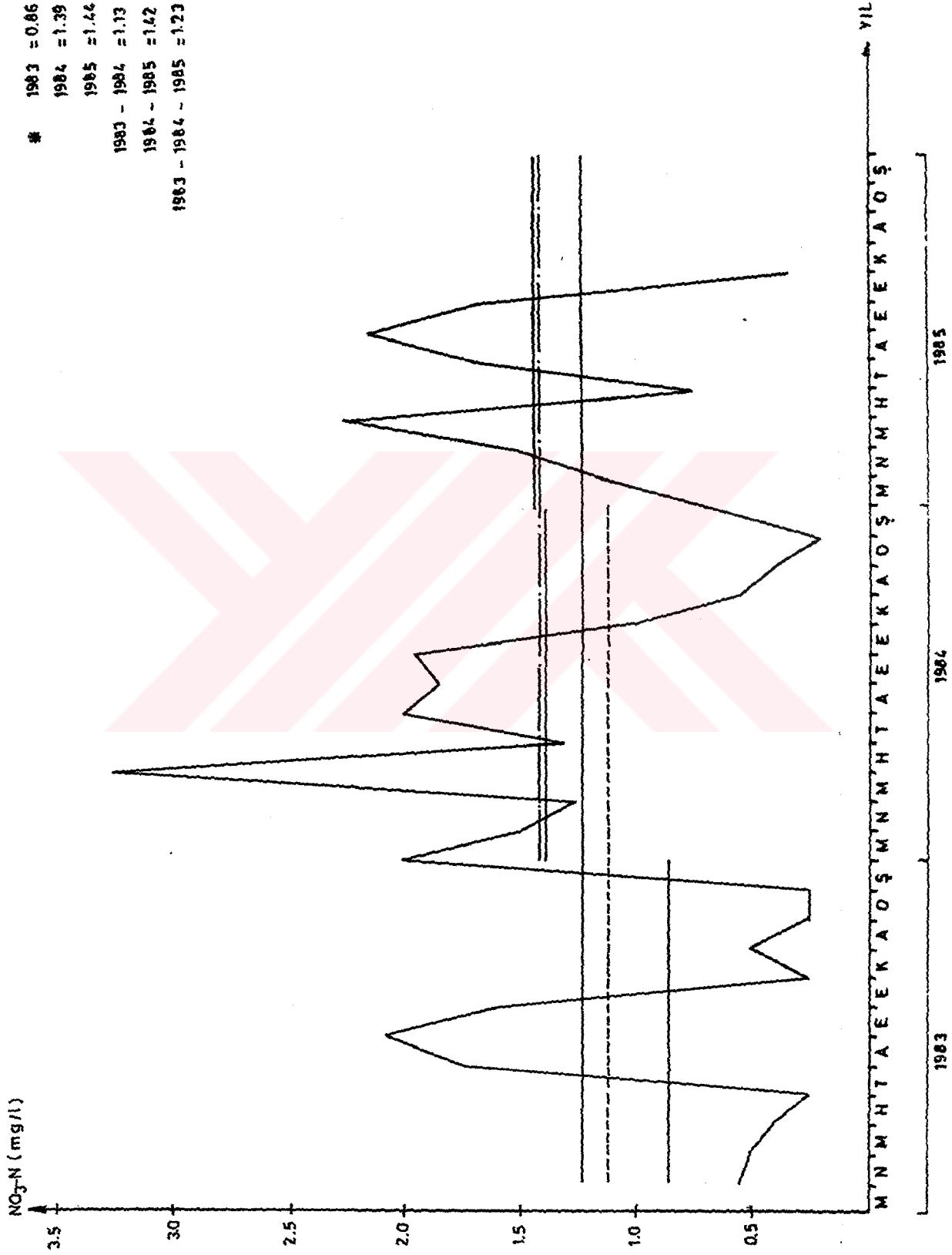
Şekil: 8.4d - Devamı

## İSTASYON : PORSUK N. -SAZILAR



Şekil: 8.4e - Devamı

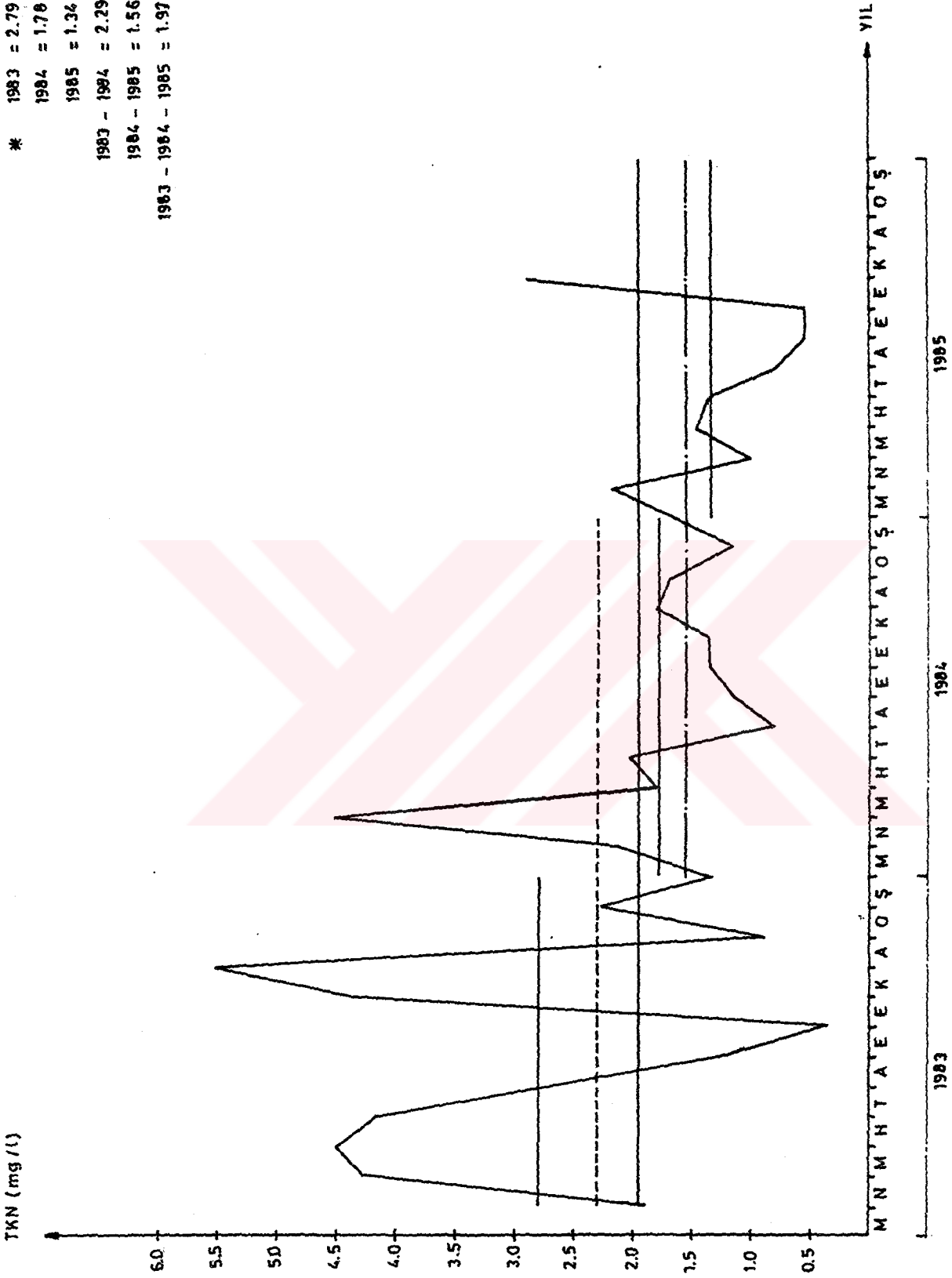
## İSTASYON : PORSUK N.- SAZILAR



Şekil: 8.4f - Devamı.

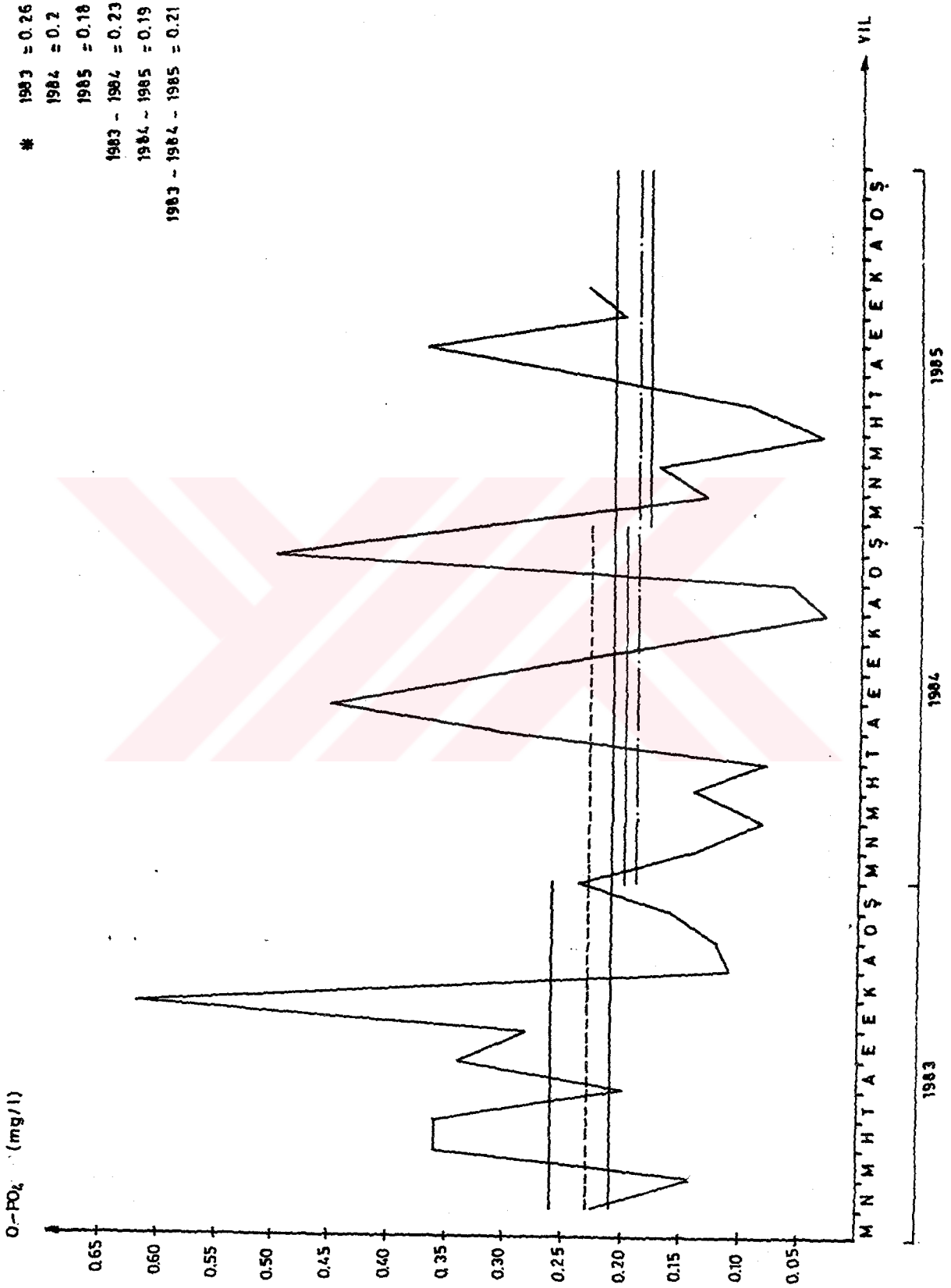
## İSTASYON : PORSUK N. - SAZILAR

\* 1983 = 2.79  
 1984 = 1.78  
 1985 = 1.34  
 1983 - 1984 = 2.29  
 1984 - 1985 = 1.56  
 1983 - 1984 - 1985 = 1.97



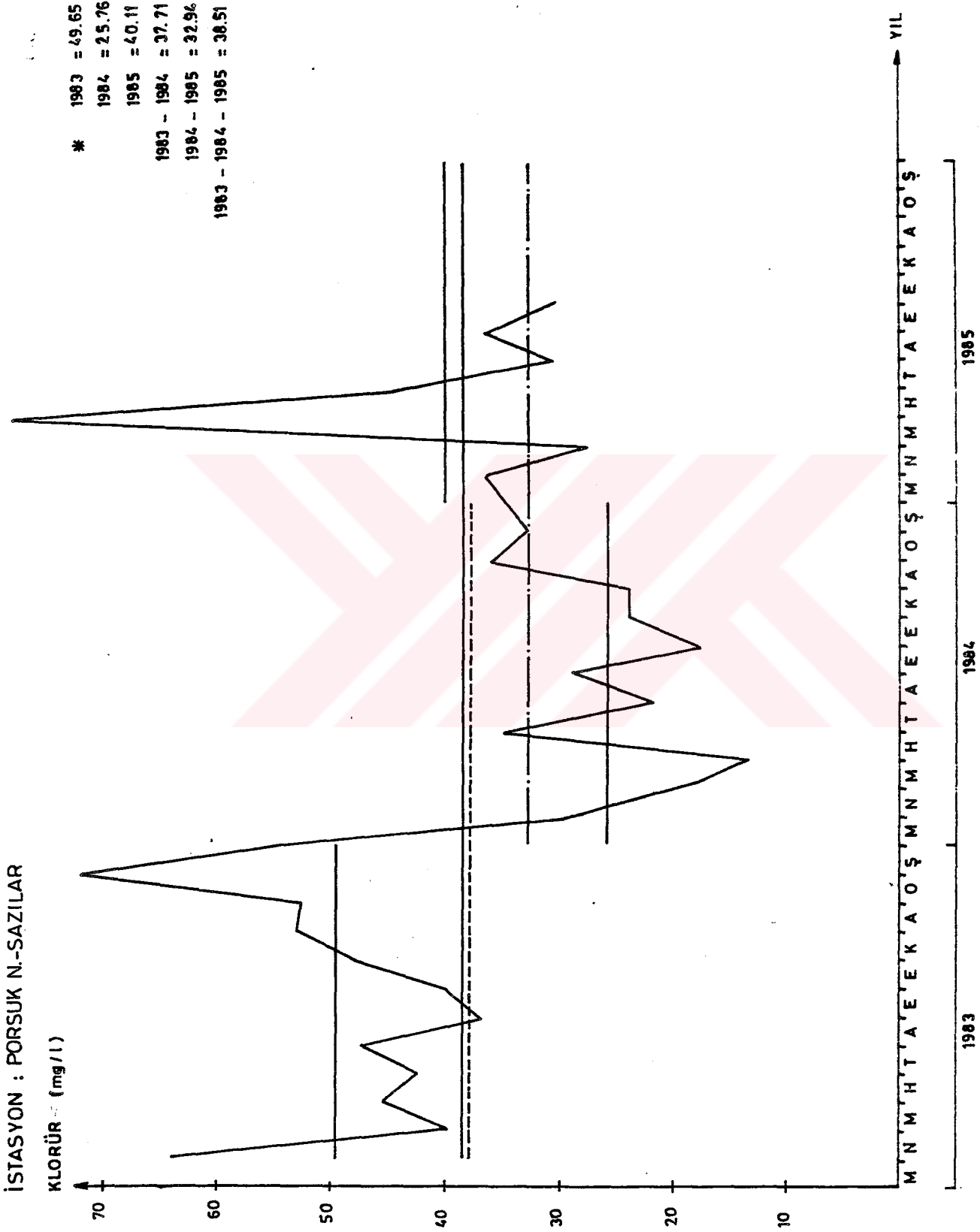
Şekil: 8.4g - Devamı

## İSTASYON : PORSUK N.-SAZILAR



Şekil : 8.4h - Devamı





Şekil: 8.4i - Devamı

TABLO 8.1 SAKARYA, PORSUK ve KARASU'YA AİT BAŞLANGIÇ KOŞULLARI

```

BEGIN === DATATYPE 10 HEADWATER SOURCES ===
DIFF.BRON.(2A4,2A1,F5.0,A2,F7.0,F1.0,3F5.0,F4.0,F4.0,3F5.0,F4.0,8F5.0,3F1.0)
SAKARYA RCH DO BOD ON NH3 NO2 NO3 DOP PP ALG DET COD
HDWSAKARYA 1.0 XX 0.53 9.95 1.99 .00 .25 .02 1.16 .19 0.00 20. 10. 5.0
HDWPORSUK 2.0 XX 7.08 9.36 1.60 .33 .29 .015 1.71 .063 0.00 20. 10. 5.0
HDWKARASU 3.0 XX .174 1.10 131. 7.814.8.004 2.05 1.90 0.00 20. 10. 250.
ENDALO

```

TABLO 8.2 AKARSU BÖLÜMLERİNİN UZUNLUKLARI VE BAŞLANGICA UZAKLIKLARI

Bölüm	Akarsu	Başlangıç	Bitis
		(km)	(km)
1	Sakarya	15	75
2		75	171
3		171	237
4	Porsuk	64	82
5		82	118
6		118	142
7		142	184
8		184	226
9		226	280
10		280	358
11		358	442
12	Sakarya	237	285
13		285	333
14		333	345
15		345	381
16		381	489
17	Karasu	14	50
18		50	68
19	Sakarya	489	531
20		531	585
21		585	639

3 bölüme ve 5 km uzunluğunda 20 hesaplama elementine, Baraj altı ise Benzinlik istasyonundan Sakarya Nehrine kadar 3 bölüme ve 2 km uzunluğunda 51 hesaplama elementine ayrılmıştır. (Menet, 1985)

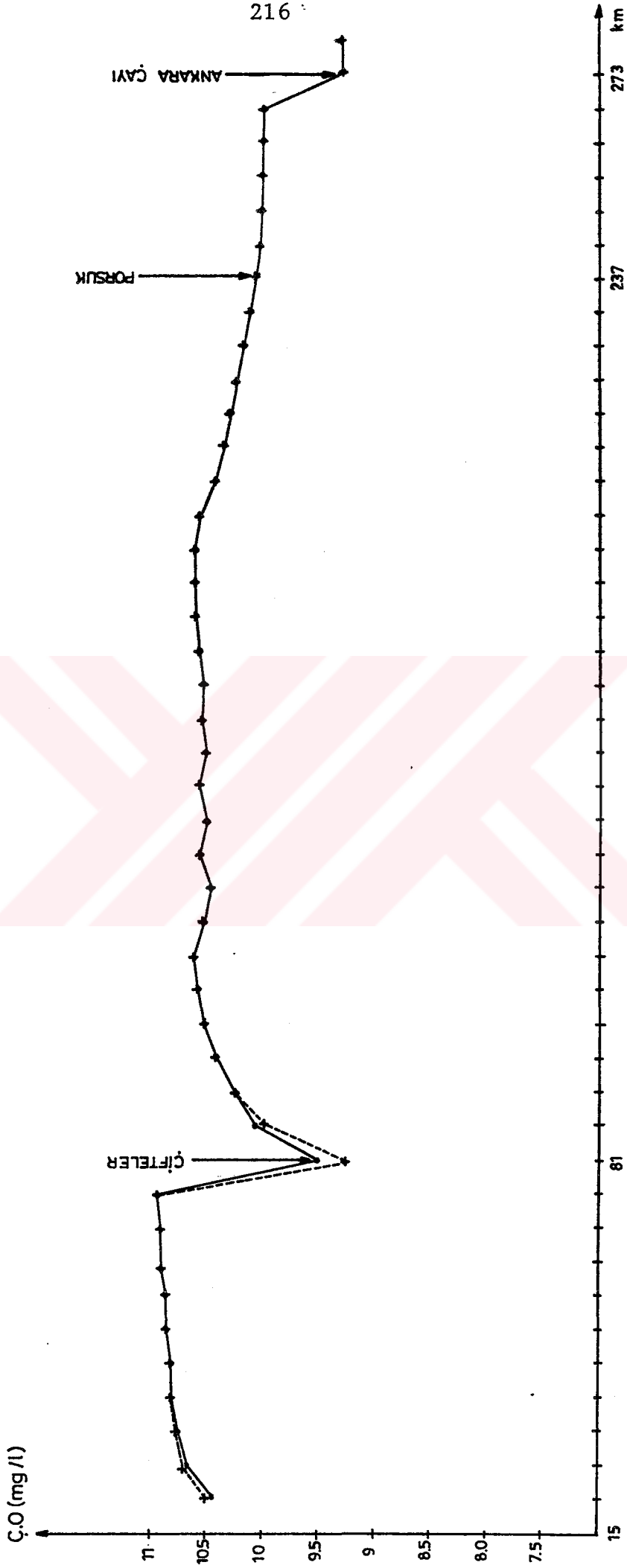
Sakarya Nehri modelleme çalışmasında da akarsu yine baraj göllerinden ikiye ayrılmıştır. Baraj üstü bölümü Kozyaka istasyonundan başlayarak Sarıyar Barajına 16 km uzaklığa kadar 3 bölüme ve 5 km uzunluğunda 53 hesaplama elementine ayrılmıştır. Baraj altı ise Yenice istasyonundan başlayarak Ada-tepe istasyonuna kadar 4 bölüme ve 3 km uzunluğunda 78 hesaplama elementine ayrılmıştır. (Durdu, 1986)

Bu çalışmada Sakarya Nehri, Porsuk Çayı ve Karasu, Sarıyar, Gökçekaya ve Porsuk baraj gölleri de dahil olmak üzere havza bazında modelleneceği için hesaplama elementlerinin belirlenmesi amacıyla bir ön çalışma yapılarak bölümler 3 km ve 6 km lik hesaplama elementlerine ayrılmış ve modelin her iki durum için de duyarlılığı araştırılmıştır. Alınan sonuçlardaki sapmalar ihmal edilebilir mertebede olduğundan, elementler, hesap kolaylığı sağlaması için 6 km uzunluğunda seçilmiştir. Çözünmüş oksijen için yapılan incelemenin sonuçları Şekil 8.5 ve 8.6 da verilmektedir. Tüm bu yaklaşımlar doğrultusunda Sakarya nehri 11, Porsuk 8, Karasu 2 bölüme ayrılmıştır. Hesaplama elementleri ise Sakarya'da 104, Porsuk'ta 63 ve Karasu'da 9 olmak üzere toplam 176 adettir. Havzanın şematik gösterimi Şekil 8.7 de, bölümlerin uzunlukları ise Tablo 8.2 de verilmektedir. Şekil 8.7 de görüldüğü gibi Sakarya nehri kaynağının 15. km.sinden 75. km.sine kadar yan kol ilavesi olmayan bir bölüm ile başlayıp 11. elemente kadar tek bölümdür. 11. hesaplama elementinden başlayan 2. bölümde su kalitesini etkileyen mekanizmalarda bir değişiklik gözlenmese de bu bölümde yayılı kaynaklar dışında nehre katılmakta olan çok sayıda dere vardır. Bunların ana kola katıldıkları yerler ve debileri yıldan yıla büyük farklılık gösterdiğinden modelde ana kola yayılı kaynak olarak dahil edilmişlerdir (Tablo 8.3). 3. bölüm önemli miktarda sulama

# S A K A R Y A

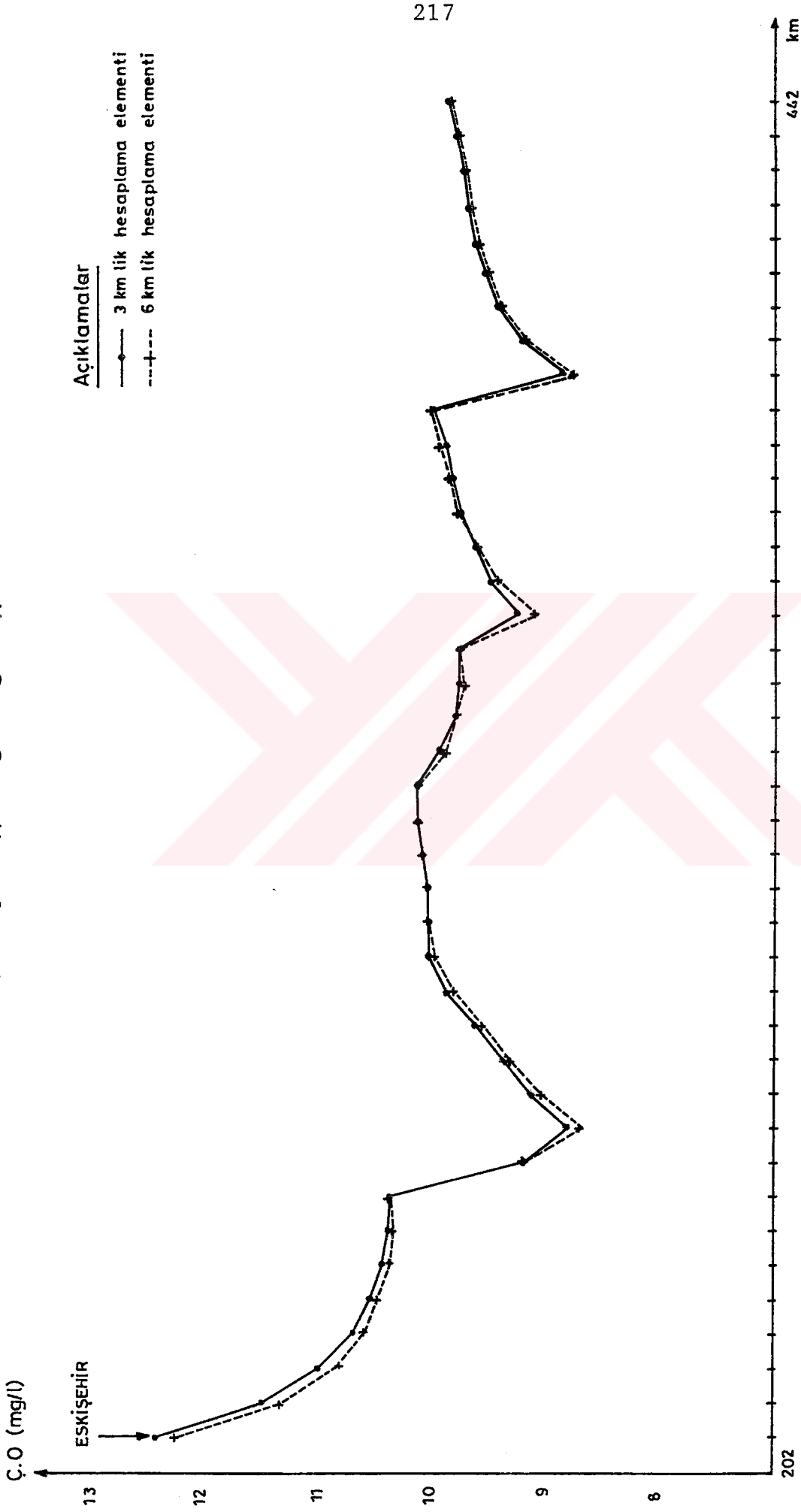
## Açıklama

- 3 km lik hesaplama elementi
- 6 km lik hesaplama elementi

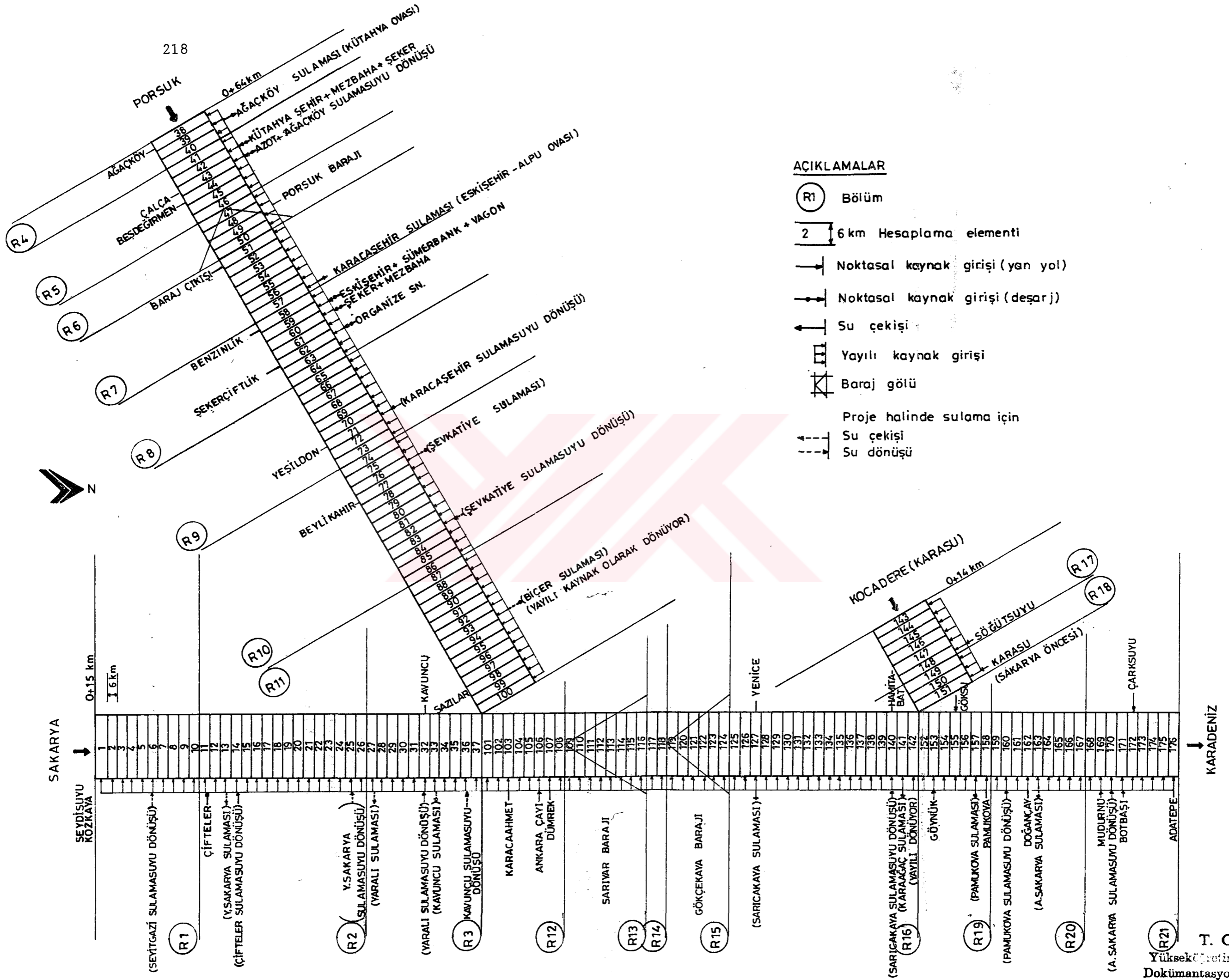


Şekil: 8.5 - Sakarya'da farklı element boyutları için çözülmüş oksijen dağılımı.

P O R S U K



Şekil: 8.6 - Porsuk'ta farklı element boyutları için çözünmüş oksijen dağılımı



TABLO 8.3 YAYILI KAYNAK KOŞULLARI

BEGIN DIFF.	BRON.	DATA TYPE	INCREMENTAL	CONDITIONS	F1.0, F4.0, F5.0, F7.0, B00	F1.0, F4.0, F5.0, F7.0, B00	DO	Q.	9.	1.	XX	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	17.	18.	19.	20.	21.
ALL	DI	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
SEYDİSUYU	TELELER	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
CIFTEKUY	AVUKUY	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
AGACÇA	ALBA	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
PORBALCI	RAKIFT	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
BARKER	LLIKON	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
SEYİLLI	KARHM	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
SARAY	ARAHM	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
SARAY	JAKYAT	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
GOKYI	TASU	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
HARASUVA	12	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
KARAKUCUVA	12	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
PAGAT	NEÇAY	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
ADAT	ETAB	0	0	0	0	0	0	0	9	0	XX	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21

suyu çekişinin olduğu ve bir önceki bölümden katılan dere-  
lerle debinin artış gösterdiği bir kesimdir. Şekil 8.7 de R12  
olarak gösterilen Sakarya'nın 4. bölümü Porsuk ve Ankara  
Çayı gibi kirlenmiş yan kolların katılması nedeniyle su ka-  
litesini etkileyen mekanizmaların farklılık gösterdiği bir  
bölümdür. 109. hesaplama elementinden 124. hesaplama elemen-  
tinin sonuna kadar devam eden bölümde akarsudan farklı bo-  
yutlara sahip Sarıyar ve Gökçekaya barajları bulunmaktadır.  
Bu kesim, barajlar arasında kalan akarsu dilimi de ayrılmak  
koşuluyla 3 farklı bölüme ayrılmıştır. Akarsu, baraj sonra-  
sında Karasu'nun katıldığı yere kadar genelde homojenliğini  
koruduğundan 142. elementin sonuna kadar tek bir bölüm ola-  
rak ele alınmıştır. Sakarya'nın bundan sonra Adatepe'ye ka-  
dar olan bölümü ise yan kol ilavesi olan kesimlerle, olmayan  
kesimlerin farklı bölümlerde toplandığı 3 ayrı bölüme ayrıl-  
mıştır.

Porsuk Çayı, kaynağın 64. km.sinden başlamaktadır. Çayın kay-  
nak kısmı ile endüstriyel deşarjların yoğun olduğu Kütahya  
kenti civarı 2 farklı bölüme ayrılmıştır. Sakarya nehrinde  
uygulanan benzer yaklaşımla Porsuk baraj gölü ve baraj sonra-  
rası, farklı 2 bölüm olarak incelenmiştir. Ayrıca endüstri-  
yel deşarjların olduğu veya sulama suyu çekilen, su dönüşü  
olan bölgeler ile, yan kol girişi olmayan akarsu kesimleri  
de farklı bölümler halinde ele alınmıştır.

Karasu, tüm endüstriyel deşarjlar ile Söğüt Suyunun da dö-  
küldüğü kaynak kısmı ile noktasal deşarj olmayan mansap kıs-  
mı olmak üzere 2 bölüme ayrılmıştır.

Sakarya ve yan kollarının hidrolik özellikleri örnekleme ve-  
ya debi ölçüm istasyonlarına ait anahtar eğrilerinden yarar-  
lanılarak akım debisi, su derinliği, nehir hızı arasındaki  
fonksiyonel bağıntılardan hesaplanmıştır. Bu bağıntılara ait  
ayrıntılı bilgi 7. Bölümde hesaplama sonucu bulunan katsayı-  
lar ise Tablo 8.4 de verilmektedir.



TABLO 8.4 1984 ve 1985 SU YILI ORTALAMALARINA AİT HİDROLİK VERİLER

Reach	P O R S U K										
	S A K A R Y A			4	5	6	7	8	9	10	11
Q (m <sup>3</sup> /Sn)	0.6	4.0	24.7	7.2	7.0	16.0	16.1	6.3	8.9	13.3	15.6
V (m/Sn)	0.25	0.58	0.92	0.59	0.63	0.069	0.87	0.51	0.54	0.60	0.60
H (m)	0.42	0.74	1.66	0.94	0.63	5.04	1.06	0.62	1.07	1.82	0.89
a	0.30	0.37	0.30	0.30	0.32	0.06	0.33	0.20	0.18	0.19	0.23
b	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.05	0.35	0.35	0.50	0.50	0.35
c	0.45	0.45	0.46	0.30	0.40	4.39	0.37	0.30	0.45	0.45	0.26
d	0.12	0.36	0.40	0.58	0.38	0.05	0.38	0.40	0.40	0.54	0.45

Reach	S A K A R Y A			K A R A S U				S A K A R Y A		
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Q (m <sup>3</sup> /Sn)	53.0	62.3	74.7	77.4	86.3	0.4	3.1	100.3	131.5	153.0
V (m/Sn)	0.66	0.070	0.83	0.070	1.33	0.33	0.83	0.55	0.58	0.55
H (m)	3.49	5.40	2.69	5.46	2.14	0.36	0.52	2.30	2.42	4.35
a	0.20	0.057	0.23	0.056	0.35	0.65	0.55	0.24	0.24	0.20
b	0.30	0.050	0.30	0.050	0.30	0.60	0.36	0.18	0.18	0.20
c	0.48	4.39	0.48	4.39	0.45	0.40	0.40	0.46	0.46	0.50
d	0.50	0.05	0.40	0.05	0.35	0.12	0.23	0.35	0.34	0.43

Modelin tüm havza bazında uygulanabilmesi için, bir nehir modeli olan MODQUAL'ın yapılan uyarlamalar ile havzada bulunan Sarıyar, Gökçekaya ve Porsuk baraj gölleri için de çalışması sağlanmıştır. Bu amaçla her üç rezervuarda da hızların çok küçük olacağı baraj gölünde hareketli su kütlelerinin her barajdan bir önceki bölümdeki debi ve su derinliğini sağlayacağı kabulleriyle belirlenmiştir. Böylece model, baraj rezervuarlarında son derece düşük bir hızla akan, geniş yataklı bir nehir gibi çalıştırılmıştır.

Modelde data tipi 7 olarak tanımlanan giriş bilgisindeki su sıcaklıkları, ilgili bölümde bulunan örneklem istasyonunda ölçülen yıllık ortalama değerler olarak verilmiştir. (Tablo 8.5) Bir bölümde birden fazla istasyon olması halinde ise aynı bölümde bulunan istasyonlara ait sıcaklık ortalamaları alınmıştır.

Veri tipi 6 da giriş bilgisi olarak verilen ve modelde OK2 olarak tanımlanan  $K_2$ , akarsulara ait tüm bölümlerde O'Connor-Dobbins bağıntısı uyarınca hesaplanacak şekilde düzenlenmiş, baraj sonralarına ait bölümlerde ise modele doğrudan giriş bilgisi olarak verilmiştir. Bu yöntemle baraj sonrası bölümlerde büyük  $K_2$  değerleri verilerek savaklanmadan kaynaklanan yüksek çözülmüş oksijen konsantrasyonlarına ulaşmak amaçlanmıştır.

Veri tipi 6B'de giriş bilgisi olarak verilen ve modelde EXC olarak tanımlanan ışık şiddeti katsayısı derinlik-ışık geçirgenliği bağıntısı uyarınca ilgili bölümlerdeki su derinliğine göre hesaplanmıştır.(STEFAN,H.; CARDONI,J., 1983)

Veri tipi 9'da giriş bilgisi olarak verilen düşü ve savaklara ait havalanma katsayısı ve kot farkı sadece baraj çıkışlarında model girdisi olarak alınmıştır.

Veri tipi 11 de noktasal kaynaklara ait verilerin tanımlandığı bölümde akarsuya noktasal kaynak olarak girdiği kabulü

TABLO 8.5 AKARSU BÖLÜMLERİNDEKİ ORTALAMA SU SICAKLIKLARI

Modeldeki Bölüm Adı	Bölüm No.su	Ortalama su Sıcaklığı T(°C)
SEYDİSUYU	1.	11.9
ÇİFTELER	2.	11.9
KAVUNCU	3.	14.5
AĞAÇKÖY	4.	14.5
ÇALCA	5.	15.5
PORBARAJI	6.	16.0
BARAJÇIKIŞ	7.	9.0
ŞEKERÇİFTLİK	8.	14.4
YEŞİLDON	9.	14.0
BEYLİKAHIR	10.	14.0
SAZILAR	11.	14.5
KARACAAHMET	12.	14.5
SARIYAR	13.	16.0
BARAJARA	14.	15.0
GÖKÇEKAYA	15.	16.0
HAMİTABAT	16.	13.4
KARASU 1	17.	13.0
KARASU 2	18.	14.9
PAMUKOVA	19.	14.5
DOĞANÇAY	20.	14.5
ADATEPE	21.	15.0

yapılan Çifteler, Ankara Çayı, Göynük, Göksu, Mudurnu ve Çarksuyu'na ait bilgiler ilgili akarsuların örnekleme istasyonlarından sağlanmıştır. (Tablo 8.6) Bu istasyonlar adı geçen akarsular Sakarya'ya karışmadan hemen önce yer almakta olup eldeki veriler Çifteler istasyonu dışında 1985-1986 su yılına aittir.

### 8.1.2 Endüstriyel Deşarjlarla İlgili Veriler

1979-1980 ve 1985-1986 yıllarında DSİ tarafından yapılan Porsuk ve Karasu'ya direkt deşarj yapan kirletici kaynaklara ait ölçüm sonuçları 3. Bölümde irdelenmiştir. Bu veriler ölçüm sonuçları ile ilgili endüstrilere ait literatür değerleri karşılaştırılarak belirlenmiş ve birimler, debi ölçümlerinden kaynaklanabilecek hataları en aza indirmek için yük cinsinden hesaplanmıştır.

Bir hesaplama elementi içinde yer alan noktasal kaynakların modelin kısıtlamaları nedeniyle akarsuya tek bir noktadan girdikleri kabul edilmiştir. (Şekil 8.7) Bunun için aynı hesaplama elementine giren noktasal kaynaklar arasında kütle dengesi yapılmıştır. Modelde kirletici kaynakların akarsuya deşarj oldukları hesaplama elementleri ve ortak deşarj noktalarındaki yükler Tablo 8.7 de verilmektedir. Bu bilgiler noktasal kaynak girişi olarak modelde veri tipi 11 de tanımlanmaktadır.

## 8.2 Kalibrasyon ve Duyarlılık Analizi

Model kalibrasyonu, akarsuda su kalitesini tanımlayan parametrelerin akarsu boyunca değişimlerini sağlayan reaksiyonları yansıtan matematik bağıntılardaki sabitlerinin seçilerek, bir veya daha fazla girdi-çıkıtı ile ölçüm sonuçlarına olabildiğince yakın model çıktılarını elde edecek şekilde gerekli düzeltmelerin yapıldığı modelleme aşaması olarak tanımlanmaktadır. (Loucks, 1981)



TABLO 8.7 AKARSUYA DEŞARJ YAPAN KİRLİTİCİ KAYNAKLARA AİT ORTAK DEŞARJ YÜKLERİ

Parametre (g/sn)	KÜTAHYA EV. ATIKSU	KÜTAHYA ŞE- KER END.	MEZBAHA AZOT LAMASI DÖN.	AĞAÇKÖY SU- LAMASI DÖN.	TEKSTİL VAGON	ESKİŞEHİR ŞEKER	MEZBAHA EV.ATIKSU	Ortak Deşarj 1 Kütahya kenti şeker,mezba haya (42)*	Ortak Deş.2 Azot,Ağaç- köy Sul. dönüşü (43)	Ortak Deş.3 Tekstil,Va- gon,Eskişe- hir Kenti (59)	Ortak Deş.4 Şeker, Mezbaha (60)	Organize Sanayii (62)
$Q(m^3/sn)$	0.43	0.26	0.0016	0.23	0.061	0.60	0.001	0.69	0.66	1.01	0.601	0.033
Ç.0	-	-	-	2.15	-	-	-	0.0	3.30	0.0	0.0	0.0
B01 <sub>5</sub>	77.4	26	1.12	1.30	15.1	876	2.21	105	7.96	224	878	1.75
K01	138.0	44.3	1.92	4.3	26.7	1700	6.5	190	13.50	445	1707	3.85
Org-N	6.5	-	-	6.97	-	-	-	6.5	7.2	14.0	-	-
NH <sub>3</sub> -N	10.8	1.39	0.017	124.2	0.32	5.07	0.016	12.2	125.0	23.5	5.1	0.27
NO <sub>2</sub> -N	-	0.046	0.0001	1.14	0.025	0.31	0.0002	0.046	1.14	0.036	0.31	0.009
NO <sub>3</sub> -N	-	0.030	0.006	20.7	0.16	2.46	0.004	0.31	21	0.24	2.46	0.07
O-PO <sub>4</sub>	1.3	0.063	0.024	0.17	0.046	0.24	0.077	1.38	0.19	2.84	0.32	0.90

\* Şekil 8.7 de verilen Hesaplama Elementi Numarası

Diğer bir deyişle matematik modelden elde edilen hesap sonuçlarının modelde ele alınan parametrelerin deney sonuçları ile uygunluğu sağlanırsa model kalibrasyonu gerçekleşmiş olur.

Duyarlılık analizi ise modelde kullanılan reaksiyon hız katsayılarının kalibre edilecek parametreler üzerinde etkilerinin araştırıldığı ve buna göre kalibrasyon sonuçlarının irdelendiği bir modelleme aşamasıdır.

Bu çalışmada evvelce yapılan çalışmalardan (Menet, 1985; Durdu, 1986; Özen 1987) farklı olarak kalibrasyon ve duyarlılık analizi birlikte yürütülmüştür. İlk aşamada, aynı modelin kullanıldığı önceki çalışmalarda belirlenen reaksiyon hız katsayıları ile bir ön kalibrasyon yapılmıştır. İkinci aşamada, literatür değer aralığının minimum ve maksimum reaksiyon hız katsayıları ile model tekrar çalıştırılarak, hangi katsayıların kalibre edilecek parametreler üzerinde ne ölçüde ve mertebede etkili olduğu belirlenmiştir.

Yukarıda sıralanan aşamalardan edinilen bilgiler, akarsu-  
yun kalite, kantite ve çevresel özellikleri ile birlikte değerlendirilerek kalibrasyonun son aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, akarsuda meydana gelen süreç ve mekanizmaların modelde hangi çevrim ve reaksiyon hızları ile tanımlandığını gösteren ve 7. Bölümde açıklanan modelin integral yapısı da çalışmanın belirleyici unsurlarından birini oluşturmuştur.

Yukarıda sıralanan işlemler sonucunda

- . Debi
- . Çözünmüş oksijen
- . Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
- . Amonyak azotu

- . Nitrit azotu
- . Nitrat azotu
- . Organik azot
- . Çözünmüş orto fosfat

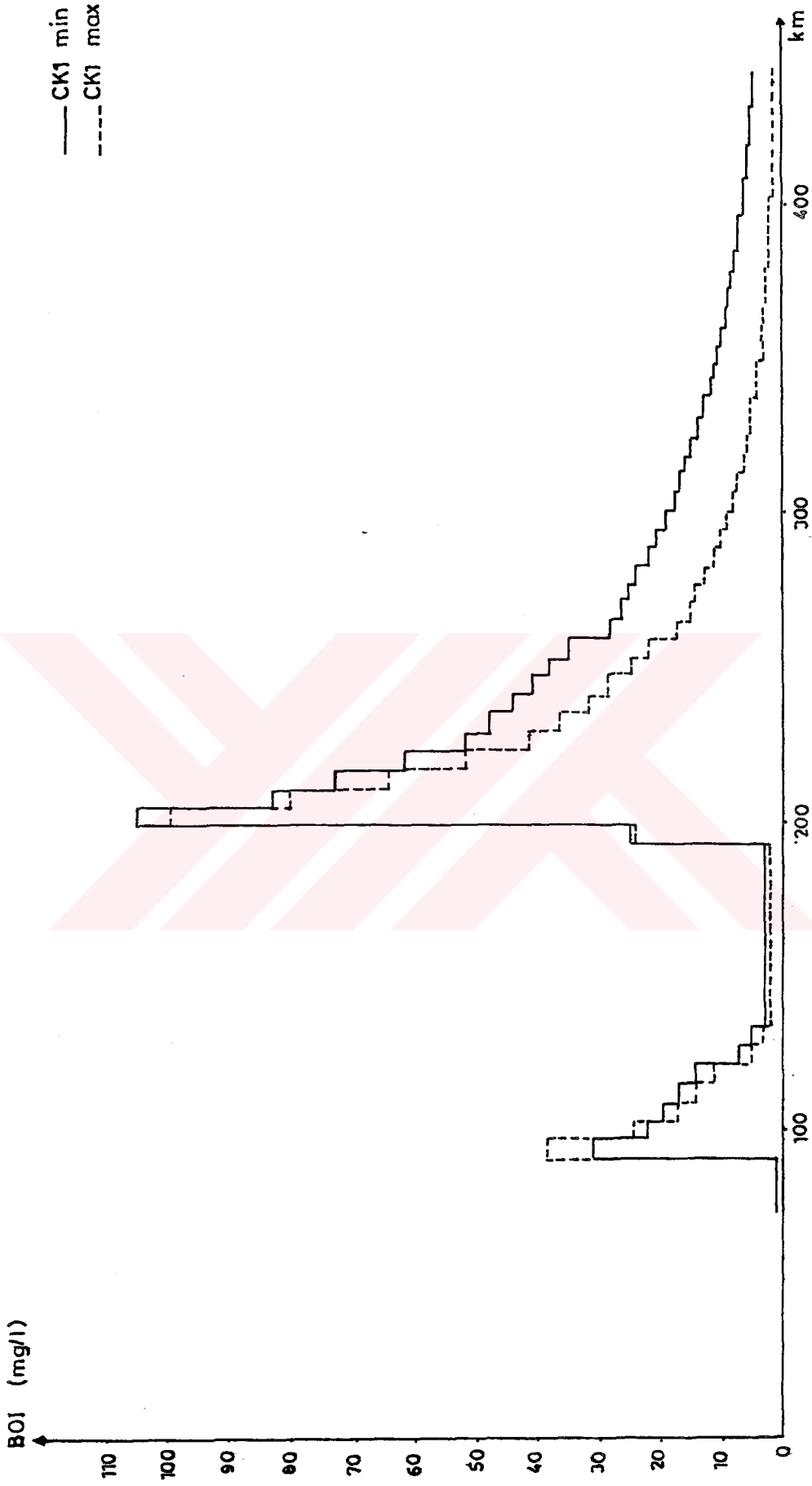
parametrelerine ait kalibrasyon gerçekleştirilmiş ve modelin yönetim amacıyla kullanımı için gerekli güvenilirlik garanti altına alınmıştır.

Debi kalibrasyonu sırasında, öncelikle akarsu ortamına noktasal kaynak olarak giren ve ortamdan çekilen tüm debiler gözönünde bulundurularak akarsu üzerindeki ölçüm istasyonlarına ait ortalama değerlerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Havzada yapılan incelemelerde yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu ve doğal drenajla akarsuyun beslediği saptandığından, istasyonlar arasında debilerdeki artışlar yayılı kaynaklarla dengelenmiştir.

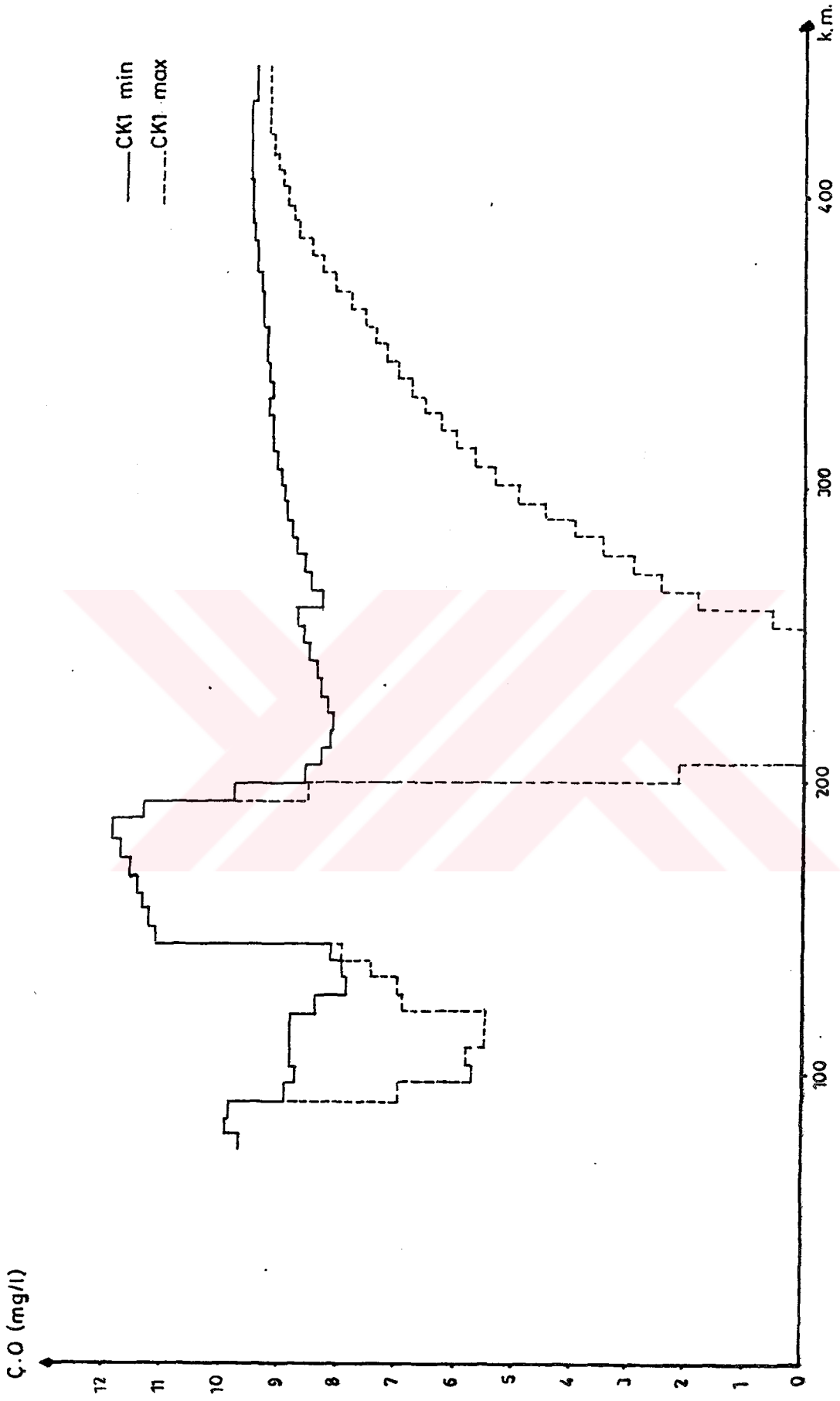
Çözünmüş oksijen konsantrasyonunu, havalanma, oksidasyon, alglerin fotosentez ve solunum yapması, organik maddenin ayrışması ve çökmesi, dip birikintilerinin oksijen ihtiyacı gibi bir çok süreç ve mekanizma etkilemektedir. (TODD, 1984)(WALKER,1985). Ancak duyarlılık analizi sonucu bu mekanizmalardan en etkili olanların modelde CK1 ve CK3 olarak tanımlanan organik maddenin ayrışma hızı ile çökme hızının olduğu görülmüştür. (Şekil 8.8, 8.9, 8.10, 8.11)

Organik madde ayrışma hızı doğal yapıya uygun olarak akarsuya organik kirleticilerin girdiği yerlerde büyük, akarsuların doğal kalitesini koruduğu ve su kalitesinin yüksek olduğu tahmin edilen yerlerde ise küçük seçilmiştir. Ayrışma hızının yüksek olması BOI'nın hızla azalmasını sağlarken diğer taraftan sudaki çözünmüş oksijenin de hızlı bir şekilde tüketilmesine neden olmaktadır. Çökme hızının yüksek oluşu ise çökelebilen organik maddenin ortamdan ayrılarak oksijen tüketiminin yavaşlamasını sağlamaktadır. Modelde, Sakarya ve Porsuk nehrinin kaynak

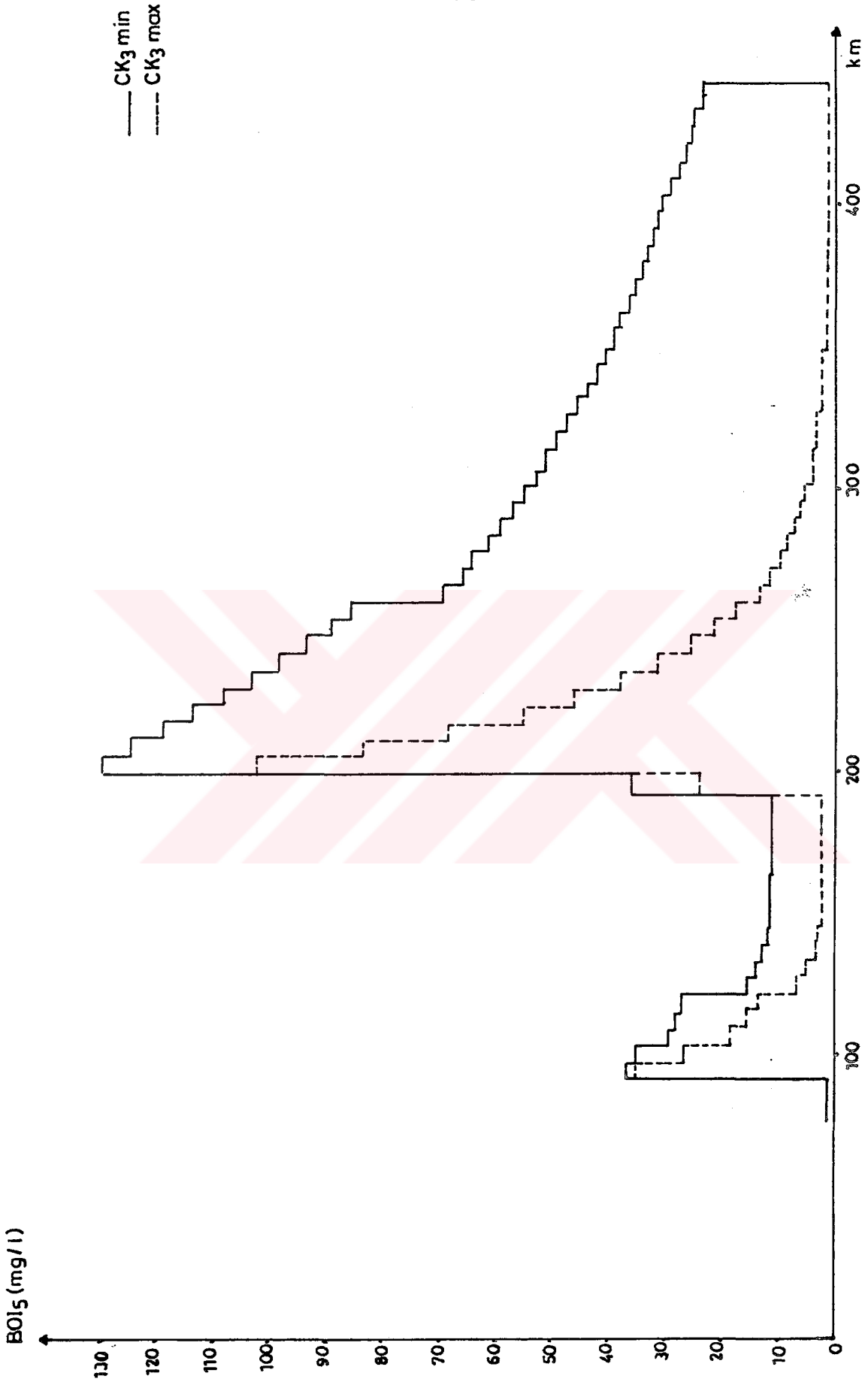




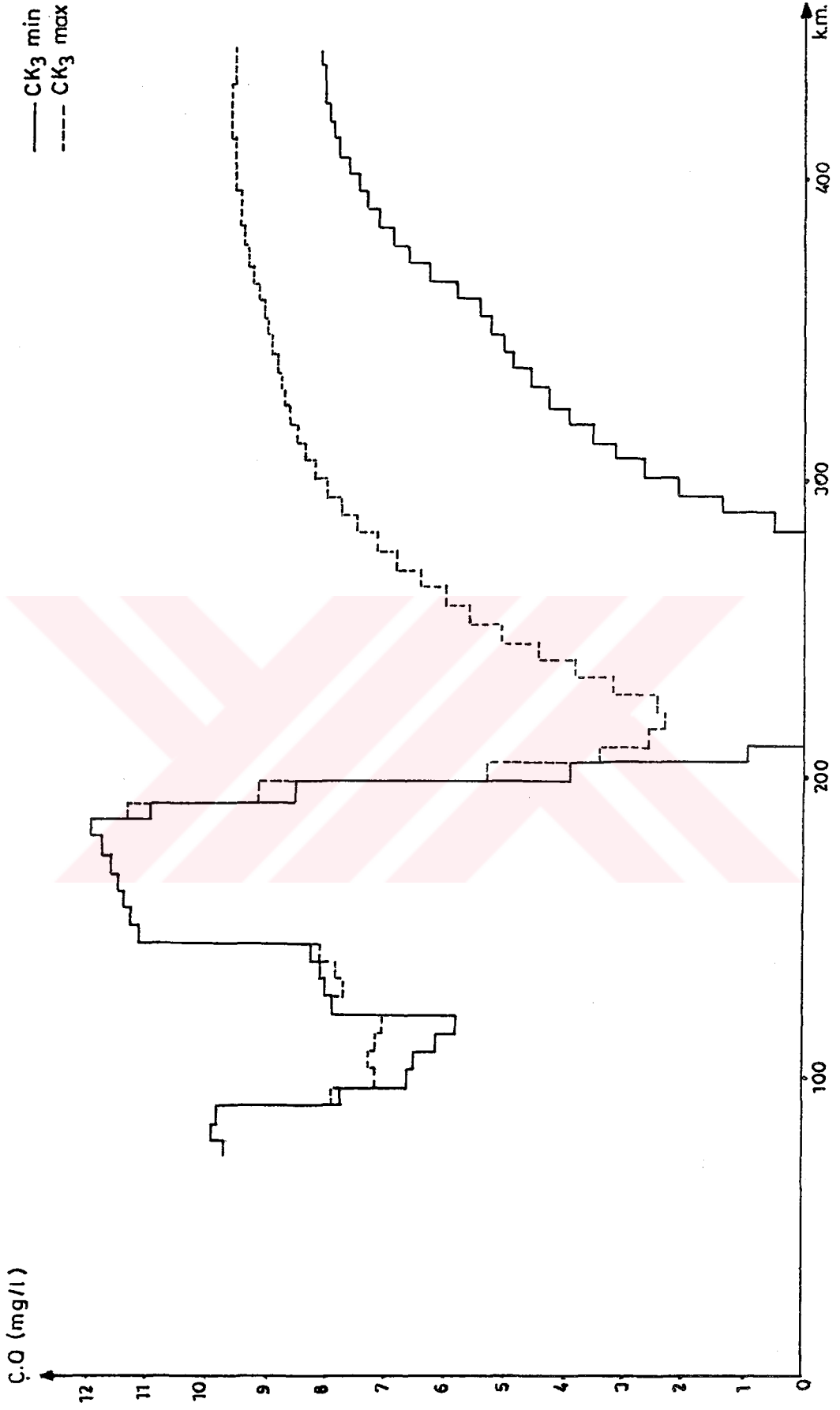
Şekil: 8.8 - Porsuk çayında BOI<sub>5</sub> dağılımına BOI<sub>5</sub> ayrışma hızının (CK1) etkisi



Şekil:8.9 Porsuk çayında çözünmüş oksijen dağılımına BO<sub>5</sub> ayrışma hızının (CK1) etkisi



Şekil: 8-10 — Porsuk çayında BOI<sub>5</sub> dağılımına BOI<sub>5</sub> çökelme hızının (CK<sub>3</sub>) etkisi

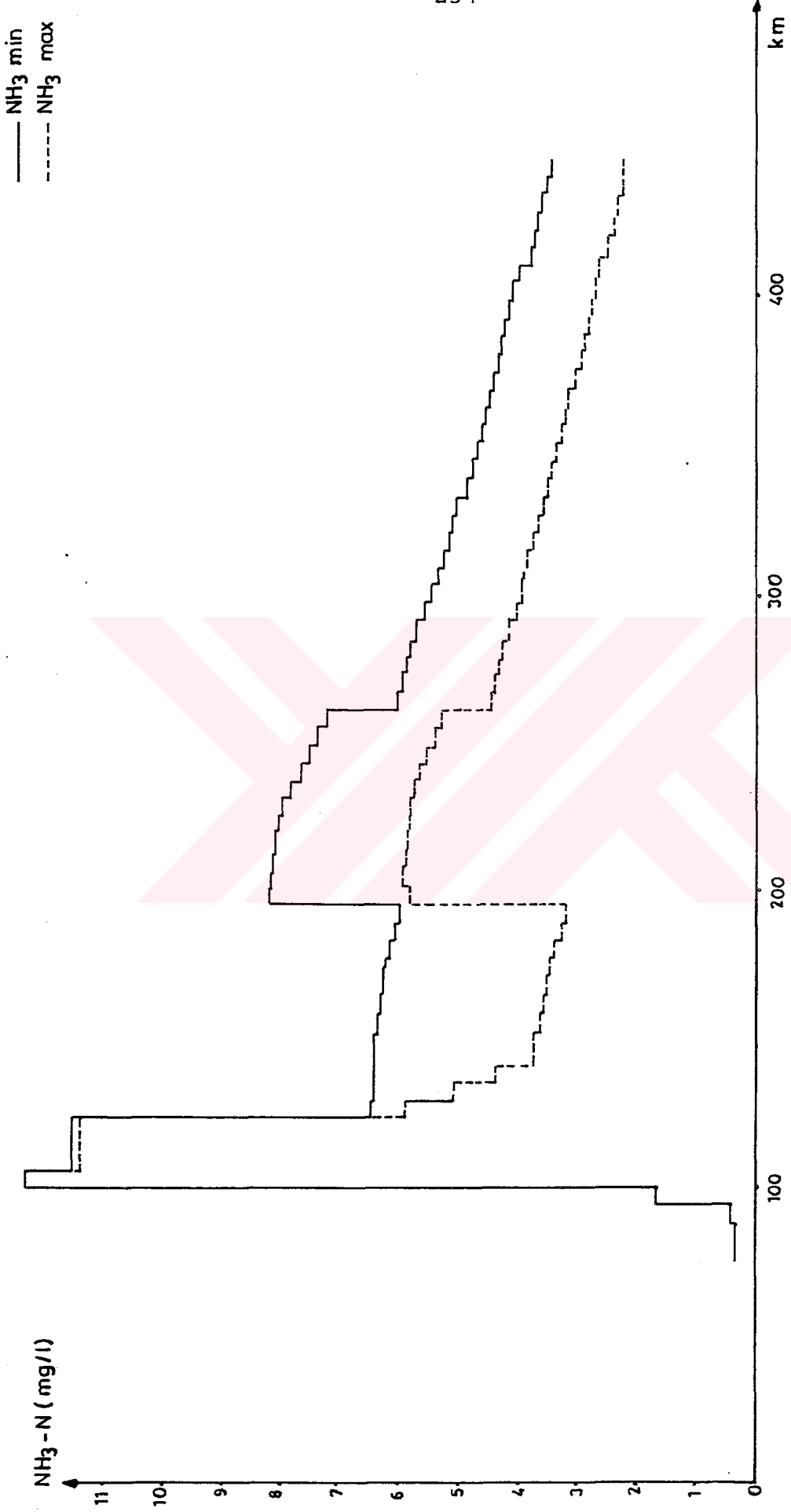


Şekil:011 - Porsuk çayında çözünmüş oksijen dağılımına BOİ<sub>5</sub> çökelme hızının (CK<sub>3</sub>) etkisi

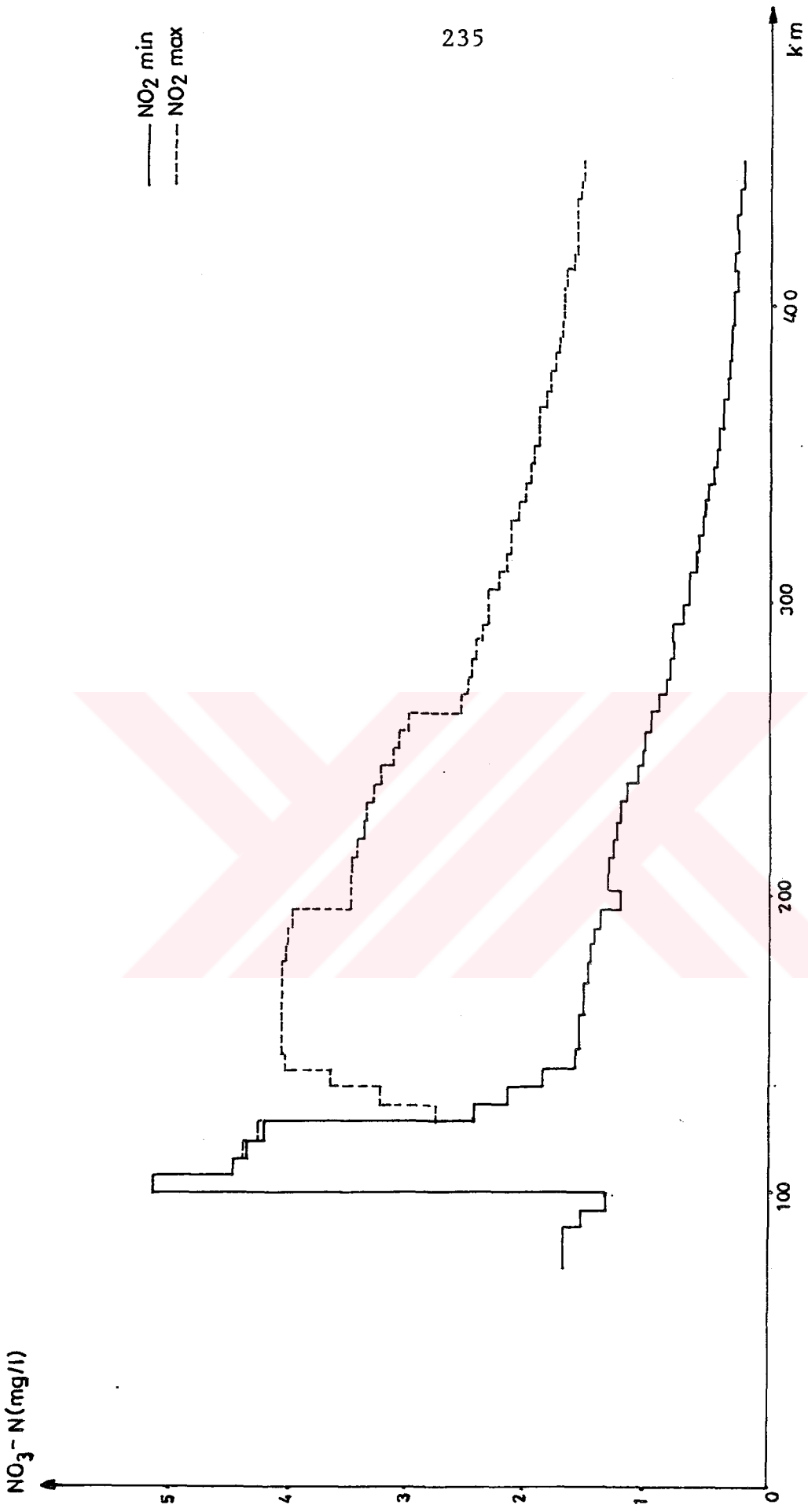
kısımlarını oluşturan bölümlerde CK1'in minimum değeri seçilmiş, Kütahya ve Eskişehir kentleri gibi yoğun atıksu deşarjlarının olduğu bölümlerle evsel ve endüstriyel deşarjların olduğu Karasu, Sakarya nehrinin Ankara Çayı ve Çarksuyu gibi organik madde yükünün fazla olduğu yan kol-larının katıldığı bölümlerde ise büyük değerler seçilmiştir.

Çökelme hızı akarsuyun doğal kalitesini koruduğu ve hızın yüksek olduğu kaynak ve baraj çıkış bölümlerinde minimuma yakın, kirletici kaynakların ve akarsu hızının düşük olduğu yerlerde daha yüksek, barajlarda da maksimum değerde seçilmiştir. (WALKER, 1985)

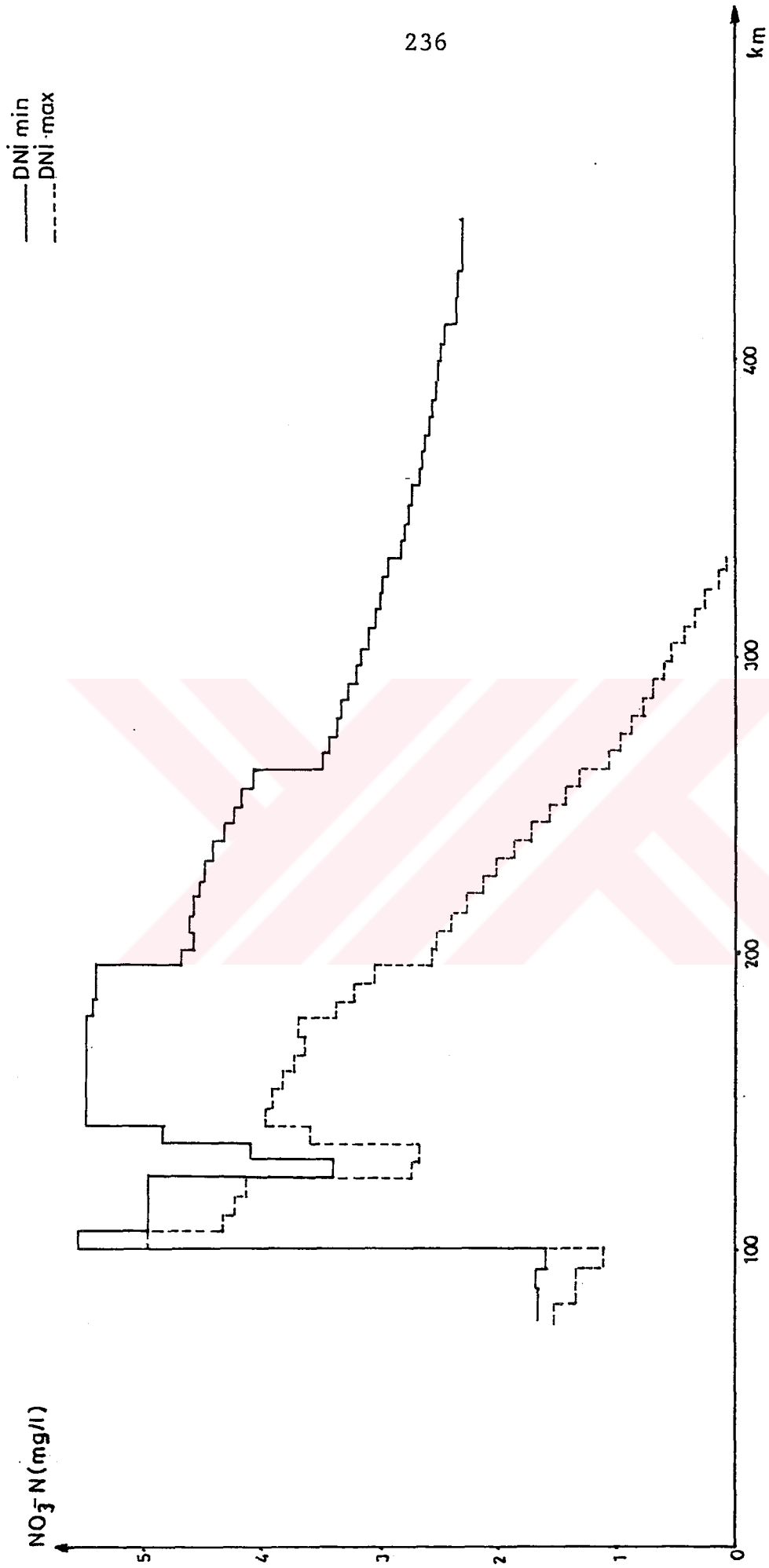
Azot bileşiklerinin kalibrasyonu, azot çevrimi ve akarsu ortamına gelen kirletici kaynaklar beraber değerlendirilerek tüm azotlu bileşikler için tek aşamada yapılmıştır. Modelin duyarlılık analizi sonucunda 1. adım nitrifikasyon hızı ( $\text{NH}_3$ ) ün amonyak azotu tüketilmesinde, 2. adım nitrifikasyon hızı ( $\text{NO}_2$ ) nin nitrit azotu tüketilmesinde, denitrifikasyon hızı (DNI) nin de nitrat azotu tüketilmesinde etkili olduğu görülmüştür. 1. ve 2. adım nitrifikasyonun minimum hızları seçilmesi halinde  $\text{NH}_3\text{-N}$  ün az tüketilmesi sonucu olarak ortamda minimum miktarda  $\text{NO}_2\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  oluşmaktadır. Bu sürecin tersi ise maksimum hızların seçilmesi halinde gerçekleşmektedir. Hızlı nitrifikasyon sonucu  $\text{NH}_3$  süratle azalmakta ve sırasıyla nitrit ve son ürün olan nitrata dönüşmektedir. Yüksek denitrifikasyon hızı ise nitratın azalmasına neden olmaktadır. Ancak dip birikintilerinden amonyum azotunun açığa çıkması hızını tanımlayan (SHN)'nin ve organik azotun çökelme hızı (ONS) nin azot bütçesini az oranda etkilediği görülmüştür. Bu incelemelerin sonuçları (8.12, 8.13, 8.14 ve 8.15 ) de verilmektedir. Bu belirlemeler ışığında Kütahya kenti, Kütahya Azot, Eskişehir ve Karasu endüstrilerinin



Şekil: 8.12 — Porsuk çayında amonyak azotu dağılımına 1. adım nitritikasyonun ( $\text{NH}_3$ ) etkisi

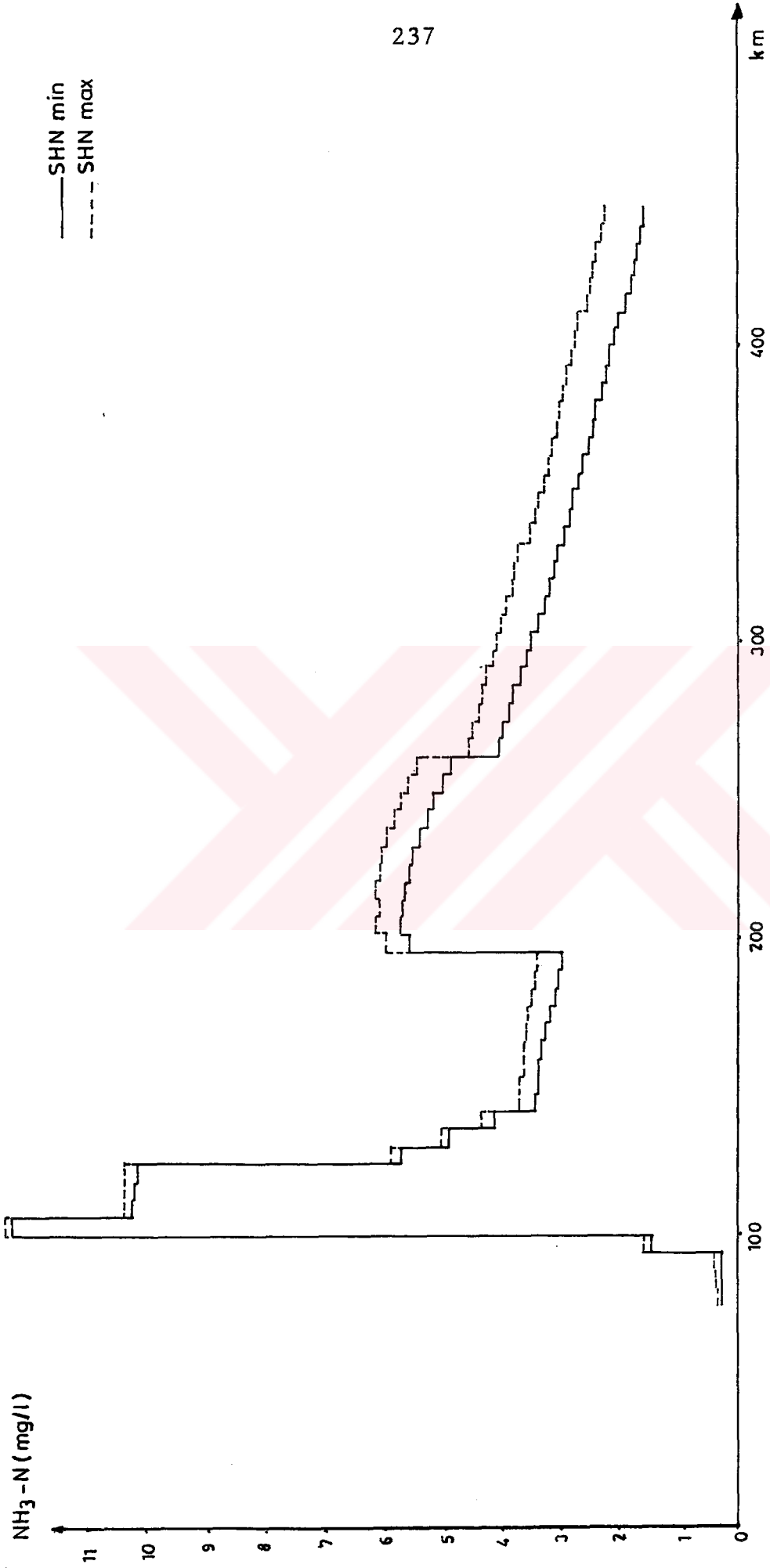


Şekil: 8.13 - Parsuk çayında nitrat azotu dağılımına 2. adım nitritifikasyonun (NO<sub>2</sub>) etkisi



Şekil: 8 14 – Porsuk çayında nitrat azotu dağılımına denitrifikasyonun (DNI) etkisi





Sekil: 8.15 - Porsuk çayında amonyak azotu dağılımına  $\text{NH}_4\text{-N}$ 'in açığa çıkmasının etkisi (SHN)

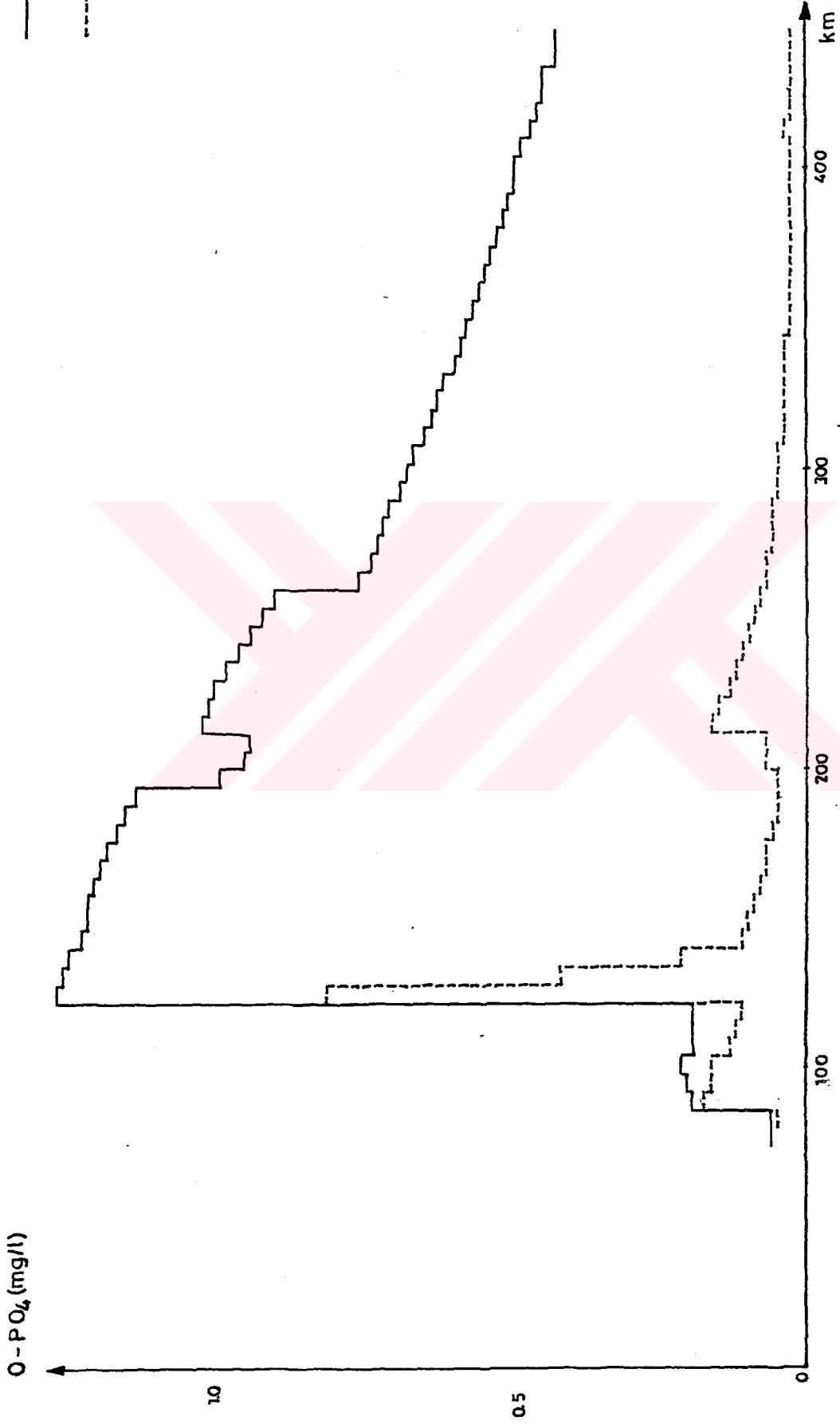
bulunduğu bölümlerde nitrifikasyon hızları yüksek tutulmuştur. Denitrifikasyon hızı ise, kirletici kaynak girişi ve akarsu tabanında havasız ortamın gözlemlendiği, akarsu hızının düştüğü ve dip çamuru oluşan yerler ile barajlarda yüksek alınmıştır. Bu yaklaşım doğrultusunda, ortama sadece yayılı kaynaklardan doğal drenaj ile azot girdisi olan Sakarya'nın kaynak bölümlerinde, azotlu birleşiklerin kalibrasyonunu etkileyen katsayılar minimum değerde seçilmiştir. Ancak Porsuk Çayında, Kütahya kentinin bulunduğu 5. bölümden başlayarak Sakarya karışımına kadar Porsuk'ta bulunan yüksek azot konsantrasyonu nedeniyle 1. ve 2. adım nitrifikasyon hızları maksimum seçilmiştir. Amonyak azotunun nitrat azotuna dönüştüğü bu süreç sonucunda ortamda biriken nitrat konsantrasyonu, genellikle akarsu hızının düşük olduğu dip çamuru olan yerlerde denitrifikasyon nedeni ile tekrar azalmaya başlamıştır. Porsuk ve Ankara Çayının Sakarya'ya karıştığı bölüm ile Çarksuyu'nun döküldüğü Sakarya'nın mansabında da doğal yapıya uygun olarak maksimum nitrifikasyon sabitleri seçilmiştir.

Akarsu ortamındaki fosfor parametresini etkileyen hızlar modelde Orto-fosfatın adsorbsiyonu (PAD), organik ve partiküler fosforun açığa çıkması (SOP) ile kontrol edilmektedir. Duyarlılık analizi sonucu bu hızlar içinde orto-fosfat dağılımı üzerinde en etkili hızın adsorbsiyon hızı olduğu görülmüştür. (Şekil 8.16)

(PAD) ın minimum değerinde ortamdaki  $O-PO_4$  konsantrasyonu artmakta, maksimum değerinde ise azalmaktadır. Porsuk Çayının Kütahya ve Eskişehir civarından gelen kirletici kaynakların taşıdığı yüksek orto-fosfat konsantrasyonu adsorbe olarak tekrar azalmaktadır. Bu mekanizmayı modelde tanımlayabilmek için adigeçen bölümler ile Karasu endüstrilerinin bulunduğu bölgede adsorbsiyon hızları yapılan gözlemlere de uygun olarak maksimum alınmıştır. Ayrıca barajlarda fosfor çevrimini etkileyen tüm sabitler maksimum

— PAD min

- - - PAD max



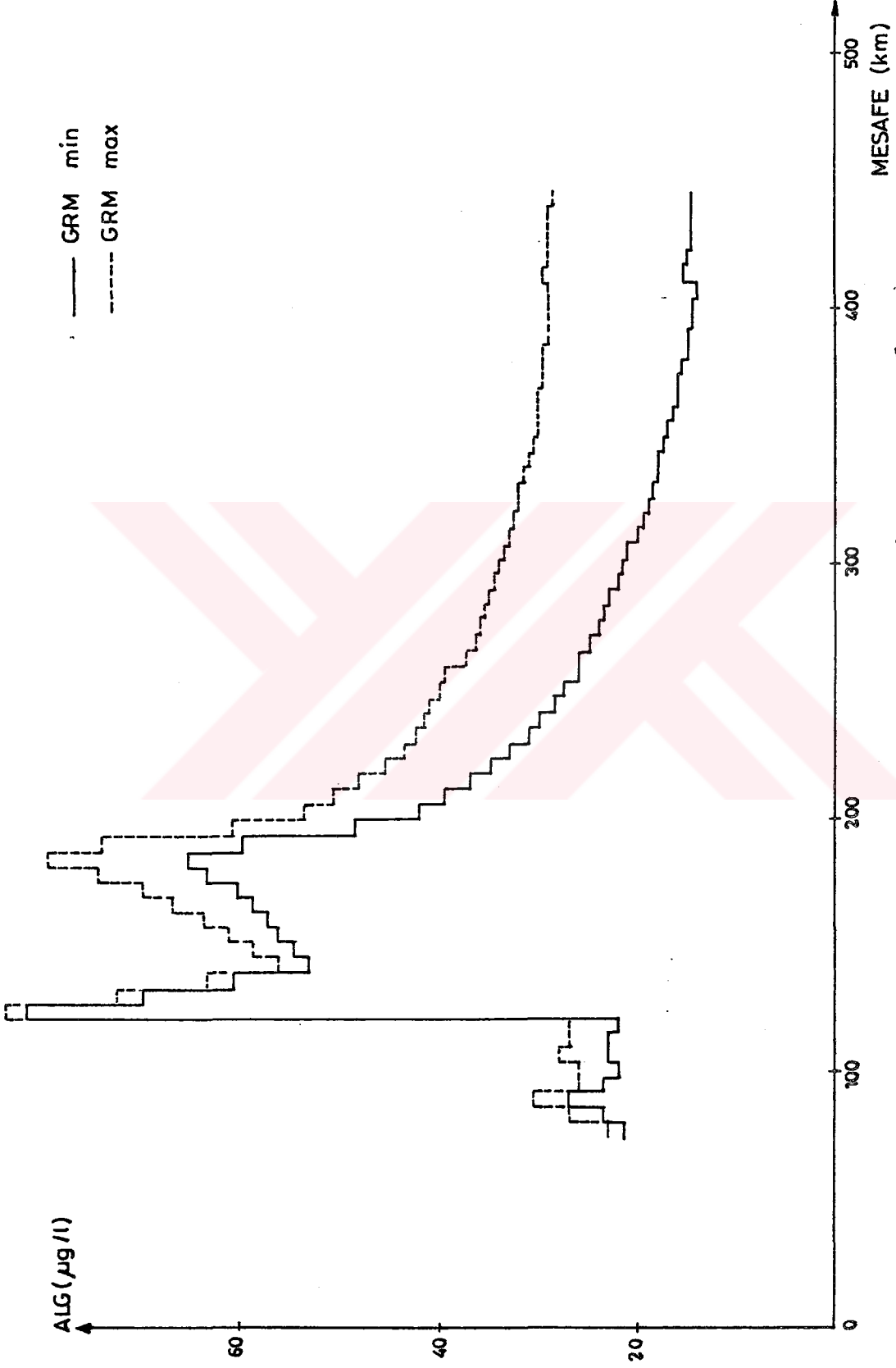
Şekil:8.16-Porsuk çayında O-PO<sub>4</sub> dağılımına O-PO<sub>4</sub> adsorbsiyon hızının etkisi.

değerlerde seçilmiştir. Baraj göllerinde akım hızının fevkalade düşük olması nedeniyle organik ve partiküler fosfor kolayca çökelebilmektedir. Dipte biriken fosfor bileşiklerinden ise ortama orto-fosfat ilavesi olmaktadır. Artan orto -fosfat konsantrasyonu nedeni ile adsorbsiyon mekanizması da hızlanır. (Simonsen 1978b). Ayrıca (PAD) sabitinin  $O_3-PO_4$  konsantrasyonunu etkilemesi dolaylı olarak Toplam Fosfor parametresini de etkilemektedir. Bu parametre organik partiküler fosfor ile orto-fosfatın toplamına eşittir. Porsuk ve Sakarya'nın menba tarafı ile baraj çıkışlarında ortamda adsorbe olacak fosfor hemen hemen kalmadığı için PAD minimum alınmıştır.

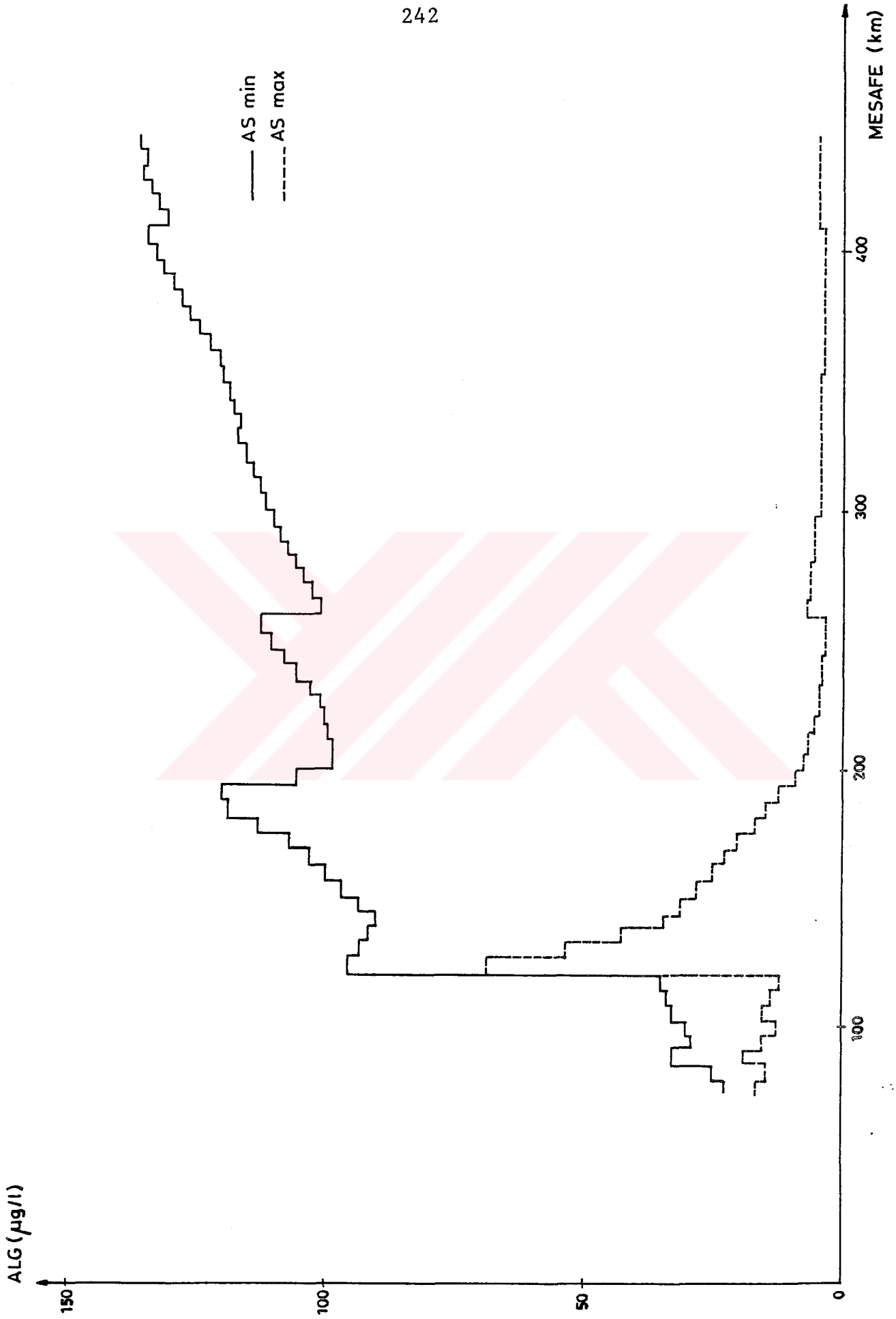
Bu proje kapsamında alg ölçümü yapılamamış olduğundan, alg ve detritus parametreleri ile ilgili kalibrasyon çalışmaları kavramsal olarak ele alınmıştır. Modelde akarsudaki alg konsantrasyonunu etkileyen ışık ve besi maddesi kısıtlamalarından, öncelikle ışık geçirgenliğinin kısıtlayıcı etken olduğu kabulü yapılmıştır. Gerçekleştirilen duyarlılık analizinde de alg ve detritus parametrelerini göreceli olarak en çok etkileyen reaksiyon hız katsayıları ile süreç ve mekanizmaların belirlenmesine çalışılmıştır. Duyarlılık analizinden elde edilen sonuçlardan bazıları Şekil 8.17 ile Şekil 8.23 arasında verilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda akarsuda alg ve detritus dağılımlarını etkileyen katsayılar:

- . alg gelişme hızı (GRM)
- . algin çökelme hızı (AS)
- . algin solunumu (RA)
- . alg ölüm hızı (DA)
- . detritusun azalma hızı (C11)
- . detritusun çökelme hızı (C21)

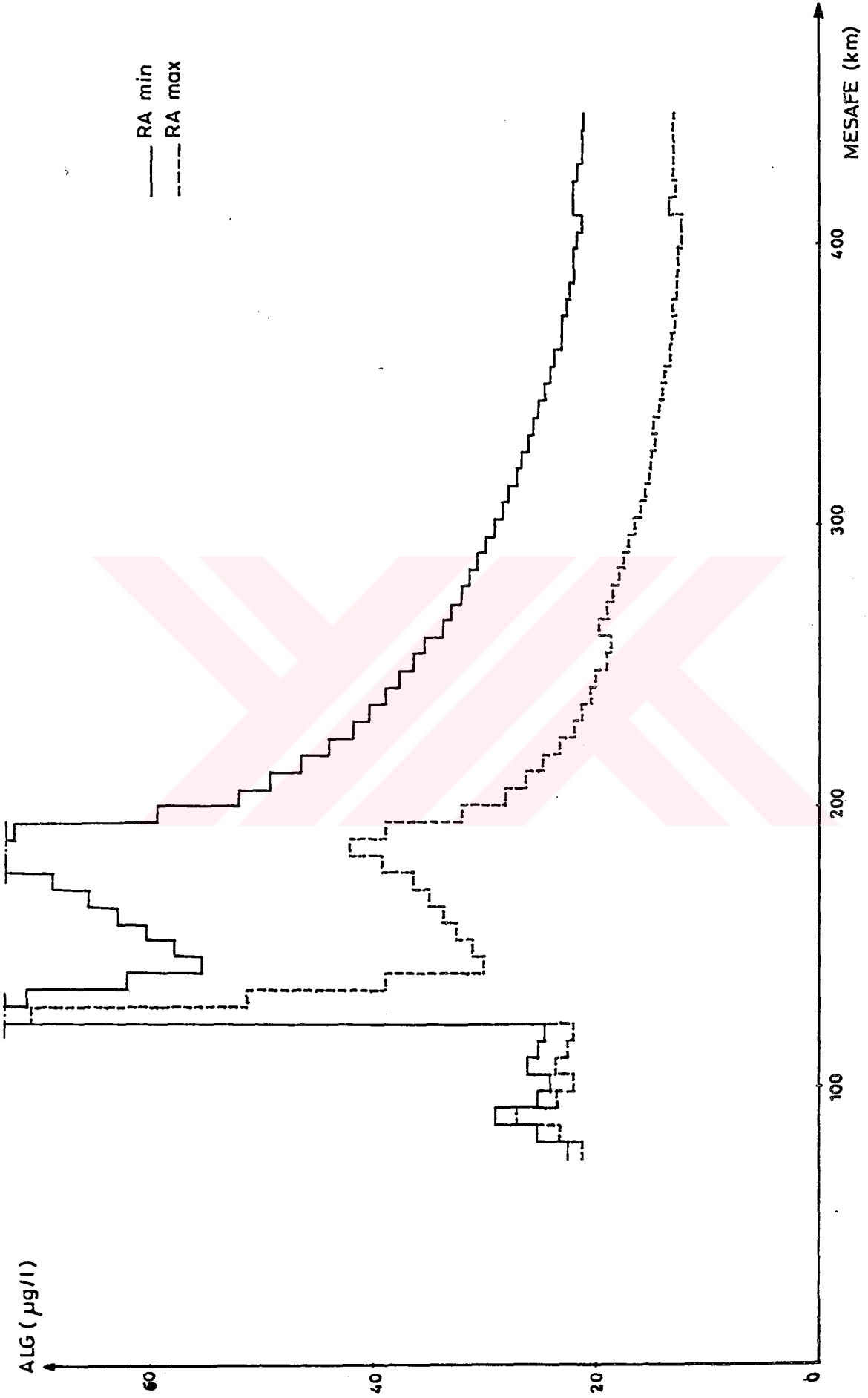
olarak belirlenmiştir.



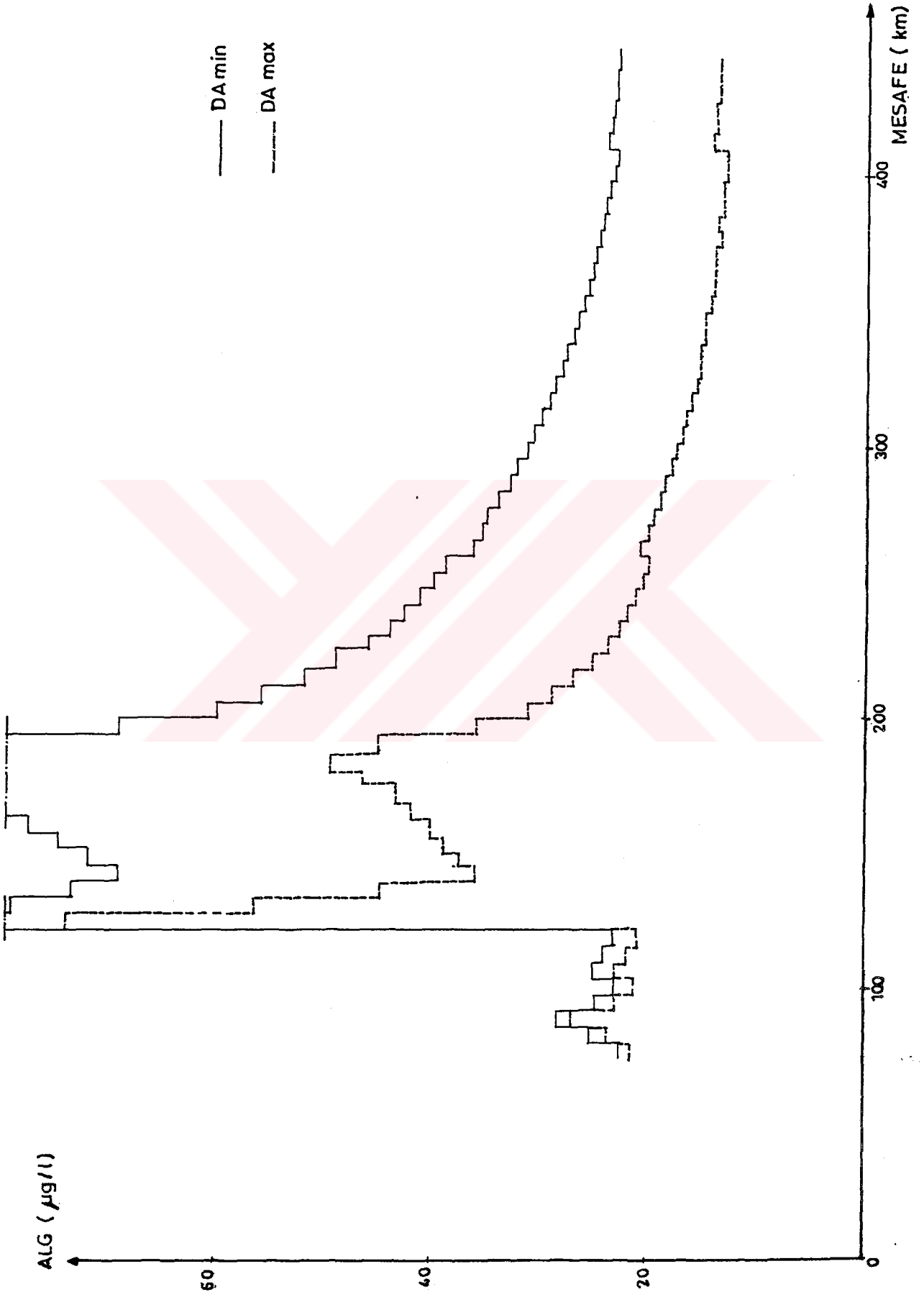
Şekil: 6.17- Porsuk çayında alg parametresinin dağılımına max. alg gelişme hızının (GRM) etkisi



Şekil: 8.18 - Porsuk çayında alg konsantrasyonu dağılımına alg çökelme hızının (AS) etkisi

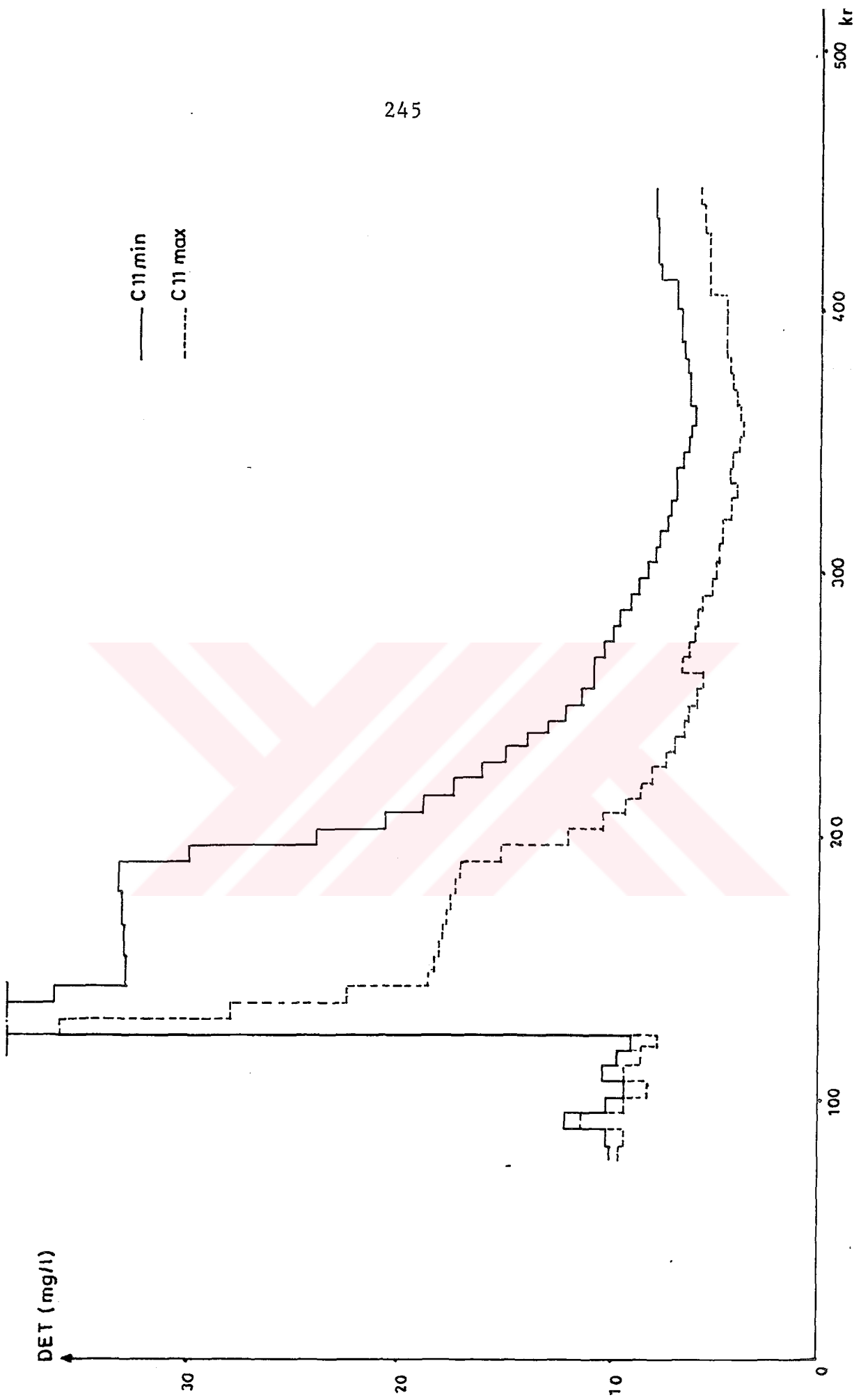


Şekil: 19- Porsuk çayında alg konsantrasyonu değerlerine alg solunumunun(RA) etkisi

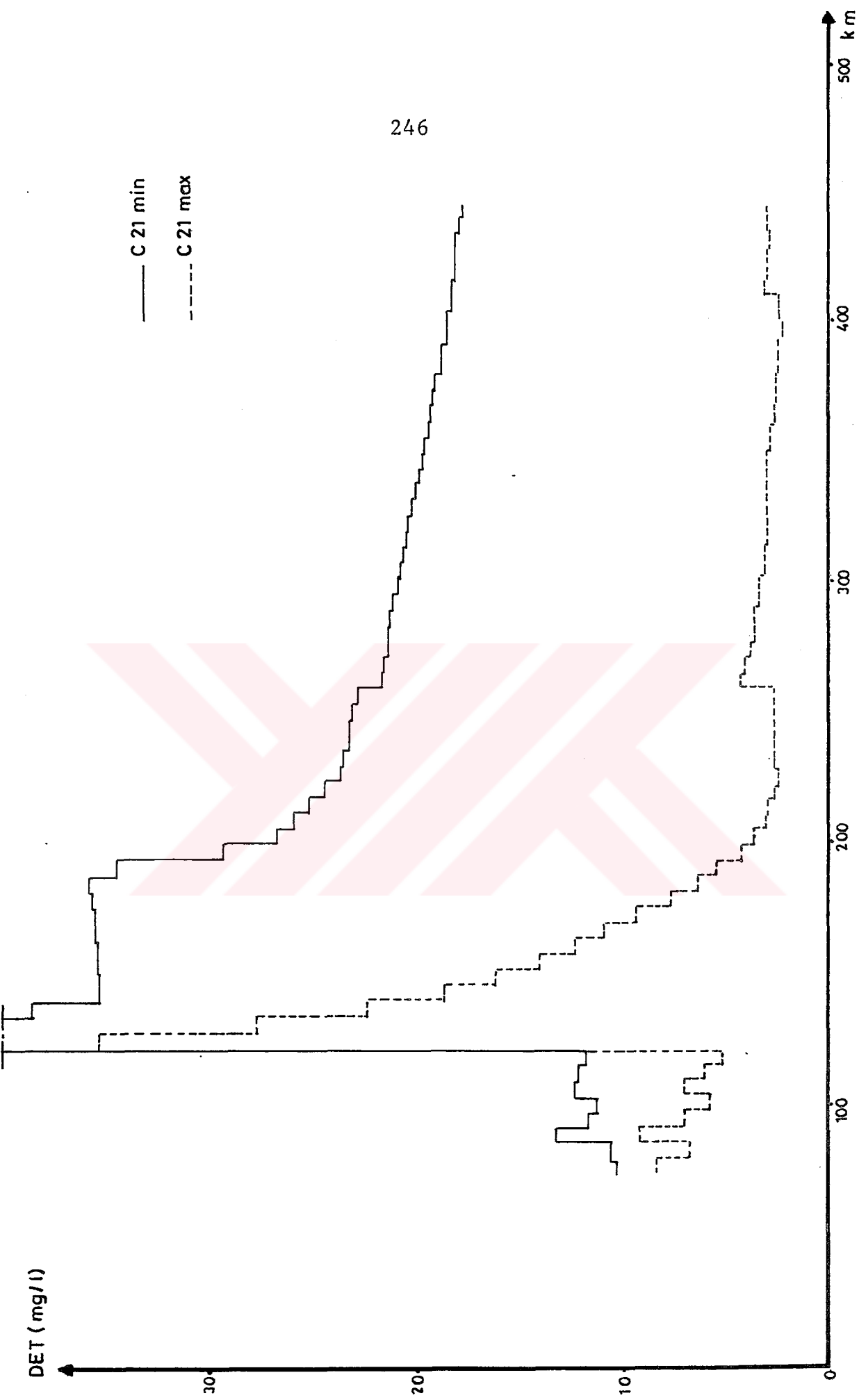


Şekil:8.20 - Porsuk çayında alg konsantrasyonu dağılımına alg ölüm hızının (DA) etkisi





Şekil: 8.21—Porsuk çayında detritus konsantrasyonu dağılımına detritus azalma hızının (C11) etkisi



Şekil: 8.22 - Parsuk çayında detritus konsantrasyonu dağılımına detritus çökelme hızının (C21) etkisi

DET (  $\mu\text{g/l}$  )

— AS min  
- - - AS max

247

km

500

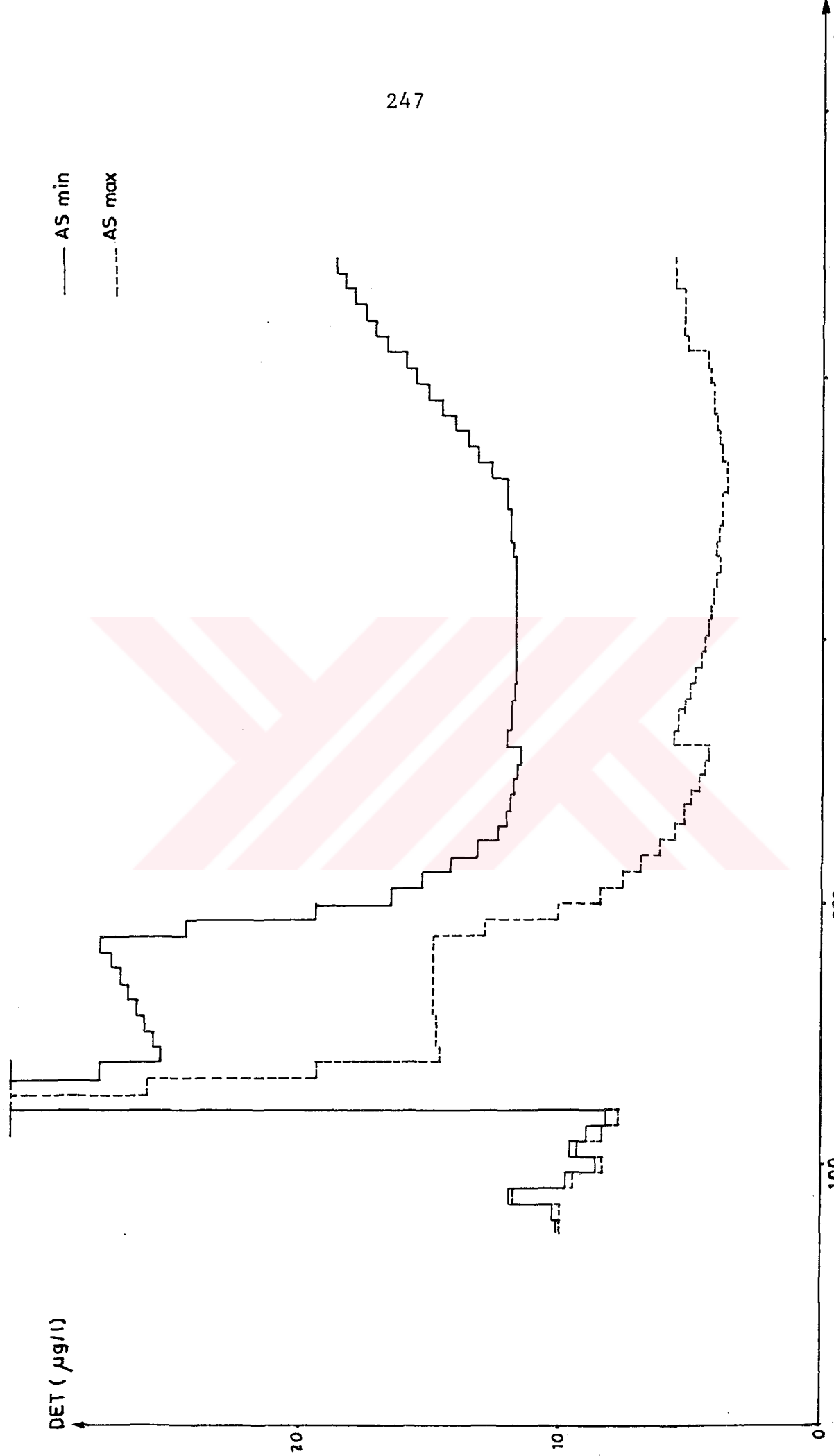
400

300

200

100

Şekil: 8. 23 – Porsuk çayında detritus konsantrasyonu dağılımına alg çökelme hızının (AS) etkisi



Bu bilgiler ışığında barajlar da dahil olmak üzere tüm akarsu sistemi incelenirken bulanıklığın fazla olduğu ve endüstriyel deşarjların yoğun olduğu bölgelerde düşük, barajlar gibi alg gelişimine uygun olan ortamlarda ise yüksek gelişme hızları seçilmiştir. Alg ve detritus konsantrasyonunu etkileyen diğer mekanizmalar ise yine aynı görüşler doğrultusunda seçilmiştir. Örneğin çevresel koşullar nedeniyle alglerin azalacağı beklenen yerlerde algin solunumu, ölümü ve çökme hızları yüksek alınmış, alglerin çoğalacağı beklenen yerlerde ise düşük hızlar seçilmiştir. Bunun benzeri işlemler detritus parametresi için de uygulanmıştır. Ortamdaki detritusu azaltmak için yüksek çökme ve detritus azalma hızı alınmış, artırmak için ise düşük hızlar seçilmiştir. Alg ve detritusların etkinliği hemen tüm su kalitesi parametrelerini de etkilediğinden, (Beck, 1975) tüm değerlendirmelerde önemle gözönünde tutulmuştur. Örneğin algler, besi maddesi olarak azot parametresinin iki farklı bileşiği olan amonyak azotu ile nitrat azotunu kullanırlar. Modelde alglerin amonyak azotu kullanımı, GA olarak tanımlanmaktadır.

. GA = 1 olması halinde, algler amonyak azotunu,

. GA = 0 olması halinde ise nitrat azotunu

kullanmaktadırlar.

GA'nın minimum ve maksimum değerleri arasında seçilen değerler de alglerin hem amonyak, hem de nitrat azotu kullandıkları anlamına gelmektedir. Alglerin amonyak azotu kullanımı ise dolaylı olarak nitrifikasyon nedeniyle oksijen tüketimlerini etkilemektedir.

Yukarıda açıklanmağa çalışılan görüş, analiz ve değerlendirmelerin ışığı altında duyarlılık analizlerinden yararlanılarak elde edilen kalibrasyon hız katsayıları ve bunlara ait literatürde yer alan minimum ve maksimum değerler (EPA, 1985) Tablo 8.8 de topluca, model çıktıları ise ekte verilmektedir.

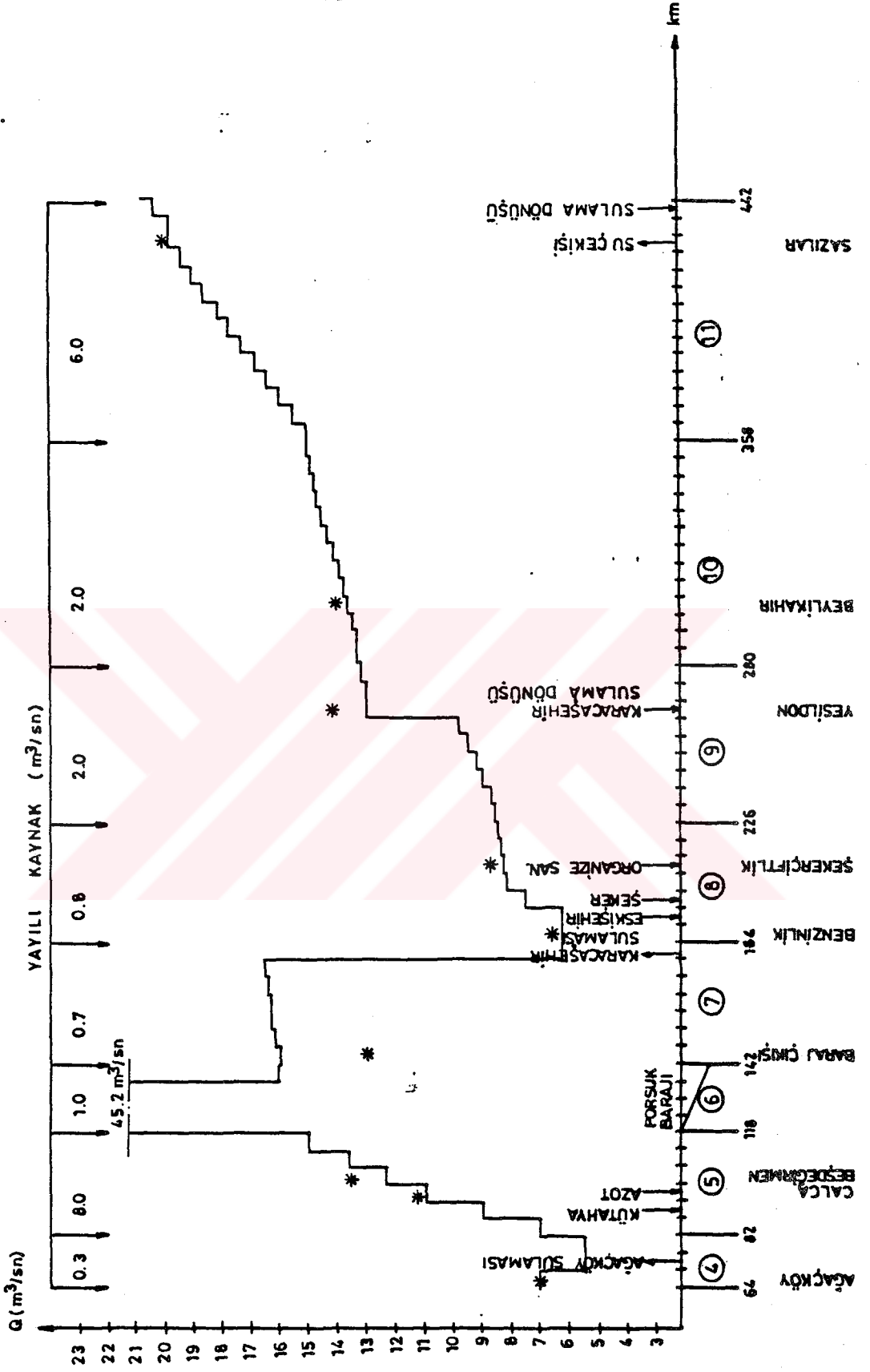


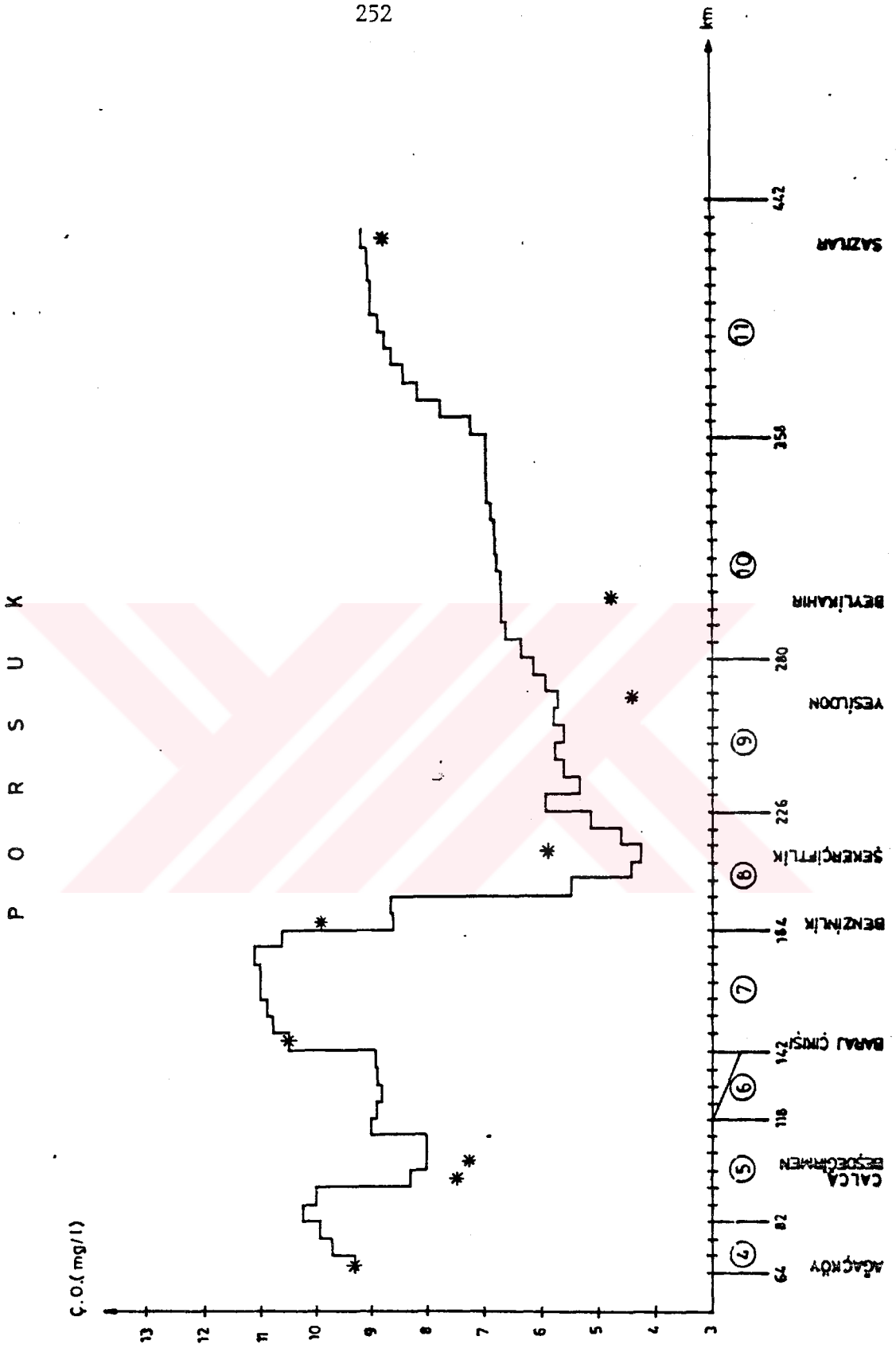
### 8.3 Değerlendirmeler

Tablo 8.8 de verilen kalibrasyon hız katsayıları ile elde edilen kalibrasyon eğrileri Porsuk için Şekil 8.24 ile 8.31 arasında, Sakarya için Şekil 8.32 ile 8.39 arasında verilmektedir. Karasu'da sadece menba ve mansap istasyonlarına ait ölçümler bulunduğundan, bu akarsu için kalibrasyon eğrileri çizilmesine gerek duyulmamıştır. Ancak Karasu mansabında bulunan Bayırköy istasyonundaki ölçüm sonuçları ile model sonuçları karşılaştırılmış ve genelde üstüste oturan sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Porsuk ve Sakarya'da, model sonuçları ile ölçüm sonuçları eğriler üzerinde irdelenerek kalibre edilen parametreler için yorumlar yapılmıştır. Bu yorumlar sırasında proje dönemi içinde ölçümleri eksiksiz dolayısıyla istatistiksel olarak daha anlamlı istasyonlara ait sonuçlar değerlendirmede öncelik taşımıştır. Baraj çıkışlarında yer alan istasyonlardan elde edilen sonuçlarda, barajların düzenli olarak işletilmemesinden kaynaklanan salınımlar olduğundan, buralarda ölçülmüş olan değerler iyi birer gösterge olarak kabul edilmemiştir. Tüm bu değerlendirmelerden kalibrasyonda önem taşıyan hususlar aşağıda özetlenmeğe çalışılmıştır:

- . Debi kalibrasyonu yayılı kaynak girişleri ve su çekişleri ile gerçekleştirilmiştir. Sakarya'nın debi kalibrasyonunda Dümrek, Doğançay ve Botbaşı istasyonlarında debilerde azalma görülmektedir. Bu azalmanın nedeni kontrolsuz sulamalar olabilir. Kalibrasyonda sadece yeri ve miktarı belli olan düzenli sulamalar dikkate alındığından bu istasyonlarda gözlenen ölçüm sonuçlarındaki sapmalar dikkate alınmamıştır.
- . Ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu gerek Porsuk gerekse Sakarya'da genelde model sonuçları ile aynı değişimleri izlemektedir. Ancak Porsuk nehrinde Şekerçiftlik ile Beylikahır istasyonları arasında çözünmüş

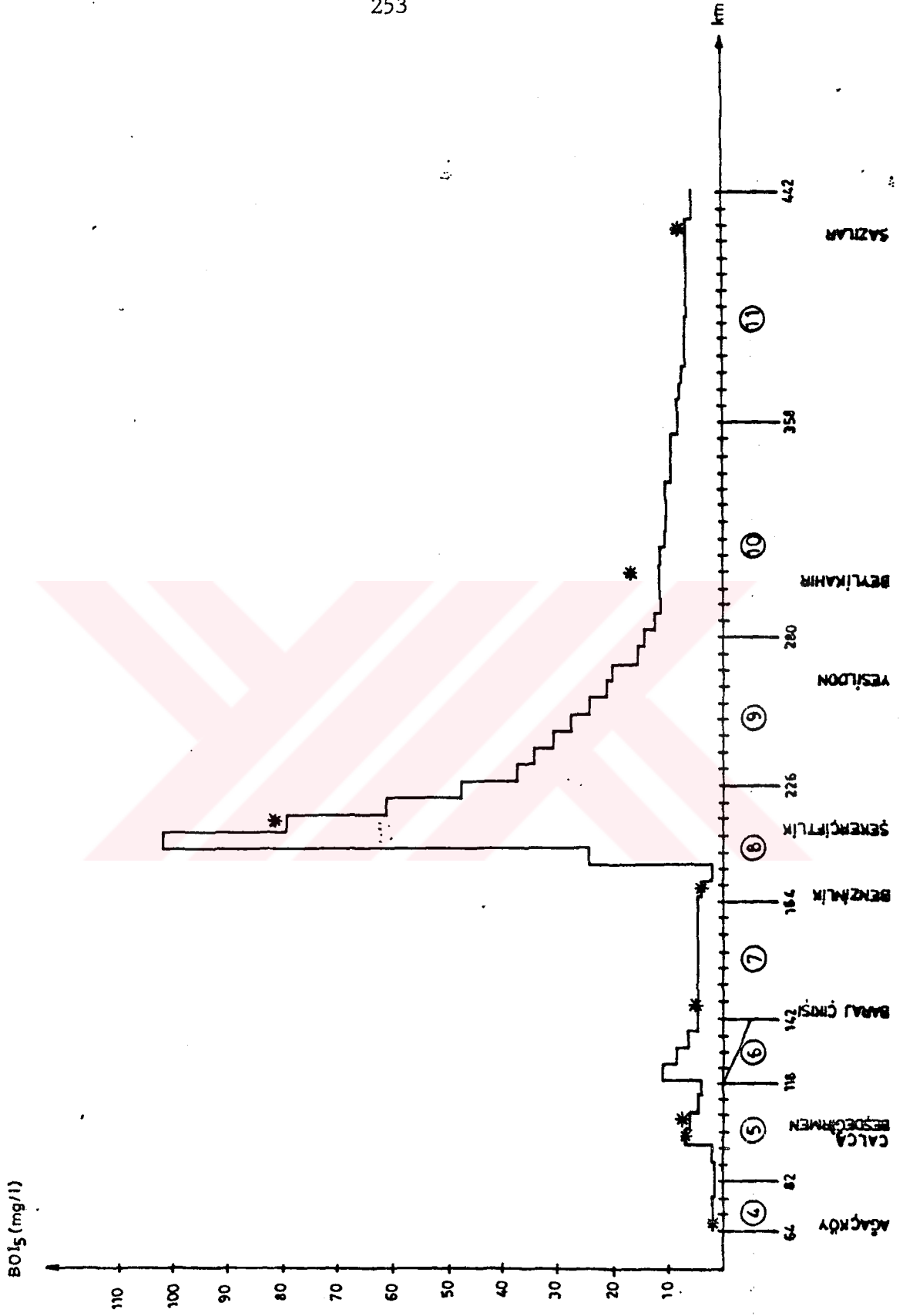
- 1 - ④ BÖLÜM NUMARASI
- 2 - \* ÖLÇÜM SONUÇLARI (1984 - 1985)
- 3 - — MODEL SONUÇLARI





Şekil:8.25- Porsuk çayında Ç.O. kalibrasyon sonucu

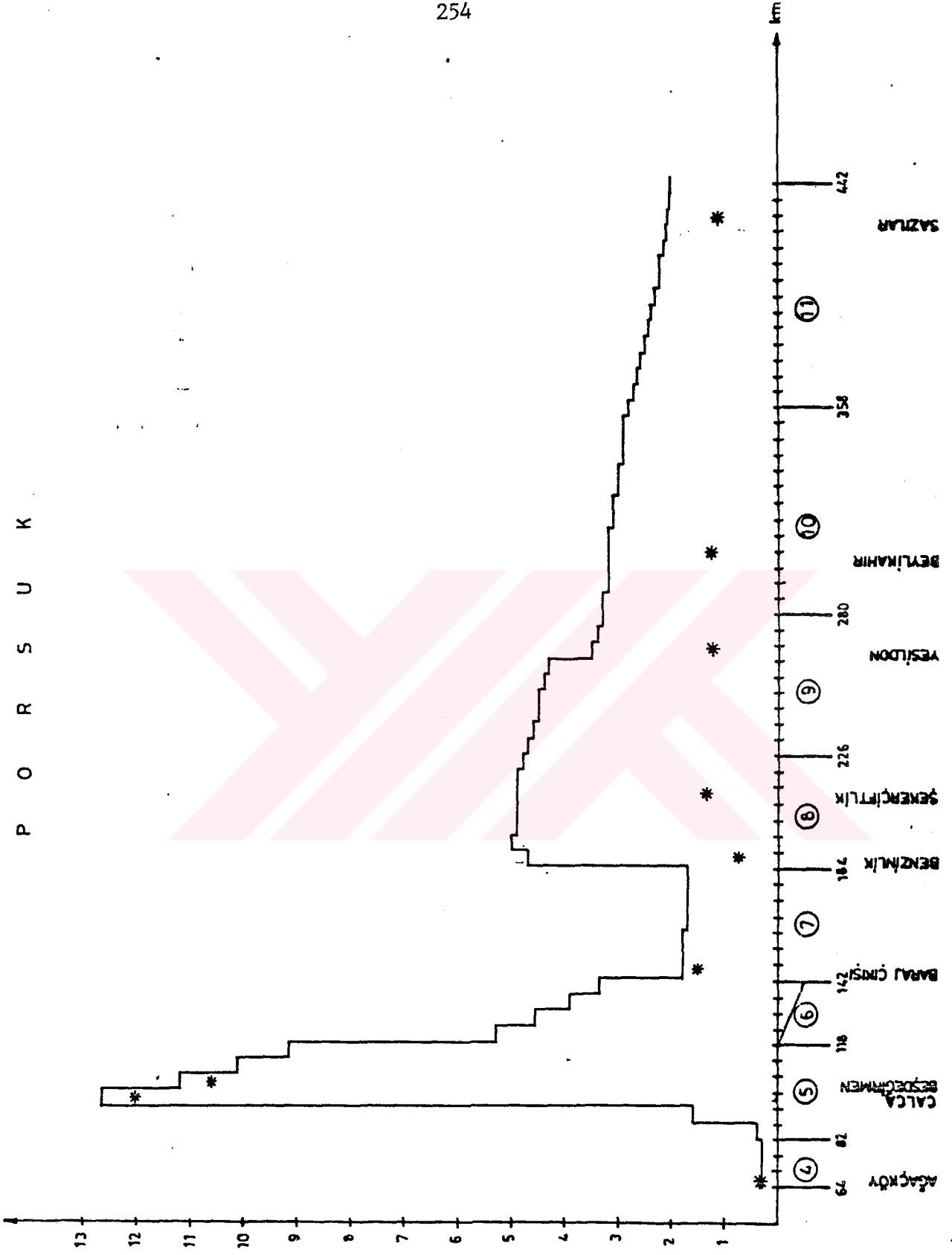


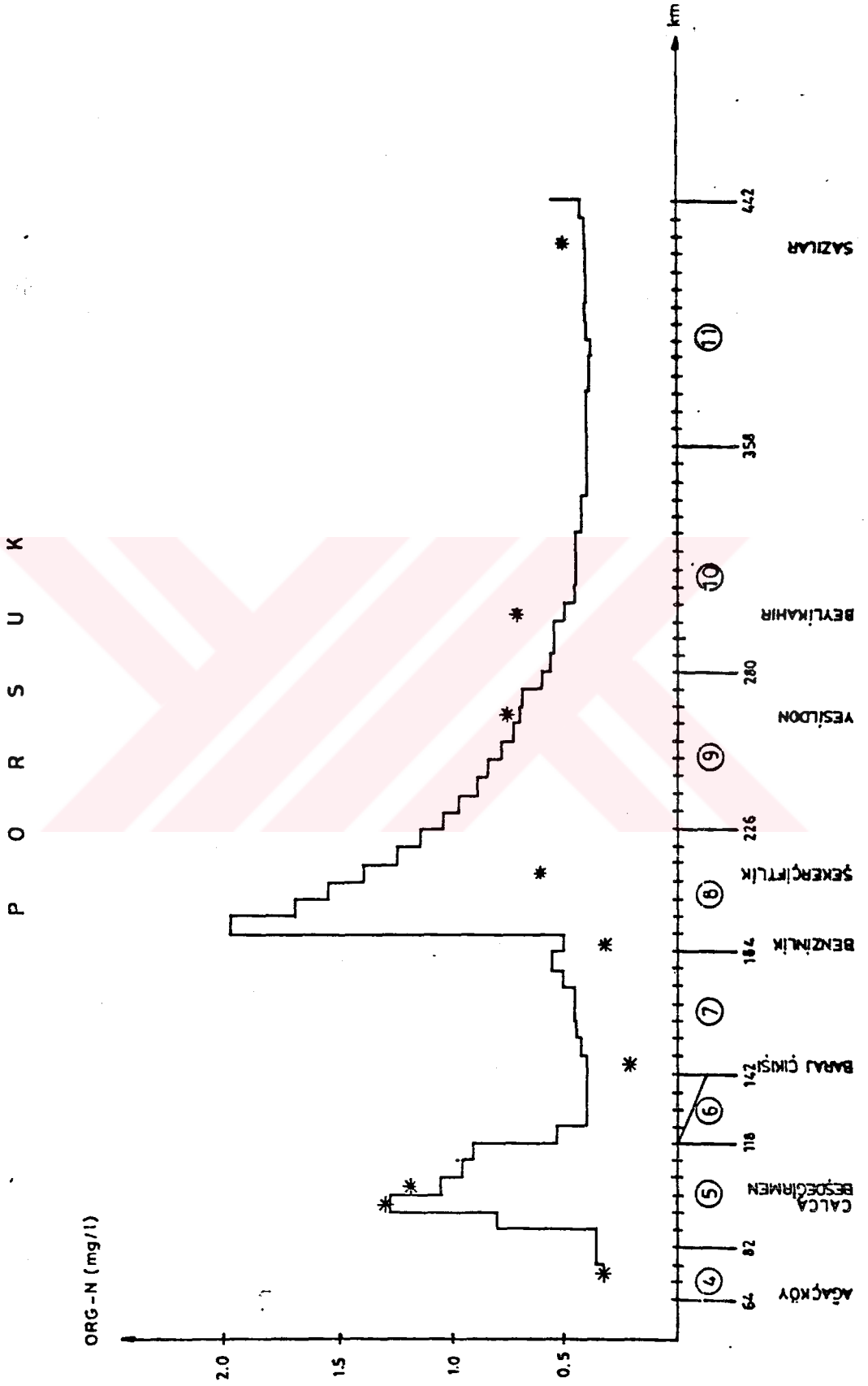


Şekil:8.26 - Porsuk çayında BOI5 kalibrasyon sonucu

NH<sub>3</sub> - N (mg/l)

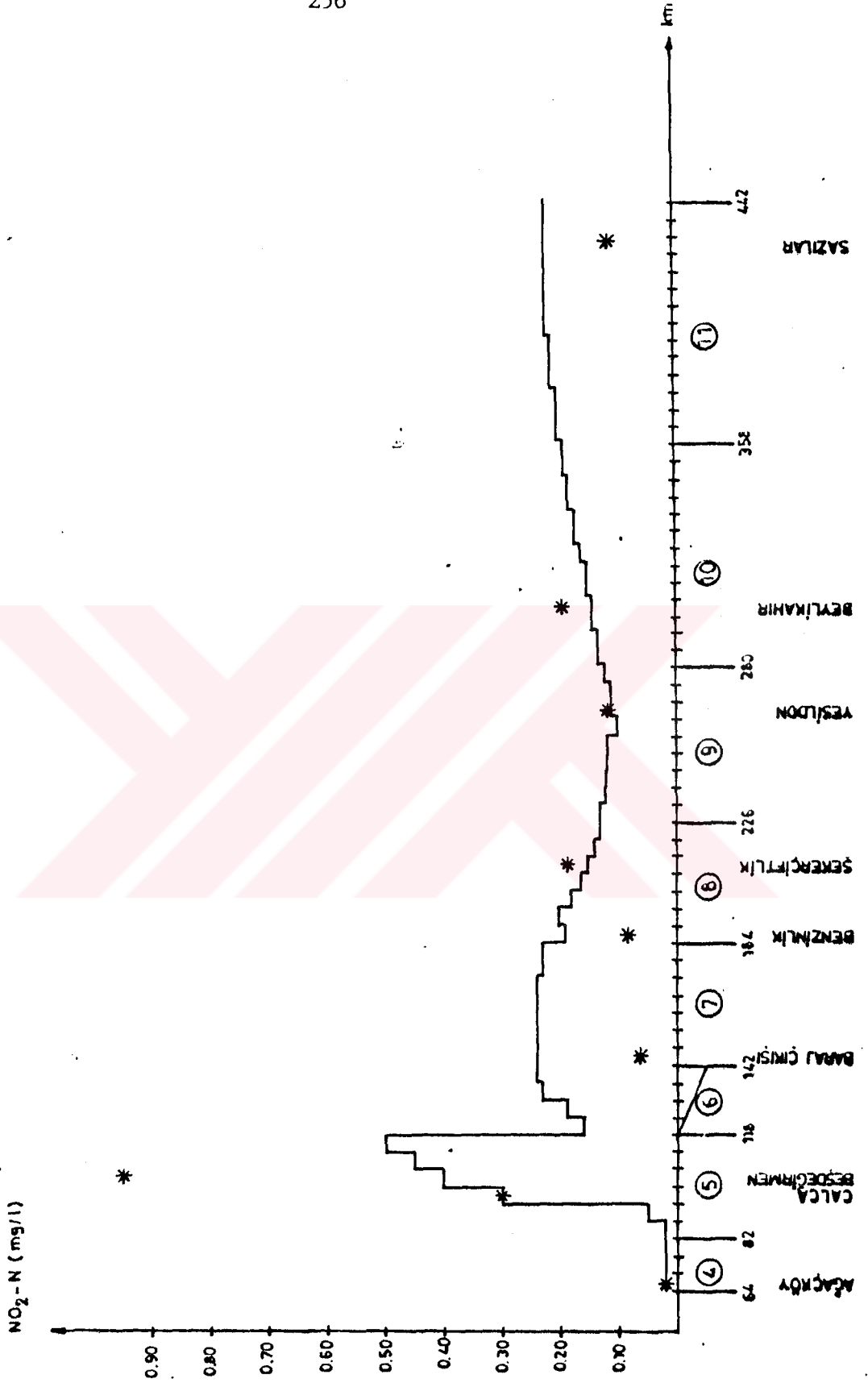
P O R S U K

Şekil:827 - Porsuk çayında NH<sub>3</sub>-N kalibrasyon sonucu

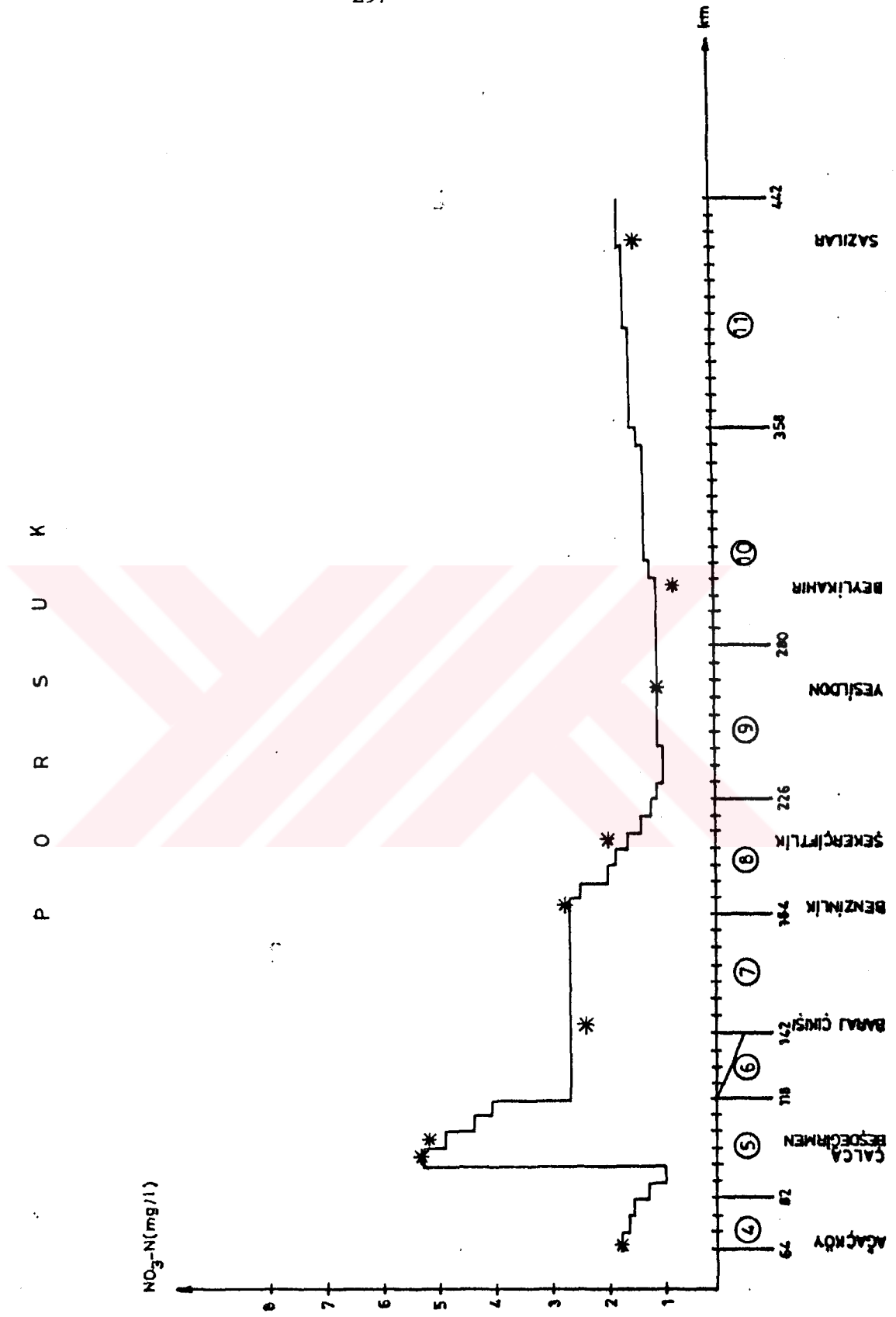


Şekil: 8.28 - Porsuk çayında ORG - N kalibrasyon sonucu

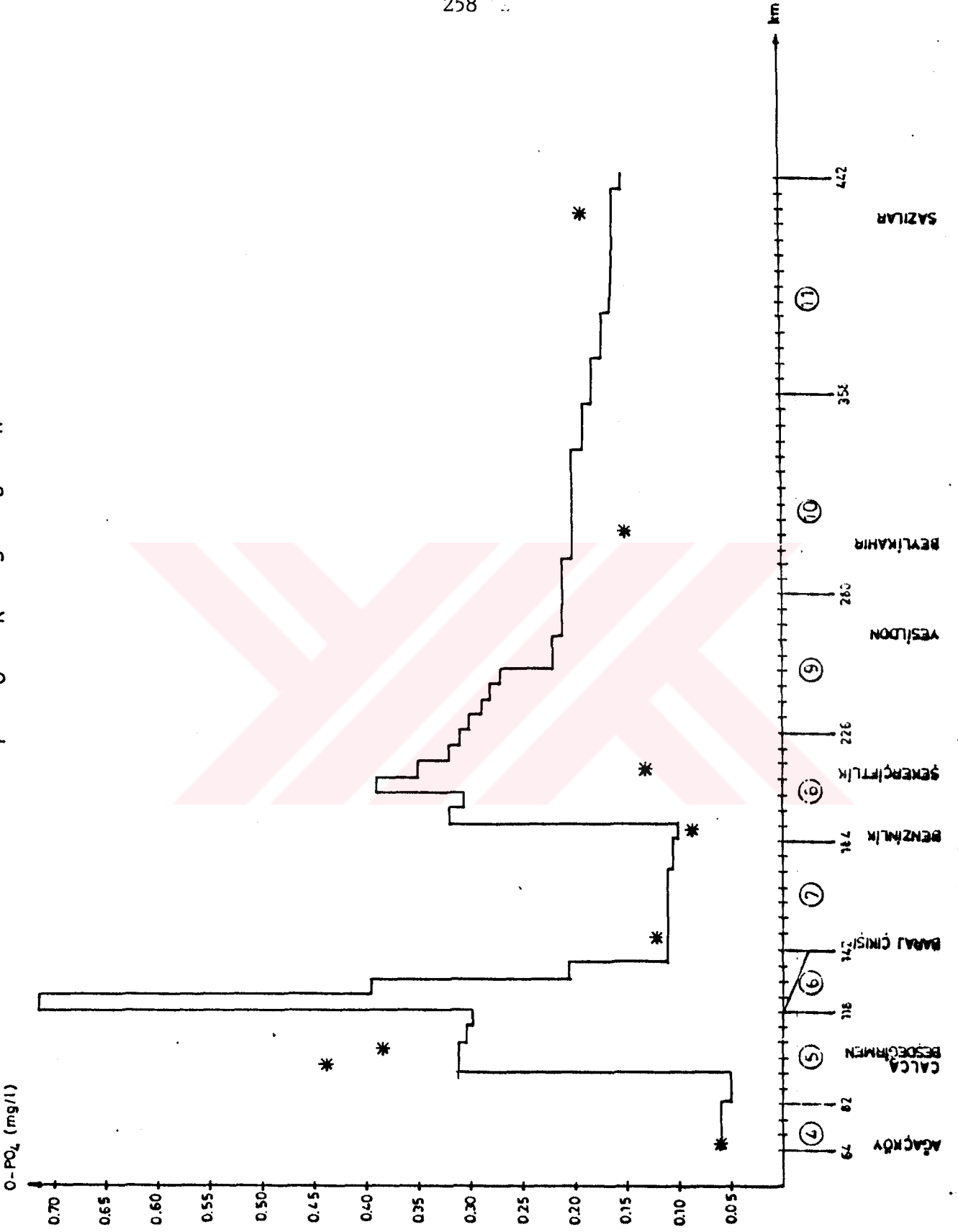
P O R S U K



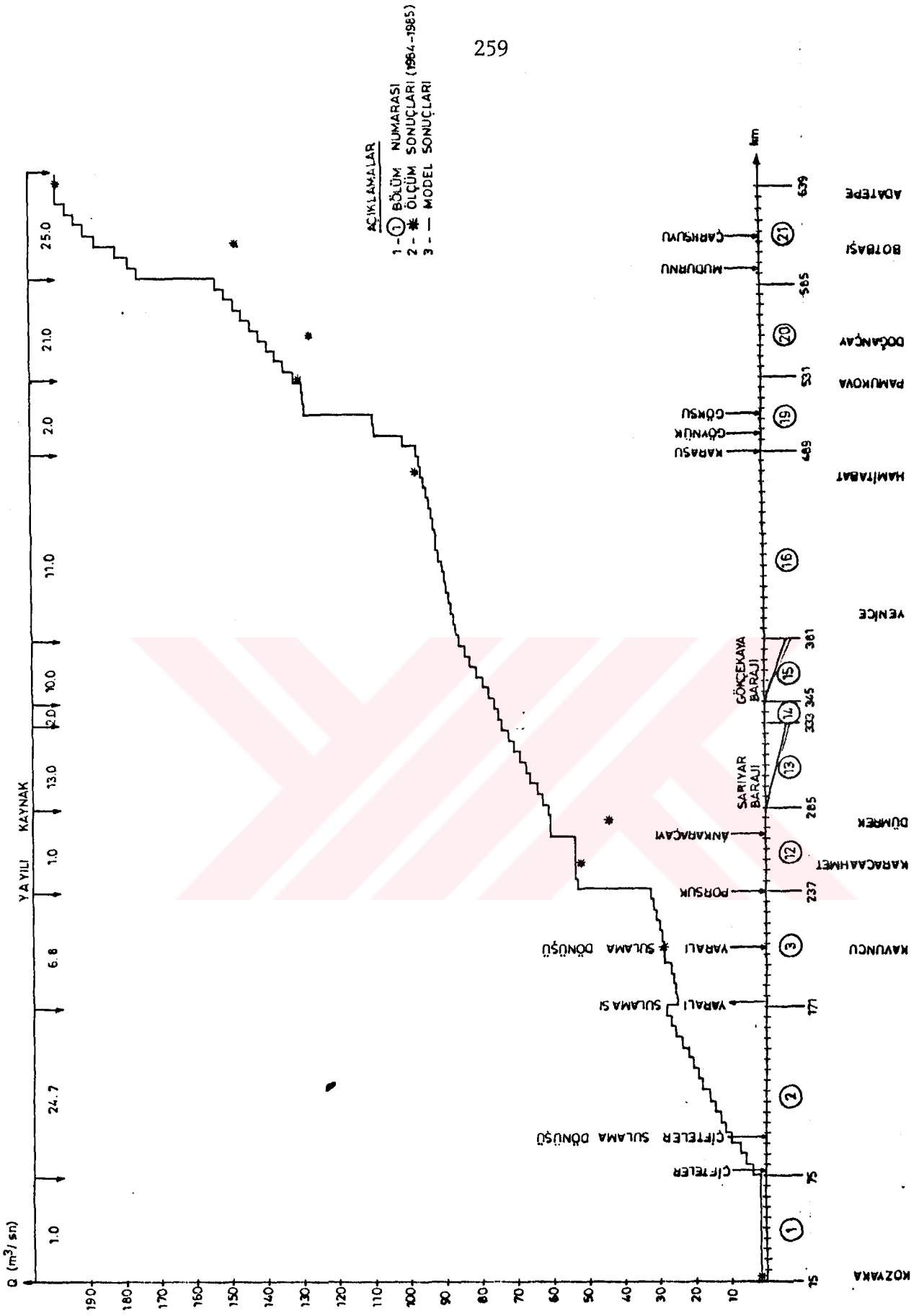
Sekil: 829— Porsuk çayında NO<sub>2</sub>-N kalibrasyon sonucu



Şekil: 8.30 - Porsuk çayında NO<sub>3</sub>-N kalibrasyon sonucu

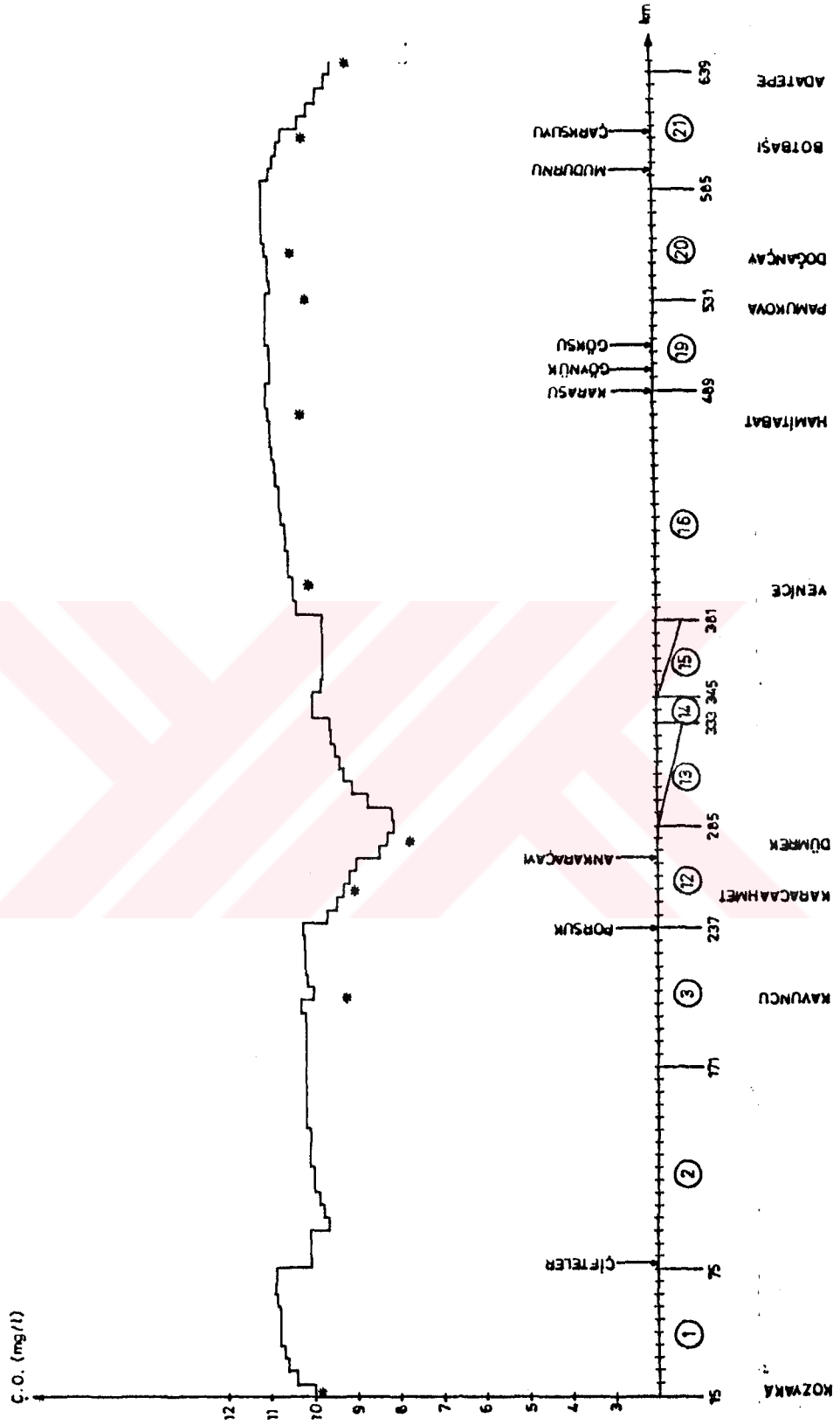


Şekil:8.31 - Porsuk çayında O-PO<sub>4</sub> kalibrasyon sonucu



Şekil: 8,32 - Sakarya nehrinde debi kalibrasyon sonucu

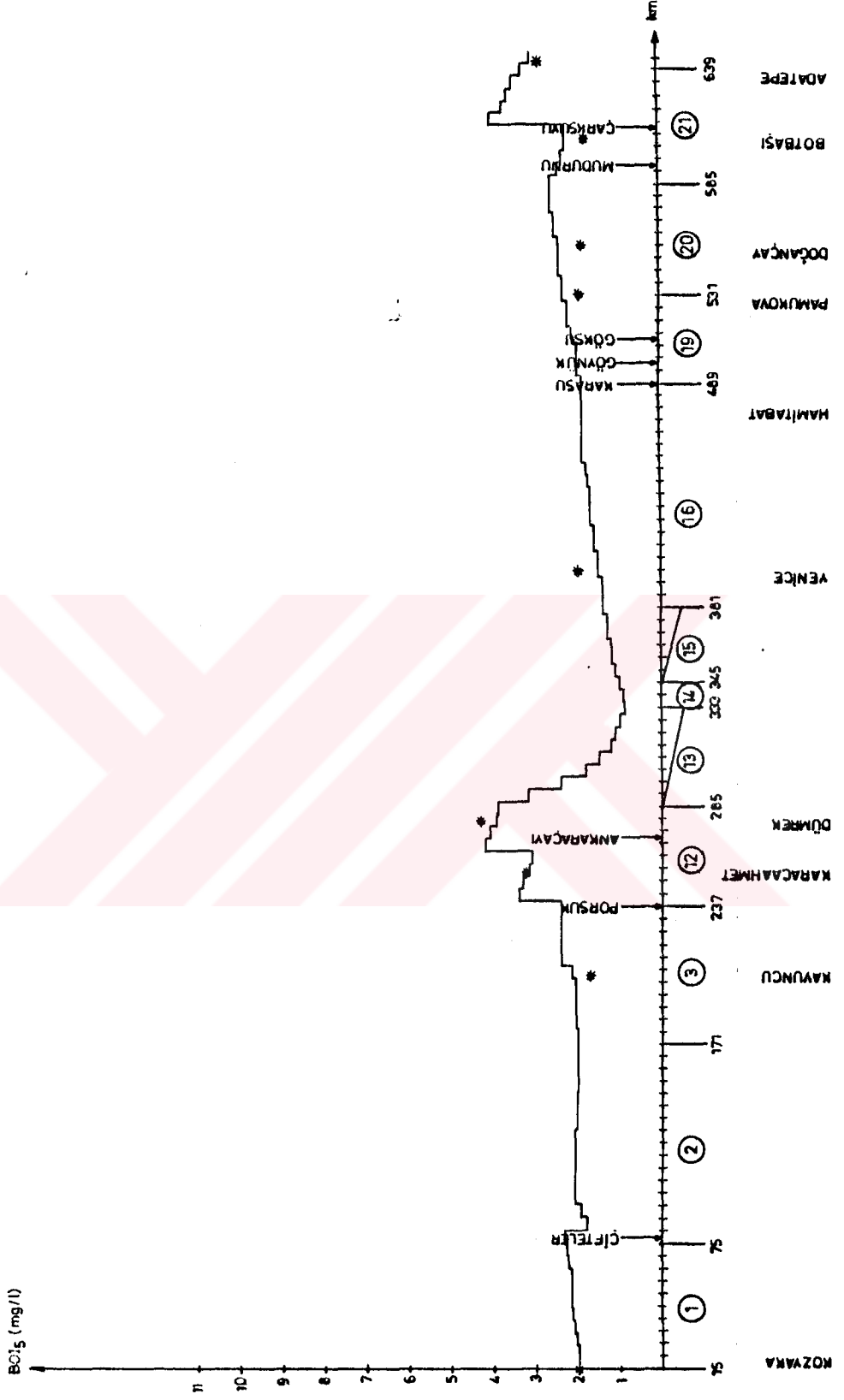
## S A K A R Y A



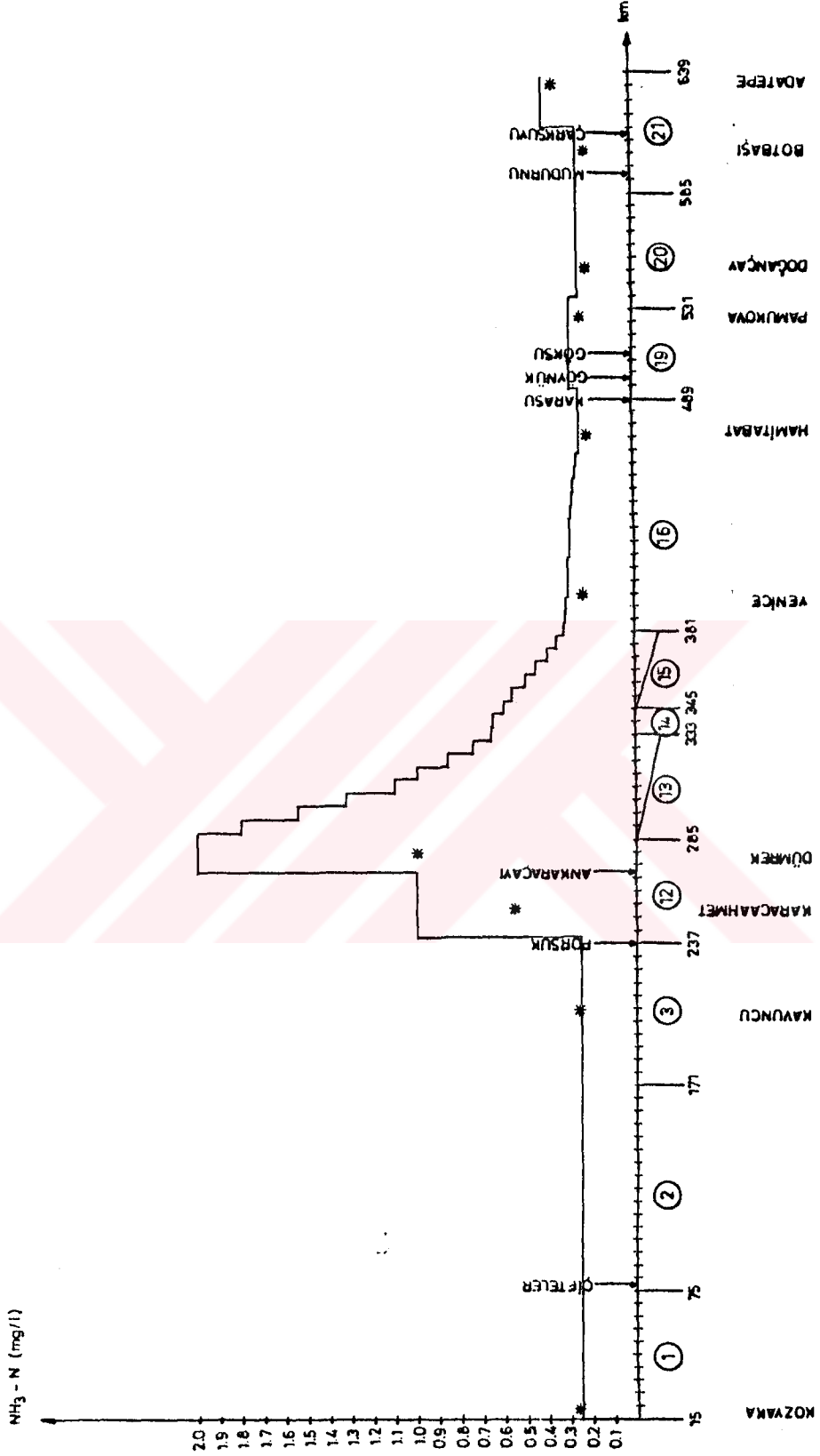
Şekil: 8.33 - Sakarya nehrinde Ç.O. kalibrasyon sonucu



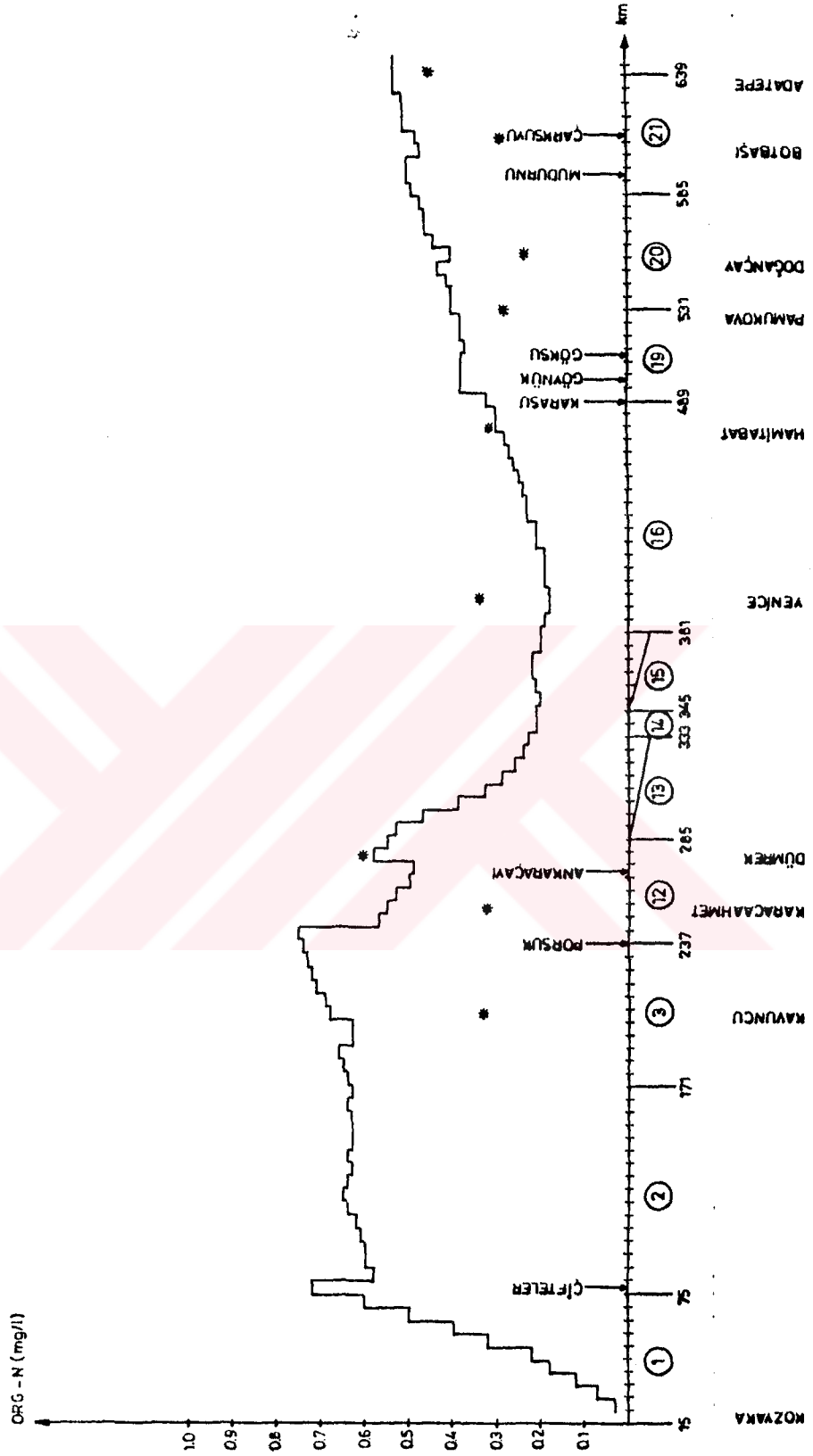
S A K A R Y A



S A K A R Y A

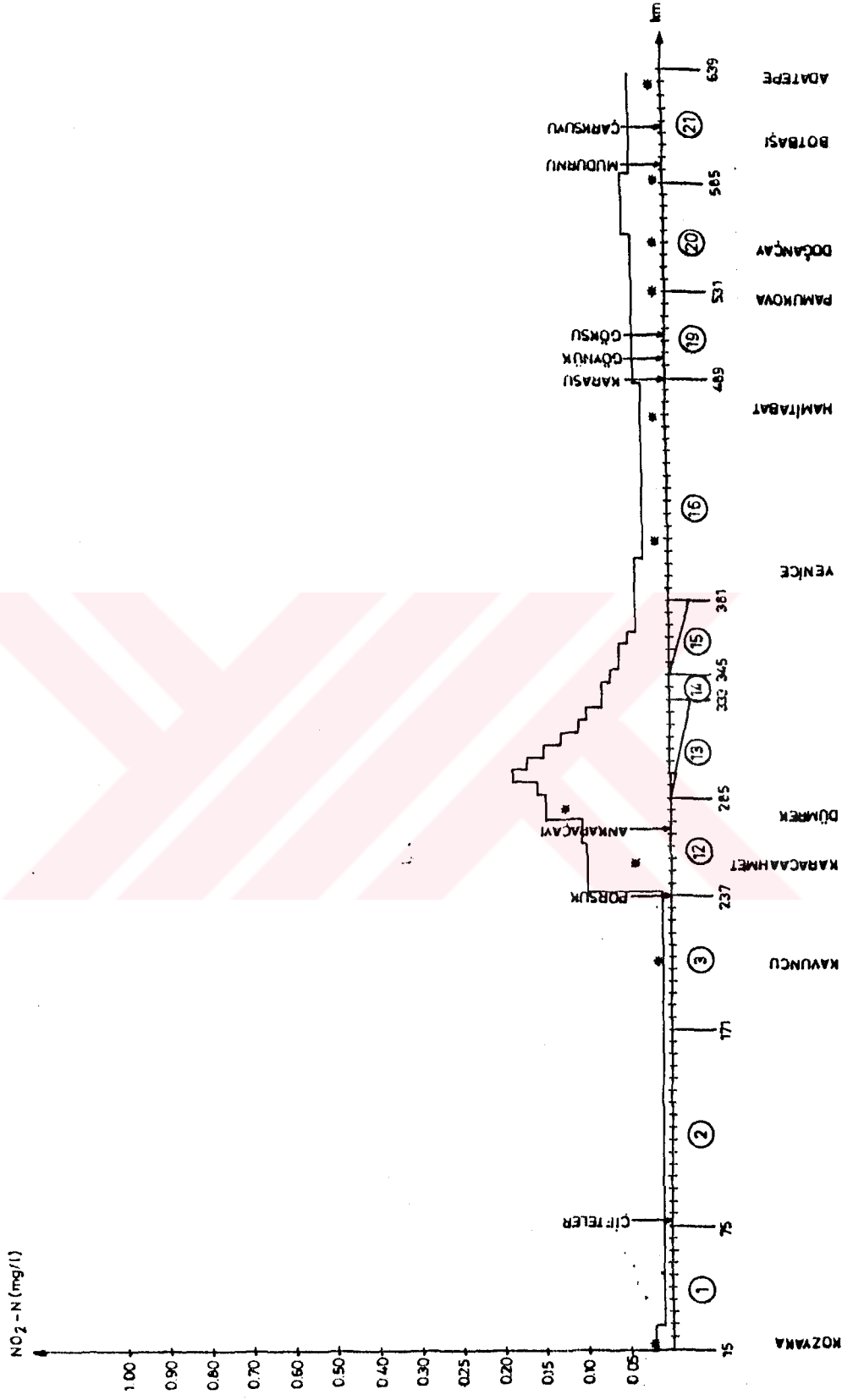


Sekil: 8.35-Sakarya nehrinde NH<sub>3</sub>-N kalibrasyon sonucu



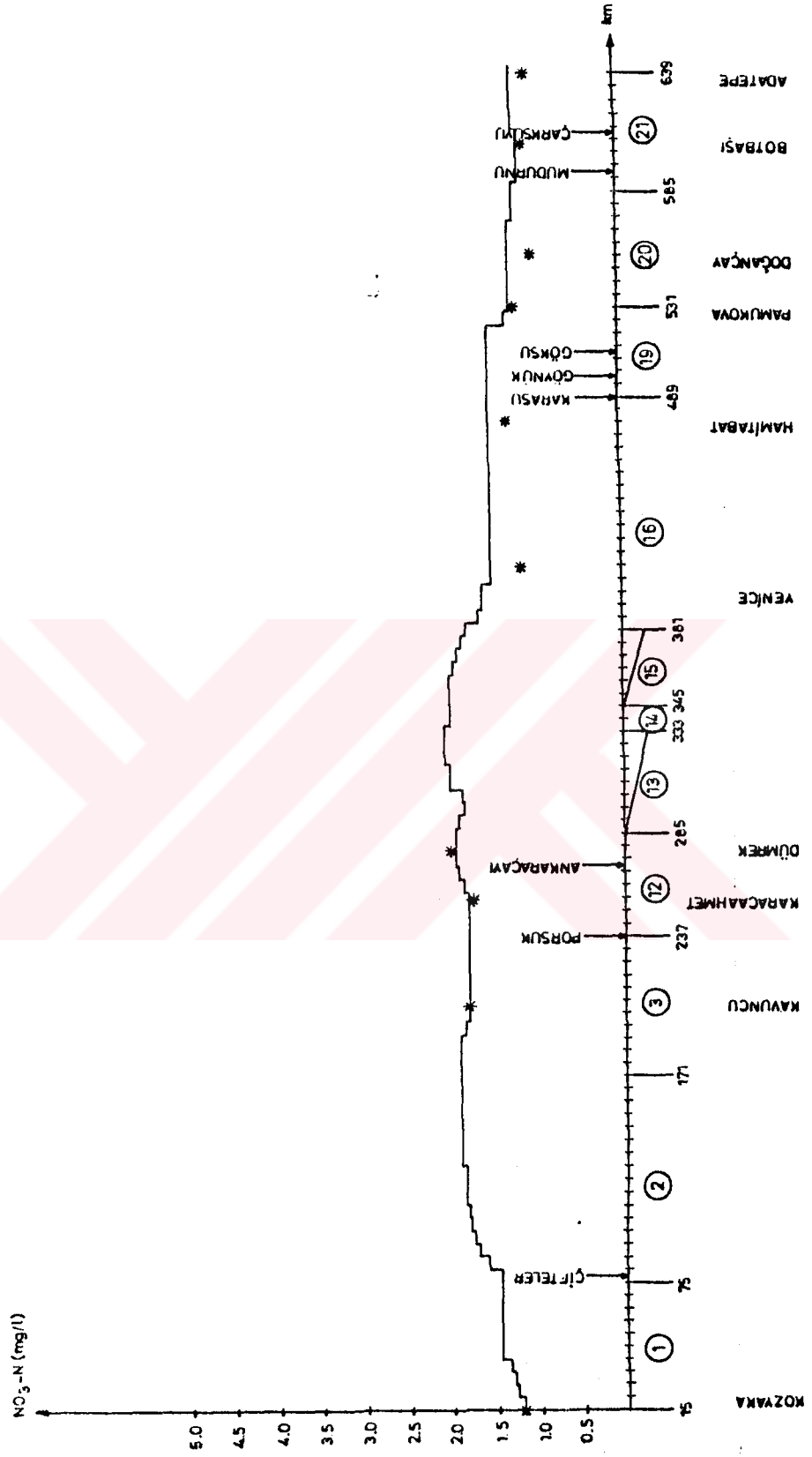
Şekil:8-36 - Sakarya nehrinde ORG-N kalibrasyon sonucu

S A K A R Y A



Şekil: 8.37 - Sakarya nehrinde NO<sub>3</sub>-N kalibrasyon sonucu

## S A K A R Y A

Şekil: 8.38 - Sakarya nehrinde  $\text{NO}_3\text{-N}$  kalibrasyon sonucu



oksijen konsantrasyonundaki belirgin sapma Şekerçiftlik yakınlarında yer alan deşarjların yüksek BOI yükünden kaynaklanmaktadır. Deşarj anında organik madde henüz ayrışmaya başlamadığından, Şekerçiftlik'te ölçülmüş olan Ç.O konsantrasyonu ayrışmanın hemen başladığını varsayan model sonucundan daha yüksek değerdedir. Oysa Şekerçiftlikten daha sonra yer alan Yeşildon ve Beylikahır'da, durum tersine dönmüş, bu kez model sonuçları deney sonuçlarından daha yüksek bulunmuştur. Başka bir deyişle deşarj başlangıcında oluşan fark akarsuyun ileriki kesimlerine yansımıştır.

- . BOI<sub>5</sub> kalibrasyonunda elde edilen hesap sonuçları ölçüm sonuçları ile çakışmaktadır ve Ç.O kalibrasyon sonuçları ile de uyum içerisindedir.
- . NH<sub>3</sub>-N kalibrasyonunda Sakarya'da elde edilen sonuçlar ölçüm sonuçları ile aynı salınımları izlemektedir. Ancak Şekerçiftlik ile Beylikahır (Porsuk) arasında elde edilen model sonuçları ölçüm sonuçlarından yüksektir. Yapılan veri analizinde Benzinlik ile Beylikahır arasında pH'ın 8 civarında olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle NH<sub>3</sub>-N in serbest kalarak ortamdan uzaklaşabileceği ve dolayısıyla konsantrasyonun düştüğü söylenebilir. Modelde böylesi bir durum tanımlanamadığından model sonuçları daha yüksek bulunmuştur. Porsuk ve Ankara Çayındaki yüksek NH<sub>3</sub>-N konsantrasyonu Sakarya'yı etkilediğinden aynı nedenlerle Karacaahmet istasyonunda da model sonuçları ölçüm sonuçlarından yüksek bulunmuştur.
- . Organik azot salınımları NH<sub>3</sub>-N salınımları ile genelde uyum içinde olup NH<sub>3</sub>-N ile aynı bölgelerde artma ve azalma göstermektedir. Pamukova ve Doğancay (Sakarya) istasyonlarındaki model sonuçları ile ölçüm sonuçları arasında gözlenen sapma mertebe olarak ihmal edilebilir düzeydedir.
- . Nitrit kalibrasyonunda model sonuçları ile ölçüm sonuçları Sakarya'da çakışmaktadır. Ancak Porsuk'ta Kütahya

Azot Fabrikası yakınındaki Beşdeğirmen ve Baraj Çıkış istasyonundaki sonuçlarda sapma gözlenmektedir. Nitrit parametresinin analizinin zor olması veya Azot Fabrikasının nitrit yükünün akarsudaki ölçüm sırasında belirlenenden daha fazla olması bu farklılığa neden olabilir.

- . Nitrat kalibrasyonunda tüm istasyonlardaki hesap sonuçları ölçüm sonuçlarıyla uyum göstermektedir.
- . Orto fosfat kalibrasyonunda Sakarya'daki model ve ölçüm sonuçları büyük bir uyum içindedir. Porsuk'ta ise sadece Çalca ve Şekerçiftlik yakınları gibi yoğun endüstri bölgelerinde model sonuçları ölçüm sonuçlarının altında kalmıştır. Akarsuya deşarj yapan, Kütahya ve Eskişehir yakınlarında yeni kurulan endüstriler bu sonuca neden olabilir.



## BÖLÜM 9. SAKARYA HAVZASI SU KALİTESİ YÖNETİMİNDE MODEL UYGULAMALARI VE SONUÇLARI

Altıncı bölümde özetlendiği gibi ; su kalitesi yönetiminin temel ilkesi, havzadaki halkın istekleri ve havzanın sosyo-ekonomik çıkarları doğrultusunda belirlenecek yararlı kullanımları, bu kullanımların gerektirdiği su kalitesini koruyarak gerçekleştirmektir. Bu ilkedен hareketle, 4. bölümde belirlenen güncel ve gelecekteki yararlı kullanımlar için alıcı ortam standartları araştırılmış ve 2872 sayılı Çevre Kanunu çerçevesinde çıkartılan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde akarsu sınıflandırmasında "2. sınıf su kalitesine ulaşma hedefi" benimsenmiştir. Ancak bu sınıfın aynı anda çok sayıda yararlı kullanıma hizmet vermesi havza ölçeğinde yönetim ilkeleriyle uyuşmamakta ve aşağıda özetlenen sorunları doğurmaktadır.

### 9.1 Yaklaşım Esasları

Yönetim seçeneklerinin belirlenmesinde ilk olarak havzada sosyoekonomik koşulları, su kaynakları yönetim hedefleri ve yurdumuzda geçerli "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" bir arada değerlendirilerek güncel ve gelecekteki alıcı ortam ve kara kökenli kirletici kaynaklarla ilgili senaryolar hazırlanmıştır. Gerek zaman, gerekse kirletici kaynaklarda alınacak önlemlerin teknik ve ekonomik olarak yapılabilirliği açısından geliştirilen senaryoları grup ve altgruplara ayırmak olanaklıdır.

A-Güncel koşulları yansıtan senaryolar

- a) Seyrelme kirlenmeye çözümdür yaklaşımı
- b) Noktasal kaynaklardan en önemli kirletici kaynaktan sıfır deşarj yaklaşımı
- c) Yayılı kaynaklarda sıfır deşarj yaklaşımı

B-Gelecekteki (2000 yılı) koşulları yansıtan senaryolar

- a) Seyrelme kirlenmeye çözümdür yaklaşımı

- b) Teknolojik ve ekonomik olarak yapılabilir deşarj standardı yaklaşımı ("Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" deşarj standardı yaklaşımı).
- c) (b) maddesine ilave olarak azot ve fosfor kontrolünü de içeren deşarj standardı yaklaşımı
- d) (b) maddesine ilave olarak yayılı kaynaklarda sıfır deşarj standardı yaklaşımı

C-Kurak hava debisi için kontrol

D-Yararlı kullanım yaklaşımı

## 9.2 Güncel Koşulları Yansıtan Senaryolar ve Sonuçları

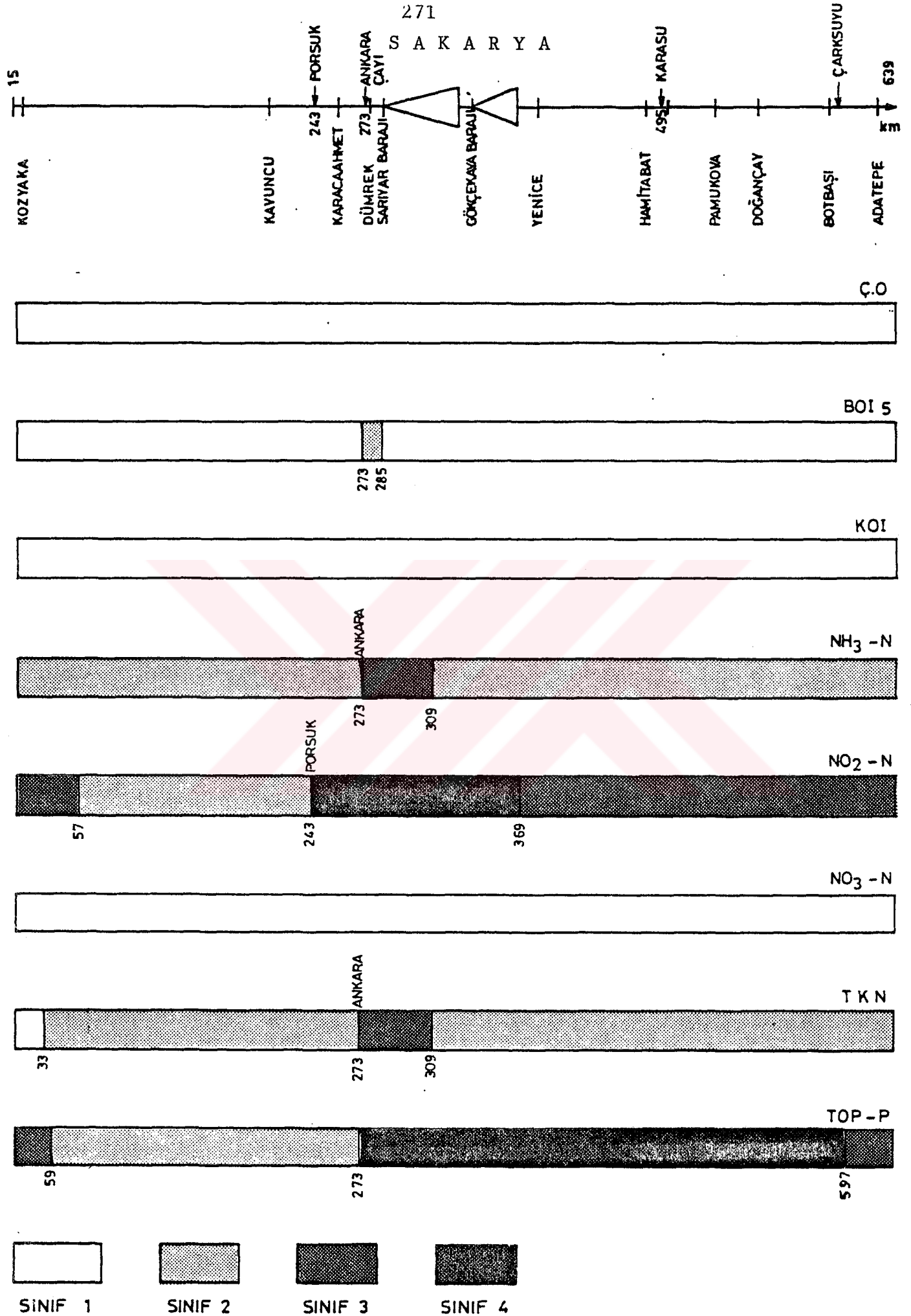
Tüm bu senaryolarda kirletici kaynakların atık yükleri olarak 8. Bölümde Tablo 8.7 de verilen değerler ile sadece günümüzdeki sulamalar nedeniyle su çekimleri esas alınmıştır.

### 9.2.1 Seyrelme Kirlenmeye Çözündür Yaklaşımı

Havzada gerek kirletici kaynaklarda yapılan anketler, gerekse çeşitli toplantılardan edinilen izlenimler, kirletici kaynakların, akarsuyun seyrelme ve özümleme kapasitesinin deşarj ettikleri atıkları akarsudaki yararlı kullanımları sınırlamayacak mertebelere ulaştırdığının düşünüldüğünü ortaya koymuştur. Bu durumu değerlendirmek üzere özellikle Porsuk Çayında gözlem yılları içinde gözükten maksimum debilerin seyreltme etkisini yansıtan 4 senaryo hazırlanmıştır.

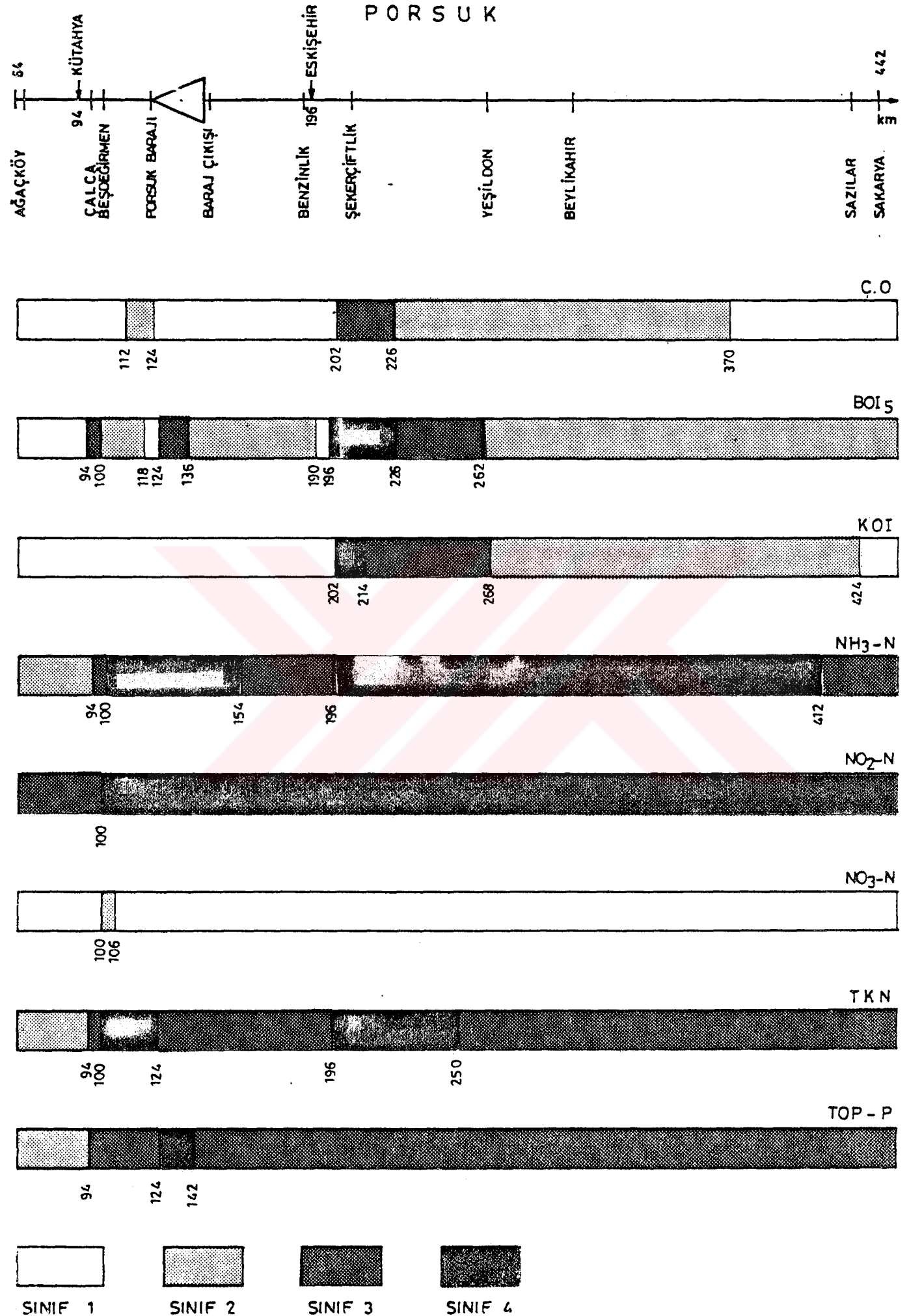
Birinci senaryoda 1984-1985 yıllarına ait, kirletici kaynaklarda hiçbir önlem alınmaksızın akarsuyun seyrelme ve özümleme kapasitesinin kullanımı düşünülmüştür. (Şekil 9.1a, 9.1b, 9.1c).

İkinci senaryoda baraj sonrasında  $40 \text{ m}^3/\text{sn}$  yatak kapasitesine sahip olan Porsuk Çayının,  $20 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik bir debi ile



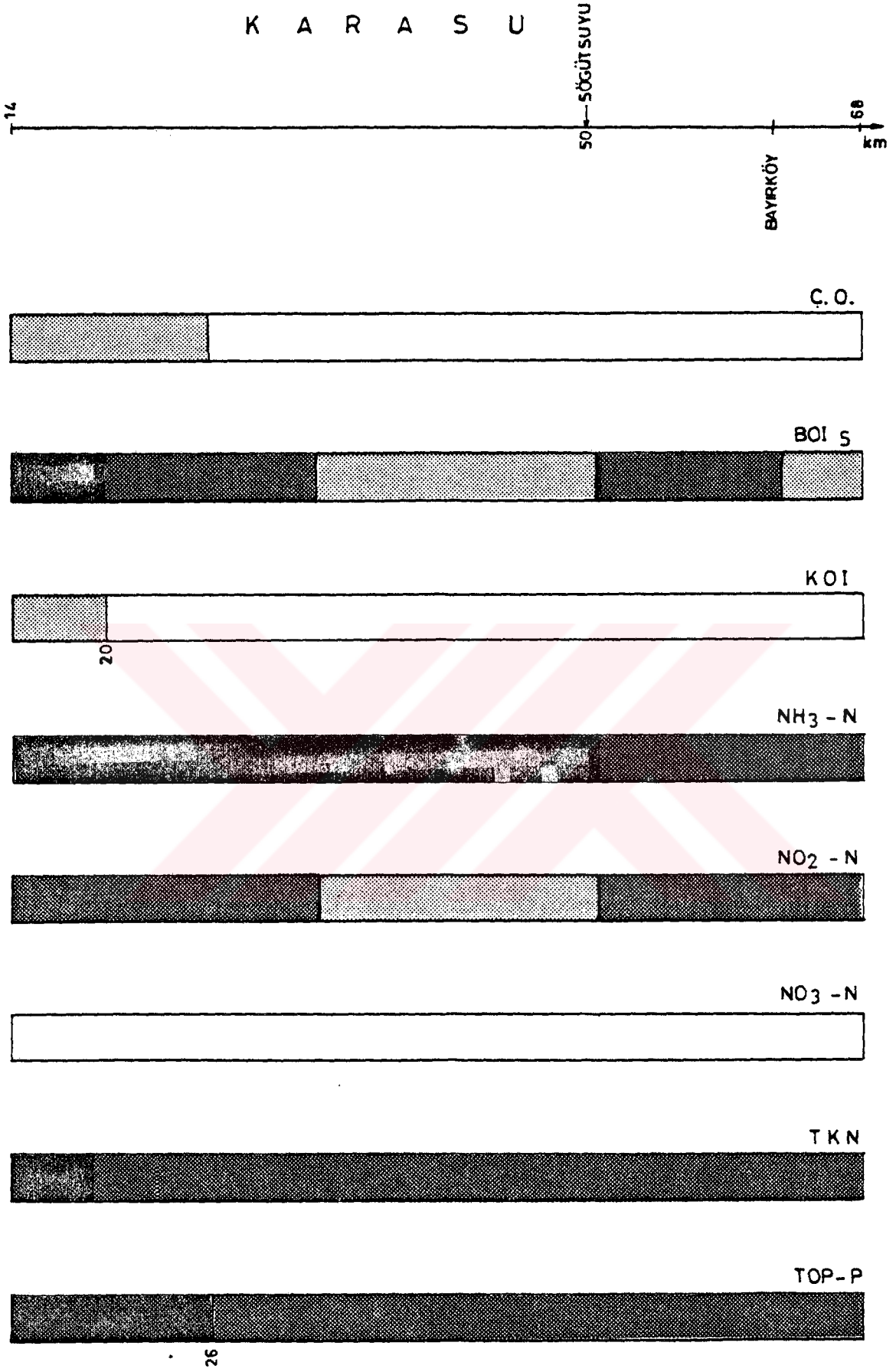
Şekil: 9.1a - 1984 -1985 yıllarında Sakarya'da kalite değerlendirmesi

## PORSUK



Şekil:9.1b- 1984-1985 yıllarında Porsuk'ta kalite değerlendirmesi

## K A R A S U



Şekil: 9.1c- 1984-1985 yıllarında Karasu'da kalite değeriendirme



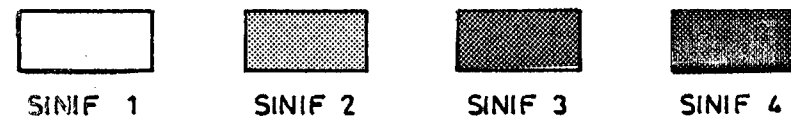
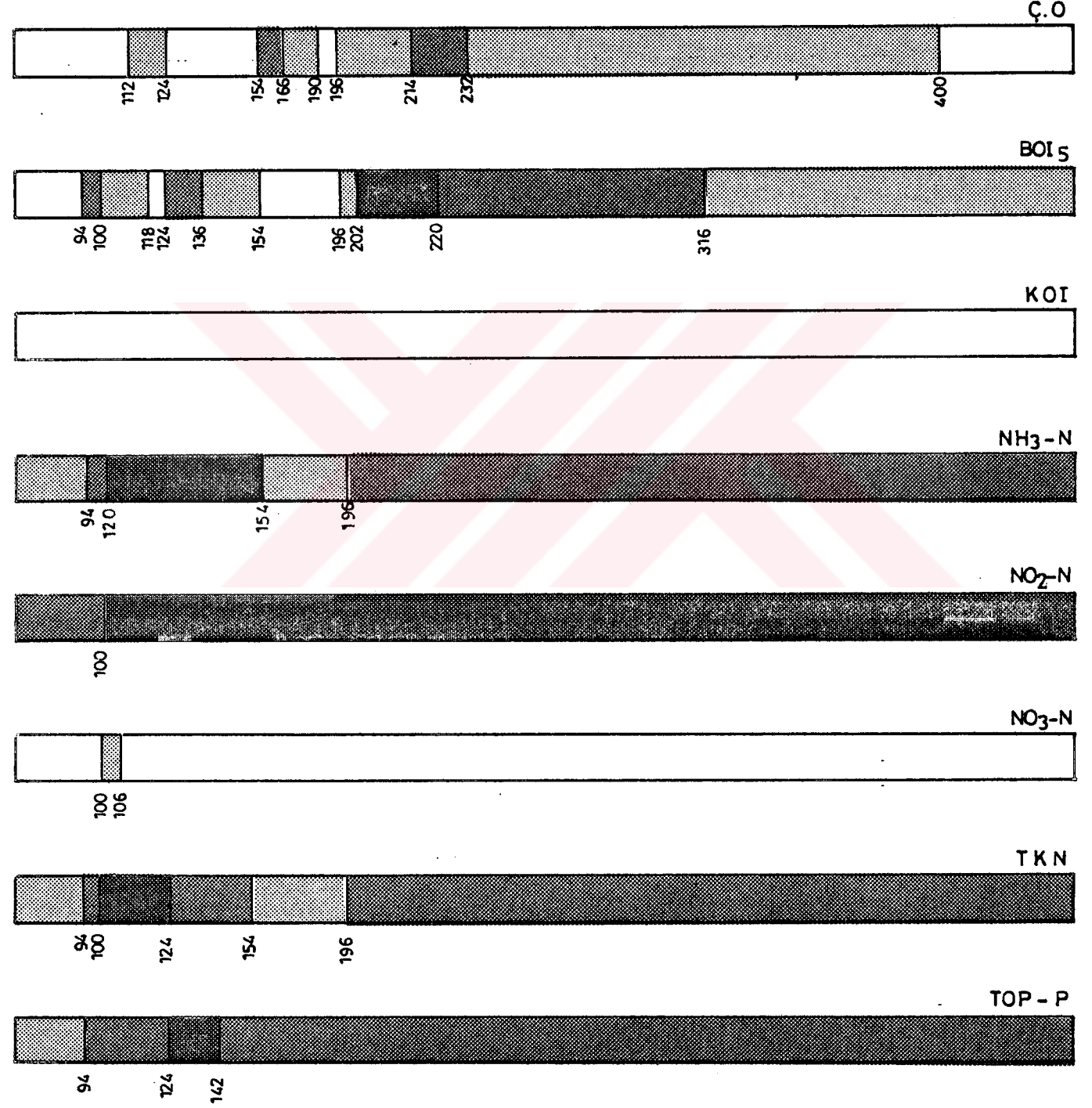
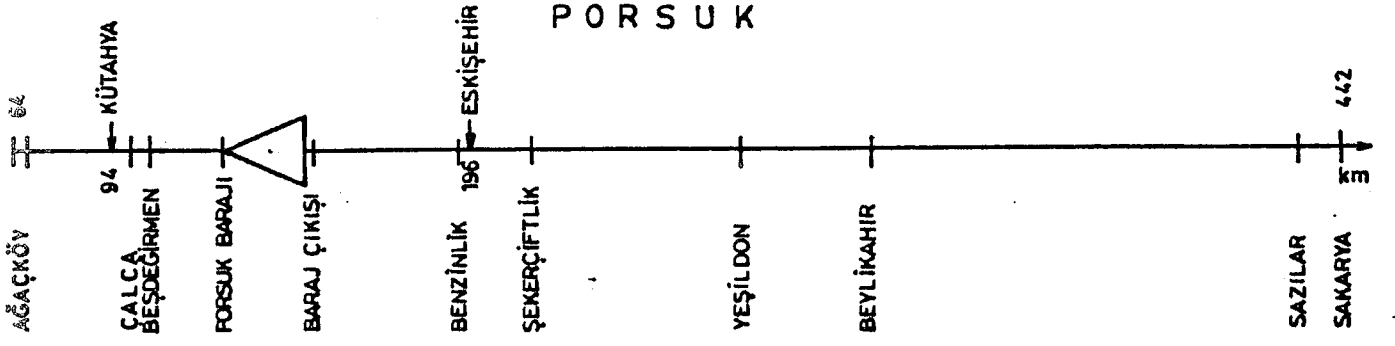
seyreltilerek su kalitesindeki değişim belirlenmiştir. (Şekil 9.2a,9.2b). 3.ve 4. senaryolarda ise Porsuk'un taşkın debisi olan  $80 \text{ m}^3/\text{sn}$  ye ulaşınca kadar yaklaşık  $60 \text{ m}^3/\text{sn}$  lik bir debi ile seyreltilmesi hali incelenmiştir. Bu yaklaşım, ilk olarak seyrelmenin tek aşamada Porsuk barajından, ikinci olarak da Kütahya yakınlarında yer alan Enne ve Porsuk Barajlarından birlikte su bırakılarak seyrelme sağlanması esasına göre yapılmıştır. (Şekil 9.3a,b 9.4a,b) Ancak seyrelme yaklaşımının oluşabilecek maksimum su debilerine rağmen istenilen kaliteyi sağlayamadığı görülmüştür. Kısaca seyrelme kirlenmeye çözüm değildir. Porsuk'daki bu seyrelmenin Sakarya Nehrinin kalitesine etkisi incelendiğinde tüm parametreler açısından Sakarya'da su kalitesinin karışım noktasından başlayarak düzeldiği görülmüştür.

#### 9.2.2 Noktasal Kaynaklardan En Önemli Kirletici Kaynakta Sıfır Deşarj Yaklaşımı

Porsuk Çayındaki halihazır kirlenme profili incelendiğinde, en önemli parametrelerin azotlu bileşikler olduğu ve bunun Kütahya Azot Fabrikasından kaynaklandığı saptanmıştır. Buna karşılık, Eskişehir içmesu arıtma sistemi devreye girmek üzeredir ve standartların üzerinde olan azot bileşikleri için ivedi önlemler alınması gereklidir. Son derece büyük bir debiye sahip olan Kütahya Azot Sanayiinin önerilecek arıtma sistemini inşa ettirip işletmeye alması ancak birkaç yılda mümkün olabilecektir. Bu nedenle Kütahya Azot Sanayiinin atıksularının ivedi çözüm olarak havza dışında başka bir alıcı ortama verilmesi seçeneğinin incelenme gereği duyulmuştur.

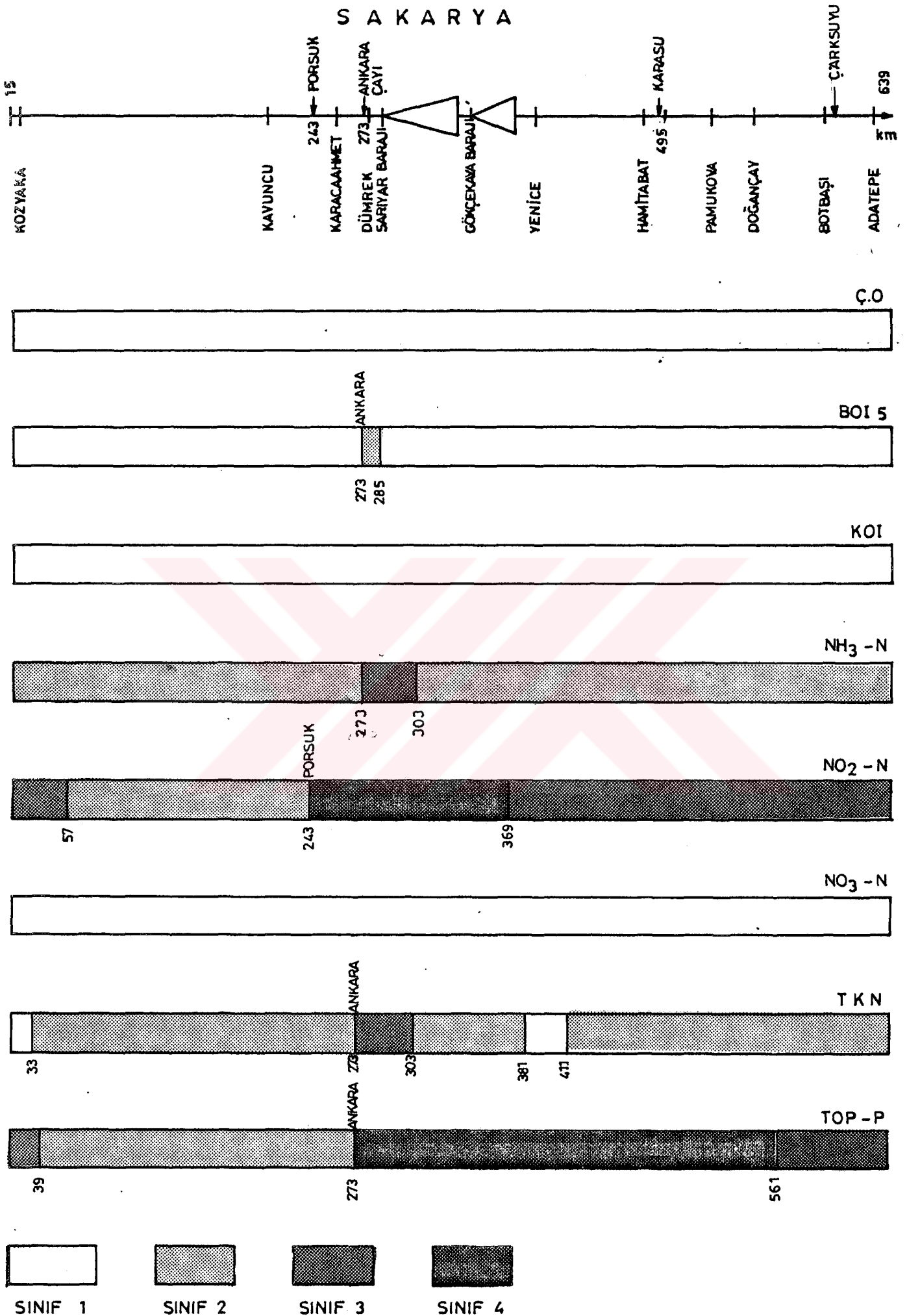
Şekil 9.5a ve 9.5b de görüldüğü gibi bu çözümün uygulanması halinde ilgili Yönetmelikte içmesu kaynağı olarak

## PORSUK



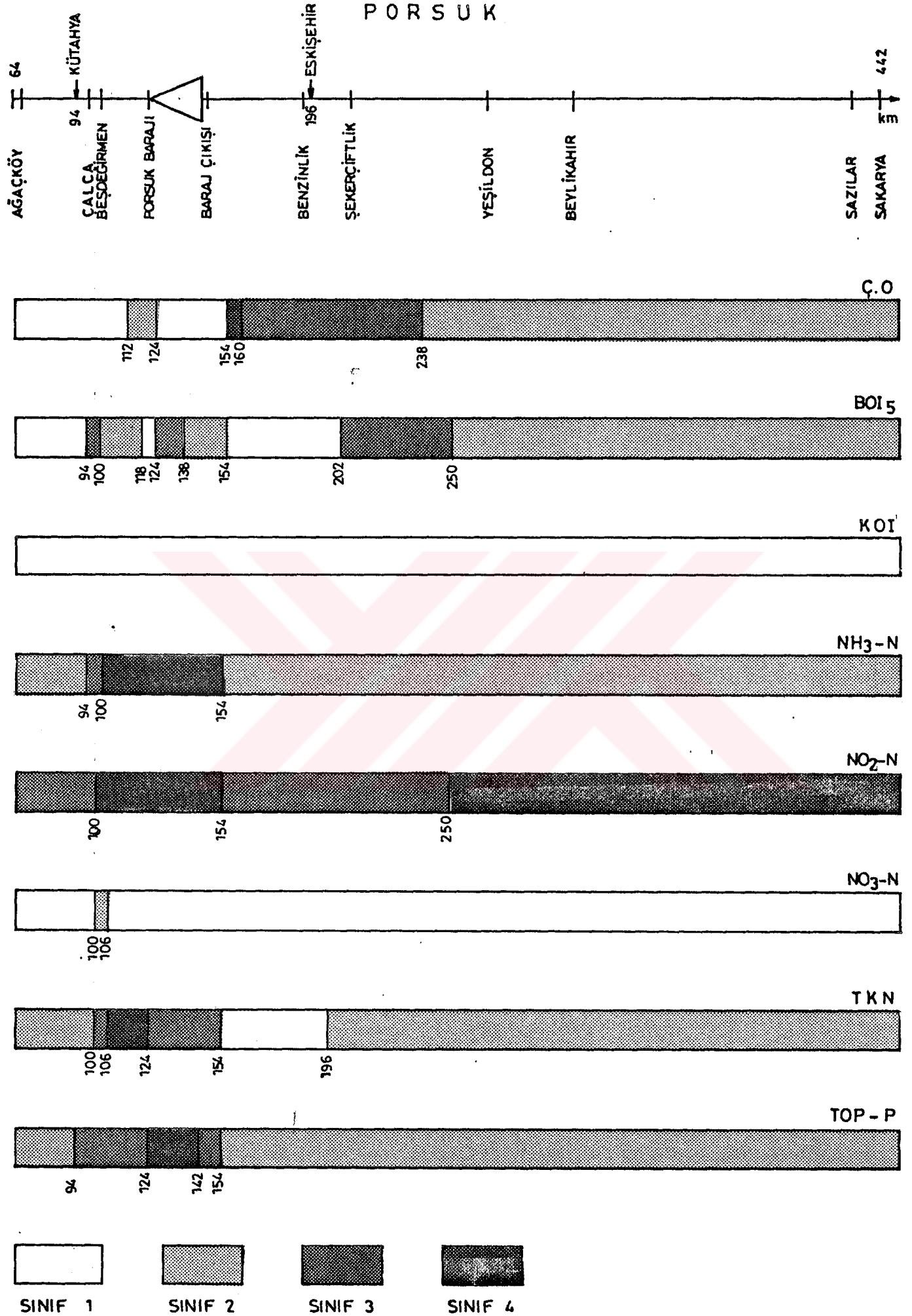
Şekil 92a- Porsuk'un su kalitesine seyrelmenin etkisi (20 m<sup>3</sup>/sn)

## S A K A R Y A

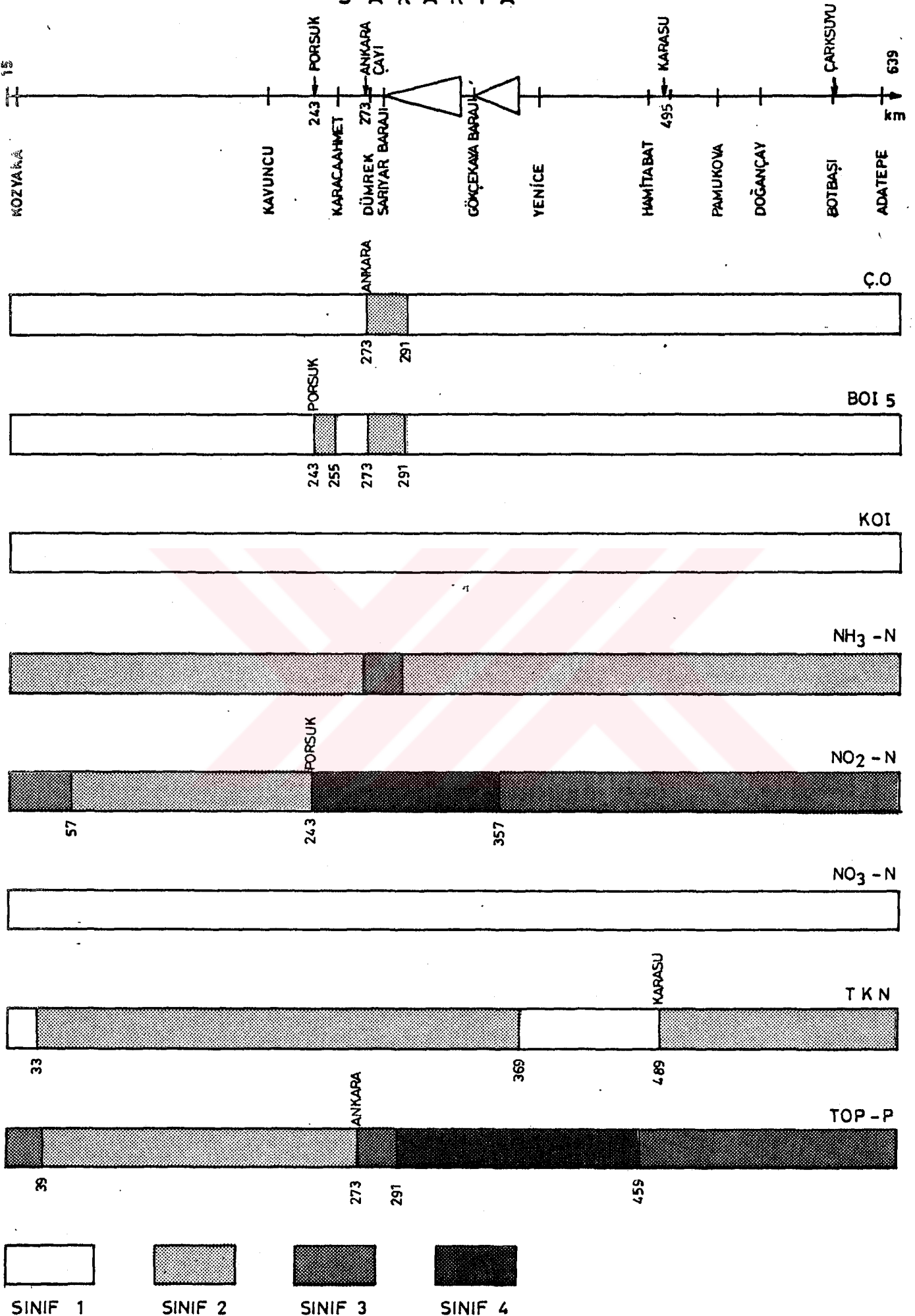
Şekil: 9.2b - Porsuk' taki seyrelmenin Sakarya' nın su kalitesine etkisi (20 m<sup>3</sup>/sn)



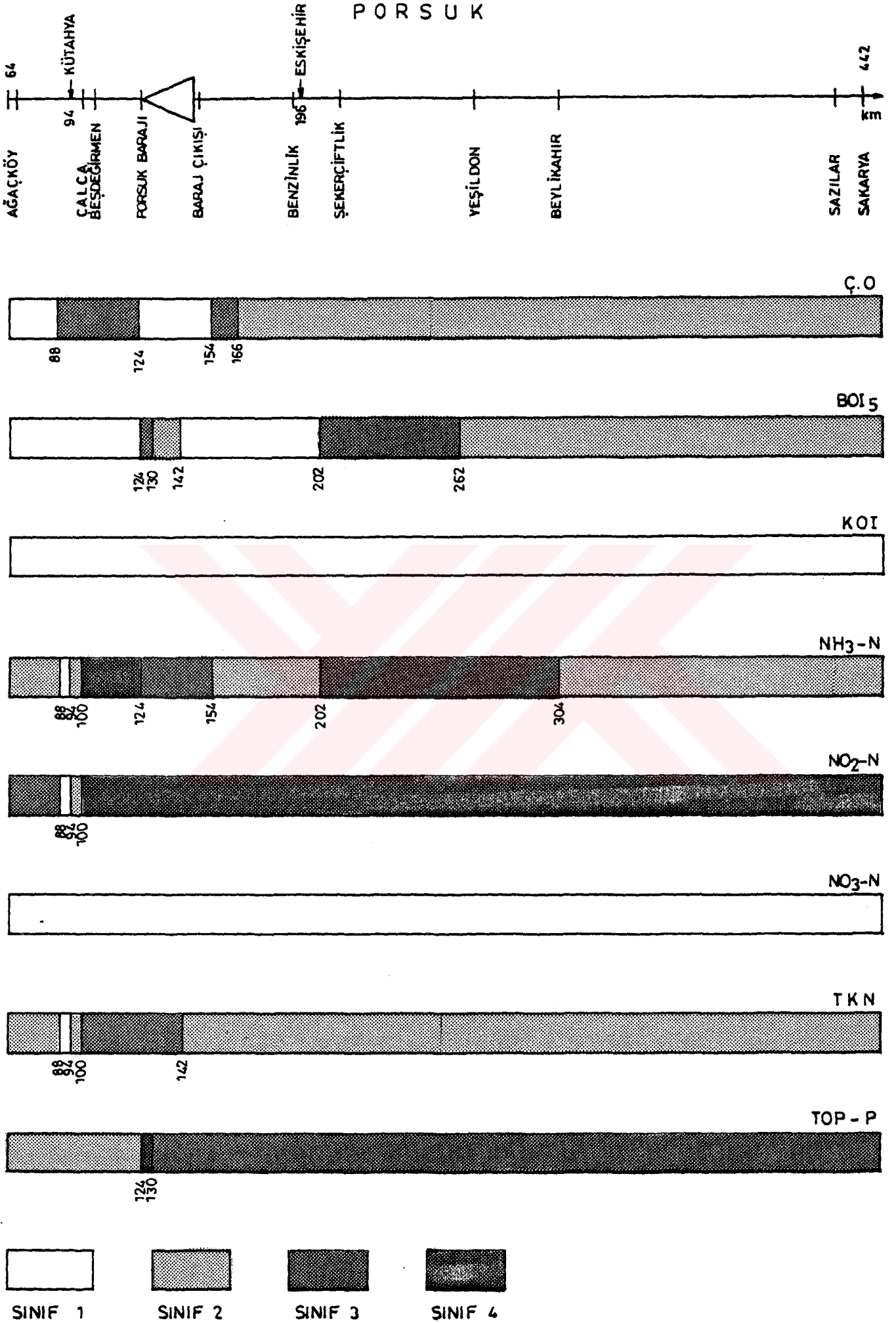
## PORSUK

Şekil: 9.3a - Porsuk'un su kalitesine seyrelmenin etkisi (60 m<sup>3</sup>/sn)

## S A K A R Y A

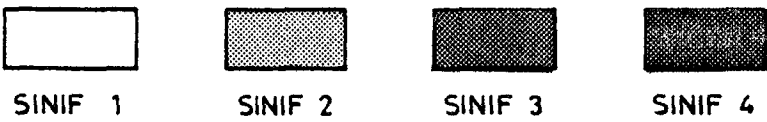
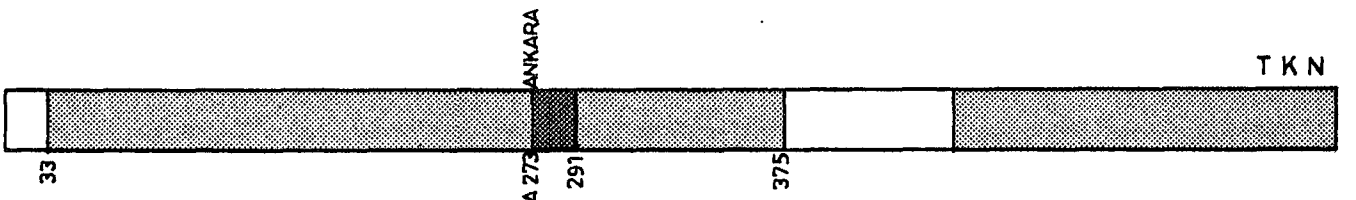
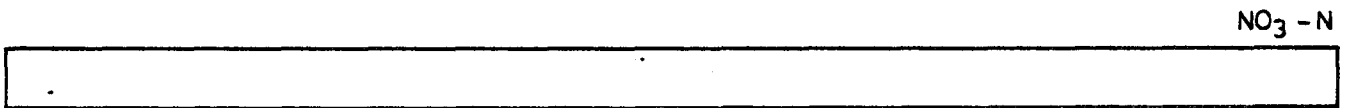
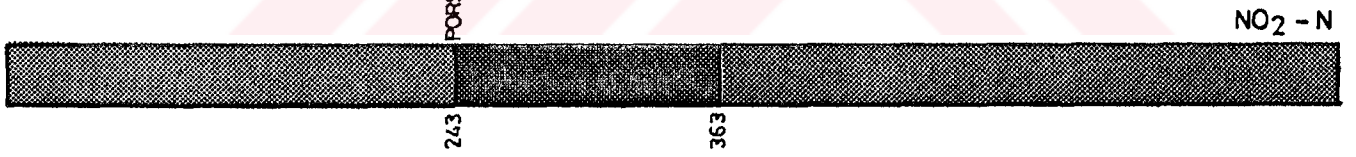
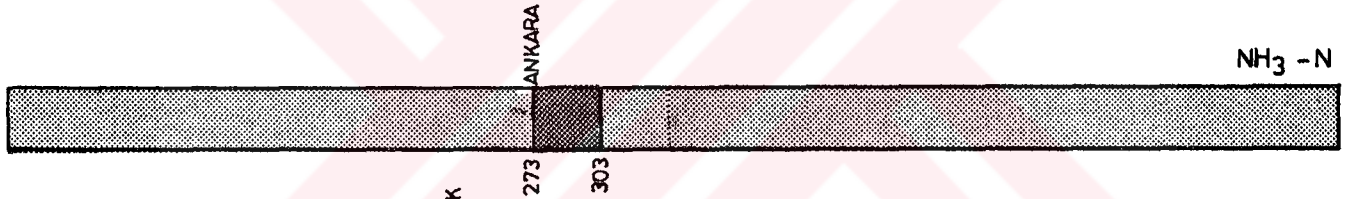
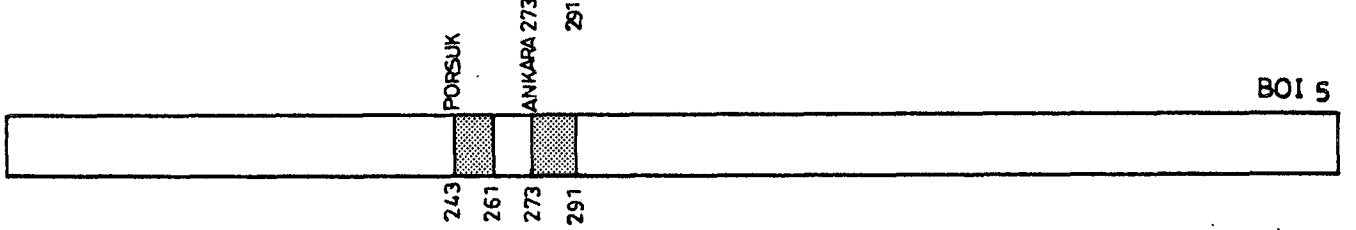
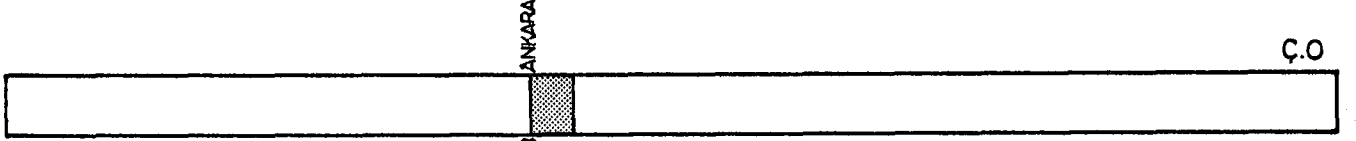
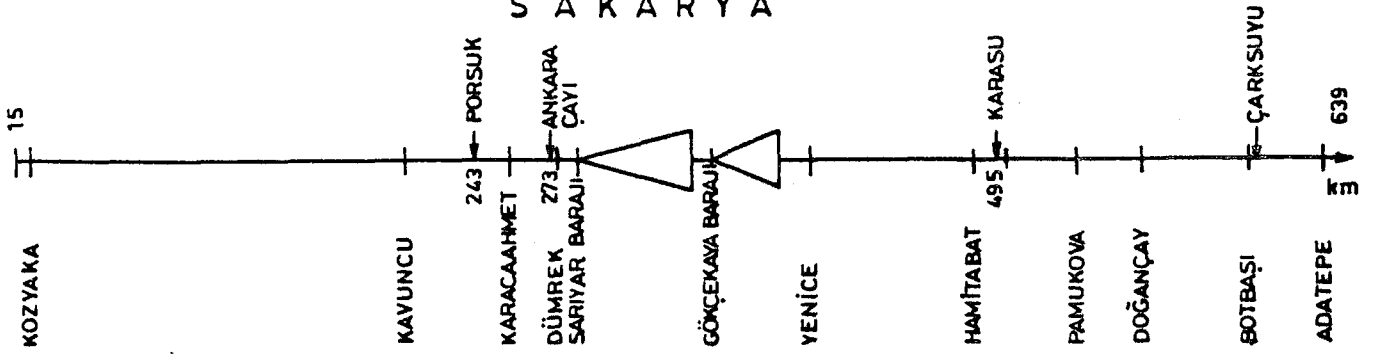
Şekil: 9.3b- Porsuk' taki seyrelmenin Sakarya' nın su kalitesine etkisi (60m<sup>3</sup>/sn)

## PORSUK



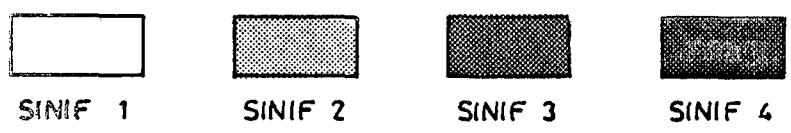
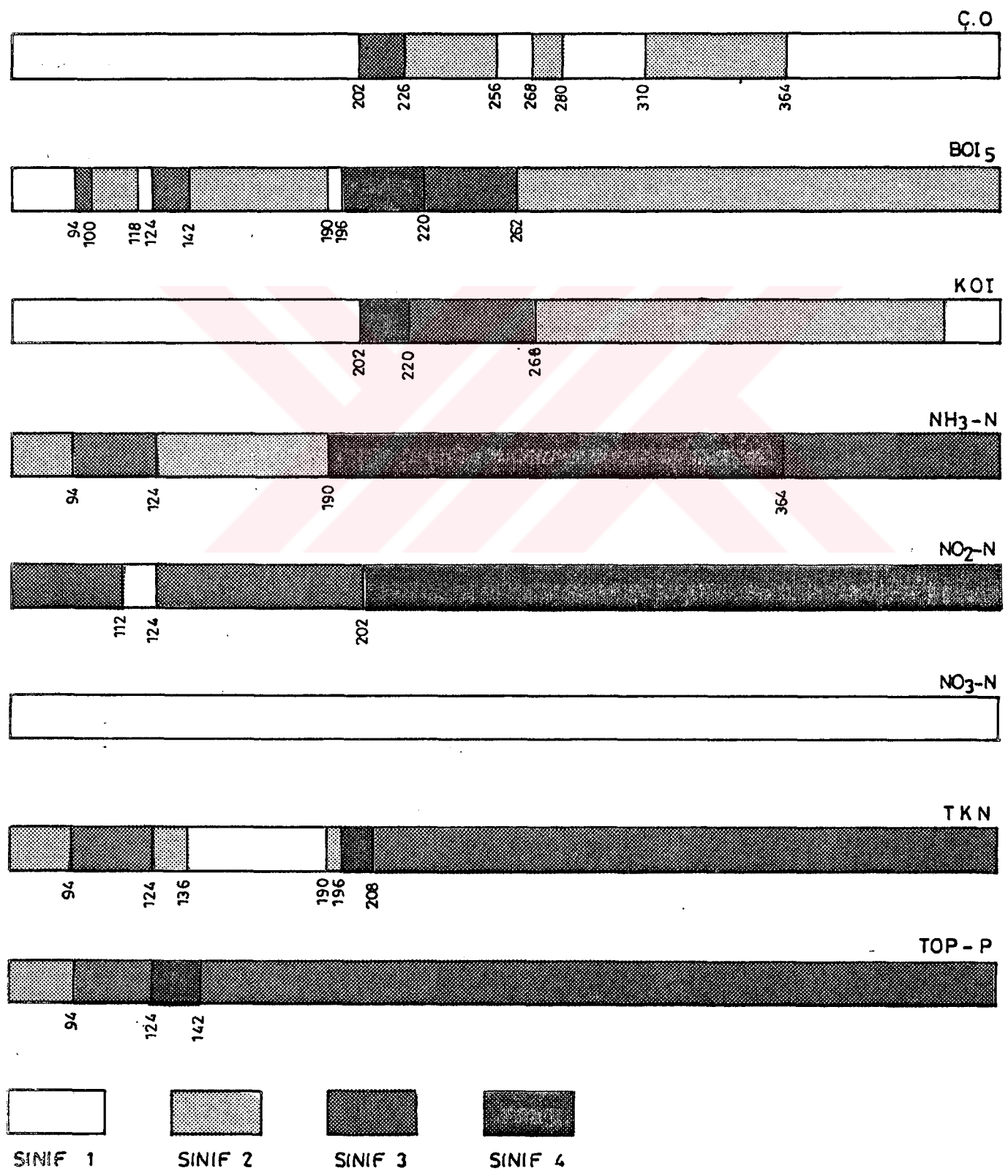
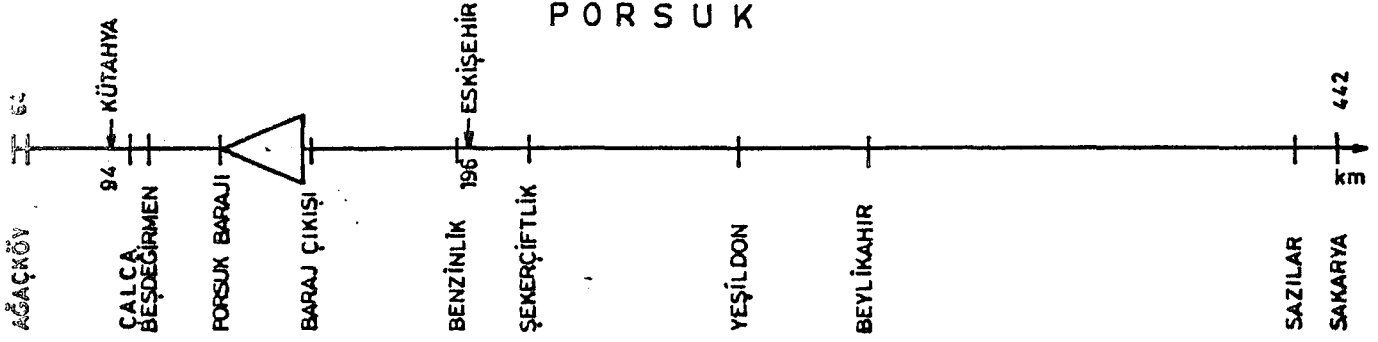
Şekil:9.4a - Porsuk'un su kalitesine baraj öncesi ve baraj sonrası sonuçları.

S A K A R Y A

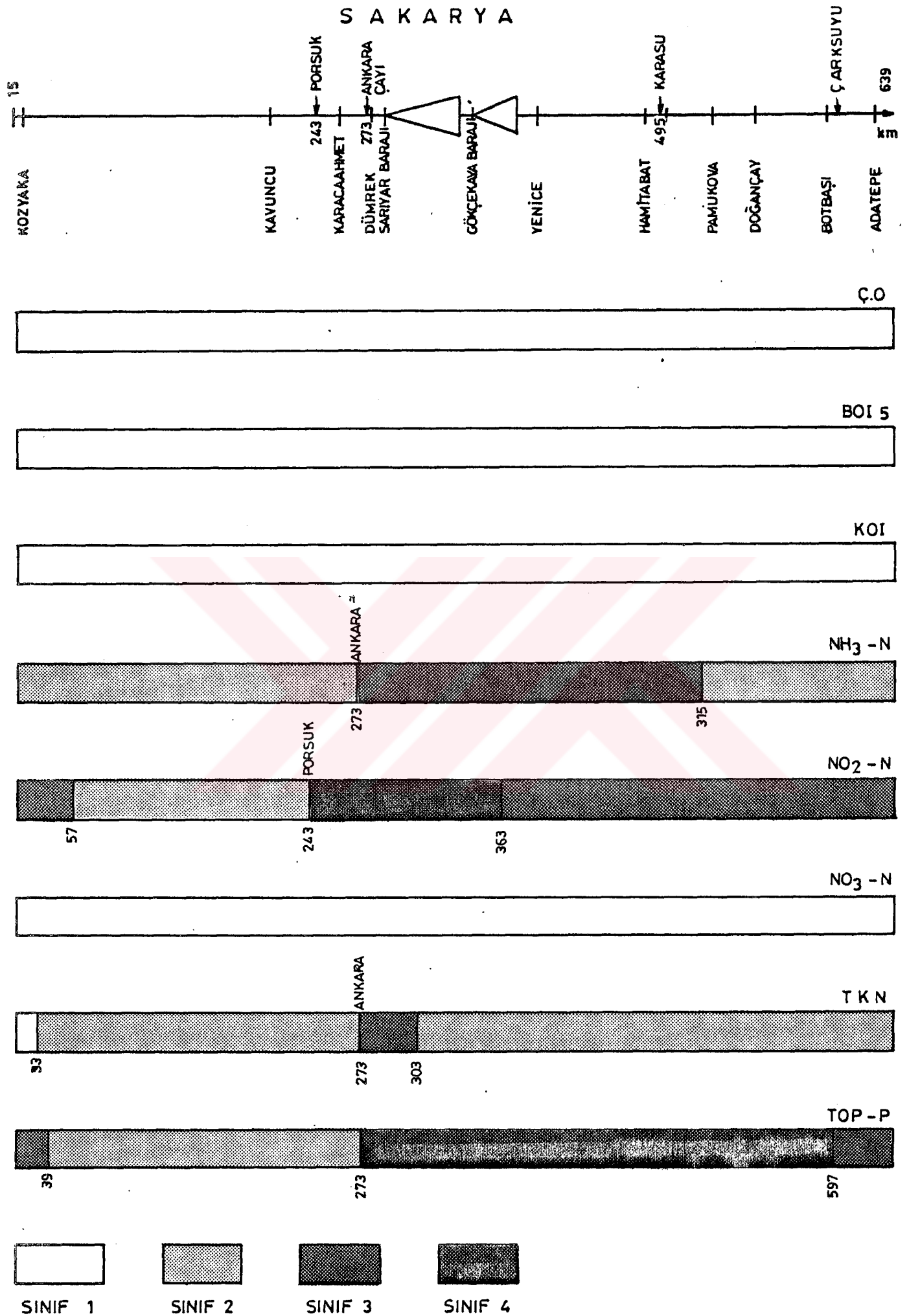




PORSUK



## S A K A R Y A



Şekil:9.5b - Azot Fabrikasına uygulanan arıtmanın Sakarya'nın su kalitesine etkisi

kullanılabilecek su kalitesine ulaşmak mümkün olamamaktadır. Başka bir deyişle sadece Kütahya Azot Sanayiinin sıfır deşarj yapması Eskişehir'in içmesuyunda istenilen kaliteyi sağlamaya yetmemektedir.

### 9.2.3 Yayılı Kaynaklarda Sıfır Deşarj Yaklaşımı

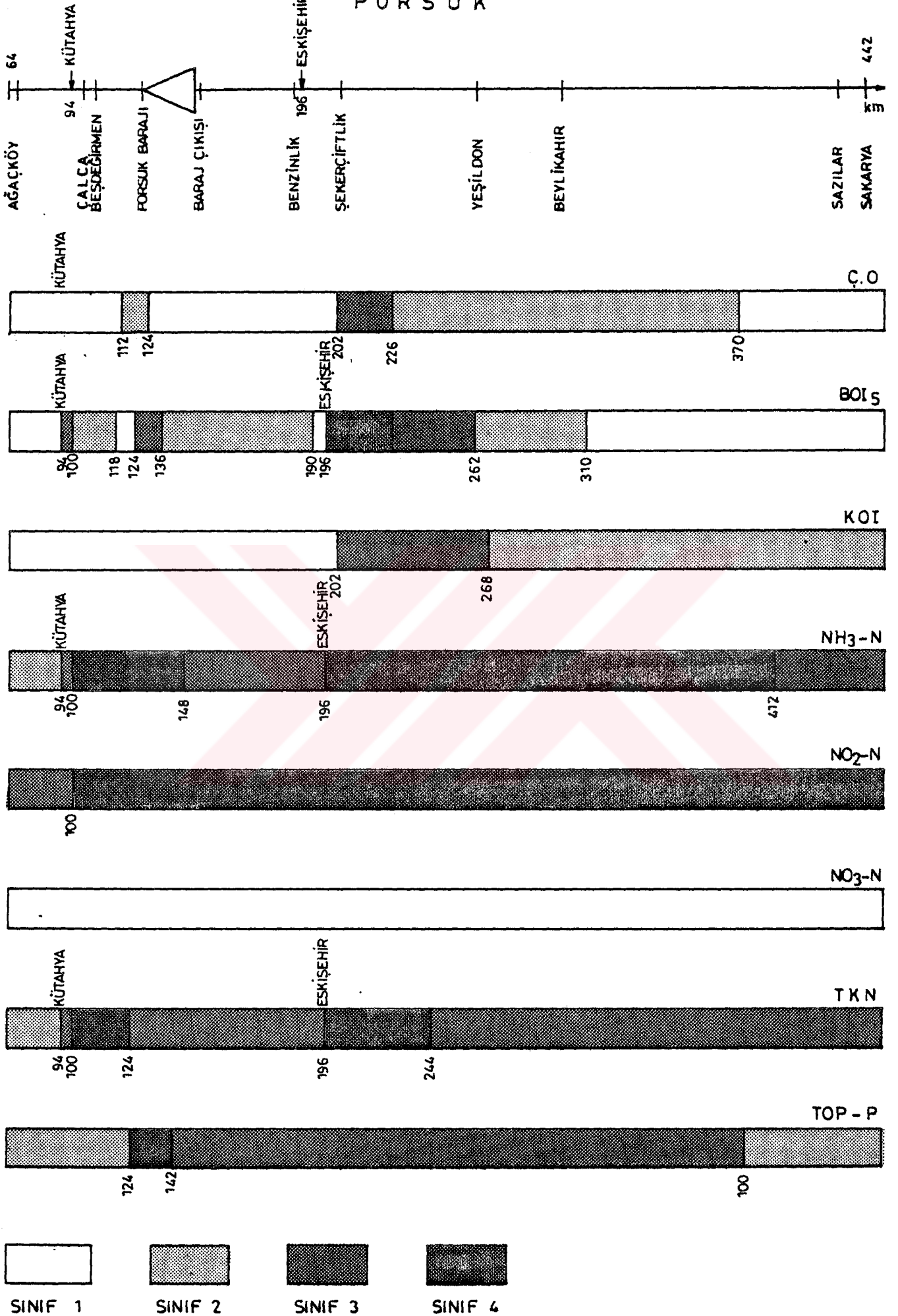
Endüstrilere deşarj kontrolü uygulanmadan önce yapılan başka bir yaklaşım ise, havzada kirlenmeye neden olan yayılı kaynak koşullarının kaliteyi hangi ölçüde etkilediğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla yayılı kaynaklardan gelen atıksularda kirletici parametre bulunmadığı kabulü yapılmıştır. Model bu yaklaşımla çalıştırılarak alınan sonuçlarda Porsuk'daki su kalitesinin hiçbir parametre bazında iyileşmeyeceği, ancak Sakarya kaynağından Porsuk karışımına kadar olan kesimde azot ve fosfor parametreleri açısından genelde 2. sınıf olan Sakarya'nın su kalitesinin 1. sınıfa yükseleceği belirlenmiştir. (Şekil 9.6a, 9.6b)

Yukarıda incelenen tüm senaryolara ait sonuçlar değerlendirildiğinde özellikle Porsuk Çayındaki kirlenmenin mutlak surette tüm atıksu deşarjlarında ortak önlemler alınarak kontrol edilebileceği açıkça görülmektedir.

### 9.3 Gelecekteki (2000 yılı) Koşulları Yansıtan Senaryolar

2000 yılı koşullarına uygun senaryolarda ise yerleşim merkezlerinden kaynaklanan evsel atıksu debileri ve yükleri 2000 yılının tahmini nüfus değerlerine göre yeniden belirlenmiş, ayrıca tüm sulama projelerinin %100 kapasite ile devreye girdiği kabulü yapılmıştır. Diğer taraftan, endüstriyel etkinliklerin aynı kapasitelerle üretimlerini sürdürdükleri dolayısıyla atıksu miktar ve özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmadığı kabul edilmiştir.

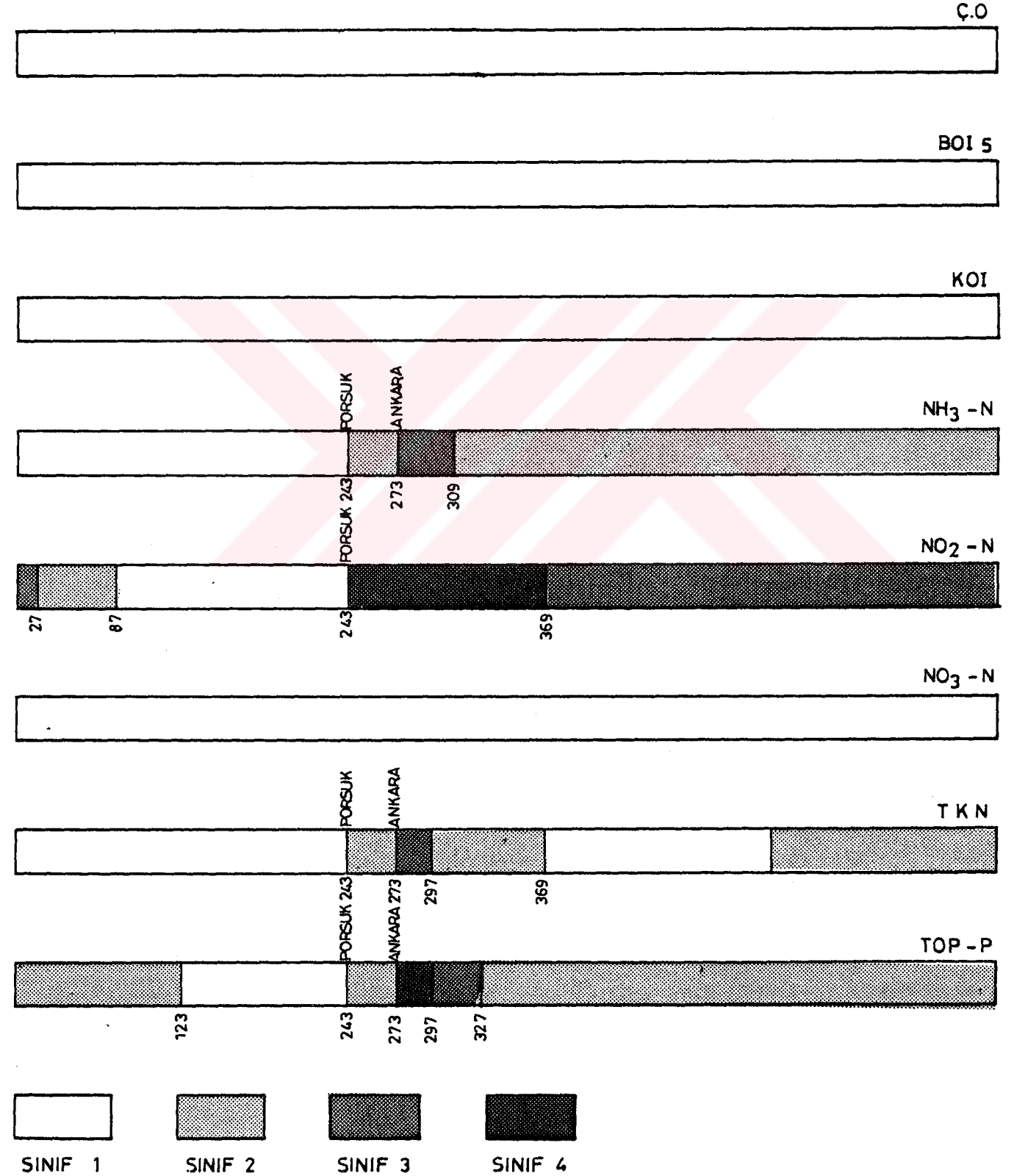
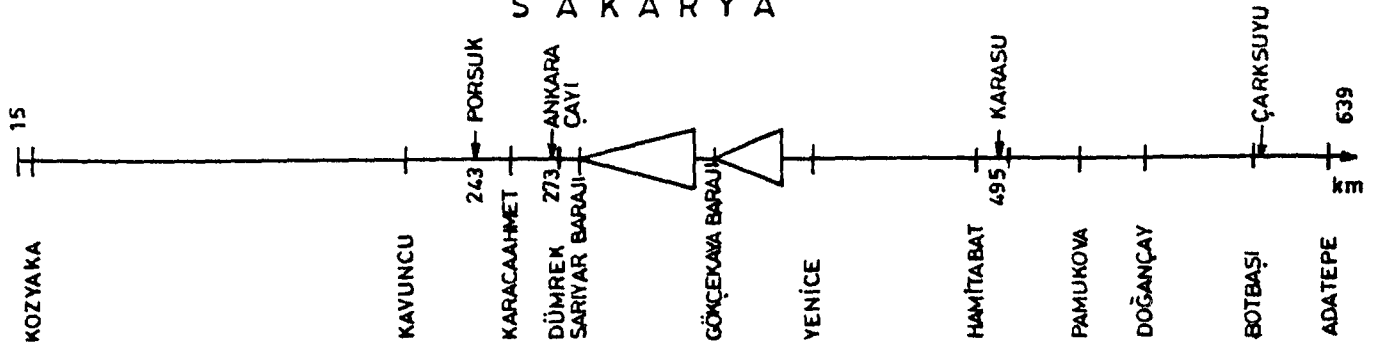
# PORSUK



Şekil: 9.6a- Porsuk'ta yayılı kaynakların kontrolü



## S A K A R Y A



SINIF 1

SINIF 2

SINIF 3

SINIF 4

### 9.3.1 Seyrelme Kirlenmeye Çözümdür Yaklaşımı

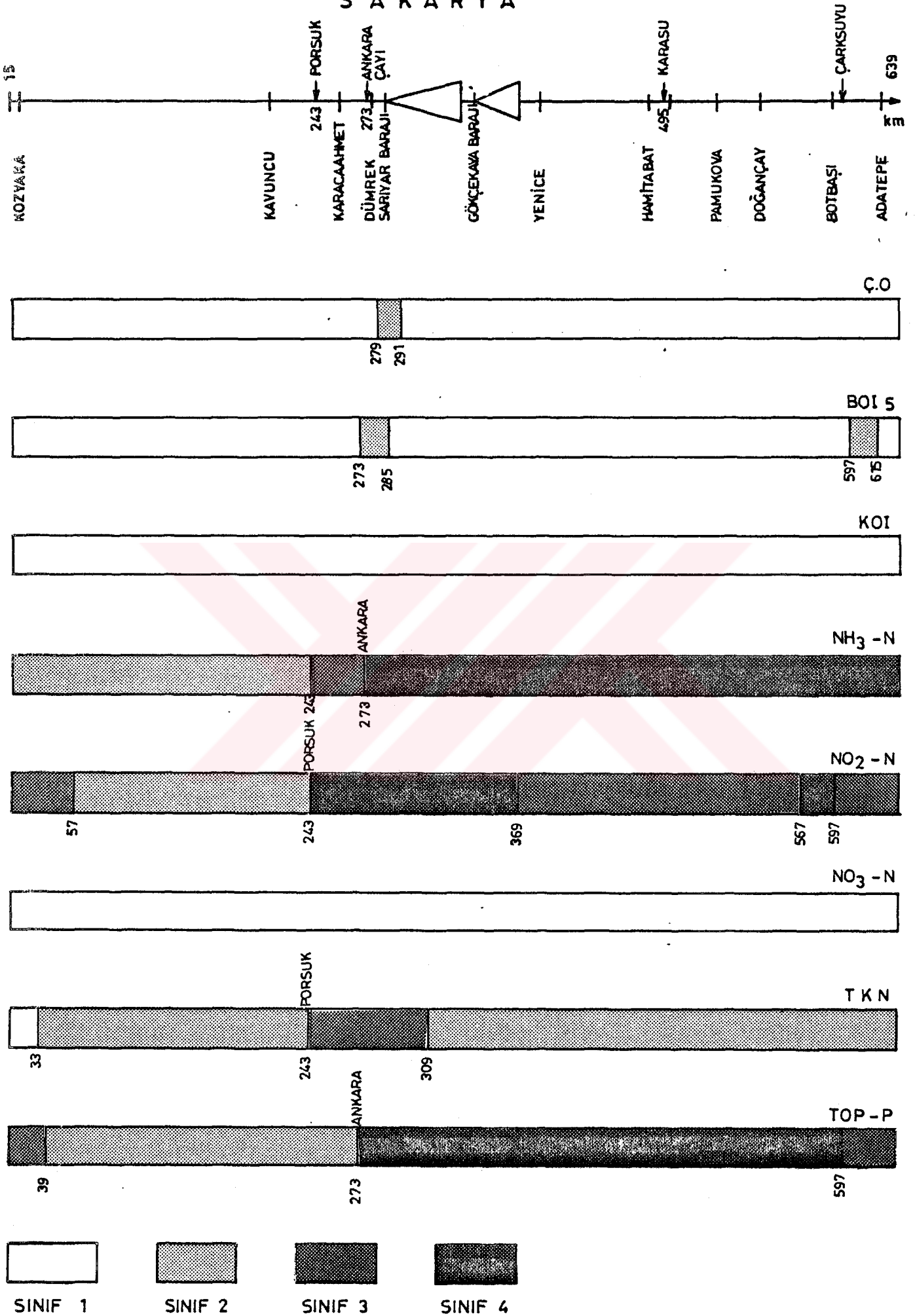
Havzada kirletici kaynaklarda hiçbir önlem alınmaması halinde Sakarya, Porsuk ve Karasu'da 2000 li yıllarda oluşacak durumu yansıtmak üzere bu senaryo hazırlanmıştır. (Şekil 9.7 a, 9.7b, 9.7c).

Bu senaryoya göre Porsuk Çayında, günümüzde kısmen de olsa 2. sınıfa girebilen su kalitesinin yerini, tamamen 3. ve 4. sınıf suya bıraktığı görülmektedir. Ortaya çıkacak bu durum Kütahya ve Eskişehir halkının doğrudan sağlığını tehdit edecektir. Sakarya Nehrinde ise, büyük oranda seyrelmeye rağmen özellikle yan kolların deşarjından sonra günümüzde fosfor hariç 2. sınıf su kalitesini sağlayabilen Sakarya'nın, 3. sınıf hatta amonyak açısından 4. sınıf su haline dönüşeceği ve bu durumun özellikle Gökçekaya ve Sarıyar Barajlarında başlayan ötrofikasyonu çok daha ilerleteceği ve baraj göllerinin kullanımını tehdit edeceği söylenebilir. Sonuç olarak havzada ivedilikle önlem alınması gerektiği bu senaryo sonucunda da açıkça görülmektedir.

### 9.3.2 Teknolojik ve Ekonomik Olarak Yapılabilir Deşarj Standardı Yaklaşımı

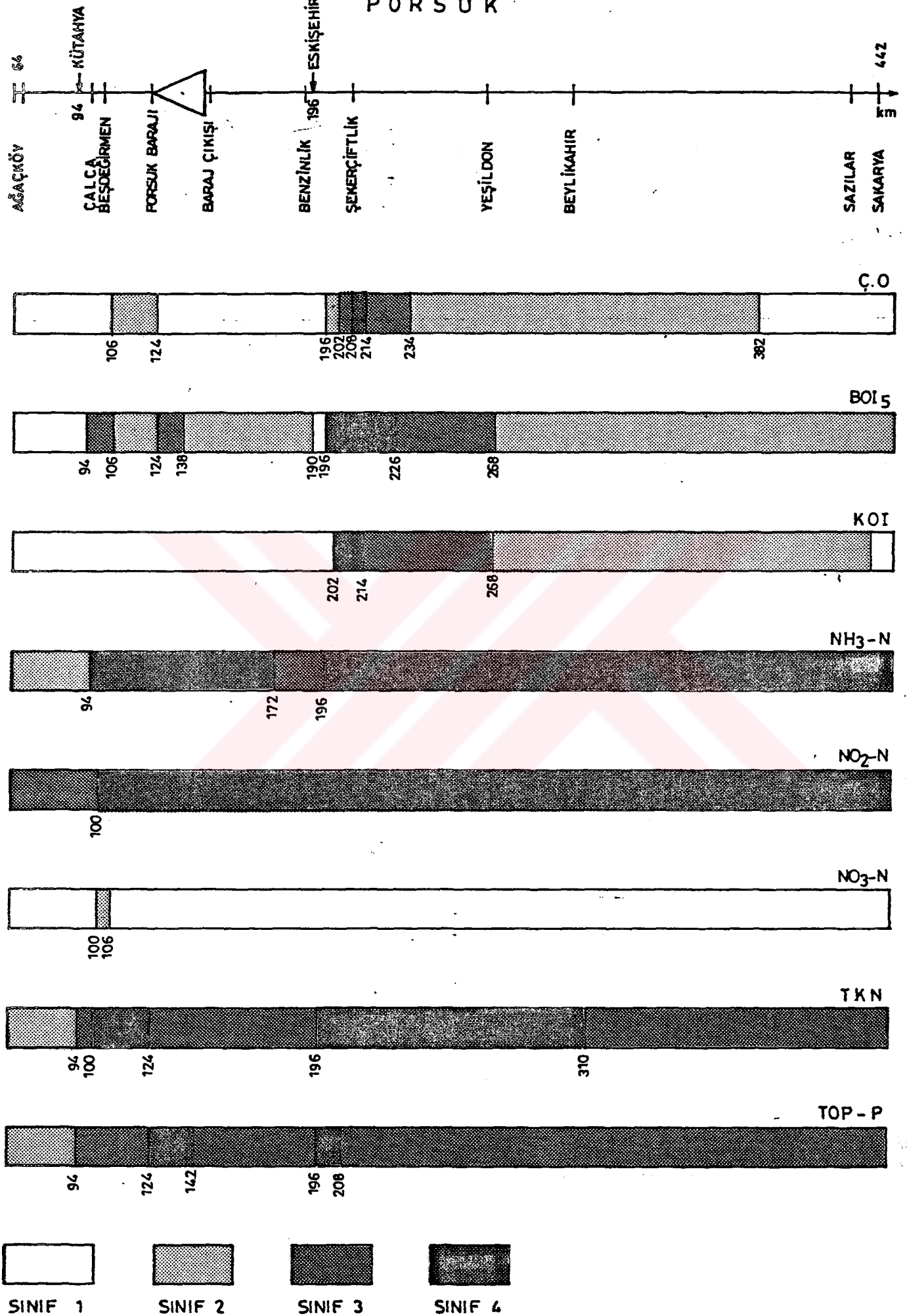
1988 yılında yürürlüğe giren "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde, endüstriler ve diğer kirletici kaynaklar sınıflandırılarak, her bir sınıfta yer alan kirletici kaynağın, atıksularını alıcı ortama deşarj etmeden önce sağlaması gereken standartlar belirlenmiştir. Bu standartlar 5. Bölümde, Tablo 5.12 ile Tablo 5.19 arasında verilmektedir. Yönetmelikte verilen deşarj standartlarının uygulanması aşamasında biyolojik arıtma uygulanacak olan evsel atıksu deşarjları ile mezbaha ve şeker endüstrilerinde, aerobik arıtma düzenlerinde yaklaşık olarak 100 birim BOI için 5 birim N, 1 birim P giderildiği kabul edilmiştir. Noktasal kaynak girişi olarak alınan Ankara Çayı ve Çarksuyun'da da

## S A K A R Y A



Şekil:9.7a- 2000 yılı tahmini verilerine göre Sakarya'da su kalitesi

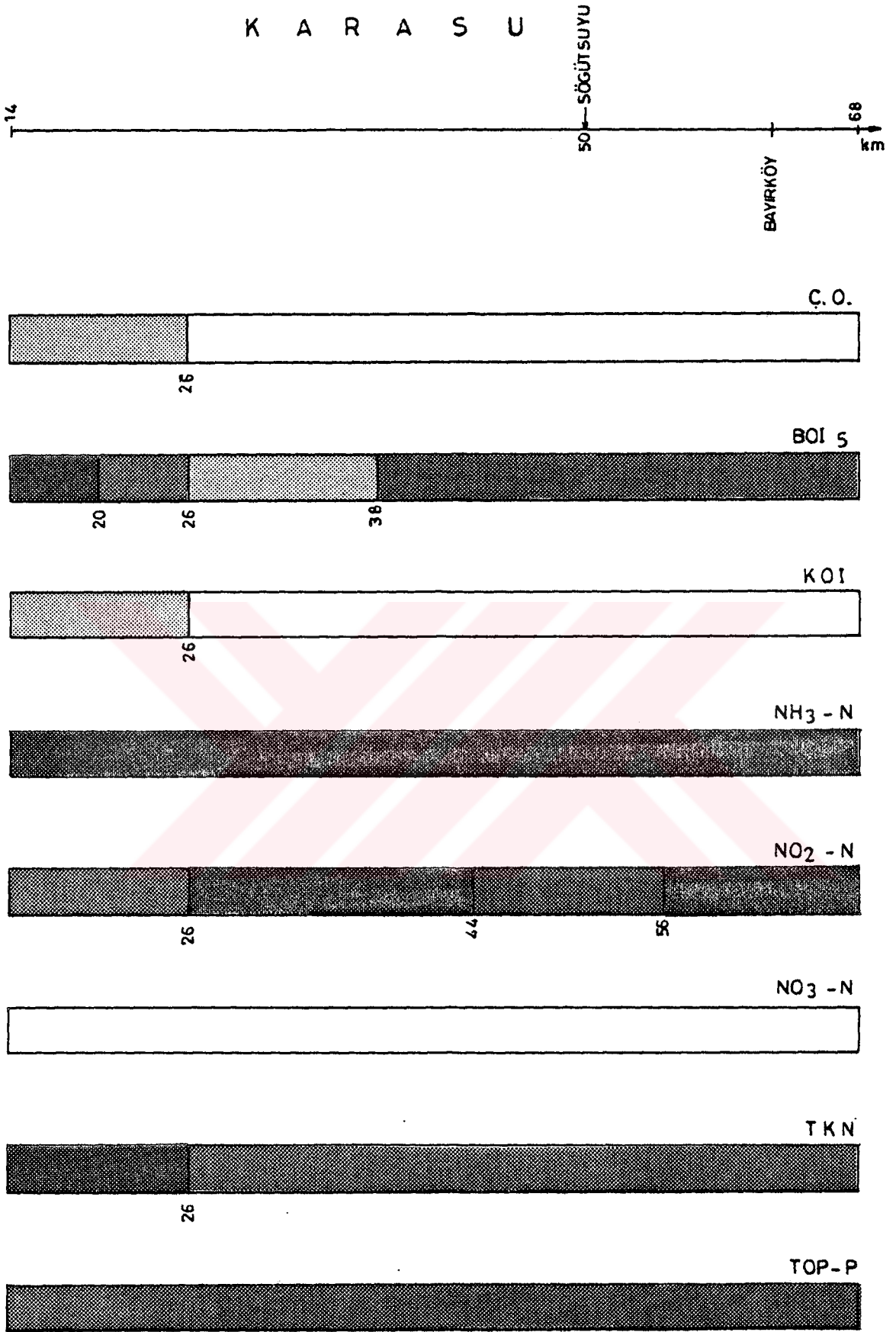
## PORSUK



Şekil:9.7b- 2000 yılı tahmini verilerine göre Porsuk'ta su kalitesi



## K A R A S U



SINIF 1



SINIF 2



SINIF 3



SINIF 4

Şekil: 9.7c - 2000 yılı tahmini verilerine göre Karasu da su kalitesi

aynı kabuller yapılmıştır. Bu yaklaşım doğrultusunda akarsuya deşarj yapan endüstrilere ait hesaplanan yıllık miktarları Tablo 9.1 de, model sonuçlarına göre belirlenen kalite Porsuk için Şekil (9.8a)da verilmektedir. Arıtma uygulaması sonucunda BOD, Ç.O ve KOD parametreleri bazında önemli ölçüde, azot ve fosfor parametreleri bazında ise yer yer kalite düzelmesi olacağı belirlenmiştir. Aynı gözlemler Sakarya için de yapılabilir. Ancak tüm bu uygulamalara rağmen havzada azot ve fosfor parametreleri açısından 2. sınıf su kalitesine ulaşamayacağı görülmektedir. (Şekil 9.8b )

### 9.3.3 Azot ve Fosfor Kontrolünü de İçeren Deşarj Standardı Yaklaşımı

Bir önceki bölümde Yönetmelikte önerilen standartların uygulanması halinde, akarsuda hedeflenen su kalitesinin özellikle azot ve fosfor parametreleri açısından sağlanamaması durumu ile karşılaşıldığından bu senaryo hazırlanmıştır. Bu senaryoda Kütahya Azot Sanayinin ve Organize Sanayi Bölgesinin sıfır deşarj yapacağı, kentsel deşarjlarda ise 3. kademe arıtma ile azot ve fosfor giderileceği varsayılmıştır. (Şekil 9.9a, 9.9b)

Görüldüğü gibi ekonomik olmayan bu uygulamaya rağmen nitrit konsantrasyonu halen 2.sınıf için verilen ölçütü aşmaktadır. Diğer tüm parametreler açısından 2. sınıf su ölçütlerine tüm havzada ulaşılabilir. (Şekil 9.9a, 9.9b)

### 9.3.4 Yayılı Kaynaklarda Sıfır Deşarj Standardı Yaklaşımı

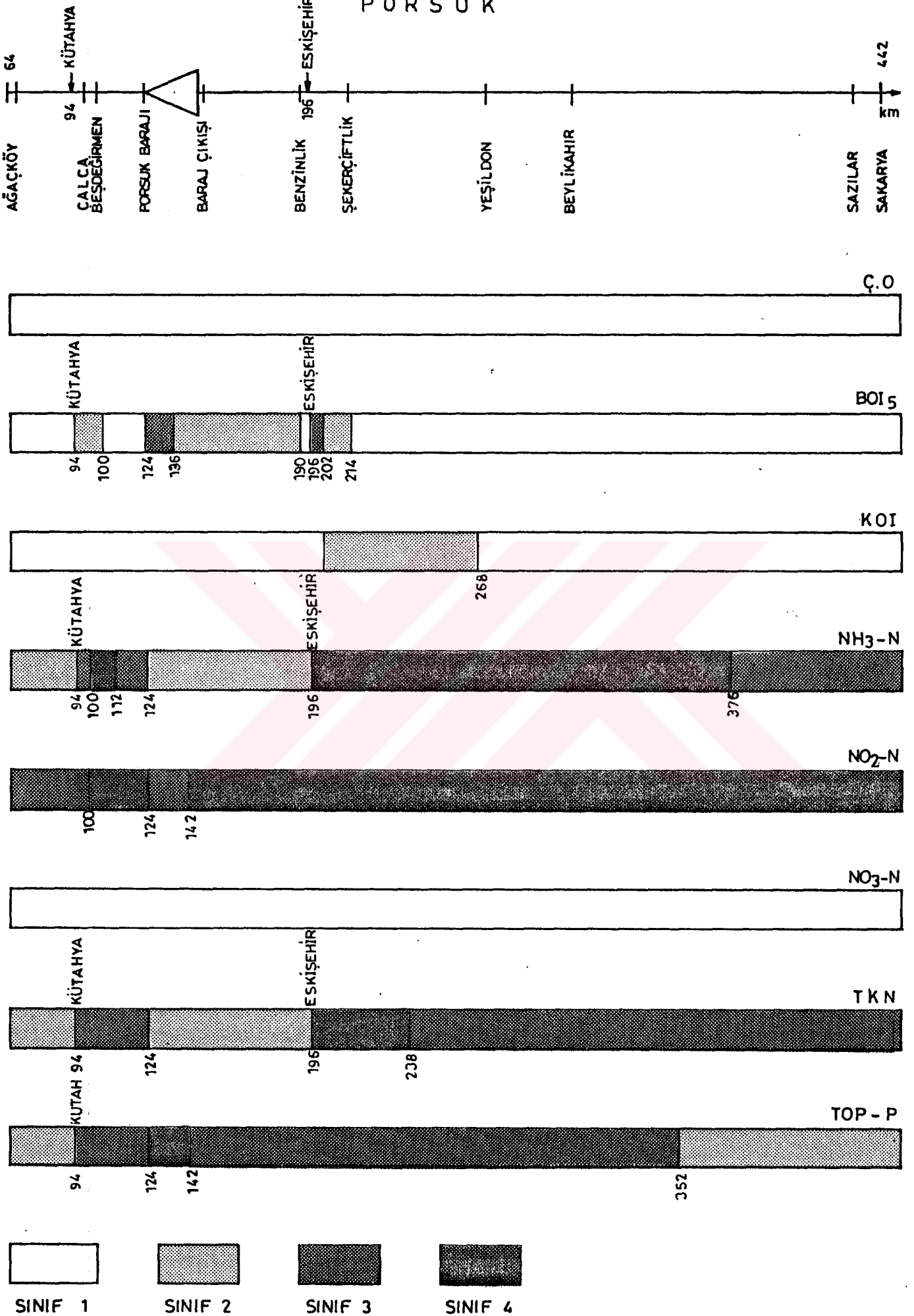
Yukarıdaki bölümde sıralanan nedenlerle sıfır deşarj uygulaması bu kez yayılı kaynaklar için yapılmıştır. Bu durumda tüm noktasal kirletici kaynaklarda Yönetmelikteki deşarj standardının gerçekleştiği düşünülmüştür. Ancak Şekil 9.10 a, 9.10b de görüldüğü gibi akarsuların menba kesimleri hariç bu kontrolün 9.3.2 seçeneğine göre bir katkı sağlamadığı görülmektedir.

TABLO 9.1 PORSUK'A DESARJ YAPAN KİRLETİCİ KAYNAKLARIN ARITMADAN SONRAKİ YÜKLERİ

Parametre (kg/gün)	Kütahya * Ev. Atıksu	Kütahya Sefer	Mezbaha	Azot	Tekstil	Eskişehir Ev. Atıksu	Vagon	Eskişehir Sefer	Mezbaha	Organize Sanayii
Q (m <sup>3</sup> /sn)	0.49	0.42	0.0016	0.23	0.061	1.59	0.028	0.458	0.001	0.003
BOI <sub>5</sub>	2120	1450	5.5	580	370	6870	205	2570	3.5	150
KOI	4235	6170	22.5	795	1580	13740	455	19610	14.0	225
TOP-N	1840	-	-	2690	16.0	5790	20.0	-	-	30
TOP-P	41.0	-	1.0	14.0	0.5	155.0	2.5	-	4.5	3.0

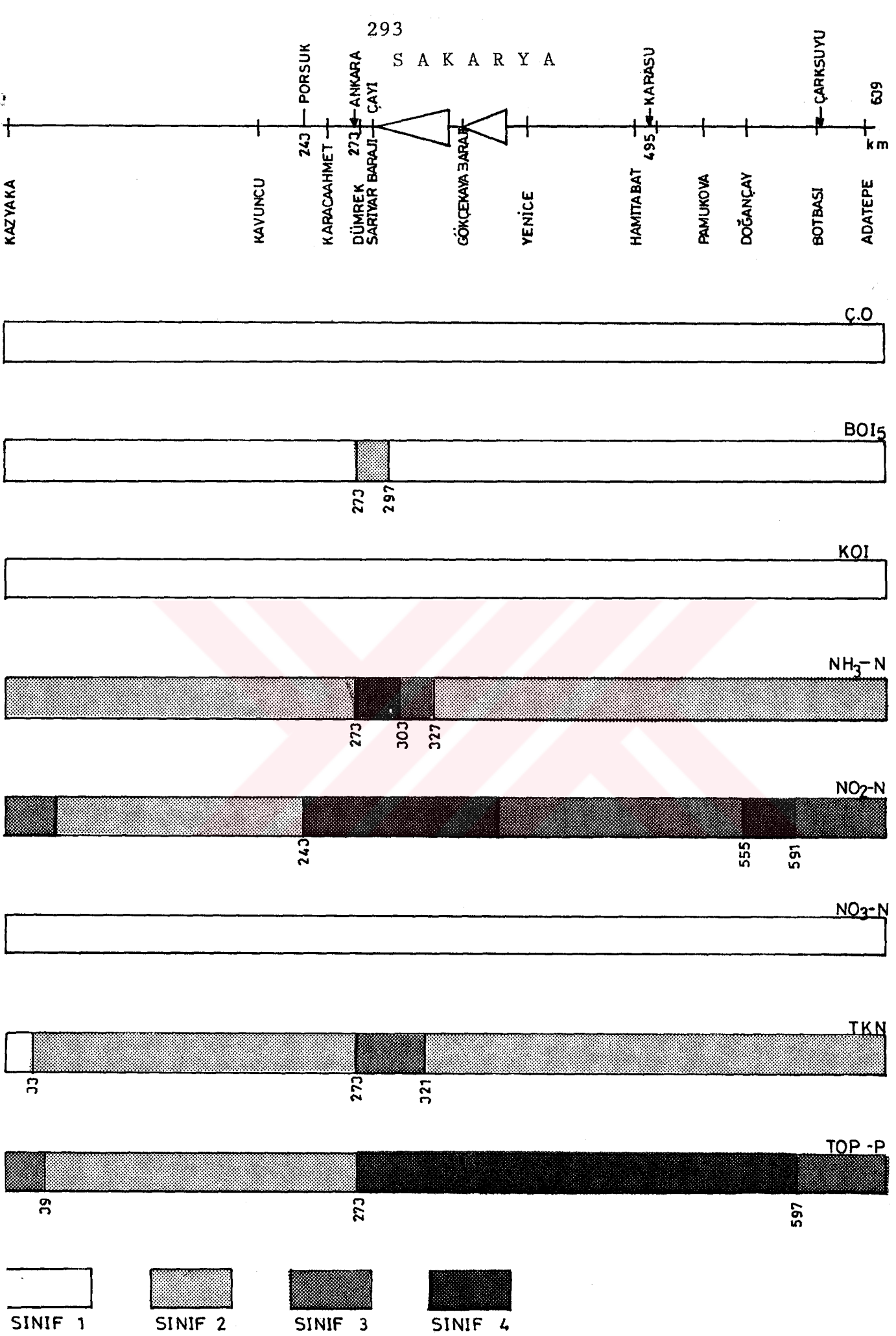
\* Kütahya ve Eskişehir kentlerinin atıksu deşarjı 2000 yılı nüfuslarına göre hesaplanmıştır.

## PORSUK



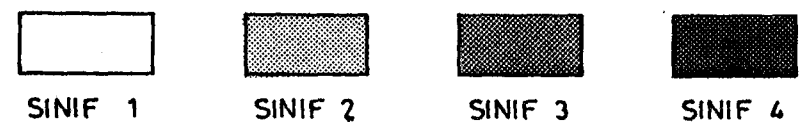
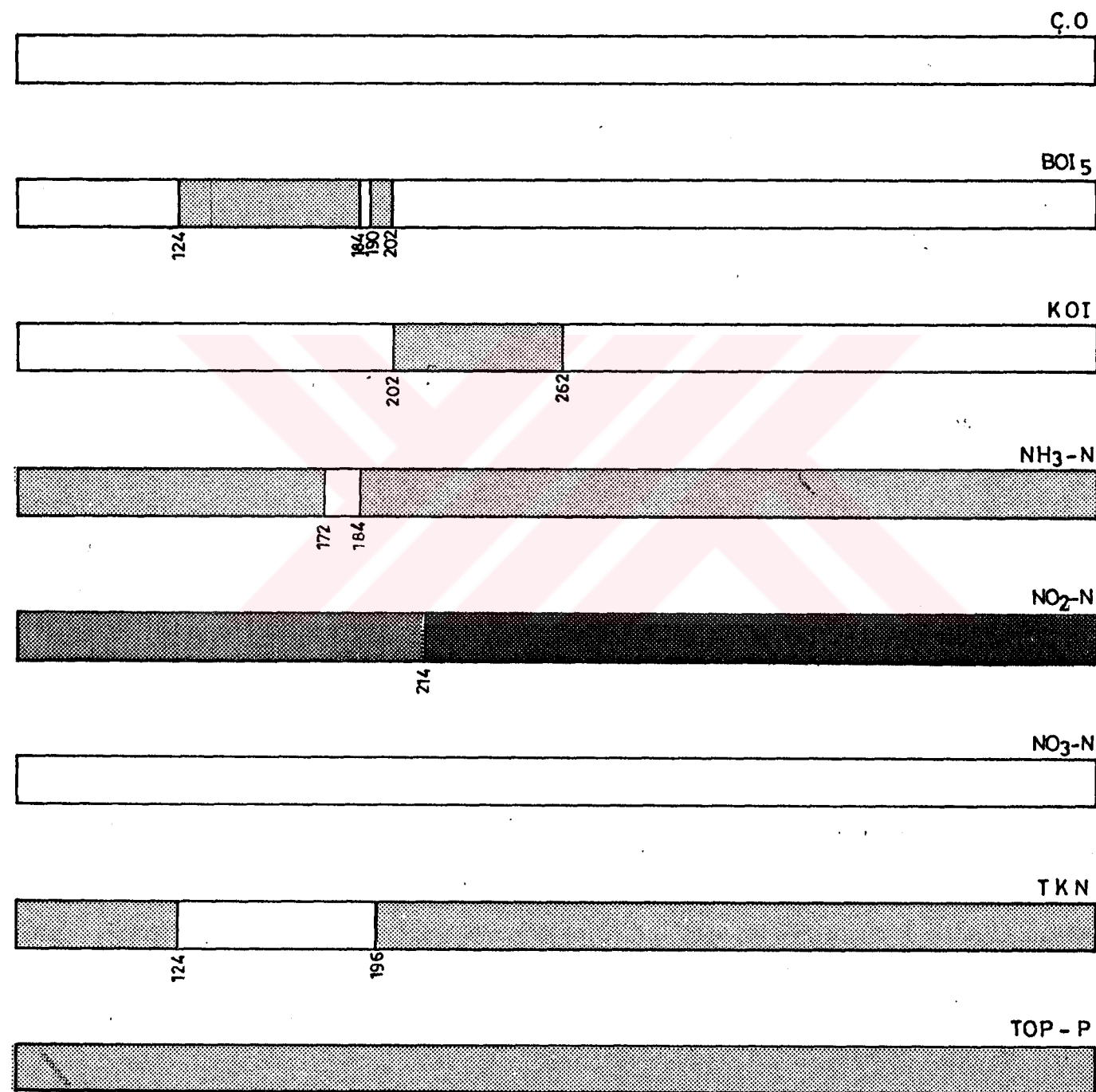
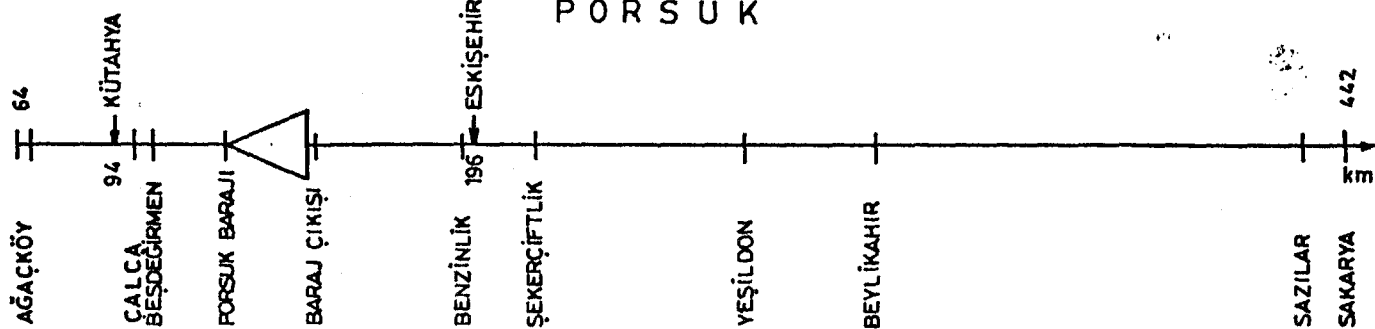
Şekil: 9.8a – Arıtma uygulamasının Porsuk'un su kalitesine etkisi





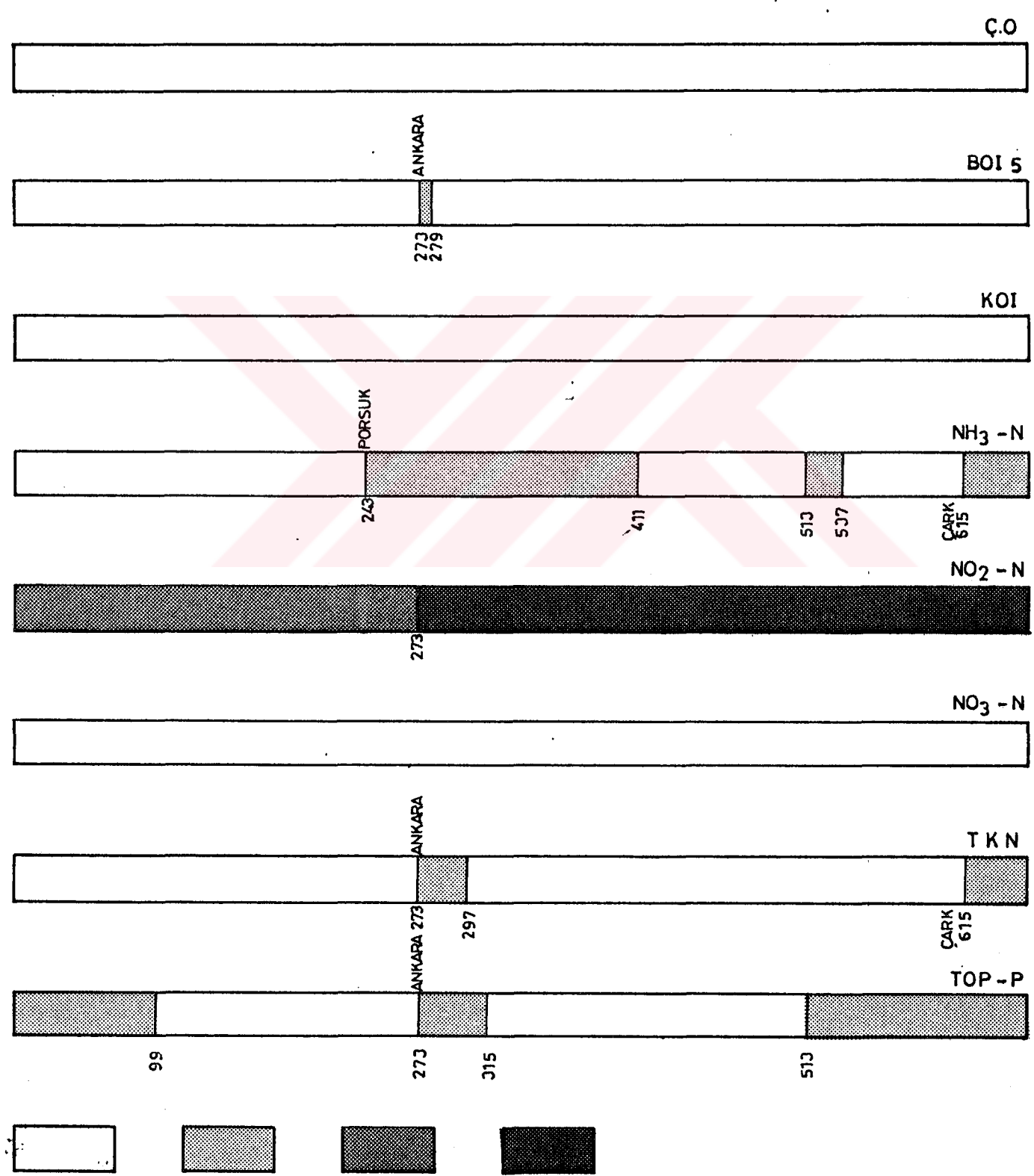
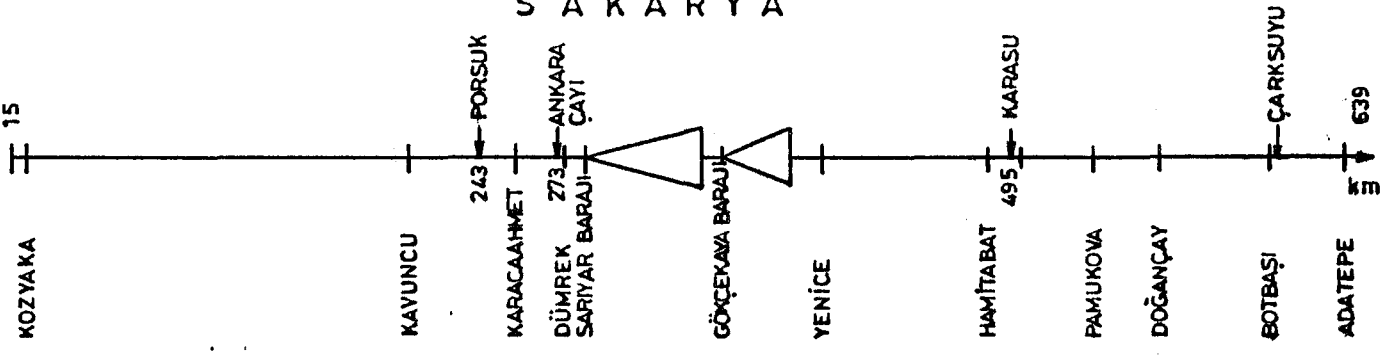
Sekil:9.8b- Porsuk'ta uygulanan arıtmanın Sakarya'nın su kalitesine etkisi

## PORSUK



Şekil:9.9a - İleri arıtma uygulamasının Porsuk'un su kalitesine etkisi

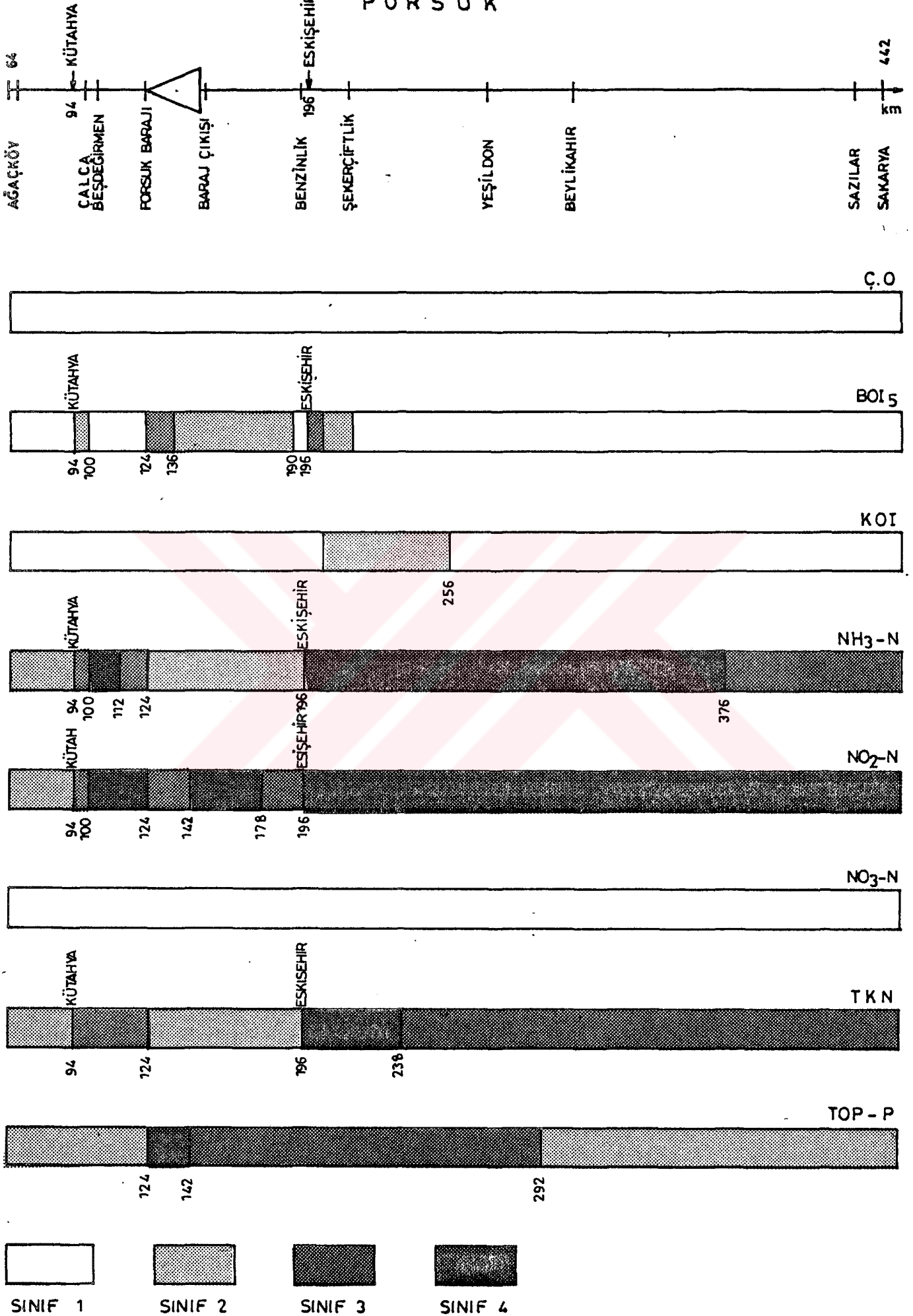
S A K A R Y A



SINIF 1      SINIF 2      SINIF 3      SINIF 4

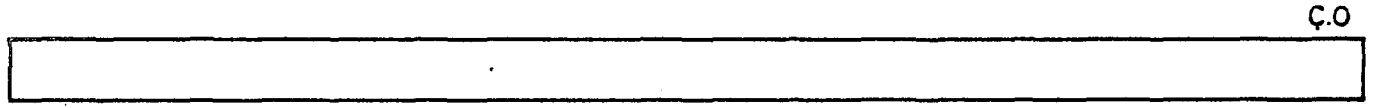
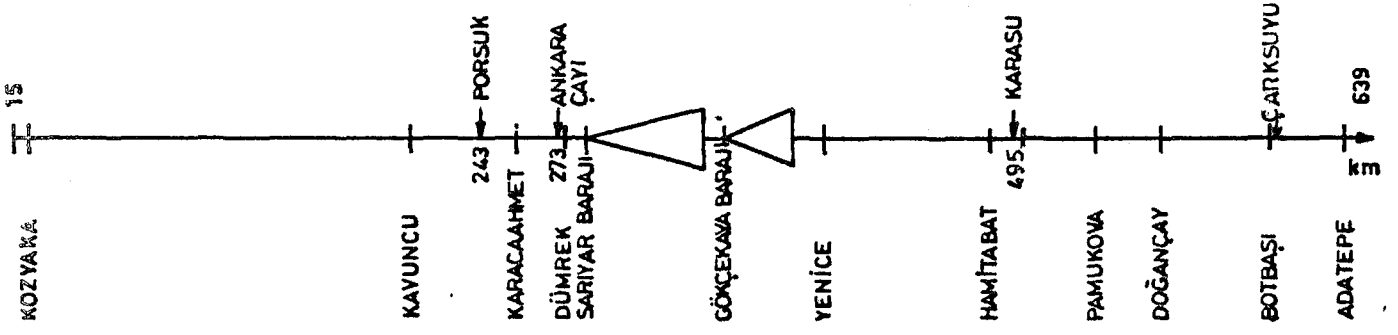
Şekil 9.9b- İleri arıtma tesisleri çıkarttığı su kalitesinin Sakarya nehrindeki durumu

## PORSUK

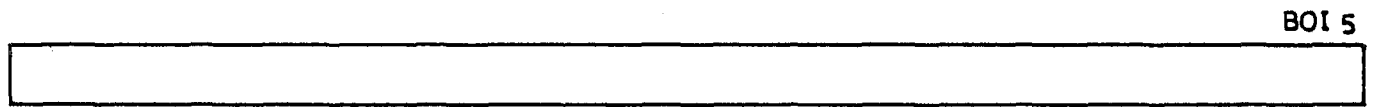


Şekil: 9.10a - Arıtma uygulamasından sonra Porsuk'ta yayılı kaynakların kontrolü (2000 yılı)

## S A K A R Y A



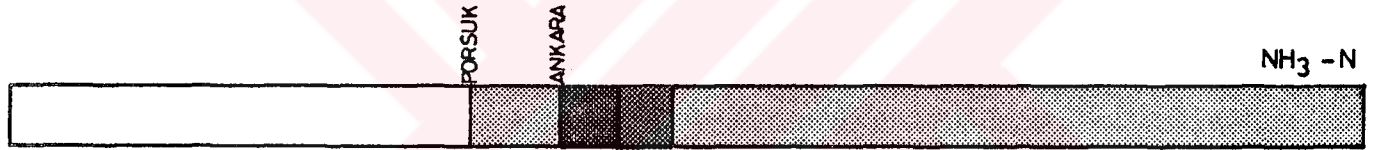
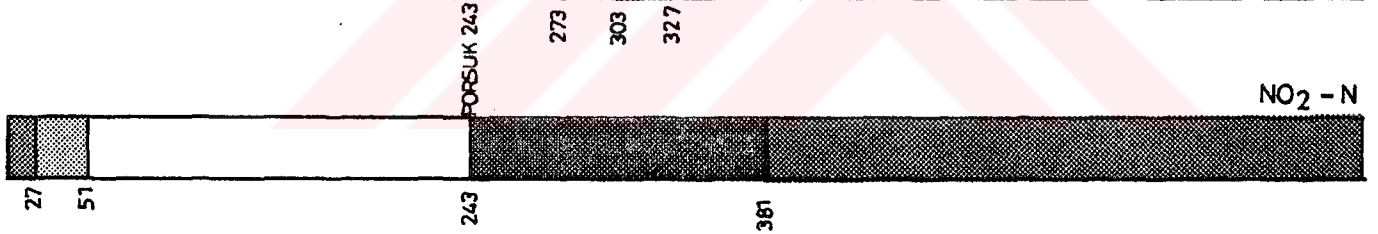
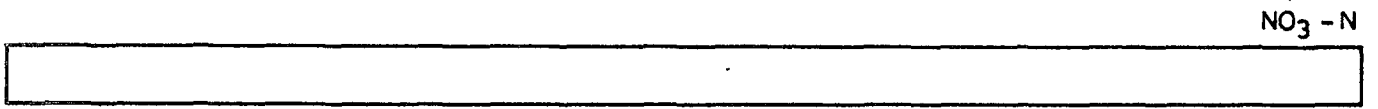
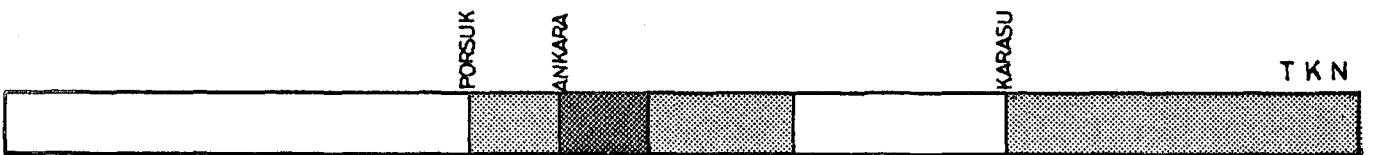
Ç.O



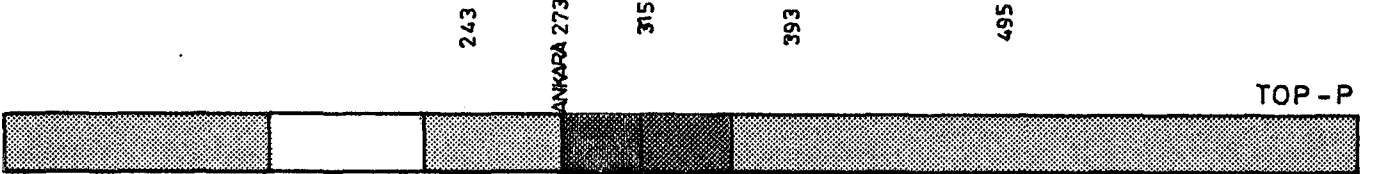
BOI 5



KOI

NH<sub>3</sub> - NNO<sub>2</sub> - NNO<sub>3</sub> - N

TKN



TOP - P



SINIF 1



SINIF 2



SINIF 3



SINIF 4



#### 9.4 Kurak Hava Debisi İçin Kontrol

Bu senaryoda kirletici kaynaklarda 9.3.2 maddesindeki seçenek uygulanmış, ancak akarsu debisi olarak ölçüm istasyonlarında gözlem süresi boyunca rastlanan minimum akım alınmıştır (EIE,1985). Bu inceleme sırasında çok sayıda simülasyon yapılarak 9.3.2 maddesinde belirlenen senaryoya göre elde edilen akarsu sınıflarını değiştirmeyecek sulama suyu çekimlerinin ne olması gerektiği bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 9.2 ve Tablo 9.3 de verilmektedir.

Bu sonuçlara göre kurak hava debisinin olduğu yıllarda Seyitgazi ve Kütahya sulamaları yapılamayacak, Sakarya'da Çifteler, Yukarı Sakarya, Yaralı, Kavuncu ve Aşağı Sakarya sulamalarında, Porsuk'ta ise Eskişehir-Alpu sulamasında hedeflenen su çekimleri yapılamayacak ve akarsudaki su kalitesini bozmamak için kesinlikle Tablo 9.2 de verilen miktarlar ile sınırlanan debilerin çekilmesine dikkat edilecektir. Diğer taraftan Tablo 9.3 değerlendirildiğinde akarsudaki hedeflenen su kalitesinin bozulmaması için Porsuk Çayı yatağında baraj öncesi yaklaşık  $2 \text{ m}^3/\text{sn}$ , baraj sonrası  $5.5 \text{ m}^3/\text{sn}$ , mansapta  $3.5 \text{ m}^3/\text{sn}$  debi, Sakarya Nehri yatağında menbada  $2 \text{ m}^3/\text{sn}$ , baraj öncesi  $10 \text{ m}^3/\text{sn}$ , mansapta  $10-15 \text{ m}^3/\text{sn}$  debi bulunması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle yapılacak su kaynakları planlamalarında bu minimum debi kısıtları dikkatle gözönüne alınmalıdır.

#### 9.5 Yararlı Kullanım Yaklaşımı

Yukarıda, ülkemizdeki yasal çerçeveye oturtulmaya çalışılarak hazırlanan senaryolar bütün olarak değerlendirildiğinde havza bazında teknik ve ekonomik olarak yapılabilir bir kirlenme kontrolü uygulanması için Yönetmeliğin yaklaşım felsefesinin uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Ortaya çıkan çelişkiler büyük ölçüde kaynak sınıflamasına esas olan

TABLO 9.2 HALEN İŞLETMEDE OLAN VE PLANLANAN SULAMA SUYU ÇEKİMLERİNE AİT HEDEF DEĞERLER İLE KURAK HAVADA ÇEKİLEBİLECEK DEBİLER

Sulamasuyu Adı	Akarsu ve Alt Havza	Çekilmesi Hedeflenen Debi (m <sup>3</sup> /sn)	Kurak Havada Çekilebilecek Debi (m <sup>3</sup> /sn)
Seyitgazi	Seydisuyu (Yukarı Sakarya)	6.17	0.00
Çifteler	Çifteler (Yukarı Sakarya)	4.91	2.00
Yukarı Sakarya	Sakarya (Yukarı Sakarya)	4.38	2.20
Yaralı	Sakarya (Yukarı Sakarya)	4.26	2.70
Kavuncu	Sakarya (Yukarı Sakarya)	4.21	2.70
Sarıcakaya	Sakarya (Orta Sakarya)	7.00	7.00
Karaağaç	Sakarya (Orta Sakarya)	3.20	3.20
Pamukova	Sakarya (Orta Sakarya)	6.94	6.94
Aşağı Sakarya Ovası	Sakarya (Aşağı Sakarya)	37.20	25.00
Kütahya (Ağaçköy Regülatörü)	Porsuk	1.73	0.00
Eskişehir-Alpu (Karacasehir Regülatörü)	Porsuk	10.50	3.00
Şevkatiye-Adahisar	Porsuk	3.42	3.42
Biçer (Aşağı Porsuk)	Porsuk	4.29	4.29

TABLO 9.3 YILLIK ORTALAMA DEBİ VE KURAK HAVA DEBİSİ KARŞILAŞTIRMASI

Sulamasuyu Çekilen İstasyonlar ve/veya Hesaplama Elementleri	Su Çekilmesinden Sonra Yatakta Kalan Debi m <sup>3</sup> /sn (1984-1985 Ortalaması)	Su Çekilmesinden Sonra Yatakta Kalan Debi m <sup>3</sup> /sn (Kurak Hava)
<u>SAKARYA</u>		
Seydisuyu İstasyonu [1]	0.50	Yatak kuru
Yukarı Sakarya Sulaması [13]	7.1	2.00
Yaralı Sulaması [27]	24.7	10.9
Kavuncu Sulaması [33]	29.5	10.0
Sarıcakaya Sulaması [127]	87.5	26.4
Karaağaç Sulaması [141]	96.1	28.2
Pamukova İstasyonu	129.2	32.8
Aşağı Sakarya Sulaması [163]	140.9	15.4
<u>PORSUK</u>		
Ağaçköy İstasyonu [37]	5.6	1.5
Eskişehir-Alpu Sulaması [57]	6.2	5.6
Şevkatiye Sulaması [76]	13.6	6.7
Biçer Sulaması [93]	18.1	3.7

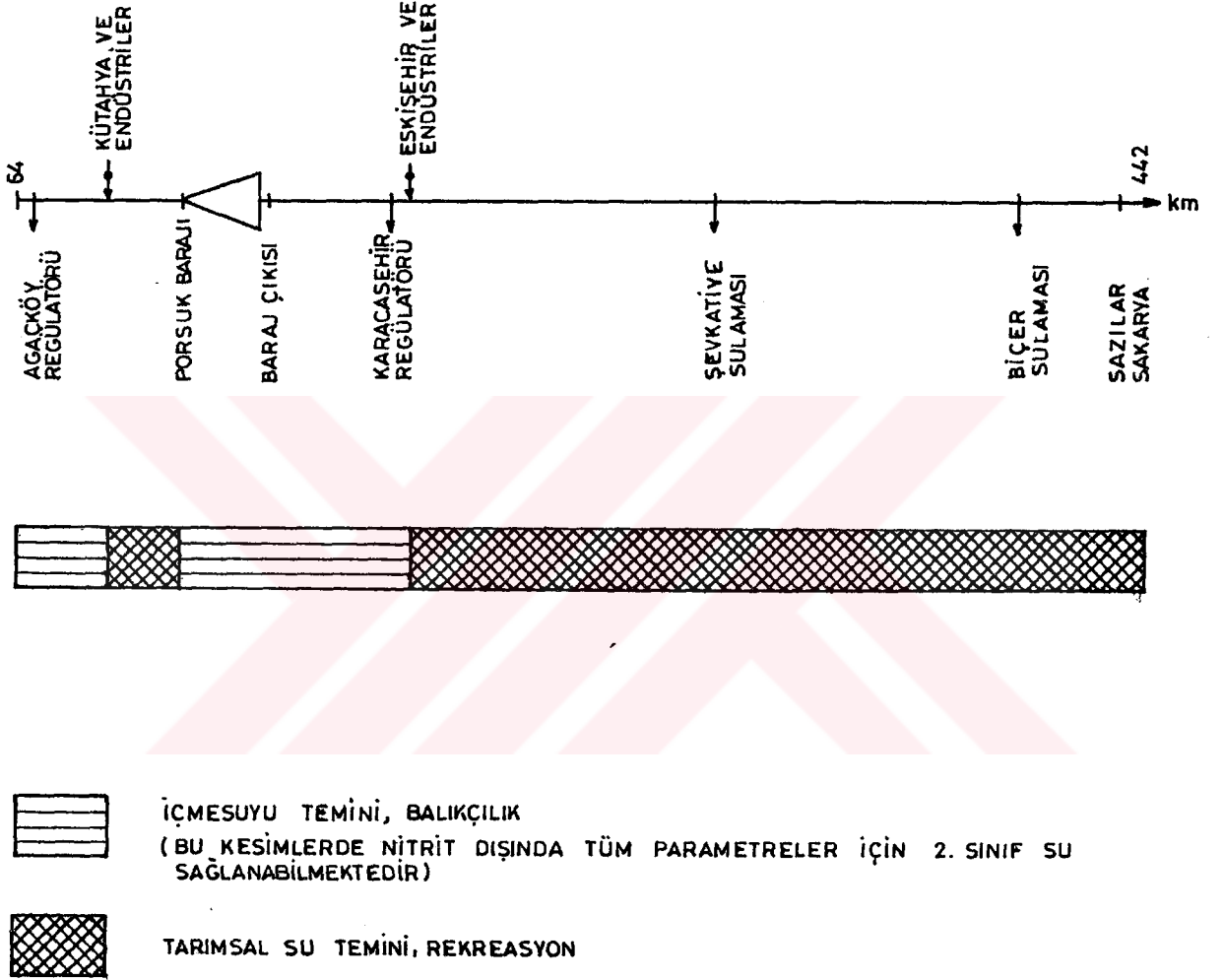


su kalitesi ölçütlerinin çok sayıda yararlı kullanımı aynı yer ve zamanda gerçekleştirme çabalarından kaynaklanmaktadır. Oysa havza bazında yapılan su kaynakları yönetiminde Sakarya Havzasında olduğu gibi çoğu kez akarsuyun belirli kesimlerinden bir tek yararlı kullanıma hizmet verecek planlamalar yapıldığı görülmektedir. (GÖNENÇ,E., SÖZEN,S.,1989)

Çok sayıda yararlı kullanıma göre yapılan su kalitesi sınıflandırmalarının bir diğer sakıncası ise bu kalitedeki suyu sağlayabilmek için kirletici kaynaklarda ekonomik olmayan arıtma sistemi uygulamalarına yol açacak deşarj standartlarının uygulanma gereğidir. Bu durum yukarıdaki 9.3.2 ve 9.3.3 nolu senaryolarda da açıkça vurgulanmıştır.

Yukarıda sıralanan sakıncalar nedeniyle, bu çalışmada, su kalitesi yönetiminde, kirletici kaynaklarda ancak teknolojik ve ekonomik olarak yapılabilir arıtma sistemlerinin işletilmesi ile sağlanacak deşarj standartları uygulanması ile, alıcı ortamın su kalitesinin belirlenmesi ve bu su kalitesinin belirli yer ve zamanlarda daha önce planlanan bir veya birkaç yararlı kullanıma hizmet edip edemeyeceğinin araştırılarak, sonuçta ya sınırlı sayıda kirletici kaynaktan daha çok yatırım yapılarak ileri arıtma uygulanması veya planlanan yararlı kullanımların, oluşan su kalitesine göre değiştirilmesi yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşımın esası 6. Bölümde Şekil 6.1 de gösterilmektedir. Benimsenen bu son yaklaşım çerçevesinde hazırlanan senaryoya ait değerlendirme sonuçları Şekil 9.8 de verilmektedir. Buna göre kirletici kaynaklarda Yönetmelikte verilen deşarj standartlarını uygulayarak su kaynakları yönetim projesinde belirlenen tüm yararlı kullanımlara olduğu gibi hizmet etmek olanaklıdır(Şekil 9.11). Bu önemli sonucun tek istisnası nitrit parametresidir. Ancak çok büyük bir havza olan Sakarya Havzasının hiçbir arıtma yapılmaksızın doğrudan içme

## P O R S U K



Şekil:9.11- Porsuk havzasında yararlı kullanımlar

özelliği taşıyan kaynak kesimlerinde bile bu parametrenin, Yönetmelikte verilen ölçütleri aşması, ölçüt olarak nitrit parametresinin yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır. Porsuk'ta bölgesel olarak farklı yararlı kullanımların gerek duyulduğu yerler Şekil 9.11 de gösterilmektedir.



## BÖLÜM 10. SONUÇLAR

### 10.1 Sonuçlar

Bir pilot proje olarak başlatılan "Sakarya Havzasında Su Kalitesi Yönetimi Projesi" kapsamında günümüze kadar ve bu tez sırasında sürdürülen çalışmalar değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- 1-Önceki çalışmalarda ve bu çalışmada farklı yıllar için kalibrasyon, doğrulama ve duyarlılık analizleri sonucunda geliştirilen MODQUAL modelinin su kalitesi yönetiminde güvenilirlik ile kullanılacağı kanıtlanmıştır.
- 2-Sakarya Havzasının demografik yapısı arazi kullanımı ile birlikte değerlendirilerek tarımsal etkinliklerin ve endüstrileşmenin hızla artmaya devam edeceği anlaşılmıştır. Kentsel ve kırsal boyutta devam edecek olan gelişmeyi kısıtlayacak etken, yeterli miktarda ve kullanımlara uygun kalitede su sağlanmasıdır.
- 3-Porsuk Havzasının su gereksiniminin büyük bir bölümü, halen yeraltı su potansiyelinden karşılanmaktadır. Ancak gelecekte artacak olan kullanımların karşılanacağı kaynak Porsuk Çayı olduğundan, akarsudaki su kalitesi büyük önem taşımaktadır.
- 4-Porsuk Havzası için belirtilen su kullanımlarındaki kısıtlamalar Karasu Havzası için de geçerlidir.
- 5-Ankara Çayı Sakarya'ya karıştığı yerde Sakarya'nın su kalitesinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Ankara kentinin kirlilik yükünü taşıyan bu akarsuda ivedi önlemler alınması gerekmektedir.
- 6-5. maddeye benzer durum Sakarya'nın başka bir kirlenmiş yan kolu olan Çarksuyu için de sözkonusudur. Çarksuyu Sakarya'ya karıştığı yerde Sakarya'nın su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Çarksuyunda atıksu kontrolü amacı ile önlemler alınmalıdır.
- 7-Sakarya Havzasında günümüzdeki yararlı kullanımların, öncelik sırasına göre :

- . Tarımsal su temini
- . Yerleşim bölgelerine su temini
- . Atıksuların uzaklaştırılması
- . Hidroelektrik güç temini
- . Balıkçılık
- . Gemi taşımacılığı

olarak belirlenmesine rağmen gelecekteki sosyoekonomik değişimler uyarınca :

- . Yerleşim bölgelerine su temini
- . Tarımsal su temini
- . Endüstriyel su temini
- . Rekreasyon
- . Su ürünleri üretilmesi ve avlanması
- . Hidroelektrik güç temini
- . Atıksuların uzaklaştırılması
- . Gemi taşımacılığı

şeklinde öncelik sıralarının değişeceği tahmin edilmektedir. 8-Porsuk Çayına çeşitli kirletici kaynaklardan günde yaklaşık olarak

- . 400 ton organik madde
- . 18 ton azot
- . 1 ton fosfor boşaltılmaktadır.

9-Havzadaki Baraj Göllerinin yüksek besi maddesi konsantrasyonları içermeleri nedeniyle ötrofikasyon tehlikesi ile karşı karşıya oldukları belirlenmiştir.

10-Porsuk Çayının halihazır su kalitesi, kaynak, baraj çıkış ve mansap dışında hemen hemen hiçbir yararlı kullanıma uygun değildir.

11-Yayıllı kaynaklarda önlem alınması sonucu Sakarya'nın menba tarafında 1. sınıf su kalitesine ulaşılabilmektedir. Diğer bir deyişle tarımsal etkinliklerin sürmesi halinde başka hiçbir kirletici kaynak olmasa da 1. sınıf su kalitesi gerçekleştirilmemektedir.

12-Porsuk Çayında kirliliğe neden olan etkenlerin öncelikle evsel ve endüstriyel deşarj olduğu belirlenmiş ve yayıllı kaynaklarda alınacak önlemlerin bu aşamada Porsuk'un kalitesinin düzelmesine çözüm getiremeyeceği saptanmıştır.

- 13-Sakarya havzasında akarsu kaynaklarında bile "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde tanımlanan 1. sınıf su kalitesi koşulları bulunmamaktadır. Bu nedenle su kalitesi yönetiminde belirlenen yararlı kullanımlara uygun olan 2. sınıf su kalitesi esas alınmıştır.
- 14-Porsuk'taki kirletici kaynaklarda sınırlamanın gözden geçirilmesi gerekmektedir. "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde tanımlanan deşarj standartlarını uygulayarak Porsuk Havzası için su kaynakları yönetim projesinde belirlenen yararlı kullanımlara uygun su kalitesi elde etmek olanaklıdır.
- 15-14. maddede varılan sonuca tek istisna nitrit parametresi için Yönetmelikte tanımlanan 2. sınıf su kalitesi sınırlamasıdır. Ancak Sakarya Havzasında bulunan akarsuların kirlenmemiş kaynak kesimlerinde bile bu parametrenin Yönetmelik'te verilen ölçütleri aşması, ölçüt olarak nitrit parametresinin yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır.
- 16- Havzada belirlenen tüm yararlı kullanımların aynı anda sağlanabilmesi için "Yönetmelik"te verilen standartlar yeterli olmamakta, özellikle Porsuk'a deşarj yapan kentler ile Kütahya Azot Fabrikası ve Eskişehir Organize Sanayinin ileri arıtma uygulamasına geçmeleri gerekmektedir.

## 10.2 Tartışma

Günümüze değin yapılmış yasal düzenlemelerle su kirliliğinin etkin bir şekilde önlenemediği görülmüştür. Kirlenmenin önlenmesi ve zararlı etkilerinin en aza indirgenebilmesi için kirletici kaynaklarda etkin bir denetim programı uygulanması gerektiği anlaşılmıştır. Böyle bir programın başarısı ise yürürlükteki yönetmelik ve tüzüklerin uygulanabilirliğine bağlıdır. Alıcı ortam özelliklerinin tüm yararlı kullanım amaçlarını aynı anda karşılayacak kaliteye getirilmesi oldukça zor bir seçenektir. Ayrıca yararlı kullanımlar aşamasında çok temiz su gerektirmeyen bir kullanım için su kalitesini yükseltmek akılcı bir çözüm olmayacaktır. Deşarj ve alıcı ortam

standartları, söz konusu alıcı ortamın kalite ölçütleri belirlenerek planlanan yararlı kullanımlar için risk oluşturacak sınır değerler doğrultusunda saptanmalı, tüm alıcı ortamlar ve deşarjlar için tek bir standart uygulanmamalıdır. Bu nedenle havza bir bütün olarak ele alınmalı ve planlanan kullanımlar bazı öncelikler gözönünde bulundurularak yapılmalıdır. Bu amaçla havza bazında hazırlanacak su kalite atlası ve amaçlanan yararlı kullanımların karşılaştırmalı değerlendirilmesi, su kaynağından en uygun şekilde yararlanmayı sağlayacaktır. Çevre kirliliğini önleme konusundaki yaptırımların hükümet politikalarından bağımsız olması bu alandaki uygulamaların daha köklü ve ileriye dönük olmasını sağlayabilir.

9. Bölümde, 2872 sayılı Çevre Kanunu kapsamında 1988 yılında çıkan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği"nde belirlenen kalite sınıflandırmaları esas alınarak hazırlanan senaryolar değerlendirildiğinde, havza boyutunda teknik ve ekonomik olarak yapılabilir bir kirlenme kontrolü uygulanabilmesi için çok sayıda yararlı kullanımı aynı yer ve zamanda gerçekleştirme isteğinin yarattığı çelişkili durumlara çözüm getirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, Havza boyutundaki Su Kaynakları Yönetiminde, akarsu kaynaklarının belirli kesimlerinden bir tek yararlı kullanıma göre planlamalar yapıldığının gözlenmesi sonucu :

- . Su kalitesi yönetiminde öncelikle teknolojik ve ekonomik olarak yapılabilir arıtma sistemlerinin işletilmesi ile sağlanacak deşarj standartları uygulaması ile alıcı ortamın su kalitesi belirlenerek, böyle bir önlem sonucu sağlanan su kalitesinin, planlanan yararlı kullanımlara uygunluğunun araştırılması,
- . planlanan kullanımlar için gereken su kalitesinin sağlanamaması durumunda, öncelikler gözönünde bulundurularak, ya sınırlı sayıda kirletici kaynaktan daha fazla yatırım gerektiren ileri arıtma teknolojilerinin uygulanması,

- veya planlanan yararlı kullanımların, teknolojik ve ekonomik olarak yapılabilir arıtma uygulamasından sonra alıcı ortamda oluşan su kalitesine göre değiştirilmesi

önerilmektedir.






## KAYNAKLAR

- AKGÜN,G., (1986a), Eskişehir ve Kütahya Mezbahaları Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, Lisans Tezi, İTÜ.
- AKGÜN,G., (1986b), Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, Lisans Tezi, İTÜ.
- ARTAN,R., (1983), Akarsu Kalite Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BECK,B., (1975), The Identification of Algal Population Dynamics in a Freshwater System. Lund Institute of Technology, Sweden.
- BECK,M.B. (1982), The Development and Application of Management, Paper to UNESCO International Workshop, La Coruna, Spain.
- BISWAS,A., (1981), Models for Water Quality Management, Mc Graw-Hill.
- DHL., (1981), Toepassing Van Het Waterkwaliteitsmodel MODQUAL Op De Rijn, Verslag Onderzoek, R 1056-VII/S 321-VI.
- DİE, (1985), Nüfus Yıllıkları, Ankara.
- DİMİ, (1980), Meteoroloji Yıllığı, Ankara.
- DSİ., (1970), Porsuk Çayına Karışan Endüstri Artık Sularının Kimyasal Kontrolü ve Porsuk Çayının Kirlenmesi.
- DSİ., (1974), Porsuk Barajının Kütahya Azot Fabrikası Artıklarıyla Kirlenmesi.
- DSİ., (1980), Protection of Inland Water Quality Porsuk River Pilot Proje, TUR/77/019 Final Report, Ankara.
- DSİ., (1976) Su Analizi Metotları.
- DSİ., (1983a) Kırka Yöresi Bor Kirliliği Araştırması.
- DSİ., (1983b) Çubuk Çayı Kirlilik Araştırması.
- DSİ., (1983c) Kurtboğazı Baraj Gölü Kirlilik Araştırması.
- DSİ., (1984) Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması.
- DSİ., (1989) Su Kalitesi Gözlem ve Denetimi Semineri.

- DURDU,N., (1986), Sakarya Havzası Su Kalitesi Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EIE., (1985), Akım Gözlem Yıllığı.
- EPA, (1985) Rates, Constants and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling (Second Edition) United States Environmental Protection Agency, June 1985.
- GARLAND,J.H.N, (1982) Mathematical Interpretation of River Water Qaulity. WHO Course on Water Pollution Monitoring and Management. Water Research Centre.
- GÖKNİL,H., TORÖZ,İ., ÇİMSİT,Y., (1984), Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları, Tekstil Endüstrisi, İTÜ.
- GÖNENÇ,E., ORHON,D., ARTAN,R., (1983), Water Quality Management in the Sakarya River Basin: Planning Phase. Wat. Sci. Tech. Vol. 16, pp.435-441.
- GÖNENÇ.E., (1984), Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları, Mezbahalar ve Et Ürünleri Endüstrisi, İTÜ.
- GÖNENÇ,E., ORHON,D., MENET,H., (1985), Water Quality Management in the Sakarya River Basin Evaluation and Modelling. NATO Seminario Sobre Gestaoe Modelaçao Matematica de Qualidode da Agua em Rios, Lisboa, 24-27 de Junho, Portugal.
- GÖNENÇ,E., ORHON,D., (1986), Water Quality Modelling in the Porsuk River. Proceedings of the Conference on Water Quality Modelling in the Inland Natural Environment, Bournemouth, England, 10-13 June, pp.27-36.
- GÖNENÇ,E., ORHON,D., SÖZEN,S., (1989), A Rational Approach to Waste Allocation in the Sakarya River Basin. Pergamon Press.
- GÖRGÜLÜ,N., (1986), Metal Endüstrisinde Kirlenme Kontrolu ve Atıksu Karakterizasyonu, Lisans Tezi, İTÜ.
- HOPSTAKEN,C.; WESSELING,J.W; WIT,P; de BRUYN,P.J; KLOMP,R., (1986), Excessive Manuring and its Effects on Nitrogen and Phosphorus Concentrations in Soil, Ground and Surface Water of the North-West Veluwe, Netherlands.

- İTÜ., (1982), Revised Project Plan on River Basin Management for the Sakarya River Basin. Technical University of Istanbul.
- LOUCKS, D.P., STEDİNGER, J.R., and HAİTH, D.A., (1981). Water Resource Systems Planning and Analysis. Cornell University. New Jersey, p.559.
- MASLAK, C., (1986), Metal Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü ve Atıksu Karakterizasyonu, Lisans Tezi, İTÜ.
- MENET, H., (1985), Water Quality Management for the Por-suk River Basin. Master Thesis, İ.T.Ü.
- MERİÇ, S., (1987) Karasu Nehrinde Endüstriyel Atıksu Kir-lenmesi, Lisans Tezi, İTÜ.
- METCALF-EDDY, (1982), Wastewater Engineering Treatment Disposal, Reuse, New Delhi.
- POSTMA, L., (1981), MODQUAL, een 1-dimensional Steady-State Model Voor Rivierstelsels. R1056-IV/R1463-I/S321-IV. Delft Hydraulic Laboratory. Delft.
- SİMONSEN, J.F. and HARREMOES, P., (1978a) Oxygen and pH Fluctuations in Rivers. Water Research Vol.12. pp. 477-489.
- SİMONSEN, J.F., DAHL-MADSEN, K.I., (1978b) Eutrofication Models for Lakes. Water Quality Institute, Denmark.
- ROESNER and others, (1977), User's Manual for the Stream Quality Model Qual II, Water Resources Eng. Inc., California.
- SİSTEM PLANLAMA PROJE ve İNŞAAT LTD.Şt. (1988), Kütahya Eysel Atıksu Arıtma Tesisi Projesi.
- STANDARD METHODS, (1975) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Water Works Association, 14. Edition.
- STEFAN, H., CARDONI, J., (1983) Model of Light Penetration in a Turbid Lake, Water Resources Research, pp 109-120.

- TAŞLI,R., (1986a), Kütahya, Eskişehir Şeker Fabrikaları Atıksu Karakterizasyonu ve Arıtma Alternatifi, Lisans Tezi, İTÜ.
- TAŞLI,R., (1986b), Şeker Endüstrisi, İTÜ.
- TODD,D., BEDIENT,P., (1984) Stream Dissolved Oxygen Analysis and Control. Journal of Environmental Engineering. Vol III No=3, June 1985.
- TÜNAY,O., ve ALTAN,D., (1984), Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları, Gübre Endüstrisi, İTÜ.
- TÜRKİYE SINAİ KALKINMA BANKASI A.Ş., (1980) Genel Gübre Araştırması.
- VAN PAGEE,J.A., (1983a), Water Quality Modelling in Relation to River Basin Management Case Study: The River Rhine. Wat.Sci.Tech. Vol.16. York.
- VAN PAGEE,J.A., (1983b), Water Quality modelling of the River Rhine and Its Tributaries in Relation to Sanitation Strategies. Publication no:229. Delft Hydraulics Laboratory.
- WALKER,R. SNODGRASS,W (1985), Model for Sediment Oxygen Demand in Lakes. Journal of Environmental Engineering, Vol.112, No=1, February 1986.
- YENİLMEZ,P., (1986) Kütahya Azot Fabrikası Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, Lisans Tezi, İTÜ.



E K L E R

\* A040706 \* FILE: VALDET OUTPUT A1 01/06/89 17:52 ITU AYAZARA PAGE 0000 COMPUTER PRINTED OUTPUT

MEAN SQUARE IN ALGAE AFTER ITERATIONS:  
MEAN SQUARE IN ALGAE AFTER 5 ITERATIONS:  
MEAN SQUARE IN ALGAE AFTER 6 ITERATIONS:  
MEAN SQUARE IN ALGAE AFTER 7 ITERATIONS:  
MEAN SQUARE IN ALGAE AFTER 8 ITERATIONS:  
MEAN SQUARE IN ALGAE AFTER 9 ITERATIONS:  
1

PAGE 3

STRUNG WATER QUALITY MODEL SAKARYA  
MODEL K 2633  
APRIL 20, 1989  
VOLIGENS: SAKARYA

RGH	ELT	DIST	FLOW	INCR	TEMP	DC	BCD	CCC	KJEN	MJEN	NCZN	CX N	TOTN	DTTP	TJTP	CHL	DET	MSD
1	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
7	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
13	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
17	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
18	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
21	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
22	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
25	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
26	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
27	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
28	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
29	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
30	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
31	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
32	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
33	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
34	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
35	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
36	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
37	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
38	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
39	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
40	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
41	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
42	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
43	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
44	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
45	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
46	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
47	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
48	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
49	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
50	12345678	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

PAGE 3

STRUNG WATER QUALITY MODEL SAKARYA  
MODEL K 2633  
APRIL 20, 1989  
VOLIGENS: SAKARYA











## ÖZGEÇMİŞ

Selmin Burak Baltaoğlu, 1955 yılında İstanbul'da doğmuştur. 1973 yılında Notre Dame De Sion Fransız Kız Lisesini bitirerek aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Temel Bilimler Fakültesine girmiştir. 1975-1978 yılları arasında Fakülteden izinli olarak gittiği Strasbourg Louis Pasteur Üniversitesi'nde Fizik Bölümüne devam etmiştir. 1980 Haziranında Temel Bilimler Fakültesini bitirerek aynı yıl Fakültenin Meteoroloji Bölümünde Yüksek Lisans programına başlamıştır. 1982 yılında "Albedonun Çeşitli Yüzeyler için Deneysel Olarak İncelenmesi" adını taşıyan tez çalışması ile Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 1983 yılında İnşaat Fakültesi Çevre Bölümünde doktora çalışmalarına başlamıştır. 1981-1984 yılları arasında DMI Bölge Müdürlüğünde çalışmıştır. 1985 yılından itibaren U.B.M. A.Ş de Proje Mühendisi olarak çalışmaktadır.