

39706.

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

39706

PORSUK NEHRİ MODELİNİN

BELİRSİZLİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. F. Ercan KEFLİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Ocak 1994

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Şubat 1994

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Hasan Z. SARIKAYA

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ethem GÖNENÇ

: Doç.Dr. Hasan Ali SAN

**F.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ŞUBAT 1994

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Porsuk Nehri su kalitesi yönetiminde, mevcut durumun tespiti ve su kalitesi yönetiminde,değişik strateji ve senaryolara ışık tutmak amacıyla oluşturulan Porsuk Nehri Modeli nin kalibrasyonu ve belirsizlik analizi yapılmıştır.

Bu tez çalışması sırasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışmanım Prof.Dr. Hasan Z. Sarıkaya' ya teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmasının başladığı günden itibaren, çalışmanın her aşamasında, engin bilgisinden, deneyiminden yararlandığım, Prof.Dr. İ.Ethem Gönenc' e, çalışmaya katkıları, bana verdiği desteği ve engin sabrı için teşekkür ederim.

Son olarak beni bugünlere getiren ve bu aşamaya kadar bana her türlü desteği veren aileme sonsuz teşekkürler. Onlar olmasa bu çalışma olamazdı.

F.Ercan KEFLİ

Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	IX
ÖZET	XI
SUMMARY	XII
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. PORSUK HAVZASININ ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ	3
2.1 Genel Bilgiler	3
2.2 Jeoloji ve Topoğrafya	3
2.3 Meteoroloji	5
2.4 Hidroloji	8
2.5 Demografik ve Sosyoekonomik Yapı	8
2.6 Arazi Kullanımı	17
2.7 Su Potansiyeli ve Kullanımı	17
BÖLÜM 3. KİRLETİCİ KAYNAKLAR VE KİRLETİCİ YÜKLERİN BELİRLENMESİ	19
3.1 Genel Bilgiler	19
3.2 Porsuk Havzasında Kirletici Kaynaklar	21
3.3 Havzada Kara Kökenli Kirletimin Boyutu	62
BÖLÜM 4. PORSUK HAVZASINDA YARARLI KULLANIMLAR	68
4.1 Yararlı Kullanım Kavramı	68
4.2 Porsuk Havzasında Günümüzdeki Yararlı Kullanımlar	68
4.3 Porsuk Havzasının Gelecekteki Yararlı Kullanımları	72
BÖLÜM 5. PORSUK HAVZASININ SU KALİTESİ	77
5.1 Porsuk Havzasında Su Kalitesi İzleme Çalışmaları	77
5.1.1 1980 Öncesi İzleme Çalışmaları	77
5.1.2 NATO Projesi Kapsamında Su Kalitesi İzleme Çalışmaları	79
5.2 Su Kalitesinin Değerlendirilmesi	94

BÖLÜM 6.	PORSUK HAVZASINDA SU KALİTESİ YÖNETİM ESASLARI	99
6.1	Su Kalitesi Yönetim Kavramı	99
6.2	Benimsenen Yaklaşım ve Model Gereksinimi	101
BÖLÜM 7.	PORSUK NEHRİ SU KALİTESİ MODELİ VE ÖZELLİKLERİ	105
7.1	Model Seçimi İçin Yapılan Çalışmalar	105
7.2	Model Yapısı	111
7.3	Sayısal Çözüm ve Simülasyon Sistemi	118
7.4	Program Girdi ve Çıktıları	123
BÖLÜM 8	PORSUK NEHRİ MODELLEME AŞAMALARI	124
8.1	Veri Analizi ve Program Girdilerinin Hazırlanması	124
8.2	Kalibrasyon ve Duyarlılık Analizi	150
8.3	Değerlendirmeler	155
BÖLÜM 9	BELİRSİZLİK ANALİZİ VE QUAL2E-UNCAS MODELİ	162
9.1	Giriş	162
9.2	QUAL2E-UNCAS Programının Kullanımı	163
9.3	Giriş Değişkenleri Varyansı	165
9.4	QUAL2E-UNCAS Belirsizlik Analizleri	165
9.4.1	Duyarlılık Analizi	167
9.4.2	Birinci Derece Analizi	168
9.4.3	Monte Carlo Simülasyonu	171
9.5	Programlama Stratejisi	172
BÖLÜM 10.	PORSUK NEHRİNİN BELİRSİZLİK ANALİZİ	175
10.1	Giriş	175
10.2	Program Sonuçları	180
10.2.1	BOİ Simülasyon Sonuçları	180
10.2.2	Çözünmüş Oksijen Simülasyon Sonuçları	188
BÖLÜM 11	SONUÇ VE ÖNERİLER	195
KAYNAKLAR		196

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Porsuk Havzasında Ortalama Sıcaklık	6
Tablo 2.2	Porsuk Havzasında Aylık Yağış Yüksekliği	6
Tablo 2.3	Porsuk Havzasında Aylık Buharlaşıma Miktarı	7
Tablo 2.4	Porsuk Havzası Hidrolojik Gözlem İstasyonları	9
Tablo 2.5	Porsuk Havzasında Nüfus Dağılımı	16
Tablo 2.6	Porsuk Havzasında Yer Alan Önemli Endüstriler	16
Tablo 2.7	Porsuk Havzasında Arazi Kullanımı	17
Tablo 3.1	Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri	20
Tablo 3.2	Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakterizasyonu	20
Tablo 3.3	Birim Drenaj Suyu Yükleri	21
Tablo 3.4.	Birim Azot Yükleri	21
Tablo 3.5.	Birim Fosfor Yükleri	21
Tablo 3.6	Kütahya Şeker Fabrikası Üretim Kapasitesi	22
Tablo 3.7	Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteri	25
Tablo 3.8	Kütahya Şeker Fabrikası Atık Yükleri	26

Tablo 3.9	Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	27
Tablo 3.10	Kütahya Mezbahasının Kapasitesi	26
Tablo 3.11	Et Ürünleri Endüstrisi Karakterizasyonu	30
Tablo 3.12	Kütahya Mezbahası Atıksu Karakteristikleri	31
Tablo 3.13	Kütahya-Eskişehir Mezbahaları Atıksu Karakteri	32
Tablo 3.14	Kütahya-Eskişehir Mezbahaları Atıksu Yükleri	33
Tablo 3.15	Kütahya Azot Sanayi Yıllık Üretim Miktarları	34
Tablo 3.16	Kütahya Azot Sanayi Yıllık Hammadde Tüketim Miktarı	35
Tablo 3.17	Kütahya Azot Sanayi Yıllık Kömür Tüketim Miktarı	35
Tablo 3.18	Kütahya Azot Fabrikasında Su Dağıtımı	37
Tablo 3.19	Amonyak ve Amonyum Nitrat Alt Kategorisi Kirletici Miktarları	38
Tablo 3.20	Kütahya Azot Fabrikası Karakteristikleri	40
Tablo 3.21	Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası Üretim Kapasitesi	39
Tablo 3.22	Sümerbank Basma Fabrikası Atıksu Karakteristikleri	44
Tablo 3.23	Tekstil Endüstrisine Ait Literatür Değerleri	45
Tablo 3.24	Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası üretim Kapasitesi	43
Tablo 3.25	Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası atıksu Karakteristikleri	48
Tablo 3.26	Eskişehir Şeker Fabrikası	47
Tablo 3.27	Eskişehir Şeker Fabrikasında Su Kullanımı	49
Tablo 3.28	Şeker Fabrikası Atıklarının Karakteristikleri	51
Tablo 3.29	Şeker Fabrikası Atıklarının Karakteristikleri	53
Tablo 3.30	Eskişehir Şeker Fabrikası Atıksu Karateristikleri	55

Tablo 3.31	Eskişehir Mezbahası Üretim Kapasitesi	50
Tablo 3.32	Eskişehir Mezbahası Atıksu Karakteristikleri	58
Tablo 3.33	Arçelik A.Ş de Su Kullanımı	60
Tablo 3.34	Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Karakteristikleri	63
Tablo 3.35	Atıksulardaki Kirletici Parametrelerin Karşılaştırılması	64
Tablo 3.36	Porsuk Havzasında Yerleşim Birimlerinin atık Yükleri	66
Tablo 3.37	Porsuk Havzasında Yerleşim Birimlerinin 2000 Yılı atık Yükleri	66
Tablo 3.38	Porsuk Havzası Endüstrilerinin Atık Yükleri	67
Tablo 3.39	Yayıllı Kaynakların Yükleri	67
Tablo 4.1	1989 Yılında İşletmede Olan ve Planlanan Sulama Projeleri	71
Tablo 5.1	Ölçümü Yapılan Parmetreler	84
Tablo 5.2	Her Örnekleme Noktasında Ölçülen Parametreler	86
Tablo 5.3	Su Kaynağının Özelliğine ve Kullanım Amacına Göre Ölçümü Y.P	87
Tablo 5.4	Ölçüm İstasyonlarına Ait Veriler	89
Tablo 7.1.A	Modelde Tanımlanan Süreç ve Mekanizmaları Karkterize E.B	115
Tablo 7.1.B	Modolin Proses Kinetiği	117
Tablo 8.1	Porsuk Nehri Başlangıç Koşulları	149
Tablo 8.2	Akarsu Bölümlerinin Uzunlukları	149
Tablo 8.3	Akarsu Bölümlerindeki Su Sıcaklıkları	147
Tablo 8.4	Kirletici Kaynaklara Ait Ortak Deşarj Yükleri	149
Tablo 8.5	Kalibre edilen Parametrelere Ait Reaksiyon Hız Katsayıları	154
Tablo 9.1	Giriş Değişkelerinin Belirsizlikleri	166

Tablo 9.2	Giriş Değişkenlerinin Rölatif Standart Sapmaları	170
Tablo 10.2	Giriş Değişkenlerinin Varyansları	176
Tablo 10.2	Ölçülmüş Çözünmüş Oksijen Dosyası	181
Tablo 10.3	Analiz Giriş Bilgileri Tablosu	182
Tablo 10.4	BOİ Simülasyon Sonuçları	183
Tablo 10.5	Parametrelerin Standart Sapmaları	184
Tablo 10.6	BOİ Toplam Standart Sapmaları	185
Tablo 10.7	Çözünmüş Oksijen Simülasyon Sonuçları	189
Tablo 10.8	Parametrelerin Standart Sapmaları	190
Tablo 10.9	Çözünmüş Oksijen Toplam Standart Sapmaları	191



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Porsuk Havzası Haritası	4
Şekil 2.2.A	Porsuk Havzası Ölçüm İstasyonları	10
Şekil 2.2.B	Porsuk Havzasında Ölçüm Sonuçları	11
Şekil 2.2.C	Porsuk Havzasında Ölçüm Sonuçları	12
Şekil 2.3	Porsuk Havzasındaki Yerleşimler	14
Şekil 2.4	Porsuk Havzasında Endüstriyel ve Tarımsal Alanlar	15
Şekil 3.1	Porsuk Havzası Endüstri Kuruluşları	23
Şekil 4.1	Porsuk Havzasında Hali hazır Yararlı Kullanımlar	69
Şekil 4.2	Porsuk Havzasında Hali hazır ve Gelecekteki Yararlı Kullanımlar	73
Şekil 5.1	Porsuk Havzasında Ölçüm Yapılan İstasyonlar	80
Şekil 5.2	İzleme Programı İçinde Ölçülen Parametreler	85
Şekil 5.3	Bor ve Klorür için Gözlenen Su Kalitesi	95
Şekil 5.4	1983 Su Yılında Porsuk ta Kalite Değerlendirmesi	96
Şekil 5.4	1984-85 Yıllarında Porsuk ta Kalite Değerlendirmesi	97
Şekil 6.1	Porsuk Havzasında Su Kalitesi Yönetiminin Kavramsal Yaklaşımı	102
Şekil 7.1	Çözülmüş Oksijen Konsantrasyonunda Günlük Değişim	108
Şekil 7.2	Oksijen İçin İkiz Eğri Analizi	108
Şekil 7.3	Qual Modelinin İntegral Yapısı	113
Şekil 7.4	Nehir Bölümlerinin ve Hesaplama Elemanlarının Gösterimi	119

Şekil 7.5.A	Varsayılan Akım Sisteminin Şematik Gösterimi	120
Şekil 7.5.B	Bir Akarsuyu Modele Göre Düzenleme Şeması	122
Şekil 8.1	Porsuk Çayı Ölçüm İstasyonları	125
Şekil 8.2	Sazılar istasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçümler	127
Şekil 8.3	Ağaçköy istasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçümler	136
Şekil 8.4	Porsuk ta Farklı Element Boyutları İçin Çözünmüş Oksijen D.	145
Şekil 8.5	Hesaplama Elementlerinin Gösterimi	146
Şekil 8.6	BOİ Kalibrasyon Sonuçları	156
Şekil 8.7	Çözünmüş Oksijen Kalibrasyon Sonuçları	157
Şekil 8.8	Amonyak Kalibrasyon Sonuçları	158
Şekil 8.9	Nitrit Kalibrasyon Sonuçları	159
Şekil 9.1	Modelin Akış Diagramı	173

ÖZET

Bu çalışmada Porsuk Nehrin Modelinin kalibrasyonu ve QUAL2E-UNCAS programı ile modelin belirsizlik analizi yapılmıştır.

Bugüne kadar ki, bütün model çalışmalarında, simülasyon sonuçları ile kalibrasyon sonuçları arasındaki farklar sadece grafiksel olarak veya analitik olarak değerlendirilmiş, ancak istatistiksel bir analize tutulmamıştır.

Dolayısıyla, modeldeki sapma ve hataların hangi düzeyde olduğu, modelin güvenilirliği ve doğrusallığı hakkındaki tüm yorumlar, grafikler üzerinde yapılmıştır.

Belirsizlik analizleri dünyada su kalite modelleri için sıkça kullanılır hale gelmiştir. Artık model üzerinde çıplak gözle yapılan değerlendirmeler yetersiz kalmakta, istatistiksel analiz gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bu amaçla, çalışmada QUAL2E-UNCAS bilgisayar programı kullanılmış, programın içerisindeki 3 ayrı belirsizlik analizi ayrı ayrı tanıtılmıştır.

Ayrıca QUAL2E modelinin son versiyonu kullanılarak yeniden kalibre edilen, Porsuk Nehri modeli verileri kullanılarak, model üzerinde birinci derece hata analizi yapılmış, elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Belirsizlik analizinden elde edilen sonuçlar modelin yeniden yapılacak kalibrasyonuna ışık tutacaktır.

SUMMARY

UNCERTAINTY ANALYSIS OF PORSUK RIVER MODEL

As environmental controls become more costly to implement and the penalties of judgement errors become more severe, environmental quality management requires more efficient management tools based on greater knowledge of the environmental phenomena to be managed.

The stream water quality model QUAL2E is widely used for waste allocations, discharge permit determinations, and other conventional pollutant evaluations.

In this study, The Porsuk River model that was studied by Dr.Selmin Burak Baltaoğlu, using MODQUAL water quality model, in 1991, has been evaluated and calibrated once more by using the last version of QUAL2E.

But the main aims of this study are to define the uncertainty analysis and to perform the one of selected uncertainty analysis of QUAL2E-UNCAS program including three different uncertainty analysis, to the calibrated Porsuk River Model.

QUAL2E-UNCAS has been shown to provide a useful framework for performing uncertainty analysis in steady-state water quality modelling. Application of the first order error analysis to a data set from Porsuk River Basin has highlighted some of the useful features of uncertainty analysis.

In this study, calibration of Porsuk River Model was done and three uncertainty analysis of QUAL2E-UNCAS were identified.

Finally, first order analysis was performed to the Porsuk River Model data set and results were evaluated.

UNCERTAINTY ANALYSIS

Uncertainty analysis for model simulations is assuming a growing importance in the field of water quality management. The impetus for this concern is provided by recent public awareness over health risks from improper disposal of toxic wastes.

One of the first steps in the chain of risk assessment is the quantification of the error in predicting water quality. Unfortunately, uncertainty analysis of water quality model forecasts has not received as much attention in practice as has the prediction of expected average values.

Uncertainty analysis has been the subject of much discussion in the ecosystem modelling literature with Rose and Swartzman, 1981 and O'Neill and Gardner, 1979. In the water resources literature, lake eutrophication models have been used to compare various methods of uncertainty analysis (Reckhow, 1979; Scavia et al., 1981; and Malone et al., 1983). The methodologies described in this study represent a systematic approach to uncertainty analysis for the general purpose stream water quality model of Porsuk River. The objective is to provide some of the tools for incorporating uncertainty analysis as an integral part of the water quality modelling process.

Three uncertainty analysis can be employed in QUAL2E-UNCAS ; sensitivity analysis, first order error analysis and monte carlo simulation. Thge user is provided this array of options for flexibility, because the methods differ in teir assumptions and will no always agree with each other Discrepancies may be explained by by errors in the first order approximation or by errors dued to biased variance calculations. Monte Carlo simulation has the advantage of output frequency distributions, but it carries a high computational burden. First order error propagation provides a direct estiate of model sensitivity, but that variability is usually more indicative of the variance of model components than of the dynamics of model structure. The methodology provided in QUAL2E-UNCAS allows the model user to perform uncertainty analysis with relative ease and efficiently manages the output from the analysis. The preprocessing and postprocessing algorithms used are, in principle, applicable to many water quality models. The preprocessor allows the user to select th variables and/or parameters to be altered, without having to manually restructure the input data set. This task is

performed automatically by the preprocessor for as many uncertainty conditions as the users wishes to simulate. The postprocessor stores and manipulates only the output of interest, thus reducing potential voluminous output. The user must select the important variables and locations in the stream network where uncertainty effects are desired for analysis.

SENSITIVITY ANALYSIS

With sensitivity analysis option in QUAL2E-UNCAS, the user may vary the inputs singly, in groups, or using factorial design strategies. The input requirements for sensitivity analysis consist of identifying the input variables to be perturbed and specifying the magnitude of perturbation. The output for each sensitivity analysis simulation consists of the change (i.e., the sensitivities) in the value of each output variable (ΔY) resulting from the changes in the values of the input variables (ΔX). This output is provided in tabular format.

FIRST ORDER ERROR ANALYSIS

First order error analysis utilizes the first order approximation to the relationship for computing variances in multivariate situations. The input variables are assumed to act independently and the model to be linear. The first order approximations to the components of output variance is often good.

The QUAL2E-UNCAS output for first order error analysis consists of two parts :

- a) a tabulation of normalized sensitivity coefficients
- b) a listing of the components of variance.

The normalized sensitivity coefficients represent the percentage change in the output variable resulting from a 1 percent change in each input variable, and are computed as follows:

$$S_{ij} = (\Delta Y_j / Y_j) / (\Delta X_i / X_i)$$

S: sensitivity coefficients

X: base value of input variable

ΔX : magnitude of input perturbation

Y: base value of output variable

ΔY : sensitivity of output variable

The components of variance for each output variable Y are the percentages of output variance attributable to each input variable X, computed in the following manner.

$$\text{Var}(Y_j) = \sum \text{Var}(X_i) (\Delta Y_j / \Delta X_i)^2$$

Var(Y): variance of output variable

Var(X): variance of input variable

The components of the output variance, represent a weighting of the input variances, by the square of the sensitivity of model output to the input.

The input requirements for first order error analysis consist of (a) the magnitude of the input perturbation, ΔX and (b) the value of the variance of the input variable, $\text{Var}(X)$.

MONTE CARLO SIMULATION

Monte Carlo simulation is a method for numerically operating complex system that has random components. Input variables are sampled at random from pre-determined probability distribution and the distribution of output values from repeated simulations is analyzed statistically. The validity of this method is not affected by nonlinearities in the water quality model.

The monte carlo simulation computations in QUAL2E-UNCAS provide summary statistics and frequency distributions for the state variables at specific locations in the system. The summary statistics include: mean (base and simulated), bias, minimum, range, standard deviation, coefficient of variation, and skew coefficient. Frequency and cumulative frequency distributions are tabulated in increments of one-half a standard deviation. Comparison of the standard deviation estimates from monte carlo simulations with those from first order error analysis provide an indication of the extent model nonlinearities. Cumulative frequency distributions are useful in evaluating overall dispersion in the model predictions and in assessing the likelihood of violating a water quality standard.

The input requirements for monte carlo simulation option in QUAL2E-UNCAS consist of (a) the variance of the variable, (b) the probability density function of the input variable, and (c) the number of simulations to be performed.

First order analysis was performed to the Porsuk River Model, and following results were obtained from Biocheical oxygen demand and dissolved oxygen simulations

BOD TOTAL STANDART DEVIATION

TOPLAM	0.156	0.912	0.765	0.615	0.696
--------	-------	-------	-------	-------	-------

DISSOLVED OXYGEN TOTAL STANDART DEVIATION

TOPLAM	0.348	0.290	0.188	0.237	0.231
--------	-------	-------	-------	-------	-------

An evaluation of the input factors which contribute the most to the level of uncertainty in an output variable will lead us in the direction of nost efficient data gathering research. In this manner the risk of imprecise forecasts and recommend measures for reducing the magnitude of that imprecision can be assed.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Çalışmanın ilk altı bölümünde Porsuk Havzasının Çevresel özellikleri, kirletici kaynakları, ve su kalitesi tanıtılmaktadır. Çalışmanın bu bölümlerinde bilgiler Dr. Selmin Burak Baltaoğlu'nun tez çalışmasından ve Porsuk havzası ile ilgili diğer kaynaklardan sağlanmıştır.

7. bölümde Porsuk Nehri için model seçim çalışmaları anlatılmaktadır.

8. Bölümde ise Porsuk Nehri modelleme aşamaları adım adım izlenmektedir. Bu bölüm modelin kalibrasyonu ile son bulmaktadır.

9. bölümde QUAL2E-UNCAS modeli tanıtılmaktadır. Bu bölümdeki veriler , proramın kullanım kılavuzundan ve modelleme aşamalarında elde edilen deneyim ve bilgilerden derlenmiştir.

10. bölümde Porsuk Nehri modelinin belirsizlik analizi ve sonuçları anlatılmaktadır.

11. ve son bölüm ise sonuç ve önerileri içermektedir.

Bu çalışmada daha önce yapılmış bir çalışmanın istatistiki yöntemlerle doğruluk analizi yapılmakta ve yorumlanmaktadır.

Çalışmanın bundan sonra gelecek çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.



BÖLÜM 2

PORSUK HAVZASININ ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ

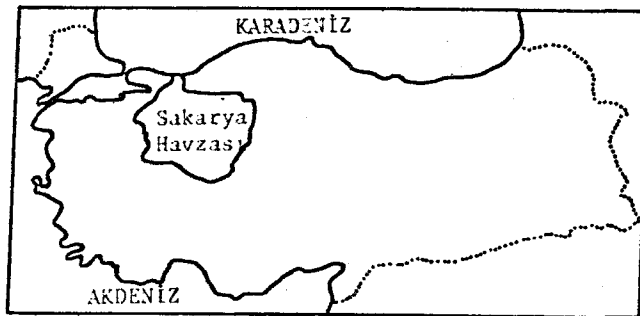
Su kalitesi yönetimi için ilgili havzanın fiziksel ve sosyo-ekonomik çevresine ait özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir.

2.1. Genel Bilgiler

Porsuk Çayı Sakarya Nehir Havzası içerisinde bir althavzadır. Sakarya Nehir Havzası Anadolu'nun kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 2.1). Havza kabaca uzun eksenli doğu-batı doğrultusunda olan bir dikdörtgen şeklinde olup, 5800 km² 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 iç 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 yıkıntıları önünde Sakarya nehri ile birleşir. Taşkından korunmak için Kütahya ile Eskişehir arasında 421 x 10⁶ m³ depolama hacmi olan Porsuk barajı inşa edilmiştir.

2.2. JEOLJİ ve TOPOĞRAFYA

Porsuk Çayı havzasında Porsuk Çayı'nın ve yan kollarının sulandığı önemli tarımsal etkinliğe sahip verimli ovalar vardır. Bunlardan en önemlileri olarak Kütahya, ile 5



Şekil:2.1 - Sakarya nehri havzası haritası

Eskişehir-Alpu olarak sayılabilir. Yüksekliği ortalama 950 m olan Kütahya ovasında akiferler alüvyon ve neojen kalkerleri olup, alüvyon 5-40 m, neojen kalkerleri ise 400 m kalınlık gösterirler.

Porsuk Çayının kaynaklandığı yörelerdeki yükselti 1000 m'nin üzerindedir. Sakarya nehrine karıştığı yerdeki kot ise 300 m civarındadır.

2.3. Meteoroloji

Porsuk havzası genelinde kara iklimi etkindir. Havza içinde çok sayıda meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bunlar arasında karakteristik istasyonlara ait uzun dönemli aylık sıcaklık ve yağış ortalamaları sırasıyla (Tablo 2.1, 2.2)'de verilmektedir.

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 izotermi, yazında 20°C 22°C izotermi havzayı keser.

En az yağış Ağustos, en çok da Aralık ayında görülmektedir. Tüm havzada 500 mm civarında olan yıllık yağış ortalaması, Türkiye ortalamasından daha azdır. Porsuk havzasında yağış kar şeklinde de görülür.

Yıllık buharlaşma miktarı ortalama olarak tüm havza için 900 mm civarındadır. (Tablo 2.3)'de havzada bulunan bazı istasyonlara ait buharlaşma değerleri verilmektedir. Mayıs-Eylül ayları arasında aylık ortalama buharlaşma 1200 mm dir. Ortalama yağış değerleri ile ortalama buharlaşma değerleri karşılaştırıldığında genelde buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu görülmektedir (DMİ, 1980).

TABLO 2.1 **PORSUK** HAVZASINDA AYLIK ORTALAMA SICAKLIK (°C)

Alt Havza İstasyon (periyodu)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık ortalama
(Porsuk)													
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

6

TABLO 2.2 **PORSUK** HAVZASINDA AYLIK YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ (mm)

Alt Havza İstasyon (Periyod)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık Toplam
(Porsuk)													
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

TABLO 2.3 PORSUK 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

2.4. Hidroloji

Havzada halihazırda EİE tarafından kullanılan istasyon sayısı 3 dır. Buharlardan sadece 1 istasyona ait 42 yıllık kayıt bulunmakta, diğerlerine ise genellikle 10 ila 20 yıllık kayıtlara rastlanmaktadır. Bunların haricinde havzada kayıt süreleri 20 yıldan az olan ve DSİ tarafından istenilen istasyonlar 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 a)'da akım gözlem istasyonları verilmektedir. Bu verilere göre Porsuk Çayı'nın Sakarya Nehri'ne boşalttığı su miktarı ortalama 16 m³/sn'ye ulaşmaktadır. Yıllık debi kayıtları incelendiğinde akımda büyük mevsimlik değişimler olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 2.2 b). Ancak bu değişimler Sakarya bileşiminden önce oldukça azalmaktadır (Şekil 2.2 c). 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. Porsuk barajının sadece kendi amaçları doğrultusunda işletilmesi akım değişimlerini arttırmaktadır. 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

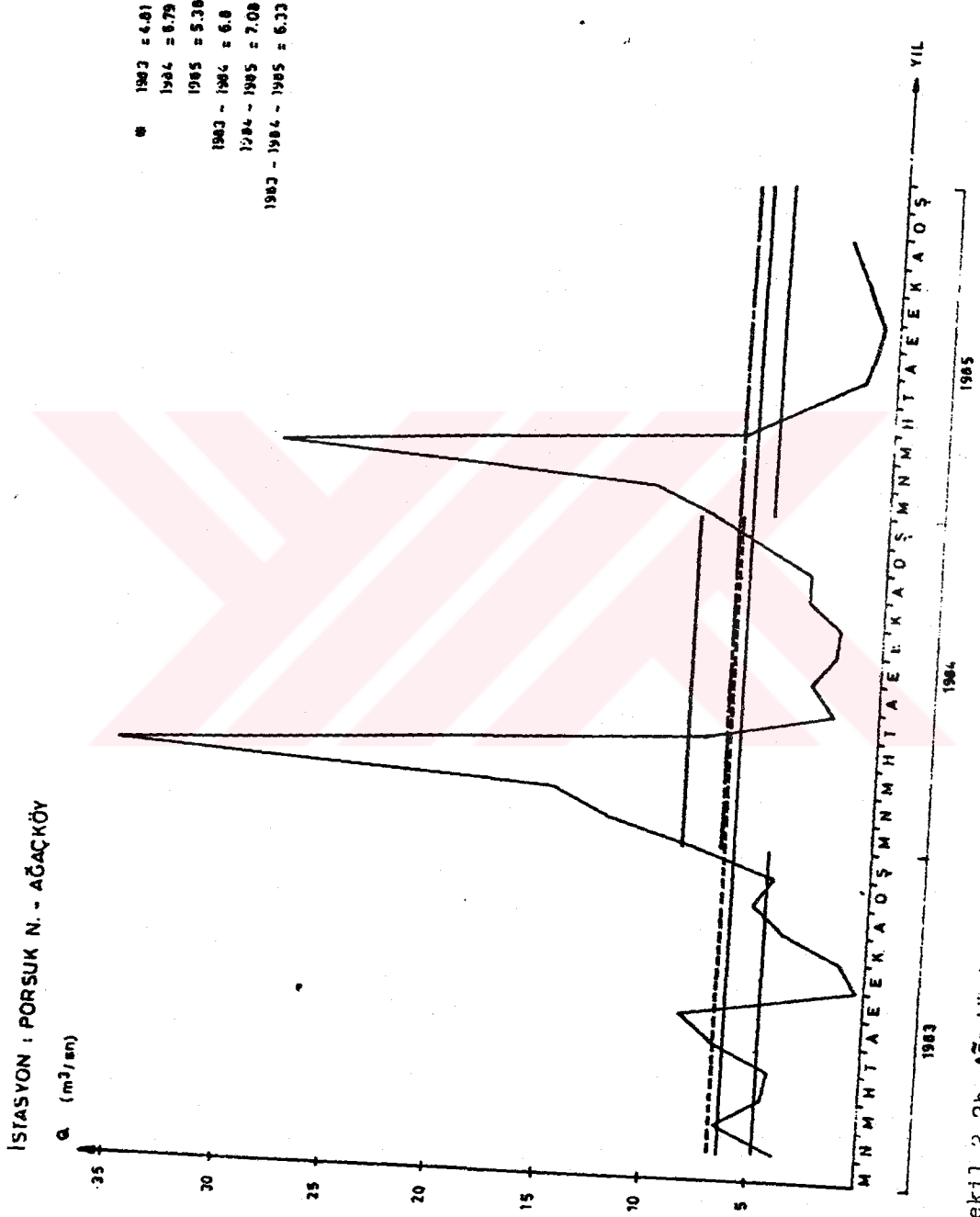
Akarsu havzalarının gelişimi, özellikle yurdumuzda görülen kırsal alanlardan kentlere yönelen göçler, gerek su temini gerekse kullanılmış suların uzaklaştırılması ile ilgili yeni gereksinimleri yaratmakta ve su kaynaklarının yönetimini gündeme getirmektedir. Bu sosyoekonomik gelişme sürecinde suyun kısıtlayıcı olmaması evsel endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için istenilen yere, istenilen zamanda ve miktarda su temininin ve yapılacak yatırımların havza bazında planlanmasını gerekli ve zorunlu kılmaktadır. Bu planlamalar ise ancak demografik yapının iyi değerlendirilmesiyle başarıya ulaşabilir.

TABLO 2.4. PORSUKHAVZASI HİDROLOJİK GÖZLEM İSTASYONLARI

Alt Havza	İstasyon No	İstasyon Adı	Kot (m)	Gözlem Aralığı	Kayıt Süresi	Yağış Alanı (km ²)	Ortalama Debi (m ³ /s)
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



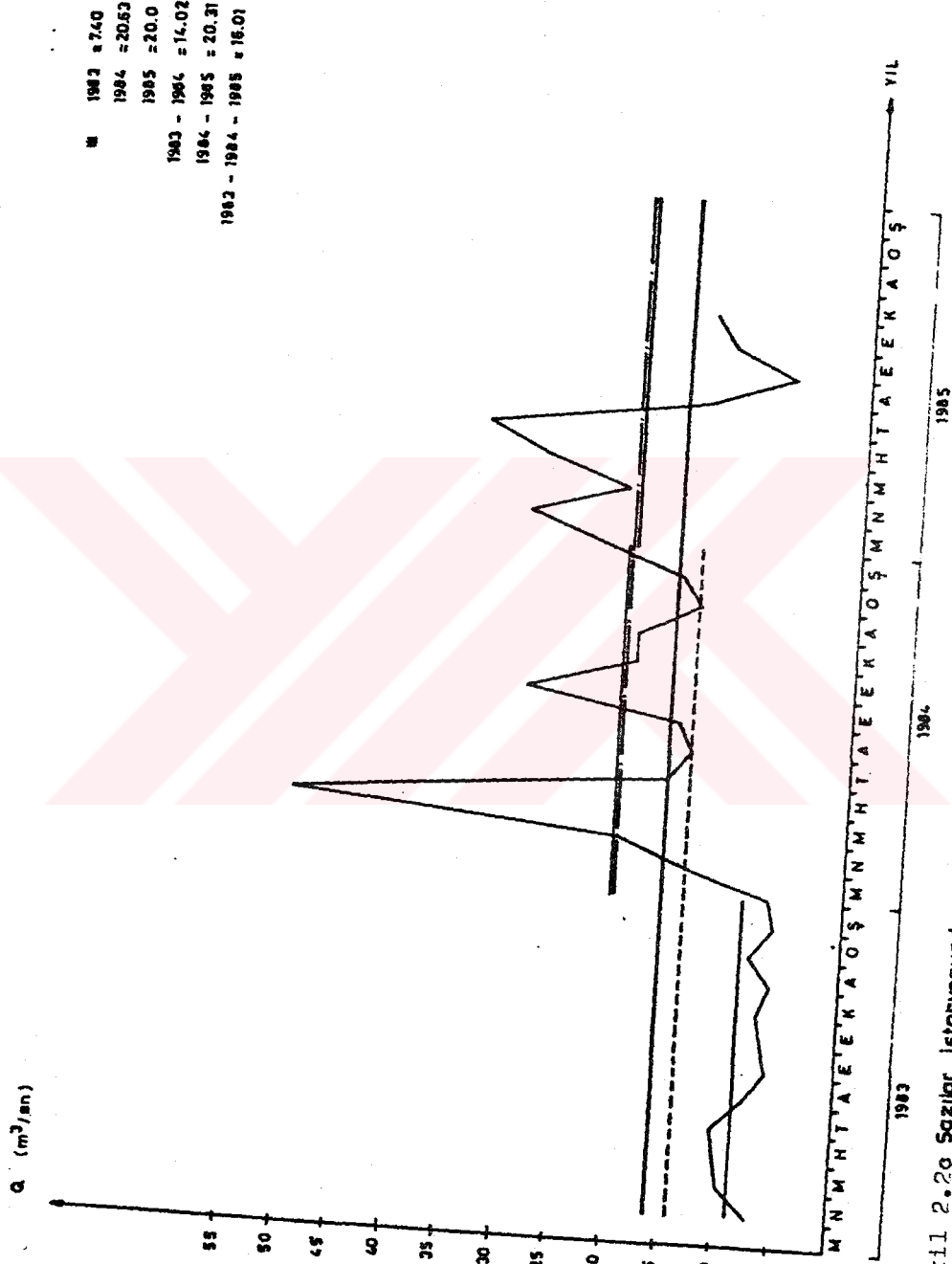
Şekil: 2.2a Sakarya havzası ölçüm istasyonları



Sekil 2.2b - Ağaçköy İstasyonunda yapılan çeşitli parametrelere ait ölçüm ve değerlendirilmeler

* İLGİLİ SU YILLARINA AIT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR.

İSTASYON : PORSUK N.-SAZILAR



1983 = 24.0
 1984 = 20.62
 1985 = 20.0
 1983 - 1984 = 14.02
 1984 - 1985 = 20.31
 1983 - 1984 - 1985 = 18.01

Şekil 2.2a Sazılar İstasyonunda yapılan çeşitli parametrelere ait ölçüm ve değerlendirmeler.

*İLGİLİ SU YILLARINA AİT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR

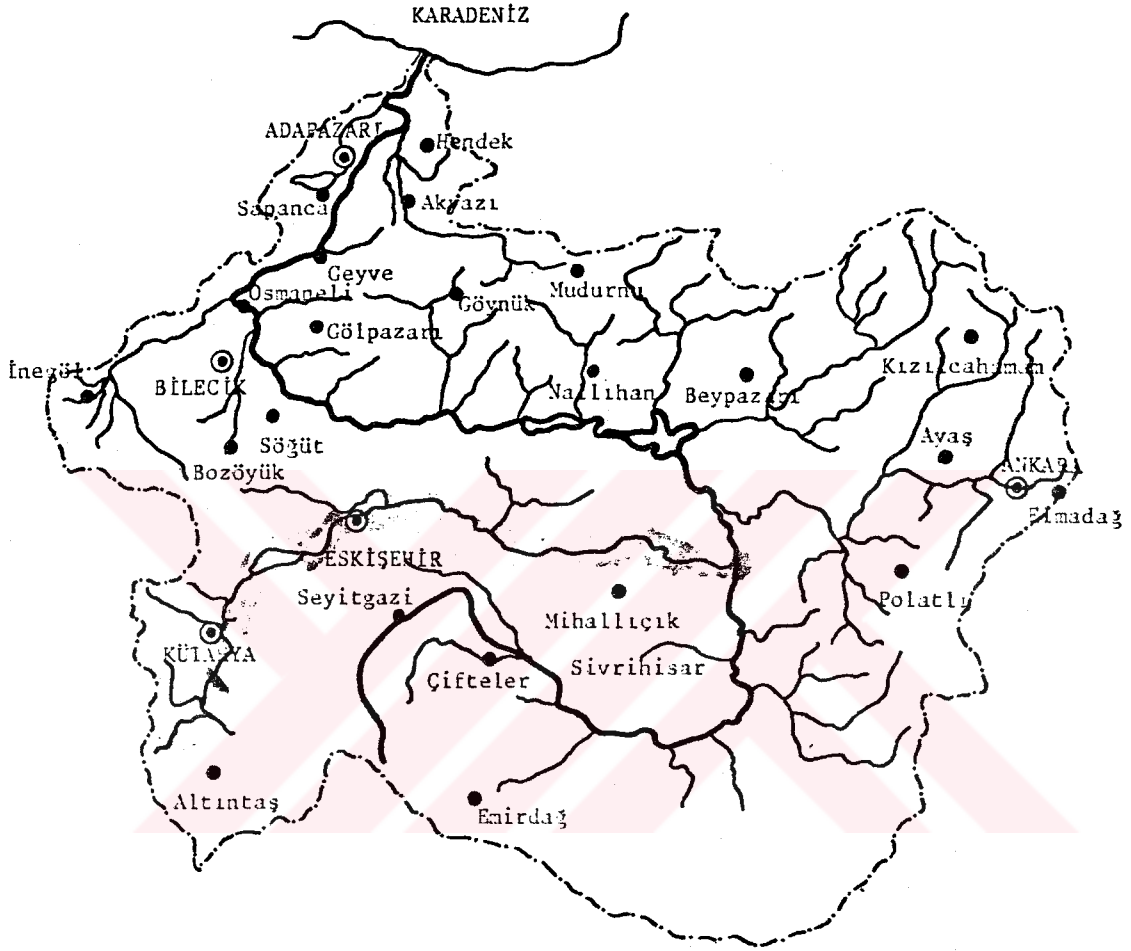
Porsuk havzasında Türkiye nüfusunun yaklaşık 1 %'inin (600 000 kişi) yaşadığı iki önemli kentimiz olan Eskişehir ve Kütahya yer almaktadır (Şekil 2.3).

Alt havzalar bazında ayrılmış tüm yerleşim birimlerinin son onbeş yıllık nüfusları (Tablo 2.5)'de verilmektedir. Görüldüğü gibi toplam havza nüfusunun 85 %'i halen kentlerde yaşamaktadır.

Havzanın büyük kentleri aynı zamanda da endüstriyel merkezlerdir. Bu endüstrileşme hareketleri de kırsal nüfusu çok en önemli bir etmendir. Ancak herşeye rağmen nüfusun bir kısmının da halen tarımla uğraştığı söylenebilir. (Şekil 2.4)'de havzada ki endüstriyel ve tarımsal alanlar gösterilmektedir.

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 (DSİ, 1980).

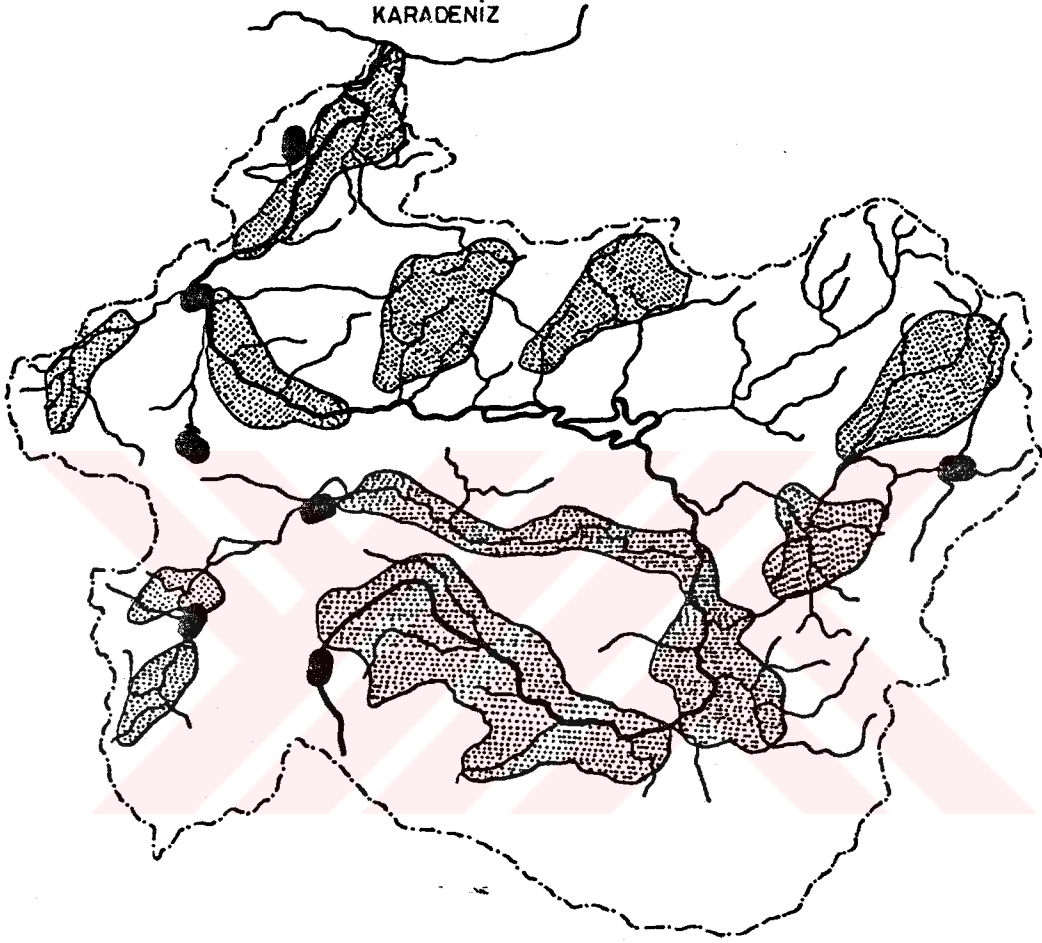
Bu projeksiyon, kentsel nüfus oranının %60'lardan %80'lere ulaştığı düşünülürse normal karşılanabilir. Ayrıca havzada yoğun endüstriyel etkinlikler mevcuttur. Türkiye'nin en önemli 2 şeker ve gübre fabrikasıyla tekstil ve lokomotif fabrikası havzada yer almaktadır. Ayrıca Eskişehir'de büyük bir organize 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 ve 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.



● ŞEHİRLER

● KAZALAR

Şekil:23- Sakarya havzasındaki yerleşimler



TARIMSAL ALANLAR



ENDÜSTRİYEL ALANLAR

Şekil: 2.4 - Sakarya havzasında endüstriyel ve tarımsal alanlar

TABLO 2.5. PORSUK ÇAYI HAVZASINDA NÜFUS DAĞILIMI

ALT HAVZA	NAHİYELER	N Ü F U S			
		1970	1975	1980	1985
PORSUK	Altıntaş	38898	32153	29611	33698
	Kütahya	129056	147928	162434	181531
	Eskişehir	284100	324950	373988	430670
	Mihalıçcık	41275	38312	37191	35838
	TOPLAM	488329	543343	603224	681737

TABLO 2.6 PORSUK ÇAYINDA YER ALAN ÖNEMLİ ENDÜSTRİLER

Endüstri	Kategori	Alt Havza
Kütahya Şeker	Şeker	Porsuk
Kütahya Mezbaha	Mezbaha	
Kütahya Azot	Gübre	
Kümas	Mineral	
Sümerbank Basma	Tekstil	
DDY Vagon	Metal Son İşlemleri	
Eskişehir Şeker	Şeker	
Eskişehir Mezbaha	Mezbaha	
Eskişehir Organize Sn.	Metal Son İşlemleri	

2.6. Arazi Kullanımı

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

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 artırılabilceği tarım alanı toplamın 20 %'si civarındadır.

Tablo 2.7 Porsuk Havzasında Arazi Kullanımı

Yer Merkezi	Tarım Alanı (ha)	Mera (ha)	Orman (ha)	Diğer (ha)	Toplam (ha)
Kütahya	471592	76773	603041	36102	187509
Eskişehir	5633015	347642	367353	84952	1365348

2.7. Su Potansiyeli ve Kullanımı

Havzanın su potansiyelinin kentlere göre dağılımı (Tablo 2.8) de verilmektedir (DSİ, 1980). Buna göre toplam su potansiyelinin 80 %'i yüzeysel sular, 20 %'si yeraltı sularından kaynaklanmaktadır. Yeraltı su potansiyeli havza içindeki ovalarda ortaya çıkmaktadır. Toplam yıllık potansiyeli yaklaşık 129 milyon m³ olan bazı valara ait güvenilir yeraltısuyu miktarı Tablo 2.9 da verilmektedir.

Bu uygulamalara ait bilgiler Tablo 2.10'da özetlenmektedir.

Havzada endüstriyel ve evsel su kullanımları içinde büyük bir su potansiyeli mevcuttur. Havzanın büyük kentleri halen daha çok yeraltı su kaynaklarını kullanmaktadır. Kütahya'nın 3 milyon m³/yıl, Eskişehir'in 18 milyon m³/yıl su gereksinimi yeraltı suları ile karşılanabilmektedir.



BÖLÜM 3

KİRLETİCİ KAYNAKLAR VE KİRLENME YÜKLERİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Genel Bilgiler

Bu bölümde Porsuk 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 kirleticiler, atıklarını 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 kirleticiler yerleşim merkezleri ile endüstrilerdir. Yerleşim merkezlerinin başlıcaları, Kütahya ve Eskişehir olup, atıklarını yan kollara boşaltmaktadırlar. Bunlardan sadece Kütahya'nın arıtma sistemi tamamlanabilmiştir. Bu merkezlerin atıksularının 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, 3.2) deki birim değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Tablolarda birim atıksu hacminin 200 L/N-gün olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 3.1 Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakteri (Yük bazında, g/kışı-gün)

BOI ₅	TAM	Org-N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Org-P	Inorg-P
45	70	2	4	0	0	0.5	1.0

Tablo 3.2 Yerleşim Merkezleri Atıksu Karakterizasyonu

BOI ₅	TAM	Org-N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Org-P	Inorg-P
225	350	10	20	0	0	2.5	5

Havzada diğer önemli noktasal kirletici kaynak, tüm havzaya 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 deşarjlarda yapılan sistematik ölçüm ve analizlerden yararlanılmıştır. Ayrıca endüstriyel kirlenme bazında kategorize edilerek literatürle karşılaştırılmıştır. Atıksu karakterizasyonu sonucunda endüstrilerin kirlenme yükleri saptanmıştır.

Yayılı Kaynakları

- . 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 sistemati ölçüm ve analizt yapılmamıştır. Ancak literatür değerlerinden, arazi kullanımına bağlı olarak yayılı kaynaklara ait önemli kirletici parametrelerin hesaplanmış birim yükleri (Tablo 3.3) de verilmektedir (Gönenç ve diğerleri, 1985).

Tablo 3.3 Birim Drenaj Suyu Yükleri (kg/ha.gün)

Yerleşim Bölgeleri		Tarım Alanları	Diğer
BOI	0.160	0.0060	0.0030

Tablo 3.4 Birim Azot Yukleri

	Yerlesim Bol.	Tarim Alanlari	Diger
N	0.012	0.0050	0.0025

Tablo 3.5 Birim Fosfor Yukleri

	Yerlesim Bol	Tarim Alanlari	Diger
P	0.003	0.0003	0.0002

Bu genel bilgilerin ışığında, havzaya ait kirletici kaynaklar aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3.2. 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 sanayii kuruluşlarının atıksuları ile birleşen Porsuk Çayı kaynağın yaklaşık 140 km'sinde Porsuk Barajına 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 çıkışında 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, kategorizasyonu verilmektedir.

KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI

Tanım ve Kapasite

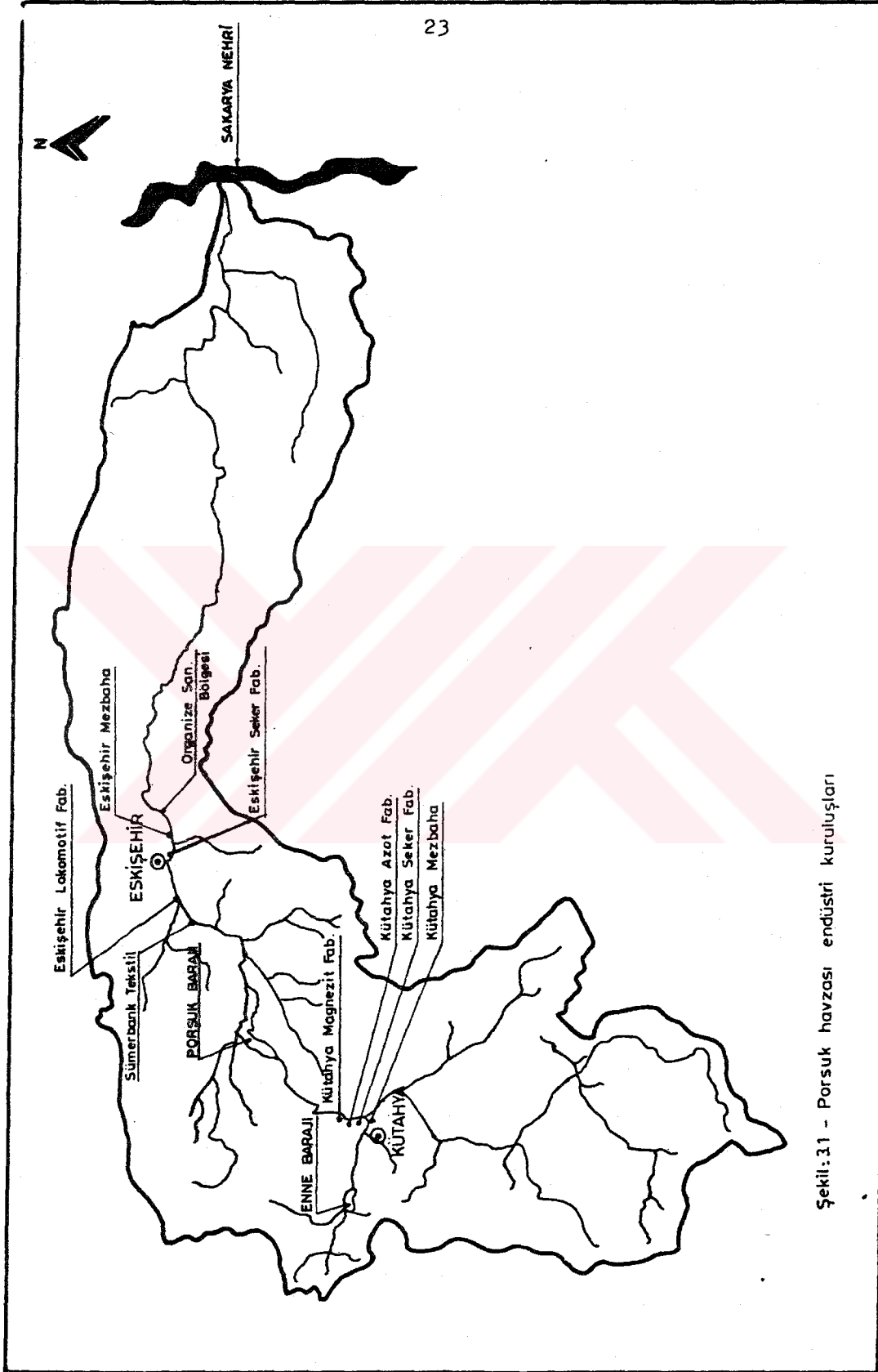
1954 yılından beri üretimde bulunan Kütahya Şeker Fabrikası şeker pancarı işleyen entegre bir şeker üretim tesisidir. Üretimden kaynaklanan atıksularını Porsuk çayına boşaltan fabrika Porsuk Çayının yaklaşık 85 km'sinde yer almaktadır. Fabrikada üretilen maddeler, bunların yıllık üretim miktarları ve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

Tablo 3.6 Kütahya Şeker Fabrikası Üretim Kapasitesi

Üretim Maddeleri	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



Şekil:31 - Porsuk havzası endüstri kuruluşları

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 (Taşlı, R., 1986 a).

Üretim sırasında pancar yıkama, CO₂ 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 saattir. Fabrikada 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 Ağustos'ta 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 күкүрт, 250 ton formalin tüketildiği saptanmıştır. Melasli 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 küspedir (Taşlı, R., 1986b).

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste kullanılan suyun bir kısmı kluyulardan, bir kısmı ise DSI sulama kanalından sağlanmaktadır. Kuyudan çekilen su 5000 m³/gün, sulama kanalından çekilen ise 65.000 m³/gün'dür. Toplam 70 000 m³/gün olan suyun 65 000 m³/gün'lük kısmı proseste, 3000 m³/gün'lük miktar türbin ve pompa soğutma suyu olarak, geri kalan 2000 m³/gün'lük kısmı ise evsel nitelikli kullanma suyu olarak kullanılmaktadır.

Pancar yıkama ve yüzdürme sularından oluşan deşarj 3500 m³/ton dur. Bu işlem için gerekli miktar genelde 100 ton pancara 1000 m³ atıksu kadardır. Soğutma kulesinden atılan miktar ise 3000 m³/gün'dür. Evsel nitelikli atıksu miktarı ise 200 m³/gün'dür.

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

Tablo 3.7 Kütahya Şeker Fabrikası Atıksu Karakteri

Kirletici Parametreler	Şlomp Atığı	Şlampe Atığı
KOI (mg/l)	865. 000	63.219
AKM (g/100 ml)	0,275	10.201
pH	7,080	4.6
KM _n O ₄ tüketimi (mg/l)	1,515	823.3

Tablo 3.8 Kütahya Şeker Fabrikası Atık Yükleri

Debi	BOI ₅	AKM
34 993 m ³ /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 mezbahası halen atıklarını akarsuya deşarj etmektedir. Burada hergün sabahın erken saatlerinde başlayan kesim işlemi 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 Mezbahasının Kapasitesi

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

TABLO 3.9 KÜTAHYA ŞEKER FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Nümune Sayısı		Deney sonuçları			Nümune Sayısı		Deney Sonuçları			Nümune Sayısı		Deney Sonuçları				
	n	min	Huziran 78-Eylül 79		max	n	Pancar Yıkama		min	Çamur		n	Haziran 78-Eylül 79		min	Deşarj Kanalı	
			ort	max			ort	max		ort	max						
Q (m ³ /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 ₅ (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 ₃ -N (mg/l)	2	5.5	5.9	6.4		1			-	5.5	-	1			-	4.8	-
NO ₂ -N (mg/l)	2	0.04	0.05	0.06		1			-	0.02	-	1			-	0.44	-
NO ₃ -N (mg/l)	2	0.85	1.10	1.35		1			-	0.6	-	1			-	1.5	7
o-PO ₄ (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

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.

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 parçalanma ve kemiklerin ayrılması işlemi denir. Et endüstrisinde her bir proseste kullanılan hammadde, bir önceki proseste 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)

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, tutsüleme, haşlama, pişirme ve konservelelerdir. Bu proseslerden hem yemeğe hazır etler, hem de sosaj olarak adlandırılan sosis, 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 korunduğu 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.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Mezbahada yapılan işlemler sırasında gerekli olan suyun tümü kuyulardan sağlanmaktadır. Anketteki bilgilere göre günlük su tüketimi 28 m^3 'dür. 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 kabulü ile bulunmaktadır. Literatür değerinde su kullanımı endüstride su kullanımı endüstride işlenen bir ton hayvan başına $7-33 \text{ m}^3$ 'dür (ortalama 16 m^3). Et ürünleri endüstrisi atıksularındaki kirliliğin beirlenmesi aşamasında kalite ölçütlerine baz oluşturacak esas parametrelerin seçimi BOI, 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 verilmiştir.

TABLO 3.11 ET ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİ KARAKTERİZASYONU

ALT KATEGORİLER	ANA PROSESLER	YARDIMCI PROSESLER	ÜRÜN
Basit Mezbahalar (A)	- hayvan barındırma - kesme (öldürme) - deri yüzme - sakatat ayırma	- sakatat işleme - deri yıkama-tuzlama - karkas parçalama işlemlerinden bir veya en çok ikisi	- karkas - kan - sakatat - kıl - deri
Kompleks Mezbahalar (B)	(A) nin aynı	- sakatat işleme - deri yıkama-tuzlama - karkas parçalama - kan işleme - rendering - işlemlerinden en az üç tanesi	- karkas - yan ürünler - sakatat - parça et - ham veya yarı mamul deri - ham veya işlenmiş kan - rendering ürünleri
Az İşlenmiş Kombineler (C)	(A) nin aynı ancak sadece kendi kestiği eti kullanıyor	- et tuzlama-salamura - et tutsulama - et konserveleme - diğer et işlemleri - sosaj - ürütme	- işlenmiş çeşitli etler - az miktarda sosaj
Çok İşlenmiş Kombineler (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)	- donmuş et çözme - haşlama, pişirme, tutsulama, kurutma, dondurma, dilimleme - Gibi çeşitli işlemler - konserveleme işlemleri	paketleme	- tuzlanmış-salamura et - tutsulu et - kavurma et - konserve et - diğer hazır etler (hamburger gibi) - sosis, salam, sucuk, pastırma - jambon - dilimlenmiş et ürünleri
Rendering Tesisleri (J)	rendering		- yenilir yağ - don yağı - ecza hammaddeleri - hayvan yemleri

Tablo 3.12 Kütahya Mezbahası Atıksu Karakteristikleri

Parametre	N mS y	Deney Sonuçları Haz. 78-Tem 79	Nm. Sy.	Deney Sonuçları May 85-Kasım 85
	n	min. ort max -	n	min. ort. max
Q(m ³ /s)	1	0.005 -	5	- - -
T (°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
BOI ₅ (mg/l)	2	1000 1400 1800	5	370 750 1200
KOI (mg/l)	2	1400 1600 1800	4	620 1200 1900
NH ₃ -N (mg/l)	-	- - -	4	4.3 10.6 19.0
NO ₂ -N (mg/l)	-	- - -	4	0.03 0.06 0.13
NO ₃ -N (mg/l)	-	- - -	5	1.8 3.6 4.6
O-PO ₄ (mg/l)	-	- - -	5	7.8 15.0 22.0
TAM (mg/l)	-	- - -	5	836 1010 1470
TÇM (mg/l)	-	- - -		732 1000 1450

KÜTAHYA AZOT SANAYİ

Tanım ve Kapasite

1962 yılında bir kamu kuruluşu olan Azot Sanayi AŞ. 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. Çayının yaklaşık 90km sinde yer alan bu işletme atıksularını durultma havuzlarında dinlendirdikten sonra Porsuk Çayına deşarj etmektedir (Yenilmez)

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		Yük bazında Değişim Aralığı	Yük bazında Değişim Aralığı
Atıksu Debisi m ³ /ton/KCA	3,6 - 12,5		Atıksu debisi m ³ /ton/KCA	1,33 - 14,64	
Kesim ton KCA/gün	154 - 1498		Kesim ton KCA/gün	18,5 - 552	
BOI ₅ Kg/ton KCA	5,4 - 18,8	2,62 - 9,89	BOI ₅ 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 ⁻³ -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

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

Tablo 3.15 Kütahya Azot Sanayi Yıllık retim Miktarları

Üretilen Madde	retim Miktarı (Ton/yıl)
Amonyak I	30 846
Amonyak II	13 300
Amonyum Nitrat (%26 N)	145 400
Amonyum Nitrat (%20.5N)	12 842
Amonyum Sülfat	39 000
Derişik Nitrit 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 nitrit asit ve teknik amonyum nitrat üretmektir. Bu işletmede üretilen 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 (presipite), 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. retiminde 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 (Türkiye Sanayi Kalkınma Bankası Aş. 1980).

Tablo 3.16 Kütahya Azot Sanayii Yıllık Hammadde Tüketim Miktarı

Hammadde	Tüketim Miktarı (Ton/yıl)
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

Tablo 3.17.Kutahya Azot Sanayi Yıllık Kömür Tüketim Miktarı

Hammadde Miktarı	Tüketim Miktarı (Ton /Yıl)
Kömür	277 000

Fabrikada yapılan tüm üretim esasen ayonmaktan sağlanmakta olup ara hammadde olarak yılda yaklaşık 450 bin ton linyit kullanılmaktadır. Fabrika 4 bölüme ayrılan üretim düzenindedir. Bunlar sırası il 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°C sıvılaştırılır.

Oluşturulan amonyak gazı sıvılaştırılarak Horton Sphere adlı tanklarda depolanmaktadır. Amonyağın platinyum katalizöründe 850 °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.

Nitrit asit ve amonyaktan da amonyum nitrat (NH_4NO_3) elde edilir. Dolomit ile karıştırılan amonyum nitrat, %26 (N) oranında amonyum nitrate dönüştürülür. Alçı taşı veya jips yöntemi ile üretimi yapılan amonyum sülfat, kalsiyum sülfat ve amonyum karbonatın reaksiyona sokulması sonucu elde edilir. Proses sırasında alçı taşı öğütülür, su ile bulamaç haline getirilir ve soğutucu tertibatı olan bir kazana alınır. Burada kazan içine amonyak ve karbon dioksit verilerek 40°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 konsantrasyon erişince soğutularak amonyum sülfat kristalleri elde edilir ve kristaller süzülerek kurutulur.

Tesiste 2647 kişi 3 vardiya şeklinde çalışmaktadır. İşgücü kapasitesinde mevsimsel değişiklik yoktur. Fabrikada haftanın 7 günün 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 birleşik 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. Kütahya Azot Fabrikasına ait ortalama su dağılımı (Tablo 3.18) de verilmektedir.

Tablo 3.18 Kütahya Azot Fabrikasında Su Dağıtımı

Su Kullanım Amacı	Miktar (m ³ /gün)
Proses	2000-300
Kazan	2000-3500
Soğutma	15000-18000
Evsel	500-800
Diğerleri	1500-1600

Kütahya Azot Fabrikasında pompajla kuyulardan temin edilen su, saatte 1300 m³, deşarj edilen ise 600 m³'tür. Fabrikanın atıksuları kirlilik yönünden iki grupta incelenmektedir.

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

Gaz ve kömür işletmelerinin atıksuları esasen kömür tozları ve diğer tortu maddeleri ile düşük miktarda azotlu bileşikleri içermektedir. Asit ve tuzlar işletmesinden gelen atıksular amonyak, nitrit ve nitrat bileşiklerini içermektedirler. Azot fabrikaları atıksuları genellikle bazik karakterli olup azot bileşikleri içermektedirler. Ancak azotlu gübre atıksularındaki azot bileşikleri arasında yapı olarak önemli faktörler vardır. Amonyak sentezi atıksularından amonyak, amonyum

atıksular ise ayrı olarak ele alınmaktadır. Kütahya Azot Fabrikasının anketinde ana üretim kategorisini karakterize eden parametrelerin amonyak, nitrit ve nitrat olduğu belirtilmektedir. Amonyak ve amonyum nitrat altkategorisi için saptanan literatür değerleri (Tablo 3.19) da verilmektedir.

Tablo 3.19 Amonyak ve Amonyum Nitrat Altkategorisi Kirletici Miktarları

Ürün	Amonyak Konsantrasyonu (mg/l)	Amonyum Nitrat Yükü (kg/ton-ürün)
8Amonyak	500-1200	150
Amonyum Nitrat	300-750	7000 - 15 400

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'nin 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

retiminden başka diğer fabrikalarda dokunmuş ürünler de işlenmektedir. rn çeşitlerine göre yıllık üretim miktarları (Tablo 3.21) de verilmektedir (Akgün,1986)

Tablo 3.21 Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası retim Kapasitesi

Üretim Maddeler	Yıllık retim 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 retim 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 mamllerin terbiyesidir. Sümerbank Basma Fabrikasının retim 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 maml 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 nitesinde çekirdek kabukları ve yapraklardan giderilir. İkinci işlem olan ağartmanın amacı ile 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.

TABLO 3.20. KÜTAHYA AZOT FABRİKASI KARAKTERİSTİKLERİ

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

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 çözünebilir hale sokulur. Asit çözeltisinde iyice ıslatılan kumaşa haşıl maddesinin giderilmesi için yıkama işlemi uygulanır. Merserizasyon 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, Örmeye Sanayi, Halı, Kilim Üretimi ve Diğer Tekstil Eşyaları Sanayi şeklindedir (Göknıl, 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 oluşturan 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 m³ evsel kullanım, 350 m³ 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 toksik 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 m³ proses atıksuyu, 500 m³ evsel atıksu ve 50 m³ sürekli ortalama debi şeklindedir. Bunlardan başka kazanlardan 3 m³/10 dakika, su hazırlama ünitelerinden 60 m³/4 saat gibi kesikli deşarjlar yapılmaktadır.

Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikasında proje çerçevesinde İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü ile DSİ'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.

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 alaşımlar hammadde olarak kullanılarak ana üretimde lokomotif ve yük vagonu, alt üretimde IMY makası, kantar, vinç, köprü ve çelik konstrüksiyon üretimi yapılmaktadır. Yıllık üretim miktarları (Tablo 3.24) de verilmektedir.

Tablo 3.24 Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası Üretim Kapasitesi

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 ünite de yapılmaktadır. Üç ana ünite de kısmi ünitelerden oluşmaktadır. Kısmi üniteler yapıp test edildikten sonra montaja verilmektedir. Ünitelerin yapımında gerekli olan parçalar depolanmakta, kullanım miktarına göre üretime verilmektedir. Üretim prosesi sırasında kaplama, fosforik aside daldırma, aşındırma, temizleme, talaş kaldırma, taşlama, parlatma, şekillendirme, kaynaklama ve boyama işlemleri uygulanmaktadır.

TABLO 3.22. SÜMERBANK BASMA FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Parametre	Numune Sayısı		Deney Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Numune Sayısı	Deney Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85		
	n		min.	ort.	max.		min.	ort.	max.
Q (m ³ /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 ₅ (mg/l)	10		100	230	580	7	93	190	260
KOI (mg/l)	10		148	480	1 056	7	290	380	460
NH ₃ -N (mg/l)	9		0.5	5.1	11.0	7	3.3	5.4	7.5
NO ₂ -N (mg/l)	9		0.14	0.47	0.88	7	0.07	0.17	0.56
NO ₃ -N (mg/l)	6		0.75	2.1	5.0	7	2.5	3.3	4.2
o-PO ₄ (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-ratur Konsantrasyon Değişim Ara.	Eskişehir Sumerbank Basma Fabrikası			Dokunmuş Kumaş Terbiyesi Lite-ratur Yük bazında	Eskişehir Sumerbank Basma Fabrikası		
		Parshall Kanalı	Porsuğa Değarj	Nato Çalış.		Parshall Kanalı	Porsuğa Değarj	Nato Çalış.
Debi m ³ /gün	42 - 29000			5200	36 - 96	6.96	12.88	39
BOI ₅ mg/l	83 - 2200	40	74	190	10 - 390	174	330.8	65.97
KOI mg/l	240 - 5100	1000	1900	380	2 - 62	110	78.36	64.55
TAM mg/l	40 - 870	633	450	370	7.8 - 20	-	-	-
Sulfür mg/l	100 - 120	-	-	-	2.2 - 14	-	-	-
Yağ ve.press mg/l	34 - 160	-	-	-	0.0002-0.025	-	-	-
Fenol mg/l	10 - 600	-	-	-	0.0024-0.049	0.044	0.044	0.044
Benk APHA	1300 - 1500	-	-	-				
Krom Mg/l	19 - 1200	250	250	250				

Kategorizasyon

Eskişehir Lokomotif ve Vagon Fabrikası atıksuyu ısıtıl işlemde 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 m³ su sağlanmaktadır. Suyun işletmedeki dağılımı 120 m³/gün proses, 600 m³/gün kazan, 500 m³/gün soğutma, 1430 m³/gün evsel ve 1830 m³/gün diğer amaçlar içindir. Ankette belirlenen atıksu debisi günde 2400 m³ tür (Maslak, C., 1984).

DSİ tarafından yürütülen çalışmada numuneler yağ ve gresli atölye suları ile evsel nitelikli suları taşıyan 2 nolu deşarj kanalından ve ısıtıl işlem, metal kaplama atölye suları ile evsel nitelikli suları taşıyan 3 nolu deşarj kanalından alınmıştır. DSİ çalışmasına ait veriler (Tablo 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 ispiroto elde etmek ünitesi de bulunmaktadır (Taşlı, R., 1986 a).

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

Üretim Düzeni

Yılda yaklaşık 650 bin ton şeker pancarı işlenen tesiste 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.

Tablo 3.26 Eskişehir Şeker Fabrikası Üretim Kapasitesi

Üretilen Maddeler	Üretim ton/yıl	Hammadde ton/yıl	Kapasite ton/gün
Kristal Şeker	35 000	Pancar 215 000	280
Melas	8 000 80	Pancar 215 000	65
Pancar küspesi	000 1	Parcar 215 400	700
Kuru küspe	500	Küsme ve 5 700 Melas	1400

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 ispiroto, yağ pancar küspesi ve melaslı kuru küspedir (Taşlı, R., 1986).

TABLO 3.25. LOKOMOTİF VE VAGON FABRİKASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ (DSİ)

PARAMETRE	Numune Sayısı n	Deney Sonuçları Haziran 78-Eylül 79 2 Nolu deşarj çıkışı min. ort. max.		Numune Sayısı n	Deney Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85 3 Nolu deşarj çıkışı min. ort. max.	
Q (m ³ /s)		0.013	0.019	0.025	-	0.009
T (°C)		18.4	20.8	22.8	20.4	22.2
pH		7.9	8.0	1	7.8	8.2
ÇO (mg/l)		0.0	2.4	7.3	4.3	4.8
BOI ₅ (mg/l)		37	65	170	47	128
KOI (mg/l)		68	170	400	100	225
NH ₃ -N (mg/l)		3.0	4.0	5.5	7.5	9.5
NO ₂ -N (mg/l)		0.14	0.22	0.38	0.12	0.80
NO ₃ -N (mg/l)		2.4	2.8	3.4	2.2	3.3
o-PO ₄ (mg/l)		0.2	0.6	1.0	1.4	2.7
TAM (mg/l)		60	180	665	100	180
TÇM (mg/l)		590	620	670	714	800
						1 040

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesiste üretim sırasında gerek duyulan suyun yaklaşık 2000 m³/günlük kısmı kuyudan, 8000 m³/günlük kısmı ise DSI sulama kanalından sağlanmaktadır. Hammaddenin fabrikaya girişinden şeker eldesine kadar yapılan işlemler sırasında kullanılan su miktarı günde 8500 m³ dür. Proses dışındaki diğer su kullanımları ise (Tablo 3.27)de verilmektedir.

Tablo 3.27 Eskişehir Şeker Fabrikasında Su Kullanımı

Kullanım Alanı	Miktar (m ³ /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 kirletici parametre olarak bu endüstrinin karakteristiği olan yüksek konsantrasyonda BOI₅, KOI, askıda katı madde alkalinite, çözünmüş katılar, azot ve fosfor bileşikleri, toplam ve fekal koliform, sıcaklık, pH sayılabilir. Şeker endüstrileri atıksularına ait literatür değerleri (Tablo 3.28, 3.29) da verilmektedir. DSI tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçları (Tablo 3.30) da verilmektedir.

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 bu 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 Eskişehir Mezbahası Üretim Kapasitesi

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 kıyılması, tuzlanması, salamura yapılması, pişirilmesi veya konserve yapılması işlemlerinden birkaçını 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 temizleme organ içleri basınçlı su ile temizlenir. Yeni bir işlem olan kuru temizlemede ise sindirilmemiş barsak içi maddeler kuru olarak depolanarak hayvan yemi 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).

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

Saptananlar	Pancur yıkama ve kanal suları (karışık)						Difüzyon Suları			Küspe presleme suları		
	Kapalı Devre			Açık Devre			Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.						
Sıcaklık, °C	8	22	15	6,5	20	12	34	51	43	37	52	44
Bulanıklık (SiO ₂) 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 ₅ (O ₂) mg/l	450	3000	1300	105	210	160	1400	3000	2200	1050	3600	2600
KMnO ₄ değeri mgO ₂ /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 ₄) 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 katılar	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 ³ /l	6	38	14	5	9	7	15	100	60	20	130	75

* 2 saatlik çökelmeden sonraki

TABLO 3.28 DEVAMI

Saptananlar	Gaz Yakayıcıdan Gelen Sular			Filtre Bezlerinin Yıkandığı Odadan Gelen Sular			Barometrik Kondensörlerden Gelen Sular			Çamur Ayırmadan Gelenler (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 ₂) 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 ₅ (O ₂) mg/l	30	840	370	8400	24000	14000	20	500	187	12000	17000	15000
KMnO ₄ değeri mgO ₂ /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 ₄) 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	2800	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 ³ /l	0,2	0,1	0,1	6	800	330	g b r u l m e d i					
											15	7

* 2 saatlik çökeltmeden 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 ³ /1000 tp	13 520	150	150	1 500	500
BOI ₅ 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 Ayırmadan Gelen	Kırış-Çökelme Tonlu Drenajı	Küspe Çukurları Drenaj Suları Suları	Meydan	Evsel Nitelikli Atık Sular Temizlik Evsel
Debi m ³ /1000 tp	5000	120	120	260	50	133 50
EOI ₅ m ³ /1000 tp	1000	1860	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

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 m³/gün olarak belirlenmiştir. Bu hesaplama için endüstrinin günde 8 saat çalıştığı ve saatte 4 m³ 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. DSİ 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 deşarjı toplam deşarjın % 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 60 000 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 çok olarak parça üzerine organik bir kaplama uygulanması işlemi olan boyama işlemi uygulanır. Arçelikte bu işlem daldırma yöntemiyle

TABLO 3.32. ESKİŞEHİR MEZBAHAASI ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ

Ölçüm Peryodu	Nümune Sayısı	Deney Sonuçları Haziran 78-Temmuz 79			Nümune Sayısı	Deney Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85		
	n	min.	ort.	max.	n	min.	ort.	max.
Q (m ³ /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 ₅ (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 ₃ -N (mg/l)	-	-	-	-	2	14.5	15.8	17
NO ₂ -N (mg/l)	-	-	-	-	2	0.21	0.22	0.23
NO ₃ -N (mg/l)	-	-	-	-	2	3.85	4.40	5.0
o-PO ₄ (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

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 endüstrisinin 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 (Olçay, 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 süre gelmektedir. 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 AŞ., DPT tarafından belirlenen sınıflandırma esasına göre metal son işlemleri kategorisinde yer almaktadır. Burada yer alan endüstriler atıksularının içerdiği metallere göre yedi alt kategoriye 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 alt kategorilerin tümünde birden incelenmelidir.

Su Kullanımı ve Atıksu Karakterizasyonu

Tesisteki su kullanımı Organize Sanayi Bölgesinden günde yaklaşık 1000 m³ olarak sağlanmaktadır. Suyun işletmede kullanım yerleri ve miktarlarının dağılımı (Tablo 3.33) deki gibidir.

Tablo 3.33 Arçelik AŞ.'de Su Kullanımı

Proses	Miktar m ³ /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 dır.

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).



3.3. Havzada Kara Kökenli Kirilenmenin Boyutu ve Yapısı

Yukarıda yer alan kirletici kaynakların üretim-su kullanımı-atıksu etkileşimi teker teker incelenmiş ve atık karakterizasyonu yapılmıştır. Bu inceleme ve değerlendirmelerden yararlanarak her bir kirletici kaynağa ait tüm havzada bir kirilenme profili oluşturacak ve kirilenme kontrolü çalışmalarında esas alınarak 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, kirletici kaynağı karakterize eden, anlamlı değerler oluşturulmuştur. Bu yaklaşım çerçevesinde noktasal kirletici kaynaklara ait atık yükleri-yerleşim birimleri için, daha önce (Tablo 3.1, 3.2) de verilen birim değerler kullanılarak (Tablo 3.36, 3.37) de endüstrilerin atık yükleri (Tablo 3.38) de noktasal olmayan, yayılı kaynaklardan gelen yükler için daha önce verilen (Tablo 3.3) deki birim değerler kullanılarak hesap edilen değerler ise (Tablo 3.39) da verilmektedir.

TABLO 3.34. ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ (DSİ)

Parametre	Nümune Sayısı	Deney Sonuçları Haziran 78-Eylül 79			Nümune Sayısı	Deney Sonuçları Mayıs 85-Kasım 85		
		min.	ort.	max.		min.	ort.	max.
Q (m ³ /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 ₅ (mg/l)	10	6.4	25	100	7	18	55	115
KOI (mg/l)	10	16	73	240	7	70	120	215
NH ₃ -N (mg/l)	10	0.1	1.7	4.8	7	4.4	8.0	12.5
NO ₂ -N (mg/l)	10	0.2	0.5	0.9	7	0.01	0.3	0.5
NO ₃ -N (mg/l)	6	0.4	1.8	4.2	7	0.5	2.1	4.0
o-PO ₄ (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 (Çayirova)	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

PABLO 3. 36 PORSUK HAVZASINDA YERLEŞİM BİRİMLERİNİN
1983 YILI AFIK YUKLERİ

NÜFUS-PARAMETRE	PORSUK HAVZASI	
	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR
NÜFUS (kişi)	170 959	365 309
DEBİ (m ³ /gün)	34 192	73 061
BOI ₅ (kg/gün)	7 693	16 439
ORG-N (kg/gün)	342	730
NH ₃ (kg/gün)	684	1 461
ORG-P (kg/gün)	85	183
INORG-P (kg/gün)	170	365
TAM (kg/gün)	11 967	24 700

TABLO 3.37 PORSUK HAVZASINDA YERLEŞİM BİRİMLERİNİN
2000 YILI ATIK YÜKLERİ

NÜFUS-PARAMETRE	PORSUK HAVZASI	
	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR
NÜFUS (kişi)	234 006	612 469
DEBİ (m ³ /gün)	52 652	137 806
BOI ₅ (kg/gün)	12 636	33 073
ORG-N (kg/gün)	1 170	3 062
NH ₃ (kg/gün)	1 638	4 287
ORG-P (kg/gün)	117	306
INORG-P (kg/gün)	585	1 531
TAM (kg/gün)	21 061	55 122

TABLO 3.38 PORSUK HAVZASI ENDÜSTRİLERİNİN ATIK YÜKLERİ

PARAMETRE (kg/gün)	K U T A H Y A			E S K İ Ş E H İ R				
	ŞEKER	MEZBAHA	AZOT	TEKSTİL	VACON	ŞEKER	MEZBAHA	ORGANİZE SN
Q (m ³ /gün)	22200	138	19872	5275	2419	51840	86	2851
BOI ₅	2250	96.80	576	1302	206	75686	191	151
KOI	4500	165.90	795	6197	455	146880	562	333
ORG-N	-	-	602	-	-	-	-	-
NH ₃	120	1.47	46650	27.40	14	438	1.36	23.10
NO ₂	4.5	0.008	98.60	2.16	0.99	26.44	0.02	0.74
NO ₃	26.0	0.50	1790	13.80	7.16	212.54	0.38	6.01
O-PO ₄	5.4	2.07	14.30	4.01	2.98	20.74	6.65	77.8
PP	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLO 3.39 AYILI KAYNAKLARI YÜKLERİ (kg/gün)

Akarsu	Debi Q (m ³ /gün)	Yükler (kg/gün)		
		BOI ₅	N	P
Porsuk	1797120	14930	3846	451
				721650

BÖLÜM 4

PORSUK HAVZASINDA YARARLI KULLANIMLAR

4.1. Yararlı Kullanım Kavramı

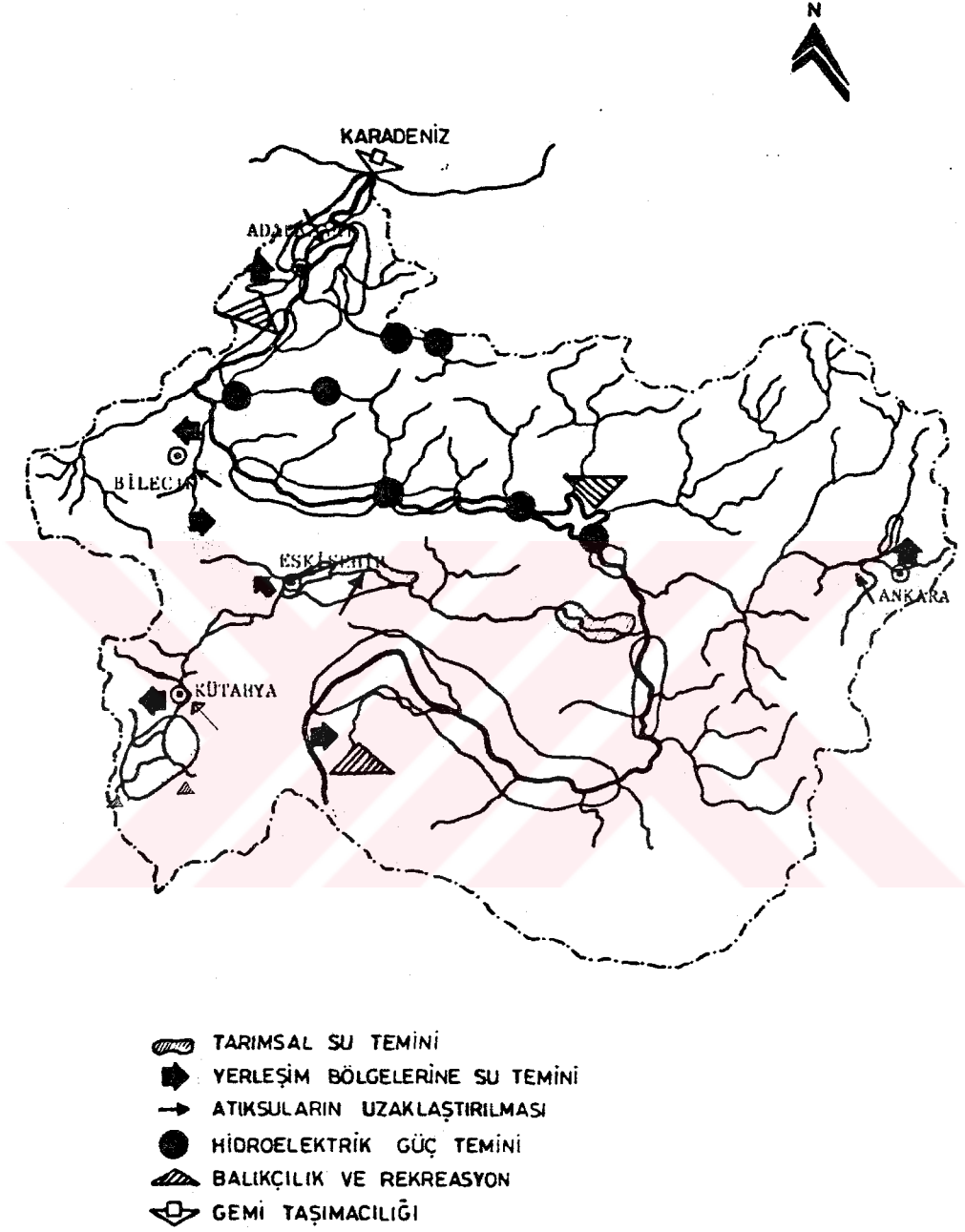
Bir su kaynağının yararlı kullanımında yöre halkının sosyoekonomik yapısı ve istekleri değerlendirilerek yöresel ve ulusal çıkarlar doğrultusunda su potansiyelinin belirlenen hedeflerde kullanılması amaçlanmaktadır. Su kalitesinin yararlı kullanım amacını belirleyici bir unsur olması nedeni ile bu amaçların 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. Porsuk Havzasında Günümüzdeki Yararlı Kullanımlar

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

- . Tarımsal su temini
- . Yerleşim bölgelerine su temini
- . Atıksuların uzaklaştırılması
- . Balıkçılık

Tüm Sakarya Havzasında halen yukarıda sıralanan yararlı kullanımların dağılımı (Şekil 4.1) de gösterilmektedir.



Sekil:4.1 - Sakarya havzasında halihazır yararlı kullanımlar

yararlı kullanımlarda ilk sırayı almaktadır. Tarımsal kullanımlara ait ayrıntılı bilgi bölüm 2.6'da verilmektedir. Havza genelinde yağışın düzensiz olması sulama projelerine ağırlık verilmesine gerektirmektedir. Günümüzde işletmede olan sulama projeleri (Tablo 4.1) de verilmektedir.

Yerleşim Bölgelerine Su Temini

Porsuk Havzasında Kütahya ve Eskişehir kentleri büyük ölçüde yeraltı sularından ve kuyulardan faydalanmaktadır. Kütahya kenti içme suyunu Porsuk kaynaklarından takviye etmektedir.

Tüm havzadaki evsel su kullanımları 2. Bölüm'de (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 Porsuk Çayını, 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. Porsuk Çayı havzasındaki evsel, endüstriyel ve tarımsal kökenli tüm atıksuların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır.

TABLO 4.1 1989 YILINDA İŞLETMEDE OLAN VE PLANLANAN SULAMA PROJELERİ

Proje Adı	Alt Havza	Açılması	Su Kaynağı	Sulama Alanı (ha)	Geçmiş Sulamık. (m ³ yıl-ha)	Çekilen Su mlk. (m ³ /a)
Altıntaş	Porsuk	Planlama	Akarsu ve YAS	21058-2941	4820	9.78
Kureyşler		Planlama	Akarsu	2608	4660	1.62
Kütahya		İşletmede	Akarsu ve YAS	1957-690	6810	2.60
Söğüt		İşletmede	Akarsu	205	4990	0.23
A. Kuzfındık		Planlama	Akarsu	3260	5220	1.65
Musaözü		İşletmede	Akarsu	338	7650	0.25
İnönü		İşletmede	Akarsu	1970	8104	1.73
Alpu		İşletmede	Akarsu	23200	5675	16.10
Ağapınar		Planlama	Akarsu	4445	5675	-
Karankamış		Planlama	Akarsu	6125	5675	-
Aşağı Porsuk		Planlama	Akarsu ve YAS	8322-456	7526	4.82

• Yeraltısuyu

Balıkçılık

Havzada Porsuk Çayı ve yan kollarının kaynak kısımları ve su kalitesi yüksek olan rezervuar balık yaşamı için uygun olabilir. Ancak bu kesimlerin dışında kalan yan kollar ve Porsuk Çayı gerek su kalitesini çeşitli deşarjlar nedeniyle balık yaşamı için gerekli koşulları sağlayamamaktadır (DSİ, 1980).

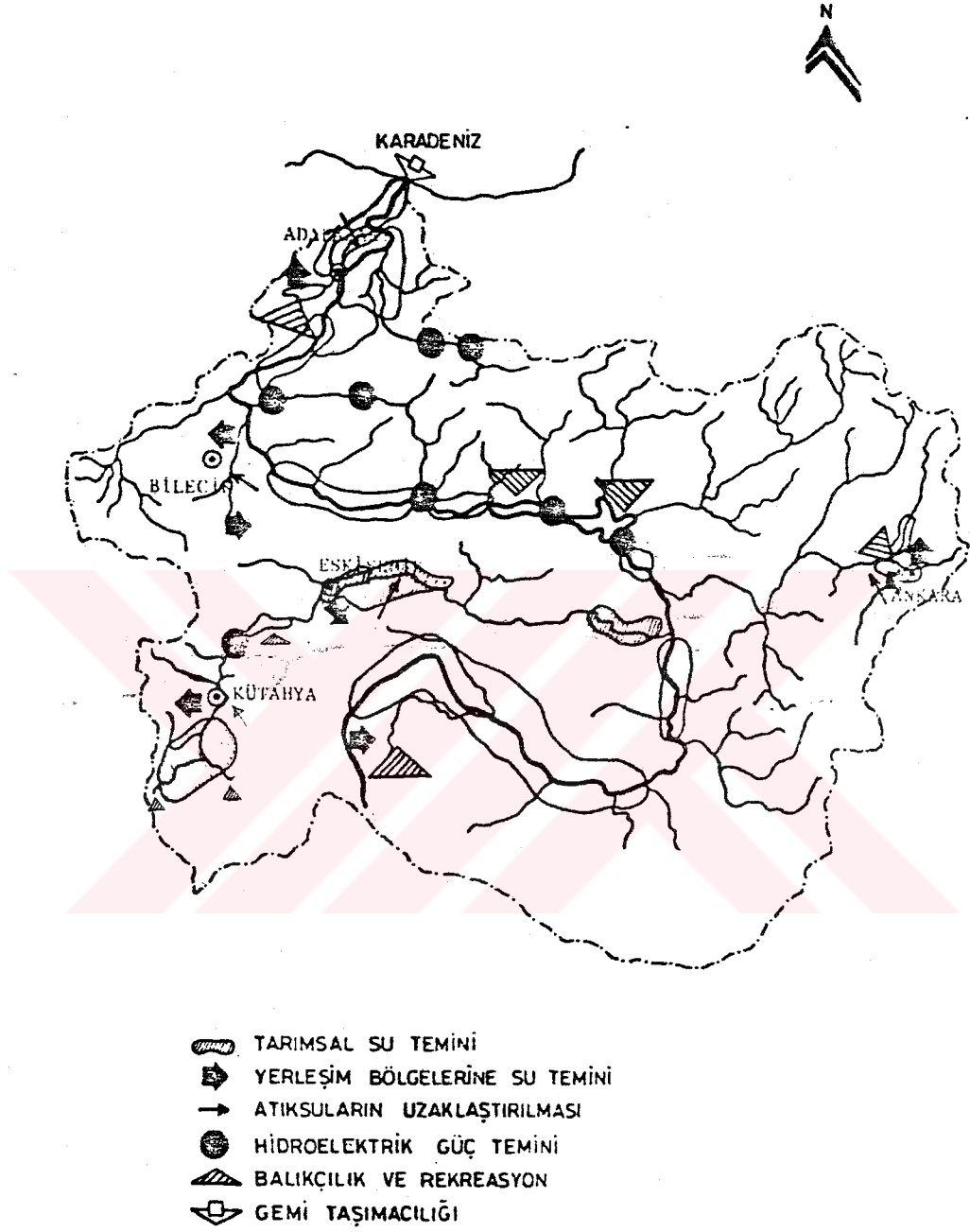
4.3. Porsuk Havzasının Gelecekteki Yararlı Kullanımları

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

Havzada gelecekte uygulanması öngörülen yararlı kullanımların dağılımı (Şekil 4.2) de verilmektedir.



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

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 m³ arasında olacağı hesaplanmıştır. Bu artış doğrultusunda yeraltısu kaynaklarının tükenme ve atık su deşarjlarıyla aşırı kirlenme tehlikesi gözönünde bulundurularak 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 ile Eskişehir kentinin içmesuyu şebekesi ise 1990 yılında hizmete açılmıştır. Kentlere su temininde meydana gelen büyük artış bu yararlı kullanımın ilk sırayı alacağının göstergesidir.

Tarımsal Su Temini

Yapılan sosyo-ekonomik incelemelerden tarımsal etkinliğin yöre halkı için gelecekte de önemini koruyacağı gözlenmiş 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 ilerde 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 Barajı gibi büyük kentlerin yakınında olan baraj glleri civarı dinlence alanları kurulması açısından uygun kesimlerdir.

Su rnleri üretilmesi ve Avlanması

Su kalitesi yönetiminde saptanacak önlemlerle ulaşılabilecek en iyi su kalitesi, çok duyarlı olmayan su ürünleri üretilmesini sağlayabilir (Garland 1982). Porsuk barajı gl bu amaca hizmet verebilir.

Hidroelektrik G 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 uğraması uzmanları bu konuda fizibilite çalışmaları yapmaya yönelmiş 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 atıksuların 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 artacağı açıktır. Ancak büyük yerleşimlerin biyolojik arıtma tesislerinin devreye girdiği, 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 engellenmesi de sulama suyundan dönem noktasal deşarjların önüne sedde koymak suretiyle bu suların tekrar geri döndürülmesi yoluyla olabilir. Böylece çift yönlü bir kazanç elde etmek olası gözükmektedir.

BÖLÜM 5

PORSUK HAVZASINDA SU KALİTESİ

Su kalitesi izleme çalışmaları, alıcı ortama verilen kirletici kaynakların etkilerinin görülmesi, gelecekte alınması gereken önlemlerin belirlenebilmesi ve kontrolu amacıyla yapılmaktadır. Bu bölümde Porsuk Çayında 1990 yılına kadar gerçekleştirilen değişik projelerle, bu projeler kapsamında yapılan izleme çalışmaları, elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler verilmektedir.

5.1. Porsuk Havzasında Su Kalitesi İzleme Çalışmaları

5.1.1. 1980 Öncesi İzleme Çalışmaları

1983 yılında İ.T.Ü. ve D.S.İ. 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. Porsuk Havzasında su kalitesi izleme çalışmaları ilk kez 1969 yılında D.S.İ. 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 yapılmış (D.S.İ. 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 alması 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 İllerinin giriş ve çıkışlarıyla bu yan kolların Sakarya nehrine karışmadan önceki ve sonraki kesimler olarak seçilmiştir. Aylık dönemler halinde alınan örnekler D.S.İ. III. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucu Porsuk ve Çarksuyunun evsel ve endüstriyel atıksular nedeniyle etkilenmediği sonucuna varılmıştır (D.S.İ., 1977).

1978 yılında D.S.İ., Birleşmiş Milletler Geliştirme Programı çerçevesinde WHO (Dünya Sağlık Örgütü)nün katkılarıyla Türkiye'de örnek oluşturmak üzere Porsuk Çayında bir çalışma başlatılmıştır. 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 temizlemeyi başladığı, Sakarya nehrine ulaştığında ise halen bir miktar kirlilik bulunduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda endüstrilerin ve büyük kentlerin ivedi önlemler almaları gerektiği vurgulanmıştır (D.S.İ. 1980). Daha sonraki yıllarda ise Porsuk Çayı üzerinde devamlı izleme noktaları seçilerek gözlem çalışmalarına devam edilmiştir (D.S.İ., 1989). Porsuk havzasında bu projeler kapsamında örnek alınan istasyonlar (Şekil 5.1) de verilmektedir.

5.1.2. NATO Projesi Kapsamında Su Kalitesi İzleme Çalışmaları ve Sonuçları

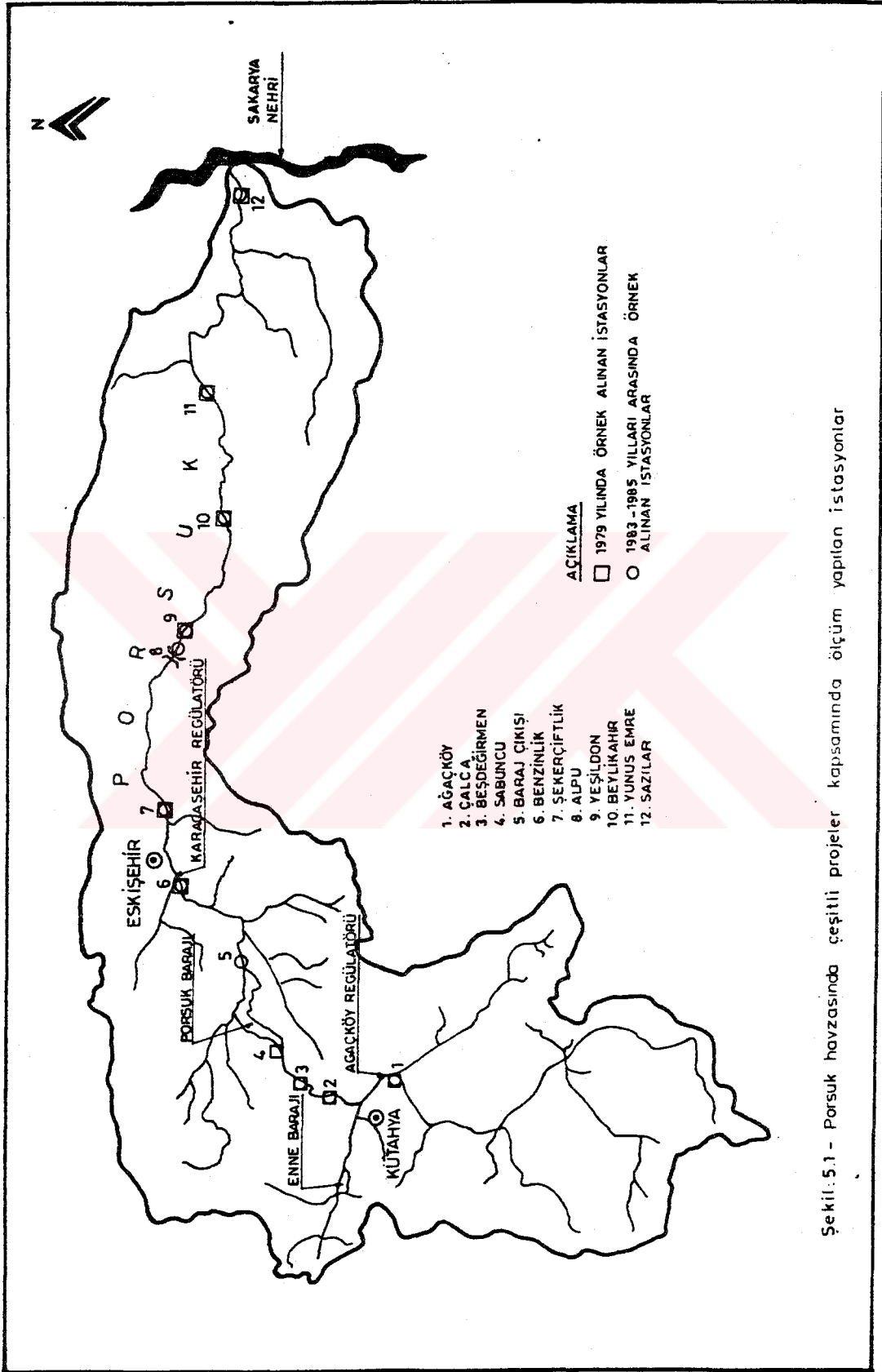
1983 yılında beş yıllık süre ile başlatılan NATO TU-Rivers Projesinde Sakarya Havzasında yararlı kullanımlar açısından su kalitesinin uygunluğunun araştırılması ve modelleme aşaması için veri toplanması amaçlanmıştır. Bu iki temel amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar aşağıda sıralanmaktadır.

- . Havzadaki mevcut su kalitesi ve kantitesini belirlemek amacıyla veri toplanması
- . Mevcut ve ilerde 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 gün ön çalışma yapılmıştır. Bu çalışma sırasında durum değişkenlerinin günlük ve kritik dönem olarak adlandırılan yılın en kurak dönemindeki değişimleri araştırılmıştır. Mevcut ölçüm istasyonlarında debi, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen günde 1 saatlik zaman aralıklarında ölçülmüştür. Organik madde, orto fosfat,



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

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.

Ölçüm İstasyonu Seçimi

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,
- . Kirlenici 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, Barajcıkış 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 sazlar istasyonu ile hemen hemen aynı özelliklere sahip olduğundan bu istasyon yerine kirletici kaynakların deşarj noktalarına daha yakın olan Beylikahır istasyonu kurulmuştur. Ayrıca Kumaş 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 noktalardaki 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 (D.S.İ. 1980).

Fiziksel ve kimyasal parametrelerin dışında biyolojik ve hidrobiyolojik parametrelerin de ölçülmesi düşünülmüş, ancak gerçekleştirilememiştir (D.S.İ. 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 D.S.İ. 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 (Standart Methods, 1975), (D.S.İ. 1976). Herbir 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 (D.S.İ. 1980).

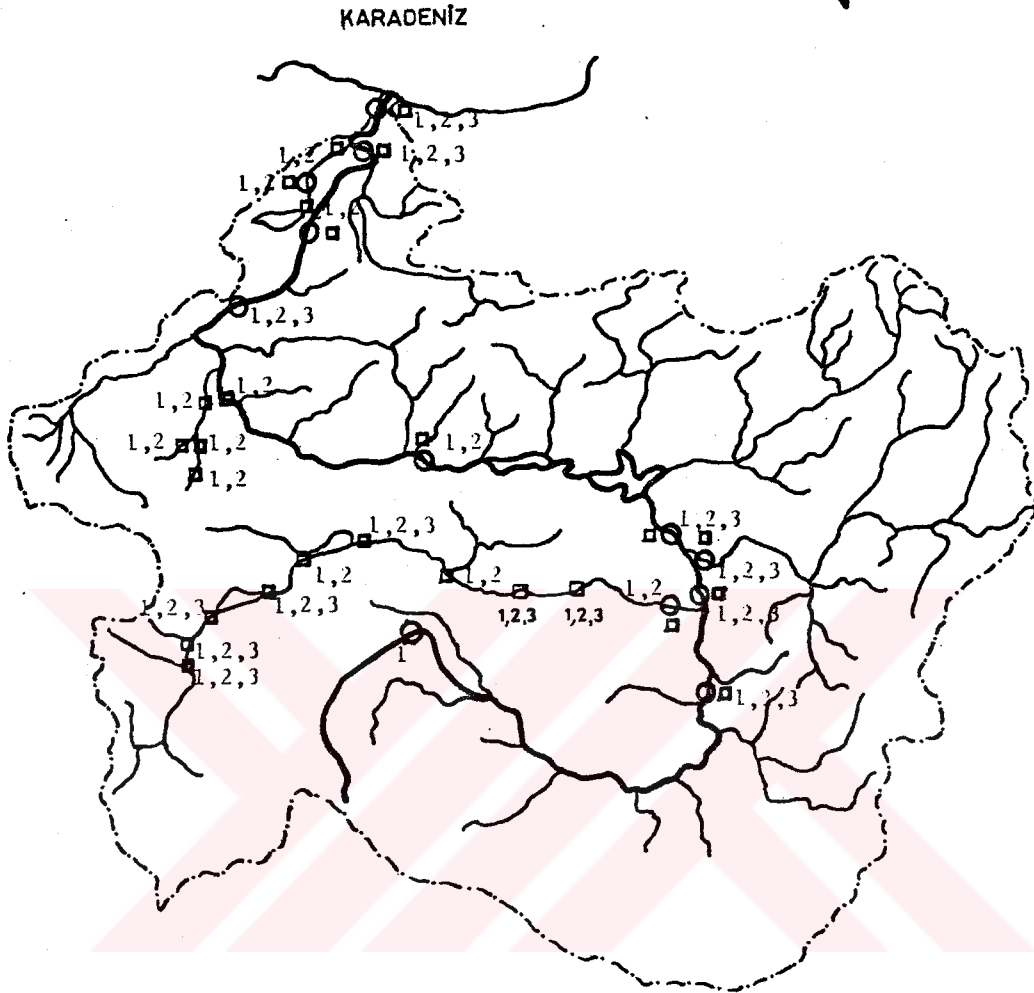
Ölçülen parametrelere ait yöntemler ve birimler (Tablo 5.2, 5.3) de verilmektedir.

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

TABLO 5.1 ÖLÇÜMÜ YAPILAN PARAMETRELER*

Parametreler	Akarsuda Ölçüm	Endüstrilerde Ölçüm
Debi	+	+
Sıcaklık	+	+
Bulanıklık	+	
Askıda Katılar	+	+
Çökebilan Katılar		+
Çözünmüş Katılar		+
Toplam Katılar		+
pH	+	+
İletkenlik	+	+
Tuzluluk	+	
Çözünmüş Oksijen	+	
BOI ₅	+	+
KOI	+	+
NH ₃ -N	+	+
NO ₂ -N	+	+
NO ₃ -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 ₃ -N	Cu
Ca	SS	NO ₂ -N	Fe
SO ₄	Bula.	NO ₃ -N	Pb
Cl	EC	Org-N	Hg
HCO ₃	TDS	O-P ₀ ₄	Se
CO ₃	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	Simgesi	Parametrelerin Ölçüm Yöntemleri	Birim
Debi	Q	Linnigraf, eşel veya yerinde ölçüm	m ³ /sn
Su Sıcaklığı	T	Termometre	°C
PH	PH	PH Metre	
Elektriksel İletkenlik	EC	İletkenlik Ölçer	µmhos/cm
Toplam Alkalinite	TA	Titrasyon	mg/l CaCO ₃
Klorür İyonu	Cl ⁻	Titrasyon	mg/l
Amonyak Azotu	NH ₃ -N	Kolorimetrik	mg/l
Nitrit Azotu	NO ₂ -N	Kolorimetrik	mg/l
Nitrat Azotu	NO ₃ -N	Kolorimetrik	mg/l
Çözülmüş Oksijen	DO	DO Metre, Winkler Yöntemi	mg/l
Permanganat Değeri	PV	Permanganat Yöntemi	mg/l O ₂
Orto-Fosfat	O-PO ₄	Kolorimetrik	mg/l

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

Parametre	Simgesi	Parametrelerin Ölçüm Yöntemleri	Birim
Toplam Çözülmüş Katılar	TDS	Gravimetrik	mg/l
Askıdaki Katılar	SS	Gravimetrik	mg/l
Çökebilir Katılar	Set.S	Volumetrik	ml/l
Bulanıklık	Turb	Turbidimetre/Komperatör	SiO ₂ ,JTU,NTU
Renk	Col	Komperatör	Pt-Co
Fenolftalein Alkalinite	P-Al	Titrasyon	mg/l CaCO ₃
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	BOI ₅	5 Gün Seyrelme	mg/l
Toplam Sertlik	TH	Titrasyon	mg/l CaCO ₃
Sülfat İyonu	SO ₄ ⁻⁻⁻	Kolorimetrik	mg/l
Serbest Karbondioksit	CO ₂	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 ₂ S	Titrasyon	mg/l
Toplam Fosfor	Top-P	Kolorimetrik	mg/l
Siyanür	CN	Kolorimetrik	mg/l ⁻⁻⁻
Bor	B	Kolorimetrik	mg/l
Kursun	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
Civa	Hg	Atomik Absorpsiyon	mg/l
Fenol	Fen.	Kolorimetrik	mg/l
Flor	F	Kolorimetrik	mg/l
Selenyum	Se	Atomik Absorpsiyon	mg/l
Çözülmüş Silis	Çöz. Silis	Kolorimetrik	mg/l SiO ₂
Toplam Koliform	T-Coli	Tıp Yöntemi	sayı/100 ml
Toplam Germ	T-Germ	Tıp Yöntemi	sayı/100 ml
Fekal Koliform	F-Coli	Tıp Yöntemi	sayı/100 ml

5.1.2.2. Akarsuda Yapılan Uzun Dönemli Çalışmalar

Akarsuda yer alan örnekleme istasyonlarında elde edilen verilerin çerçevesinde ölçüm ve analizler ayda ancak bir kez yapılabilmiştir. Bu nedenle ay içindeki değişimler karakterize edilememiştir. Bu proje kapsamında 1983-1985 yıllarında Porsuk Çayında yapılan ölçümlere ait değerlendirmeler (Tablo 5.5) de verilmektedir.

Tablodaki 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. Kirlетici 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. Bölüm'de 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 numune alınırken diğer taraftan alıcı ortam olan Porsuk ve Karasu'da paralel bir çalışma yürütölmüştür. Örnekler, alıcı ortamdan, akarsu hızına göre, bir istasyondan geçen taneciğın bir sonraki istasyona varış süresi hesaplanarak alınmıştır. Böylece iki istasyon arasındaki geçiş süresi boyunca parametre konsantrasyonlarıdaki değişim gözlenebilmiştir. Debi ölçümlerinin de yapıldığı bu çalışmalar ayda iki kez tekrarlanarak toplam yedi ay sürdürölmüştür (D.S.İ. 1980).

TABLO 5.4 PORSUK ÇAYI ÜZERİNDEKİ DSİ ÖLÇÜM İSTASYONLARINA AİT VERİLER

Parametre	AÇAKÖY											
	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 ³ /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 ₅ (mg/l)	12	0.5	1.29	2.9	10	0.4	1.30	1.80	12	1.0	1.9	3.3
NH ₃ -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 ₂ -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 ₃ -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 ₄ (mg/l)	12	0.02	0.085	0.16	10	0.22	0.09	1.12	12	0.03	0.033	0.06

Parametre	ÇALCA											
	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 ³ /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 ₅ (mg/l)	6	1.8	8.06	18.0	10	0.9	3.41	11.4	11	3.1	6.8	19.5
NH ₃ -N (mg/l)	6	2.56	5.03	10.5	10	0.97	10.75	24.0	11	1.7	15.9	40
NO ₂ -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 ₃ -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 ₄ (mg/l)	6	0.05	0.34	1.22	10	0.14	0.47	1.03	11	0.1	0.46	0.9

TABLO 5.4 devamı

Parametre	BESİDİĞİRMEN											
	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 ³ /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
BOİ (mg/l)	6	3.0	7.9	17.3	10	0.4	3.24	9.3	8	5.5	8.8	14.5
NH ₃ -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 ₂ -N (mg/l)	6	0.10	0.44	0.82	10	0.045	0.27	0.57	8	0.033	1.65	10
NO ₃ -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 ₄ (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			
	n	min	ort	max	n	min	ort	max	n	min	ort	max
Q (m ³ /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
BOİ (mg/l)	6	2.2	3.77	6.1	9	1.3	1.84	4.0	5	2.6	5.8	10.3
NH ₃ -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 ₂ -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 ₃ -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 ₄ (mg/l)	6	0.02	0.13	0.24	9	0.04	0.15	0.27	5	0.03	0.12	0.24

TABLO 5.4 devamı

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 ³ /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
BOİ (mg/l)	12	0.7	2.05	3.4	10	1.8	2.28	3.3	10	3.0	4.3	5.7
NH ₃ -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 ₂ -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 ₃ -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 ₄ (mg/l)	12	0.02	0.12	0.20	10	0.04	0.14	0.35	10	0.03	0.09	0.17

Parametre	ŞEKERCİFTLİK											
	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 ³ /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
BOİ (mg/l)	11	3.7	349.6	10.21	10	3.0	80.00	340	10	18	71	167
NH ₃ -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 ₂ -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 ₃ -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 ₄ (mg/l)	11	0.02	0.60	2.50	10	0.03	0.187	0.56	10	0.0	0.09	0.47

TABLO 5.4 dev:am1

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 ³ /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 ₅ (mg/l)	5	28.0	170.0	310.0	9	2.0	12.51	42	8	9.5	23	48
NH ₃ -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 ₂ -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 ₃ -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 ₄ (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 ³ /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 ₅ (mg/l)	11	1.9	19.5	64	7	5.5	13.6	38				
NH ₃ -N (mg/l)	12	0.15	0.80	1.76	7	0.7	1.64	3.3				
NO ₂ -N (mg/l)	12	0.0	0.111	0.167	7	0.0	0.10	0.185				
NO ₃ -N (mg/l)	12	0.0	0.925	2.25	7	0.0	0.69	2.25				
O-PO ₄ (mg/l)	12	0.03	0.115	0.35	7	0.03	0.18	0.54				

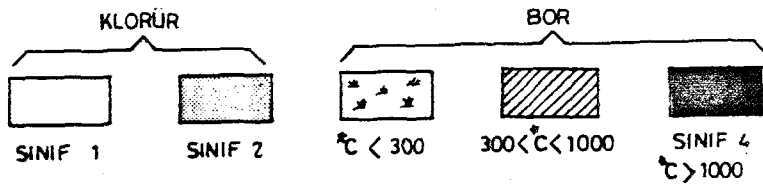
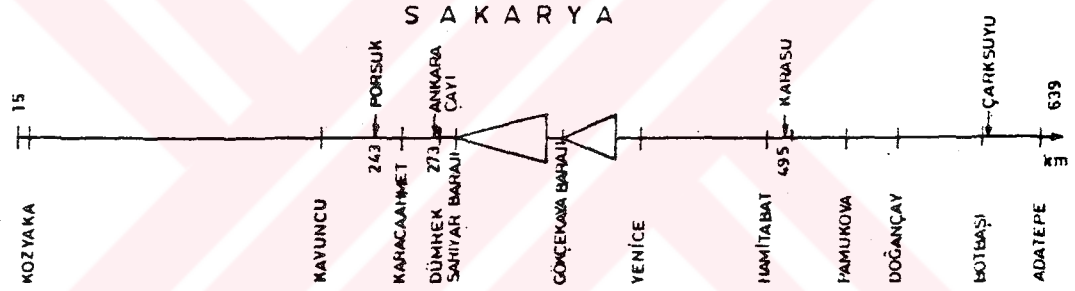
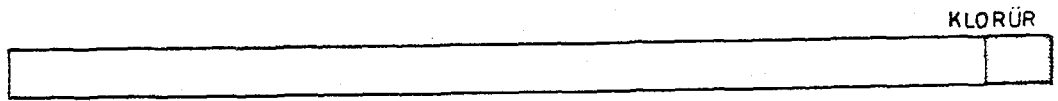
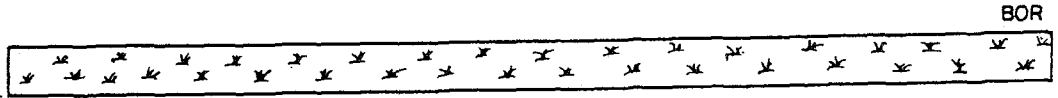
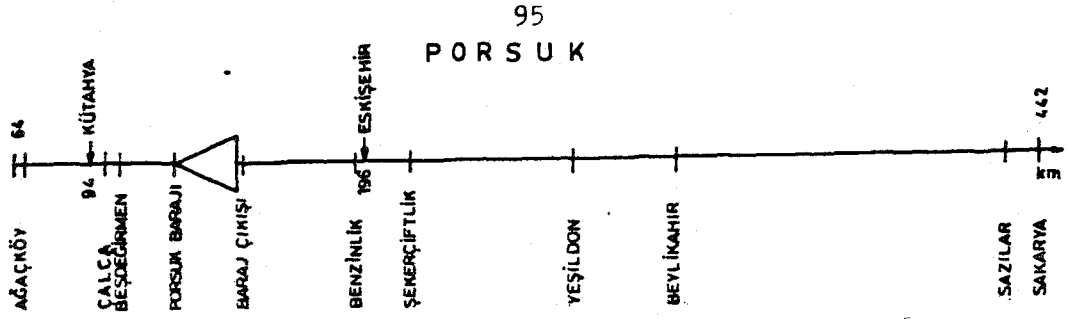
TABLO 5.4 devamı

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 ³ /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
ROI ₅ (mg/l)	12	1.0	28.8	170.0	10	1.0	8.49	19.0	11	3.6	5.8	11.3
NH ₃ -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 ₂ -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 ₃ -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 ₄ (mg/l)	12	0.11	0.263	0.62	10	0.03	0.2	0.45	10	0.03	0.18	0.37

5.2. Su Kalitesinin Değerlendirilmesi

Porsuk Havzasının 1979-1986 yılları arasında yapılmış ve halen sürdürülmekte olan su kalitesi izleme çalışmaları sonuçları "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği-Kıtalçı Su Kaynakla Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"nde belirtilen su kalitesi sınıflandırmalarına göre değerlendirilerek (Şekil 5.3, 5.4, 5.5, 5.6) da elde edilmiştir. Genel olarak Porsuk Çayı hemen tüm parametrelere göre sadece Menba-Kütahya arasında 1. ve 2. sınıf su kalitesini koruyabilmekte, Kütahya'dan Sakarya bileşimine kadar 3. sınıf ve yer yerde 4. sınıf su kalitesine düşmektedir.

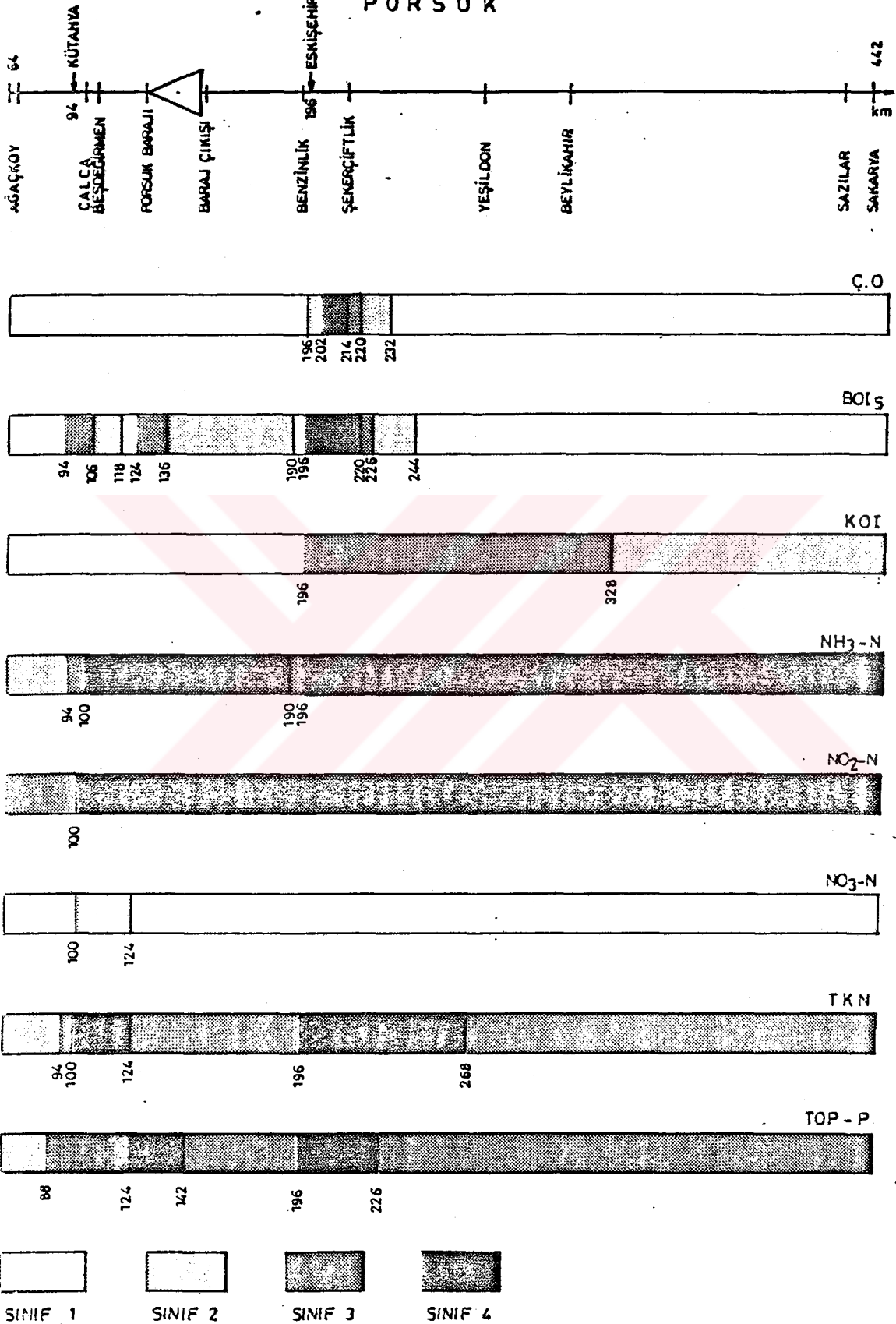




*C = Bor konsantrasyonu ($\mu\text{g/l}$)

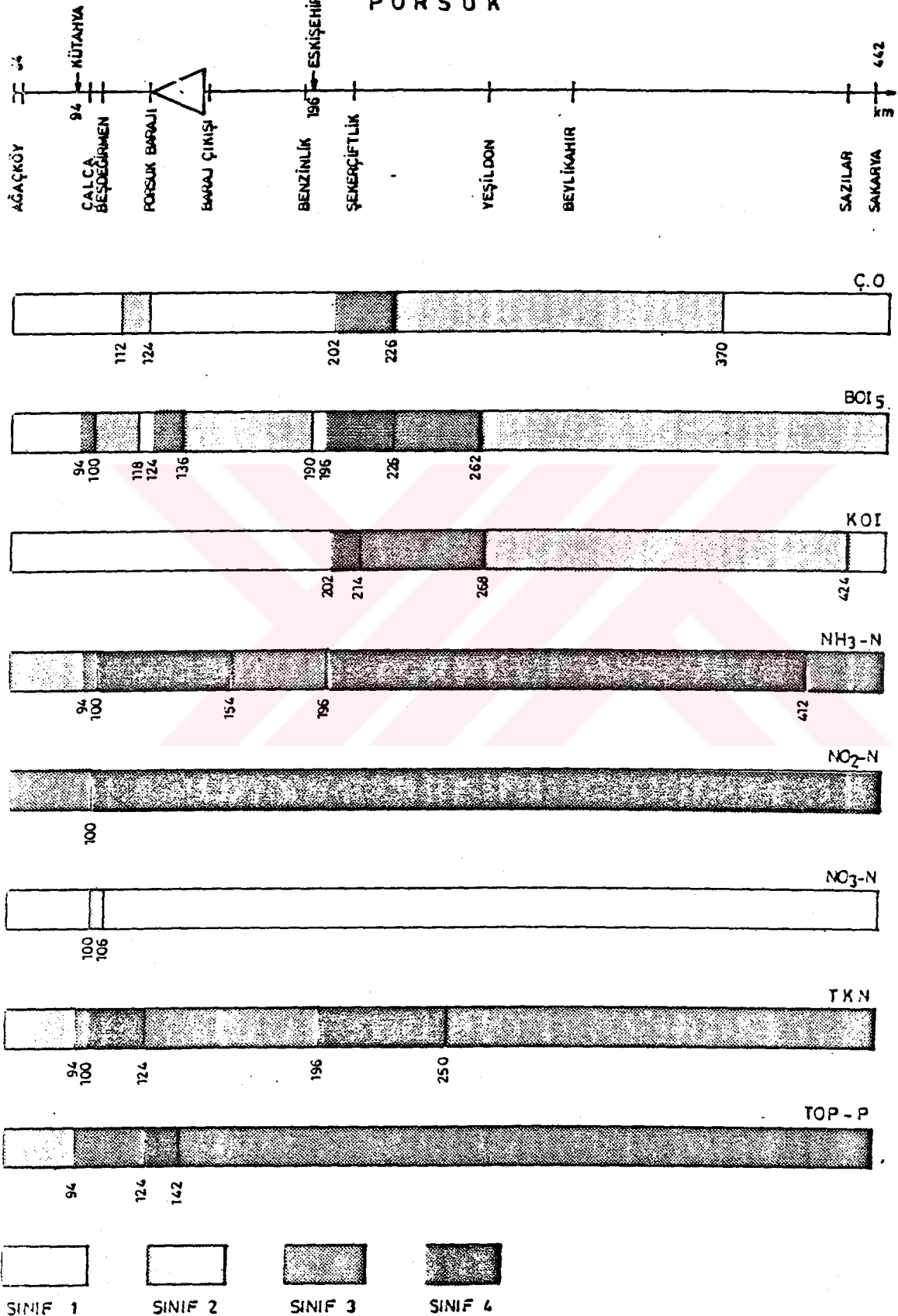
Şekil: 5.3-1984-1985 yıllarında Porsuk Çayında bor ve klorür parametreleri için gözlenen su kalitesi

PORSUK



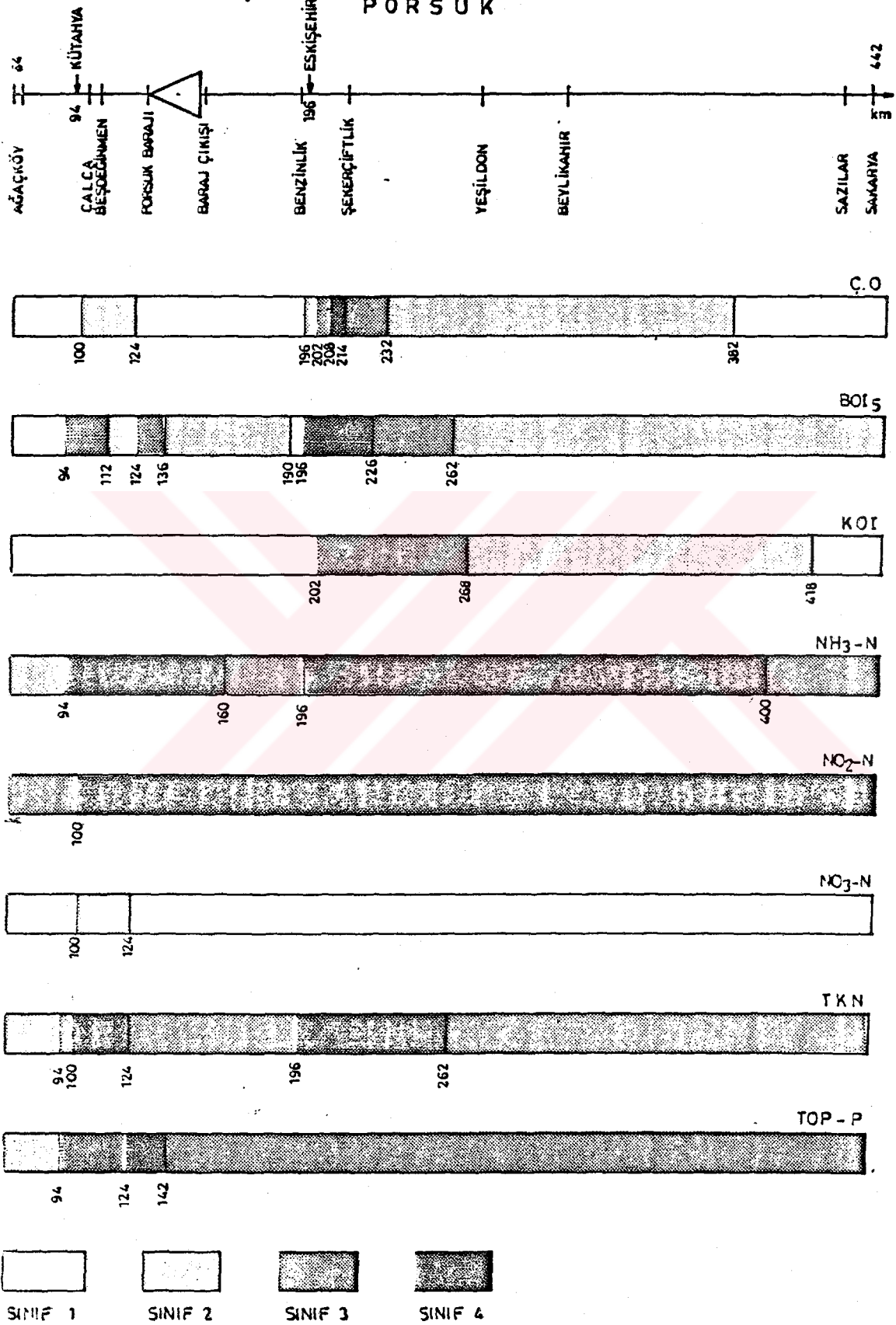
Şekil:5.4 -1983 su yılında Porsuk'ta kalite değerlendirmesi

PORSUK



Şekil. 5.5 - 1984-1985 yıllarında Porsuk'ta kalite değerlendirmesi

PORSUK



Şekil:5.6 1985 su yılında Porsuk'ta kalite değeri

BÖLÜM 6

PORSUK 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 birbirleriyle 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 boyutundan 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 değerin belirlenmesi, su gereksinimleri ve kullanım isteklerinde önceliklerin sıralanması ve bu sıralamanın yasalara karşı güvencesinin sağlanması, yapılacak yatırımın ekonomik analizi için gerekli sosyal araştırmaları yönlendirir. Kantine, 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 aydınlatılabilir. Bu tarihsel süreç aşağıdaki adımlarda toparlanabilir: Birinci adım, kantite açısından yeterli suyun temini sürecini içermektedir. İkinci adımda halk sağlığı açısından

su temini de yönetim boyutlarına katılmıştır. Üçüncü adıma ulaşıldığında çeşitli yararlı kullanımların birbirlerine 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.

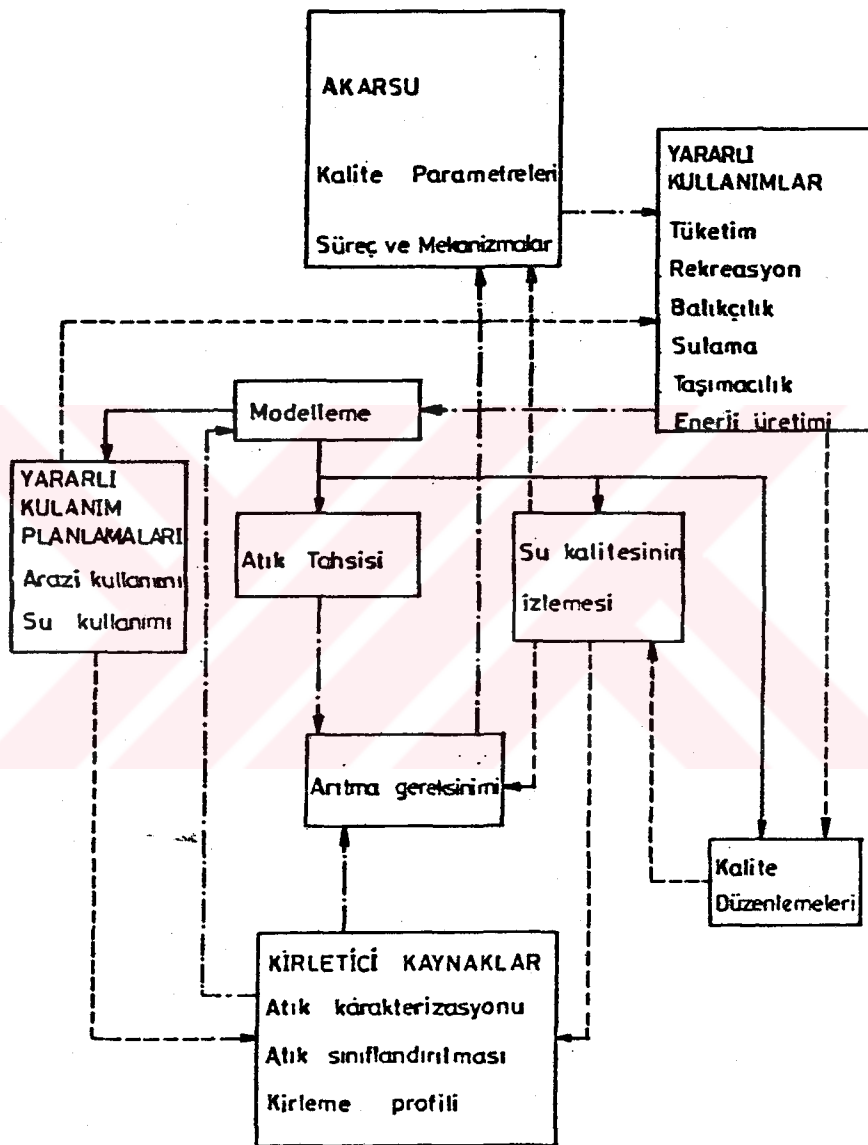
Son yaklaşımda ise; artan nüfus ve gelişmeler nedeniyle kaynakların kısıtlandığı dünyamıza, su kalitesini etkileyecek maddelerin ve atıksuyun alıcı ortama atılması

tek başına veya birarada dünyamızın çeşitli ülkelerinde uygulama alanı bulmuştur. Yurdumuzda da ilk üç yöntemin ülke ölçeğinde uygulanması 1988 yılında çıkarılan 19914 nolu yönetmelikle yasallaşmıştır.

6.2. Porsuk Havzası Su Kalitesi Yönetiminde Benimsenen Yaklaşım ve Model Gereksinimi

Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında, Porsuk Havzasında Porsuk Havzasında uygulanmasına karar verilen yönetim yaklaşımı şematik olarak (Şekil 6.1) de gösterilmektedir. Bu yaklaşımda bir önceki bölümde anlatılan 5 yönetimin 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,
5. Son adımda, akarsuda kaliteyi etkileyen tüm atık kaynaklarının, havzada belirlenen yararlı kullanımlar doğrultusunda suyun optimum kullanımı sınırlayacak 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.



Şekil:6.1 - Sakarya havzasında su kalitesi yönetiminin kavramsal yaklaşımı

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

PORSUK NEHRİ VE 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. Porsuk Çayında 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 Porsuk Havzasında çok amaçlı kullanımlar söz konusudur. Bu kullanımlar bir taraftan çok sayıda parametre ile tanımlanan çok iyi

kalitede suya gereksinim duyarken, diğer taraftan kaliteyi olumsuz yönde etkilenmektedirler. 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. Yukarıda 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 besin 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 akarsu 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.

- . 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 beirlenmesi için hem evvelce yapılmış çalışmalardan hem de Raporun 5. Bölümünde sözedilen proje öncesi izleme çalışmalarından yararlanılmıştır. Bunların değerlendirilmesi aşağıda verilmektedir.

. Akarsuyla ilgili en belirgin gözlem sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun organik maddelerin minerallizasyonu 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.

. Laboratuvar da ölçülen BOI ayrışma katsayısı, akarsuda gözlenen her zaman daha düşük çıkmaktadır. Bu durum DSI (1980) nin çalışmalarında da gözlenmiş olup akarsuda ayrışabilen maddelerin çökmesi, akarsu tabanındaki birikintilerin oksijen tüketmesi, sesil ve mobil organizmaların da mineralizasyon ve asimilasyonla organik maddeleri ayrıştırması olaylarıyla açıklanabilir. Özellikle akarsuda hızın

azaldığı zaman (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.

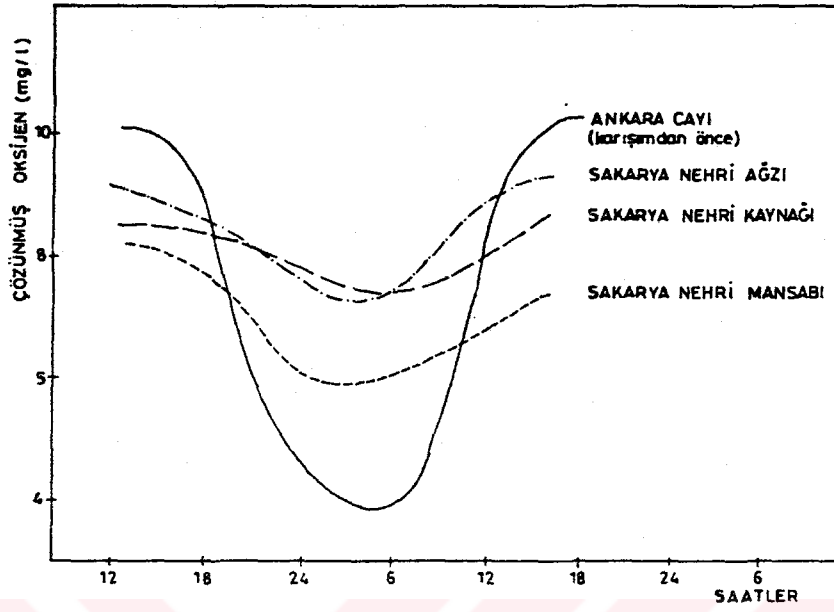
. Suda gün boyunca yapılan oksijen ölçümleri, gündüz ortamdaki aşırı mineralizasyon ve nitrifikasyona rağmen oksijen miktarının olması gerekenden çok olduğunu, gece ise bu durumun tersine döndüğünü göstermiştir (Şekil 7.1). Havalanma yoluyla oksijen kazanımı maksimum miktarda hesaba katılsa bile gündüz ölçülen fazla oksijeni açıklayamaz.

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

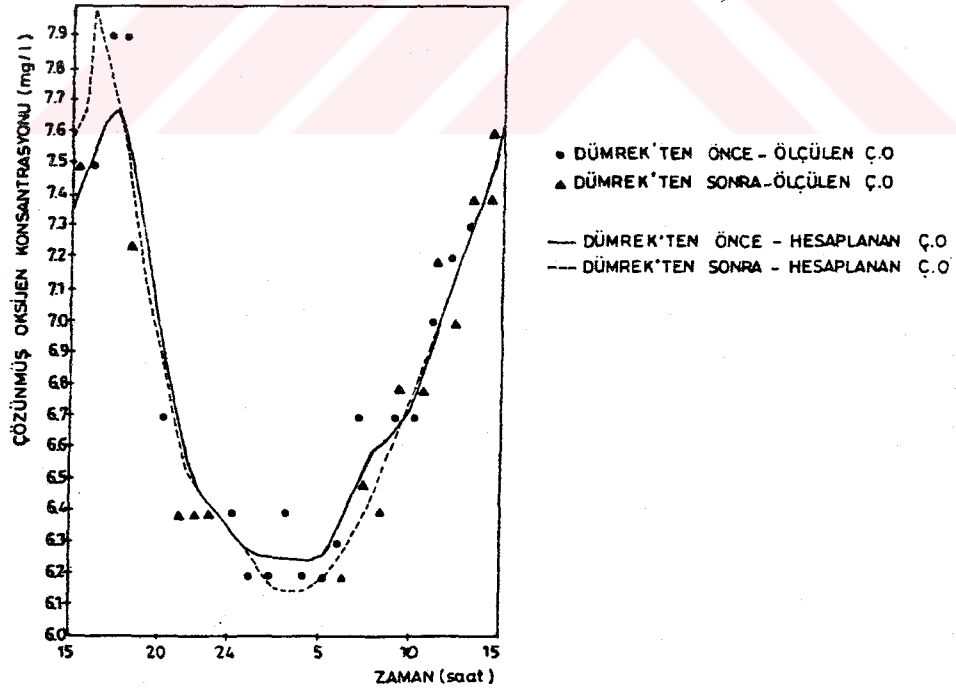
. Akarsu genellikle taşınan askı maddeleri nedeniyle bulanık olduğundan alg gelişimi için besi maddelerinden çok, ışık sınırlayıcı olmaktadır.

. 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 formülasyonu gerekmektedir.

. Havza çok büyük olduğundan, akarsu boyunca sıcaklıklar da değişmekte ve bu değişim çeşitli süreç ve mekanizmaları etkilemektedir.



Şekil: 7.1 - Çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki günlük değişim



Şekil: 7.2 - Oksijen için ikiz eğri analizi

. 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 çökeltme ve BOI içinde alg/detritus ile azot oksijen gereksiniminin ayrılması,

. Azot dengesine etkisi açısından; nitrifikasyon, denitrifikasyon, amonyaklaşma, çökeltme, 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 yanal 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 değişimlerin 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 aralıkla değişimi.

gibi nedenler ilk elemde kararlı denge modelinin kullanılması zorunluluğunu getirmiştir. Modelin kullanım amaçları iyice düşünülerek yapılan ikinci elemde, 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 amaca 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 QUAL2E modelinin seçimine karar verilmiştir.

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

QUAL2E, esas olarak akarsu enkesitinde homojen dağılım kabulüne dayanan aşağıdaki tek boyutlu kütle taşınım bağıntısını kullanmaktadır:

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

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 üç madde
- . İlave korunan üç madde

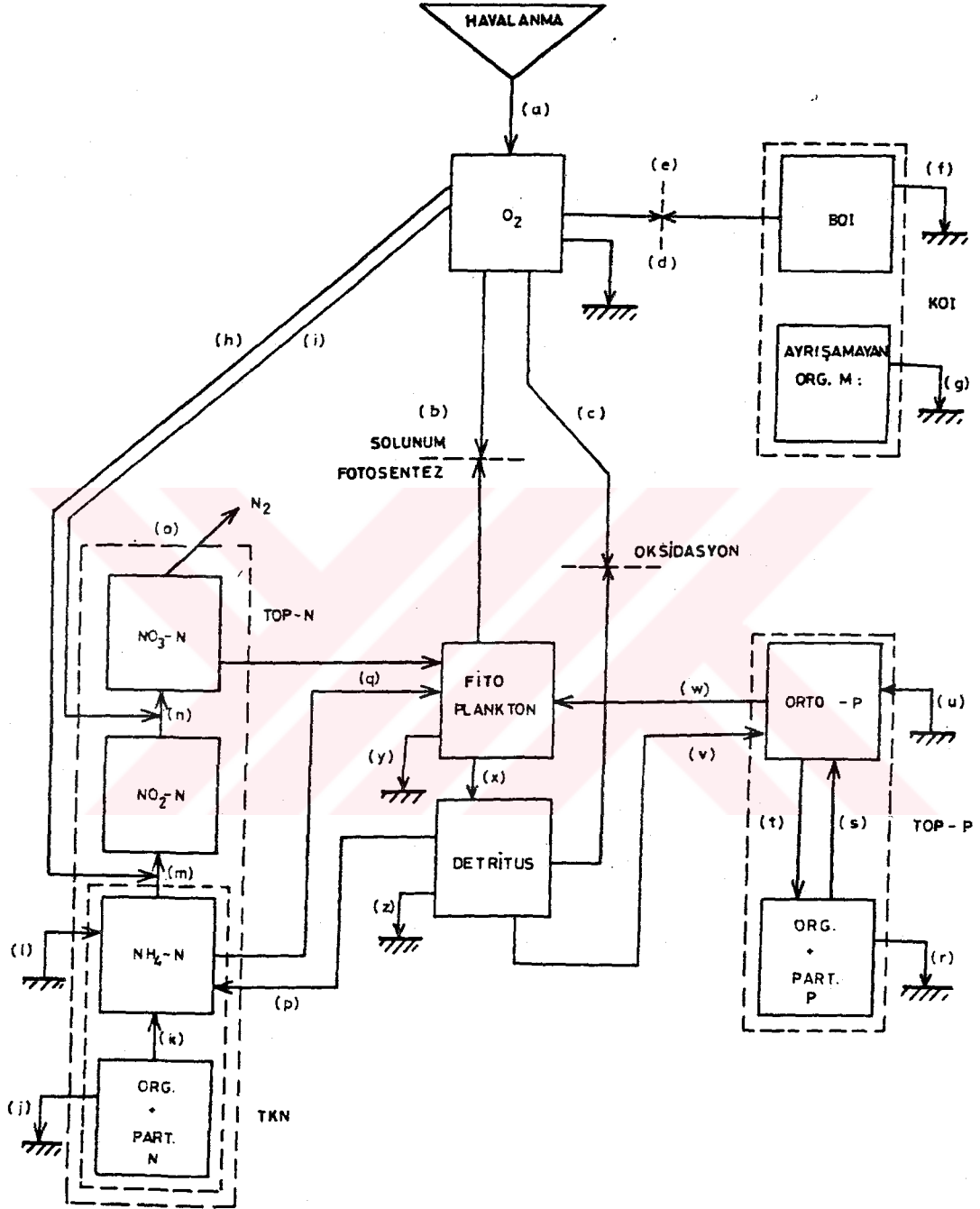
konsantrasyonundaki değişimlerin tamamı veya bir kısmı simültane olarak hesap edilmektedir. Modelde gözönüne alınabilen süreç ve mekanizmalarla, yukardaki bileşenler arasındaki simültane etkileşimler (Şekil 7.3)de gösterilmektedir.

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 amonyanın serbest bırakılması
- m) 1. adım nitrifikasyonda NH_4 'ün NO_2 'ye oksidasyonu
- n) 2. adım nitrifikasyonda NO_2 'nin NO_3 'e oksidasyonu
- o) denitrifikasyon
- p) detritusun mineralizasyonu ile NH_4 'ün serbest kalması
- q) fitoplanktonların gelişimi nedeniyle NH_4 (veya NO_3) kullanımı



Şekil:7.3- qual modelinin integral yapısı

TABLO 7.1 a MODELDE TANIMLANAN SÜREÇ VE MEKANİZMALARI
KARAKTERİZE EDEN BAĞINTILAR

ÇO (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 ₂)	:	$-\frac{K_5}{H} L_2$	(7.4)
		(g)	
org-N (N ₀)	:	$-\frac{\beta_3}{H} - \beta_0 N_0$	(7.5)
		(j) (k)	
NH ₄ -N (N ₁)	:	$+\beta_0 N_0 + \frac{\beta_4}{H} - \beta_1 N_1 + \alpha_1 \delta D - \gamma \alpha_1 \mu A$	(7.6)
		(k) (l) (m) (p) (q)	
NO ₂ -N (N ₂)	:	$+\beta_1 N_1 - \beta_2 N_2$	(7.7)
		(m) (n)	
NO ₃ -N (N ₃)	:	$+\beta_2 N_2 - \frac{\beta_5}{H} N_3 - (1-\gamma) \alpha_1 \mu A$	(7.8)
		(n) (o) (q)	
Org+part-P (P ₁)	:	$-\frac{\sigma_2}{H} P_1 + f P_0$	(7.9)
		(r) (s, t)	
O-P (P ₀)	:	$-f P_0 + \frac{\sigma_3}{H} + \alpha_2 \delta D - \alpha_2 \mu A$	(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)	

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 açıklanması)

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 besin maddeleri bütçesi üzerine kurulmuş ve birinci üretime kadar ulaşan bir "ekolojik model" olarak değerlendirilmesi olanaklıdır.

$$BOI_5 = f_1 \cdot L + f_2 \cdot \alpha_3 \cdot A + f_3 \cdot \alpha_4 \cdot D$$

$$KOI = L + L_2 + \alpha_3 \cdot A + \alpha_4 \cdot D$$

TABLO 7.1 b MODELİN PROSES KİNETİĞİ

j	p r o s e s	B İ L C İ S E N										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		CO	DUT _u	KUT-R	Org-N	NH ₄	NO ₂	NO ₃	U _{Org+Part}	U _{Orto}	Alg	Det.
1	Atmosferik havalandırma	1										
2	Alg büyümesi (fotosentez)	α_3				$-\gamma \cdot \alpha_1$		$-(1-\gamma) \cdot \alpha_1$		$-\alpha_2$	1	
3	Alg solunumu	$-\alpha_4$									-1	
4	Detritus mineralizasyonu (ayrışma)	$-\alpha_3$				α_1				α_2		-1
5	Dip çamurunun O ₂ tüketimi	-1										
6	Biyokimyasal ayrışma	-1	-1									
7	Amonyakın nitrite oksidasyonu	$-\alpha_5$				-1	1					
8	Nitritin nitrate oksidasyonu	$-\alpha_6$					-1	1				
9	Ayrışabilen org.madde çökmesi		-1									
10	Ayrışmayan org.madde çökmesi			-1								
11	Organik azotun çökmesi				-1							
12	Amonifikasyon				-1	1						
13	Dip çamurundan amonyakın açığa çıkışı					1						
14	Denitrifikasyon							-1				
15	Org.+Part.P'nin çökmesi								-1			
16	Ortofosfatın adsorpsiyon hızı								1	-1		
17	Dip çamurundan ortofosfatın açığa çıkışı									1		
18	Alg ölüm hızı										-1	1
19	Alglerin çökmesi										-1	
20	Detritusun çökmesi											-1

Gözlenen Dönüşüm Hızı

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

$$L=1,46.BOI_5^{20}$$

$$\rho = f_r \cdot \mu_{\max}^{20} \cdot T/20$$

$$\mu_1 = \mu_{\max}^{20} \frac{t}{20} d \cdot \frac{k_L}{H(\epsilon_o + \epsilon_s \cdot A)}$$

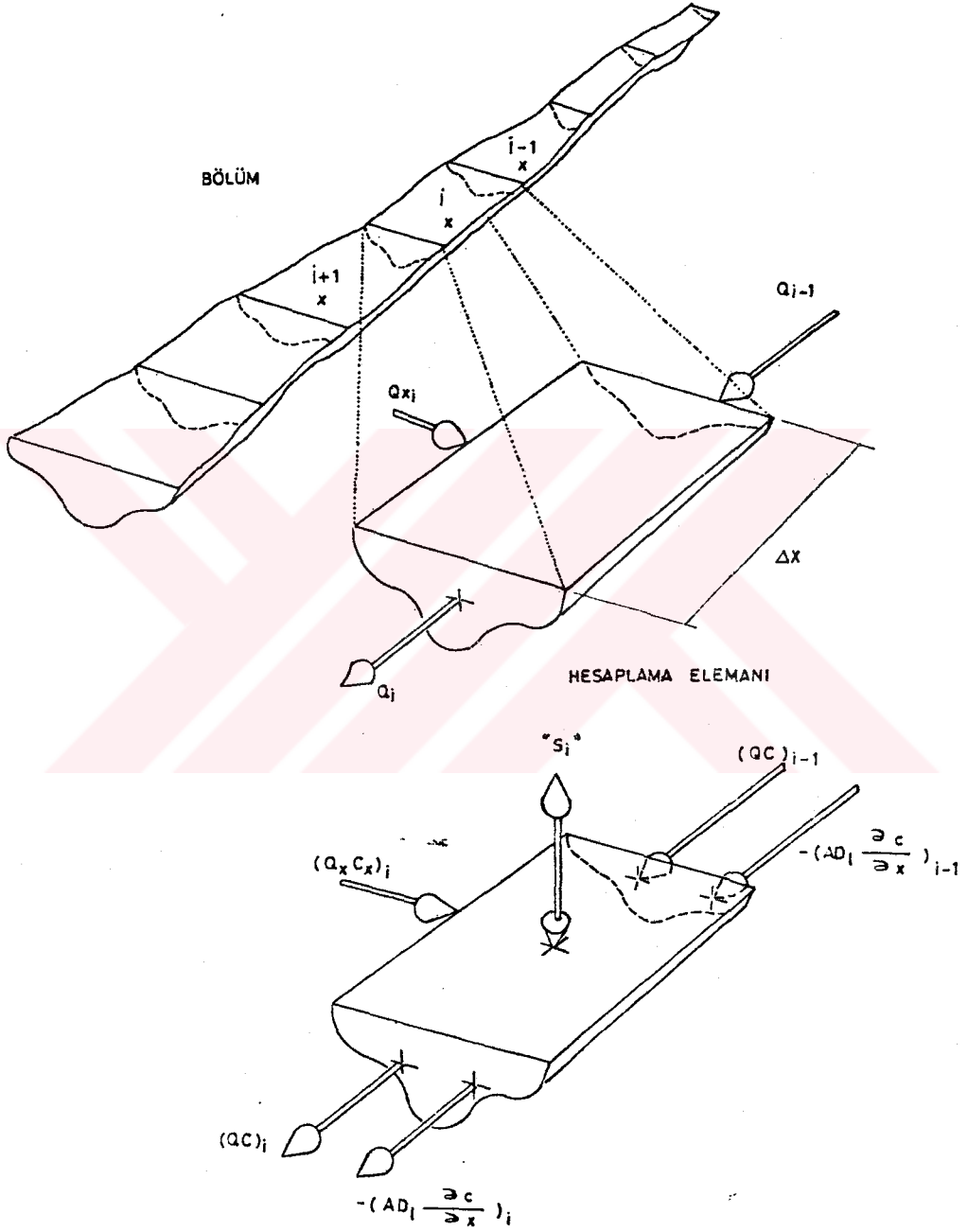
Modelde, sıcaklık ve alg miktarı sınır koşulu olarak da kullanılabilmektedir. Simülasyonu yapılacak korunan veya korunamayan maddeler modele noktasal veya yayılı kaynak olarak sokulabilmekte, ayrıca akarsu içinde kaynak ve kuyular gözönüne alınabilmektedir. Bu kaynaklar için konsantrasyon veya yük birimlerinden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

Modelde, menbadan başlanarak çeşitli giriş ve kışlar 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.

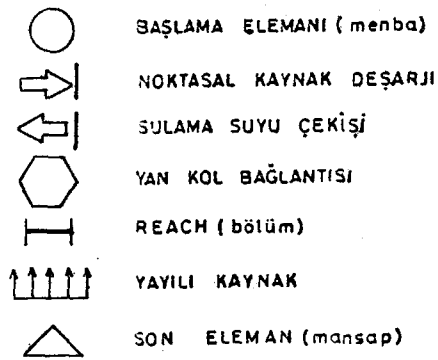
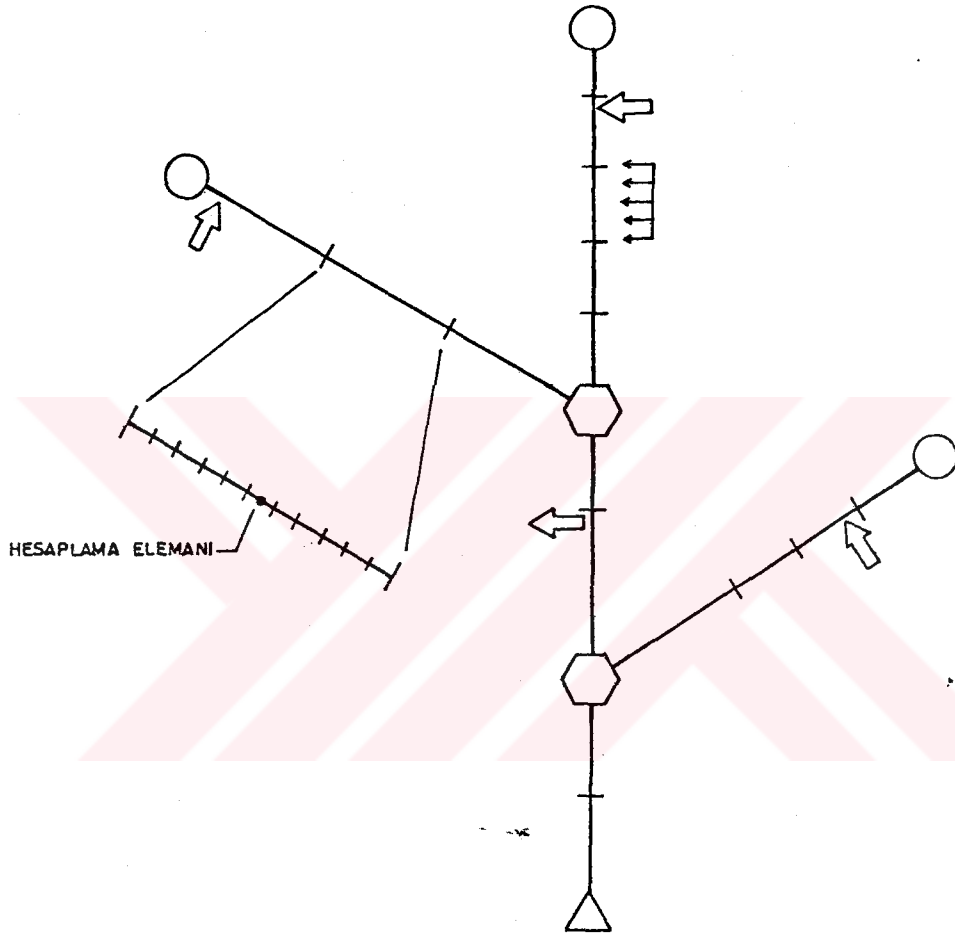
7.3. Sayısal Çözüm ve Simülasyon Sistemi

QUAL2E, sayısal çözüm yöntemi olarak sonlu farkları kullanmaktadır. Bunun için (7.1) bağıntısı, kararlı denge halinde;

$$O = \left(\frac{Q_{i-1}}{V_i} - \frac{A_{i-1} \cdot D_{i-1}}{V_{ix}} \right) c_{i-1} - \left(\frac{Q_i}{V_i} - \frac{A_{i-1} \cdot D_{i-1} + A_i D_i}{V_{ix}} \right) c_i - \left(\frac{A_i D_i}{V_{ix}} \right) c_i - 1 + \frac{S_i}{V_i} + R(c_i)$$



Sekit74-Nehir bölümlerinin ve hesaplama elemanlarının gösterimi



Şekil: 7.5a-Varsayılan akım sisteminin şematik gösterimi

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

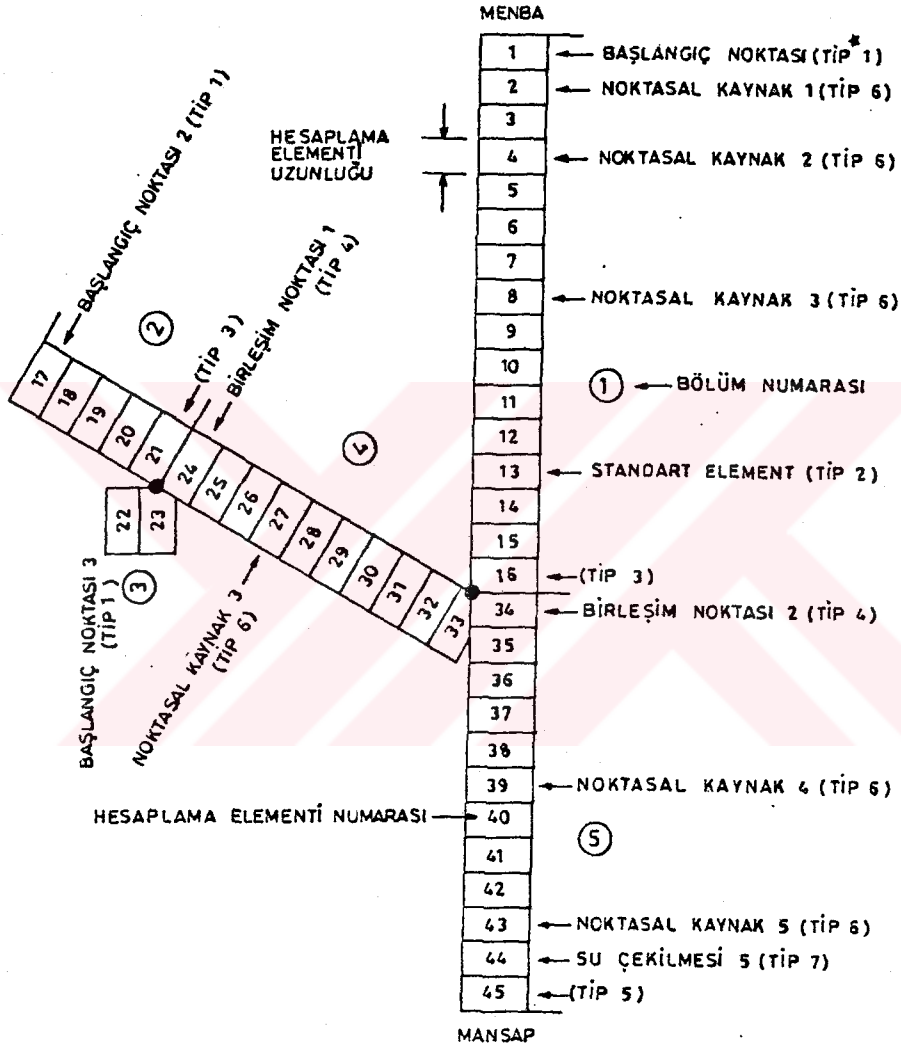
$$C=U^{-1}S_c$$

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

Bu kavramsal yapının uygulamadaki karşılığı akarsuya (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

ile program sınırlandırılmıştır. Ayrıca, sayısal dispersiyon ve boyuna doğrultuda konsantrasyon gradyanı yayılması gibi hataları önlemek için element uzunlukları çok büyük seçilmelidir. Diğer taraftan çok küçük uzunlukta elementler nedeniyle bilgisayar zamanının gereksiz veye harcanmamasına da özen gösterilmelidir. Her bir hesaplama elementi tipi, modelin standartlaştırılması notasyonları ile tanımlanmıştır.



Şekil:7.5b-Bir akarsuyu modele göre düzenleme şeması

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,
- . 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

PORSUK NEHRİ MODELLEME AŞAMALARI

QUAL2E, Porsuk nehrinde havza bazında Ağaçköy den Sakarya karışımına kadar uygulanmıştır.

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

Bu bölümde modelin kalibrasyonu ve duyarlılığı için Baltaoğlu (1991) tarafından yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

8.1. Veri Analizi ve Program Girdilerinin Hazırlanması

Veri analizleri, örnekleme istasyonları ve kirletici kaynaklar, bölüm 3 ve 5 de ayrı ayrı verilmiştir.

8.1.1. Örnekleme İstasyonlarından Elde Edilen Veriler

Ölçümlerin yapıldığı örnekleme istasyonlarının yeri Şekil 8.1. de gösterilmiştir.

Bu istasyonlardan sağlanan Mart 1983 - Şubat 1986 dönemine ait verilerden model kalibrasyonuna esas oluşturan parametreler olan debi, çözünmüş oksijen, BOI_5 , Org-N, NO_2 , TKN, O- PO_4 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 değerlendirilerek sapma gösteren değerlerin nedenleri araştırılmıştır. Yukarıda belirtilen parametrelere ait verilerin özetli



Şekil 8.1 Porsuk Çayı Ölçüm İstasyonları

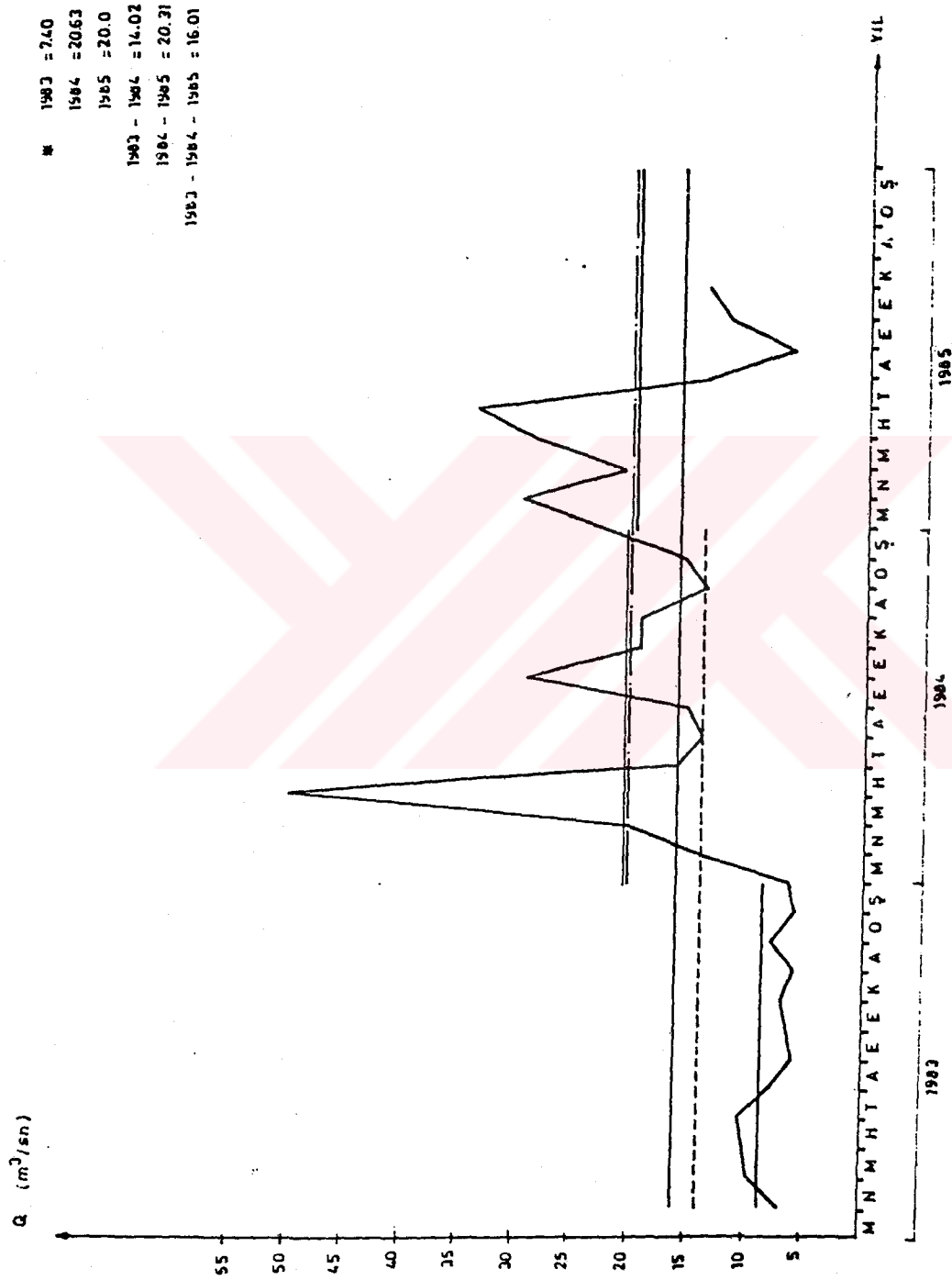
bir analizi sonucunda 1984 ve 1985 su yıllarına ait hidrolojik verilerin birbirlerine yakın olması nedeniyle model kalibrasyonunda bu iki yıla ait ortalama değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Yapılan değerlendirmelere bir örnek oluşturmak üzere Porsuk Çayı'nın menba ve mansap istasyonlarına ait ölçümler Şekil 8. 2, 3 te verilmektedir.

Program girdilerinin hazırlanması aşamasında başlangıç koşulları adı altında tanımlanan bilgiler modele giriş bilgisi olarak alınmıştır. Porsuk Çayı ,Porsuk Baraj Gölü' de dahil olmak üzere havza bazında modelleneyeceği için hesaplama elementlerinin belirlenmesi amacıyla bir ön çalışma yapılarak bölümler 3km lik ve 6 km lik hesaplama elementlerine ayrılmış ve modelin her iki durum için de duyarlılığı araştırılmıştır. Alınan sonuçlarda ki sapmalar ihmal edilebilir mertebede olduğundan, elementler , hesap kolaylığı sağlaması için 6 km olarak seçilmiştir. Çözünmüş oksijen için yapılan incelemenin sonuçları Şekil 8.4 de verilmektedir.

Bu yaklaşım doğrultusunda Porsuk 8 bölüme ayrılmıştır. Toplam hesaplama elementi ise 63 tür. Şematik gösterimi Şekil 8.5 de, bölümlerin uzunlukları ise Tablo 8.1 de verilmektedir.

Porsuk Çayı kaynağın 64 km.sinden başlamaktadır. Çayın kaynak kısmı ile endüstriyel deşarjların yoğun olduğu Kütahya kenti civarı 2 farkı bölüme ayrılmıştır. Porsuk Baraj Gölü ve baraj sonrası iki farklı bölüm olarak incelenmiştir. ayrıca endüstriyel deşarjların olduğu veya sulama suyu çekilen , su dönüşü olan bölgeler ile yan kol girişi olmayan akarsu kesimleri de farklı bölümler halinde ele alınmıştır.

Modelin tüm havza bazında uygulanabilmesi için, bir nehir modeli olan QUAL2E nin Porsuk Baraj Gölü ne uyarlanması yapılmıştır. Bu amaçla rezervuarda hızın çok küçük olacağı baraj gölünde hareketli su kütlelerinin barajdan önceki bölümdeki debi ve su derinliğini sağlayacağı kabulleriyle belirlenmiştir. Böylece model, baraj

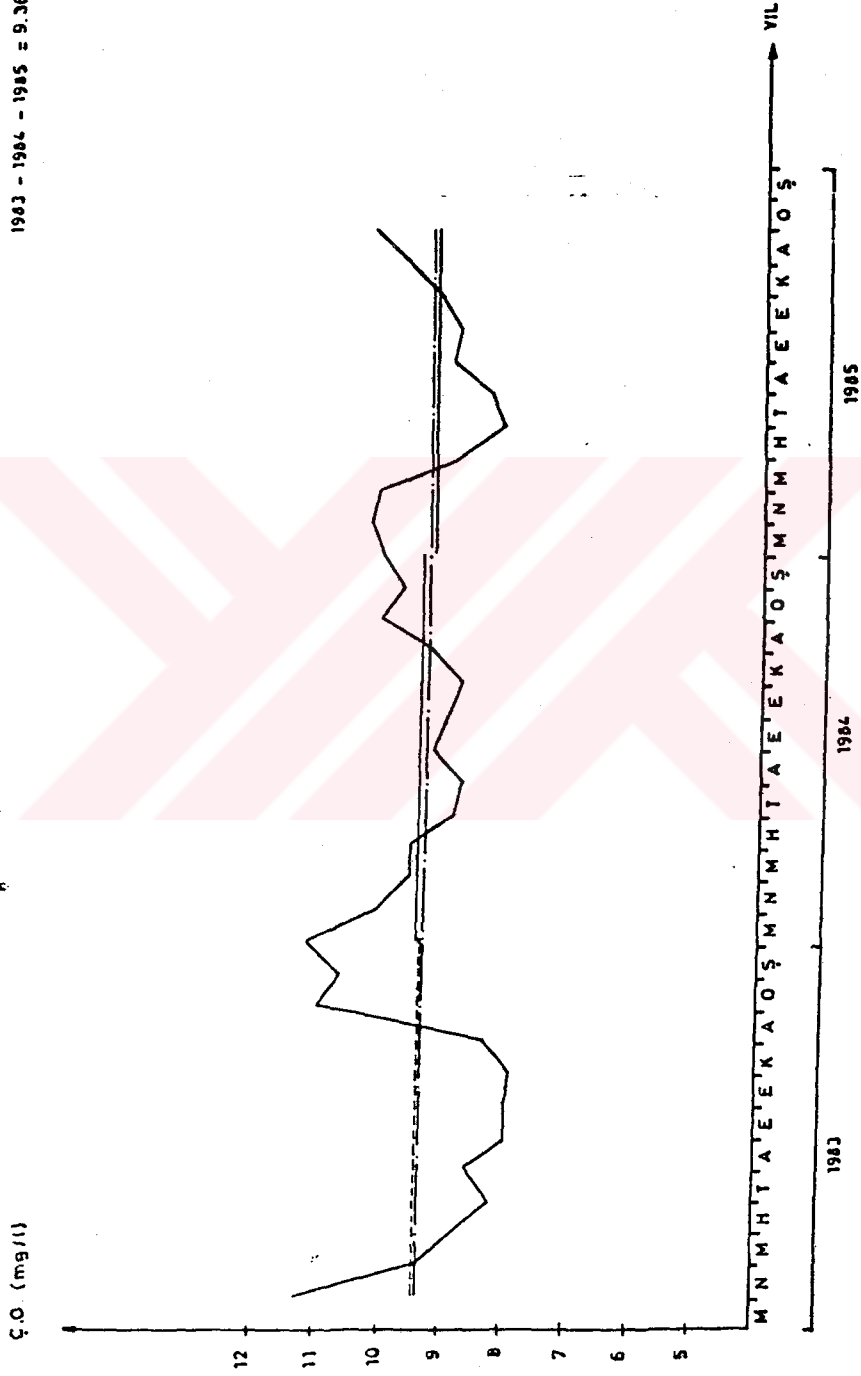


***İLGİLİ SU YILLARINA AİT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR**

Şekil 8.2
Sazılar istasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçümler

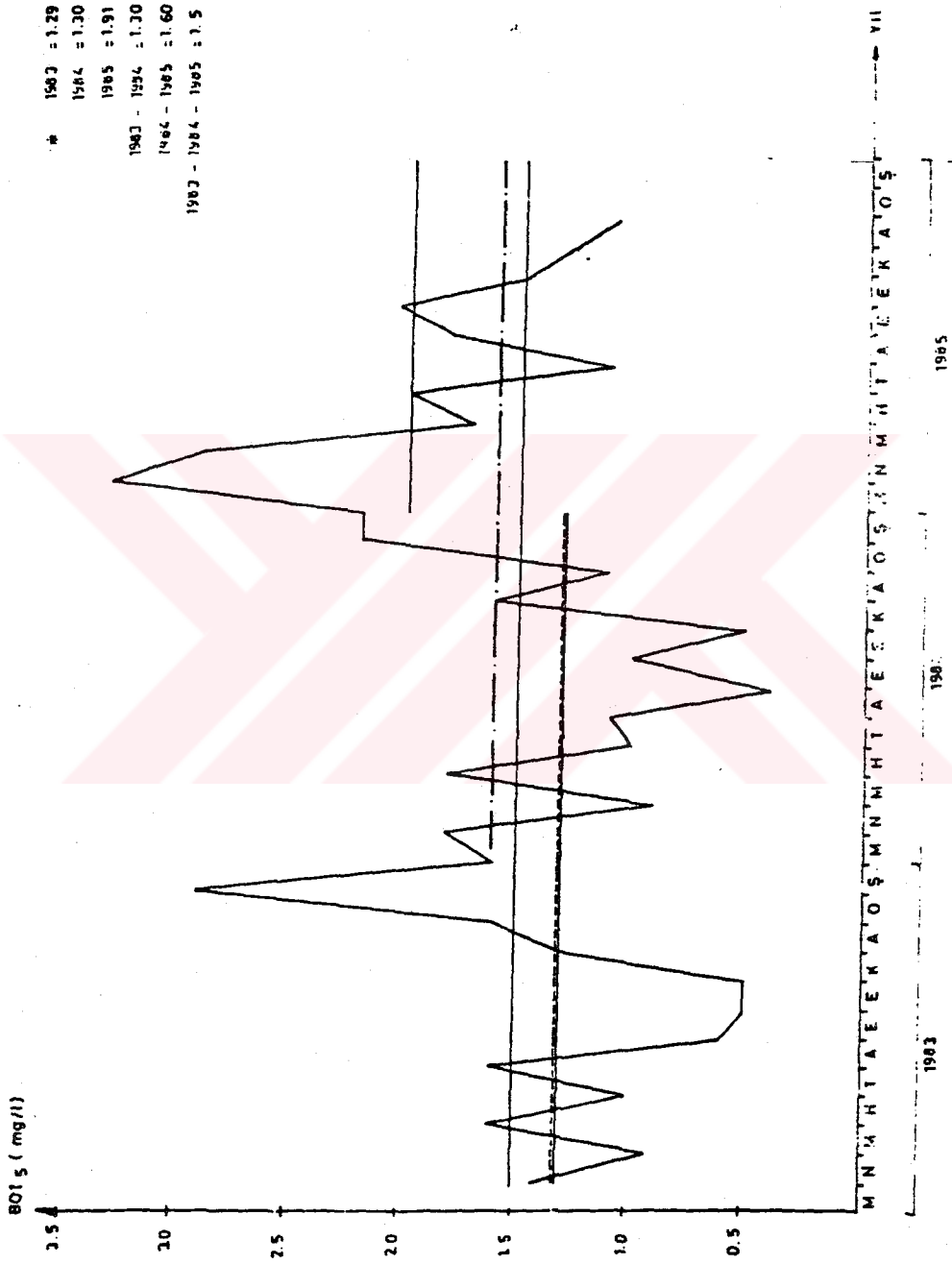
İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

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

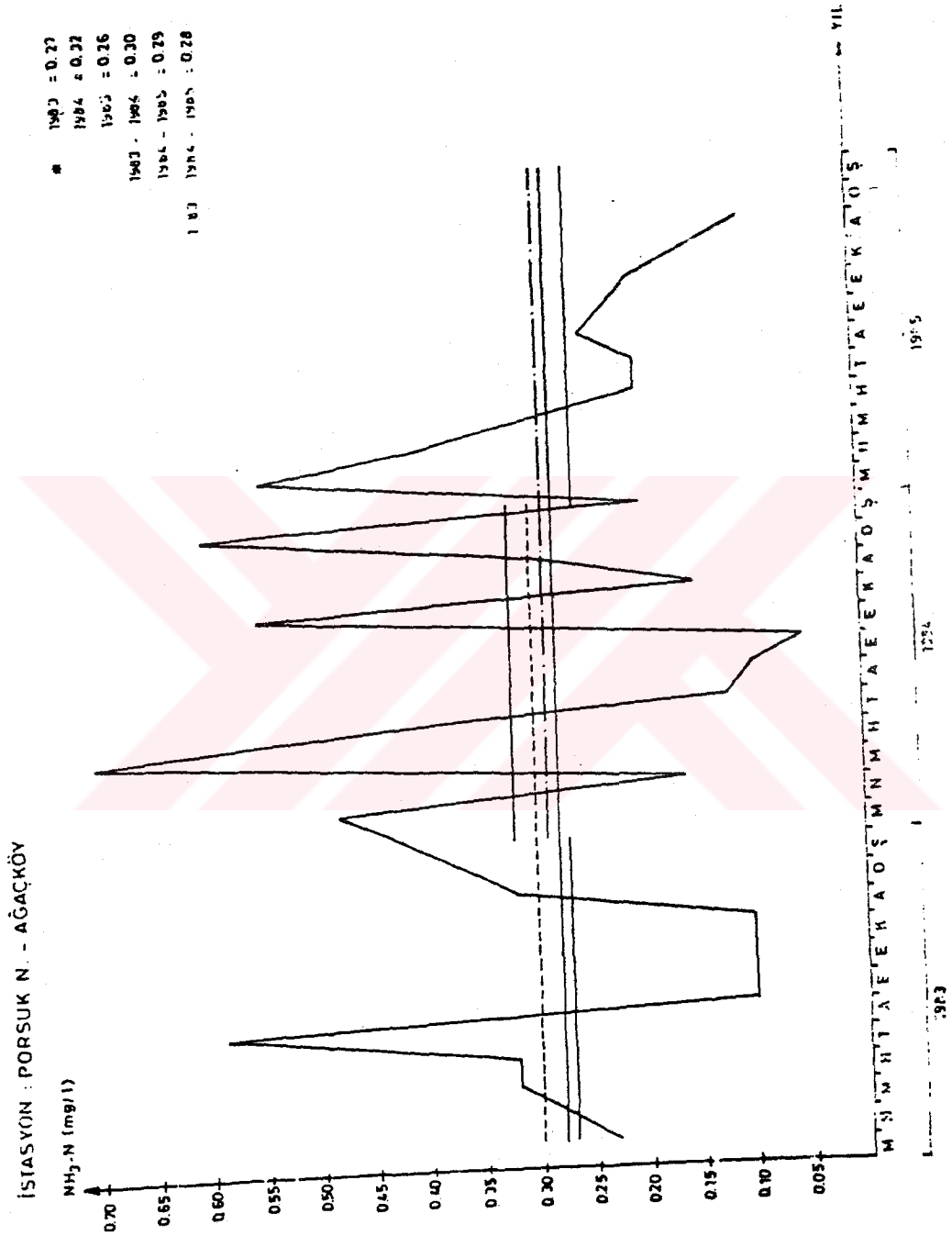


Şekil: 8.2 - Devamı

İSTASYON . PORSUK N. - AĞAÇKÖY



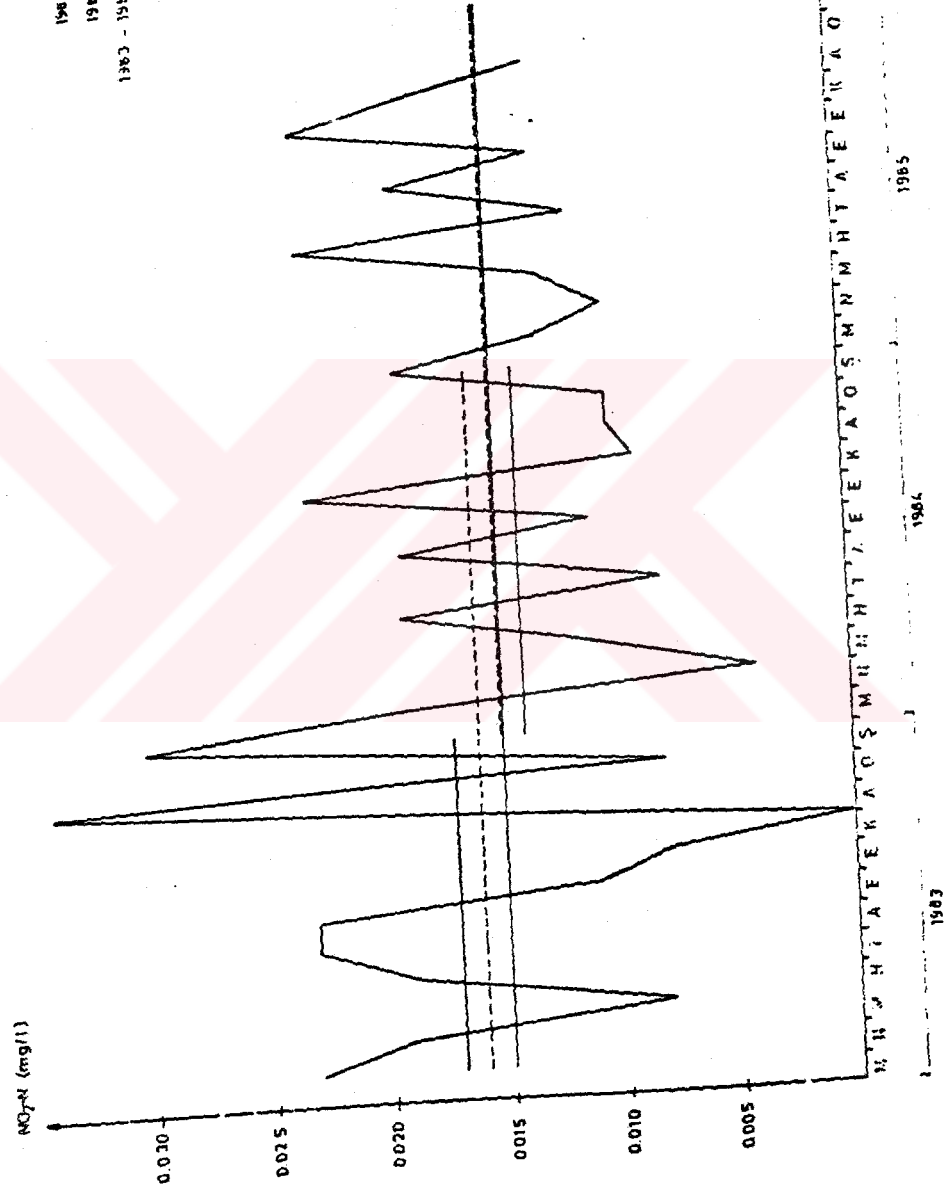
Şekil: 8.2 - Devamı



Şekil: 8.2 Devamı

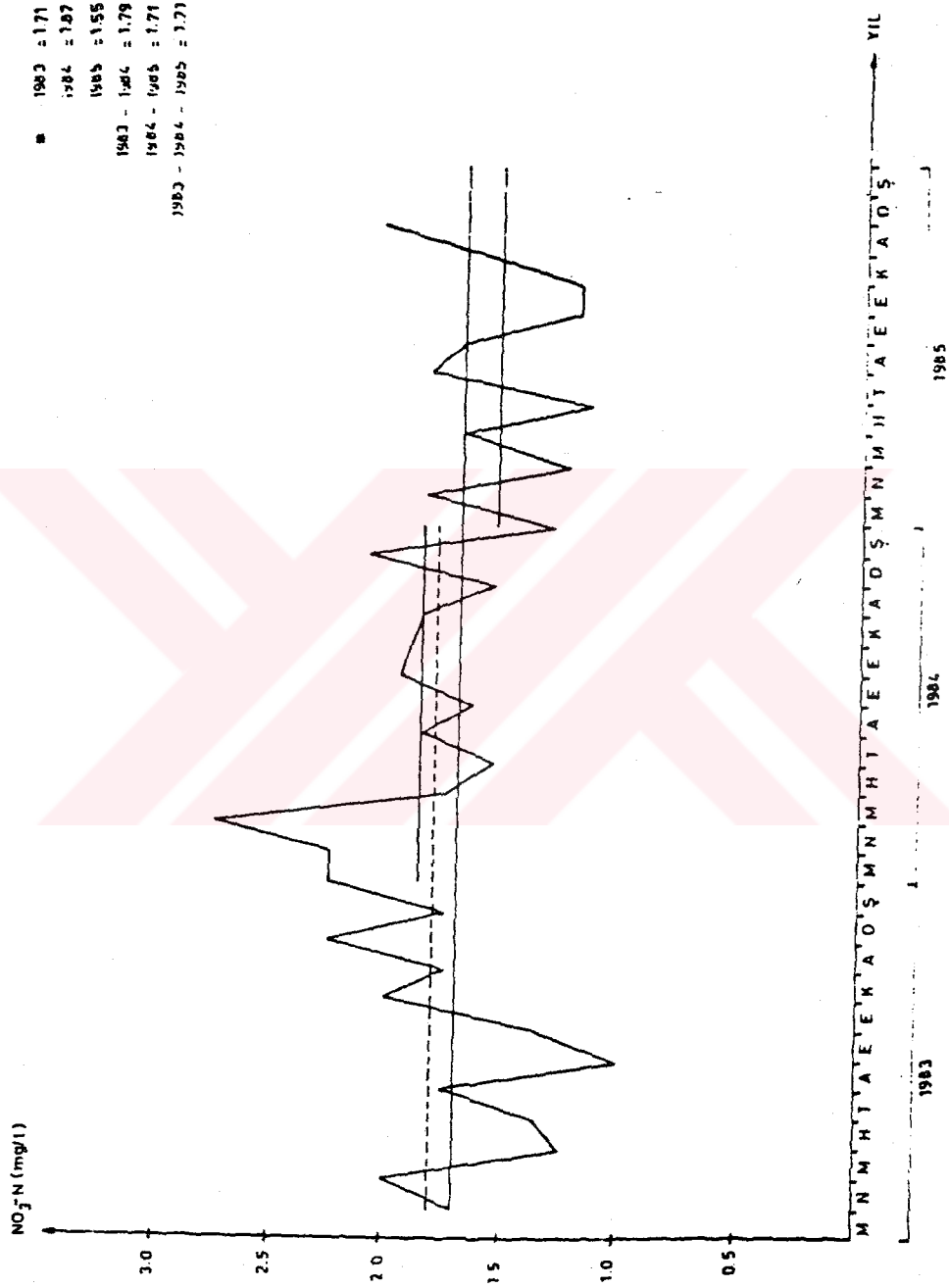
İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

1983 = 0.012
 1984 = 0.016
 1985 = 0.015
 1983 - 1984 = 0.016
 1984 - 1985 = 0.015
 1983 - 1985 = 0.015



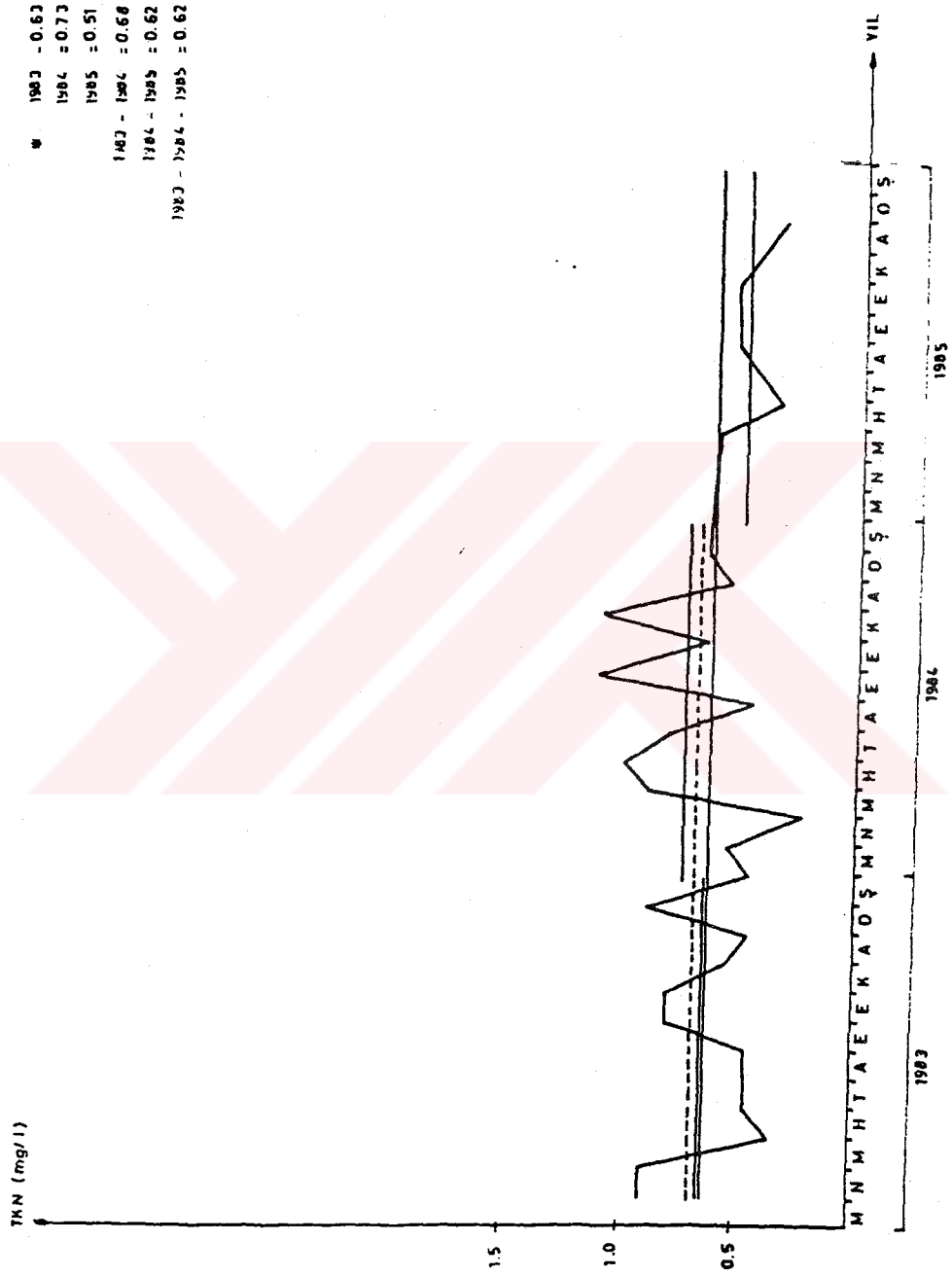
Şekil: B.2 - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY



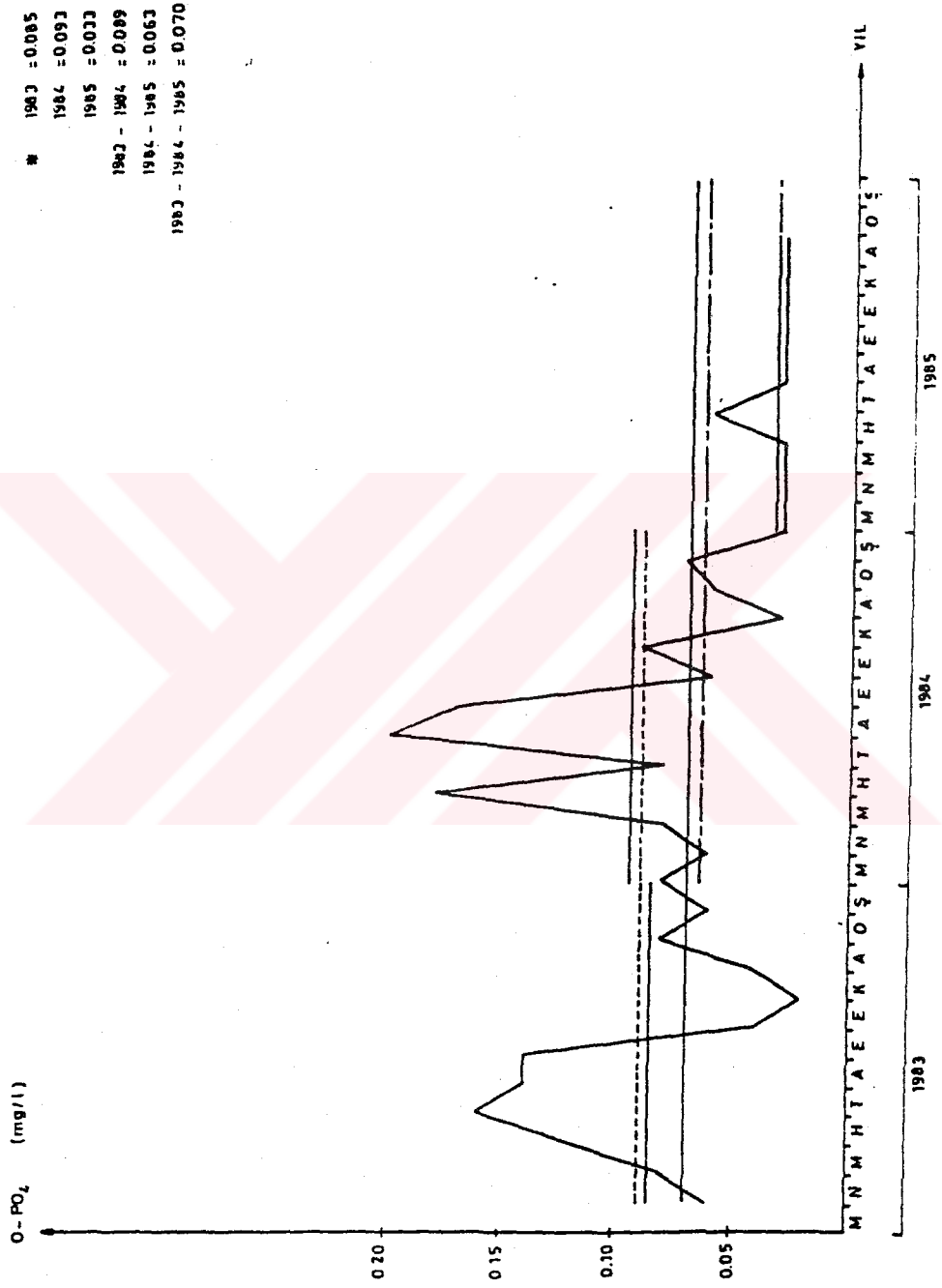
Şekil: 8.2 - Devamı

İSİASYON : PORSUK N - AĞAÇKÖY



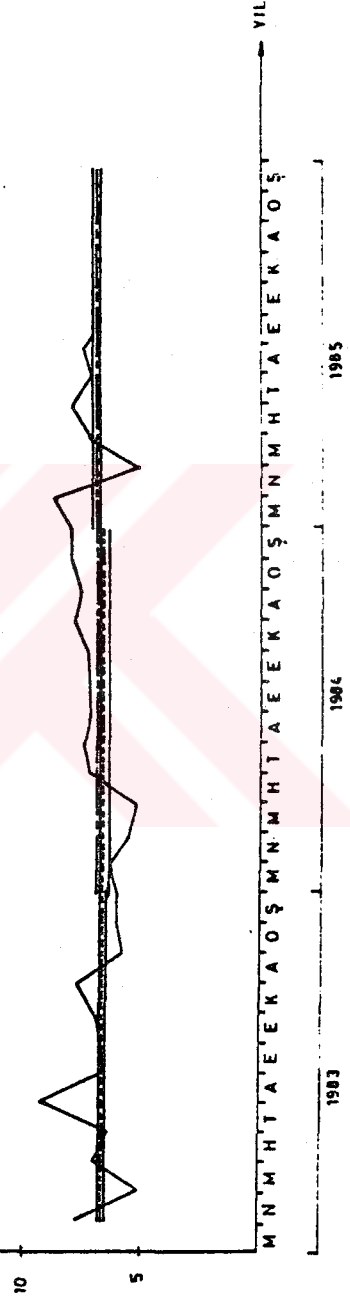
Şekil: 8.2 - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY

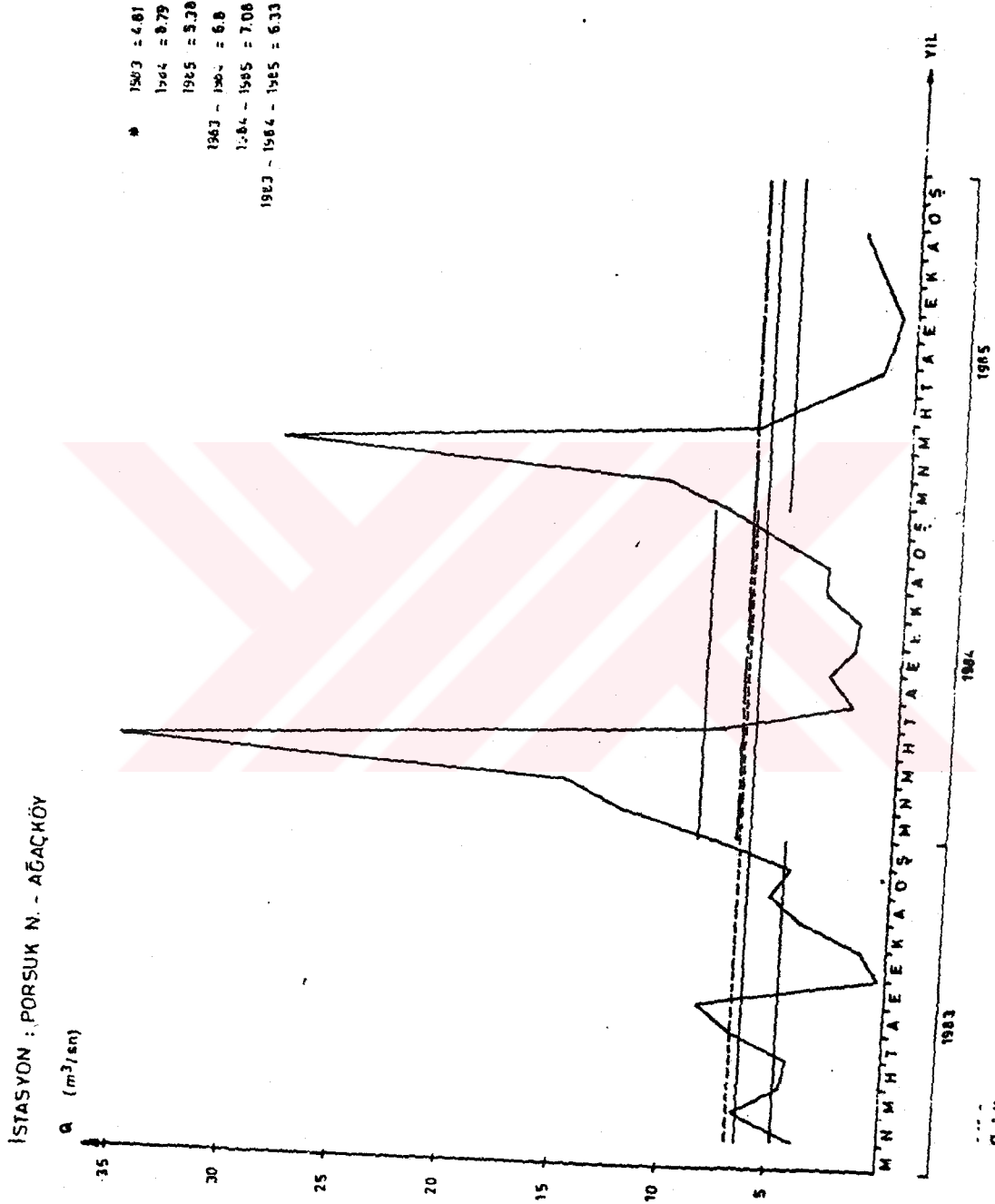


Şekil: 8.2 - Devamı

İSTASYON : PORSUK N. - AĞAÇKÖY



Şekil: 8.2 Devamı



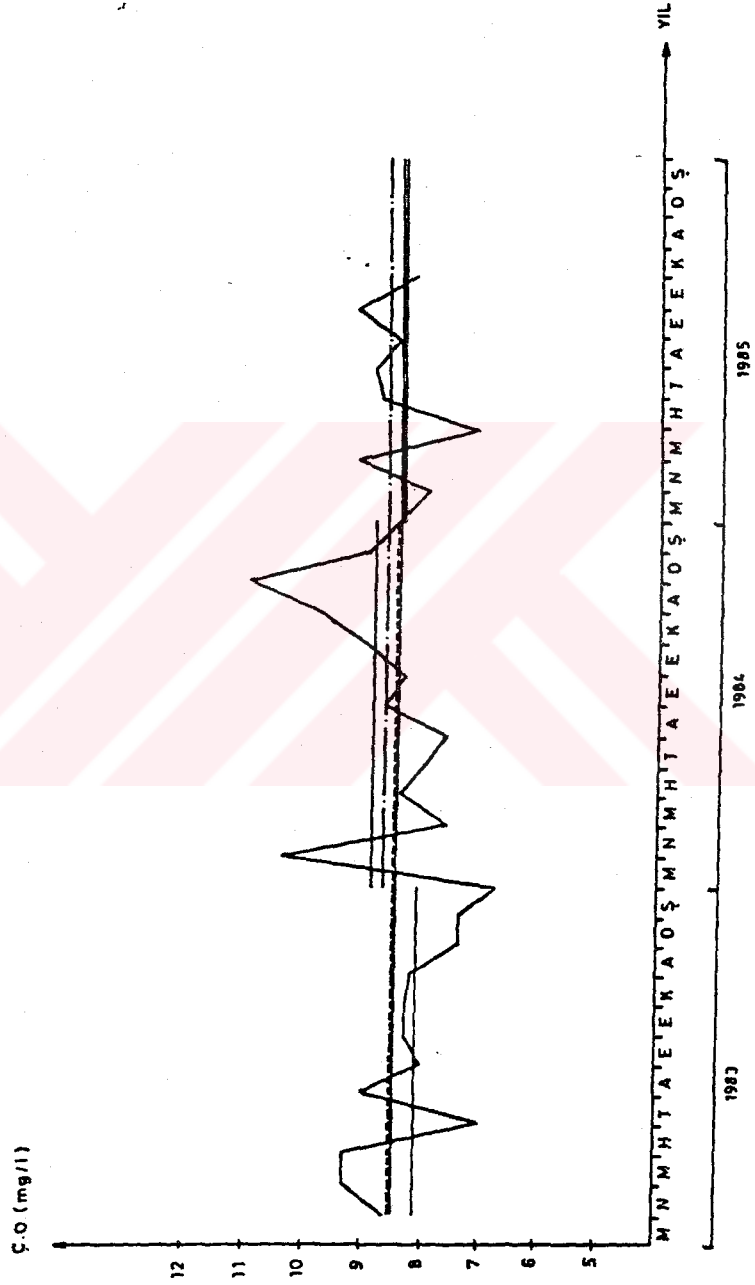
Şekil 8.3

Ağaçköy istasyonunda Yapılan Çeşitli Parametrelere Ait Ölçümler

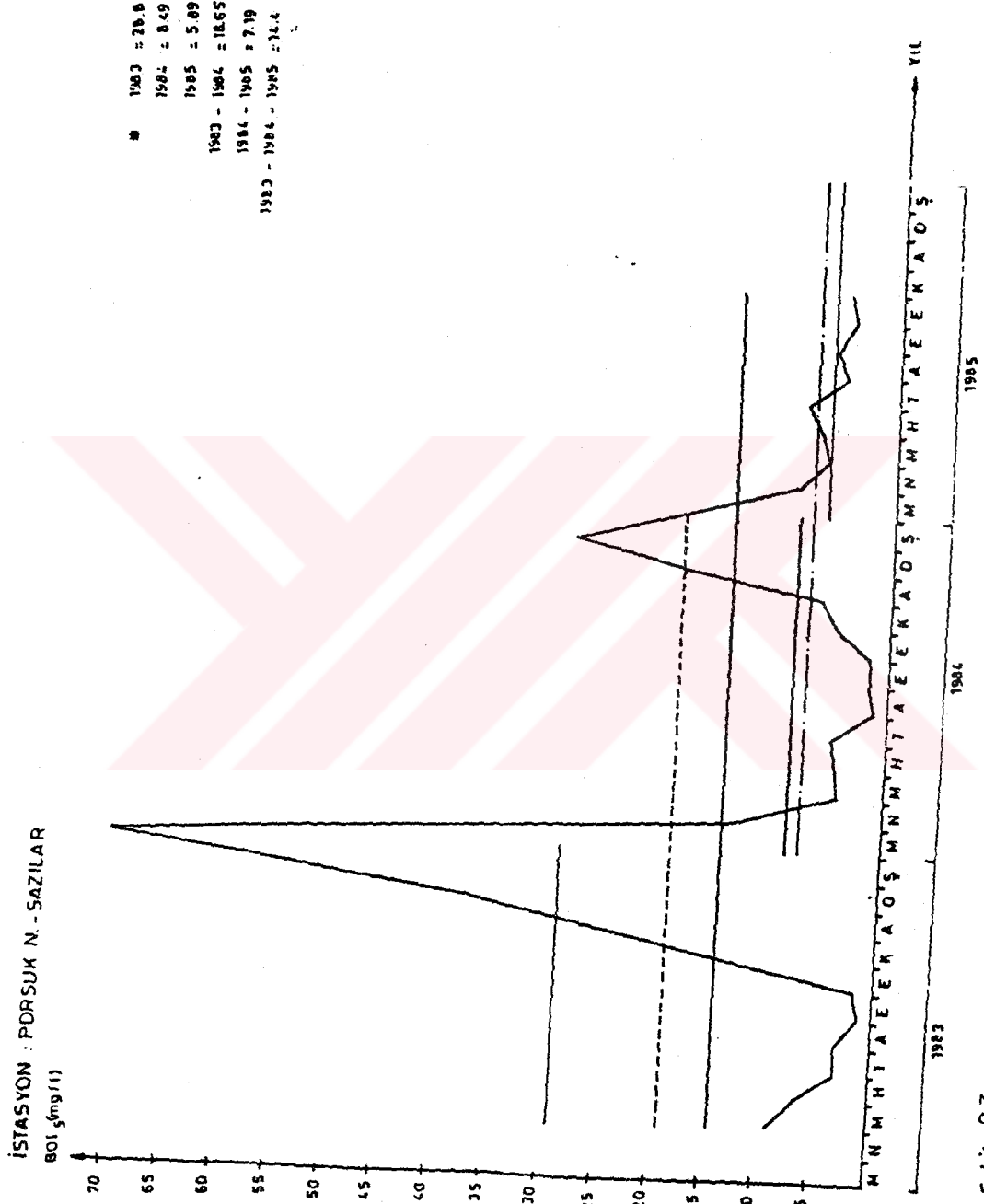
* İLÇİLİ SU YILLARINA AIT ORTALAMALARI GÖSTERMEKTEDİR

İSTASYON : PORSUK N. - SAZILAR

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



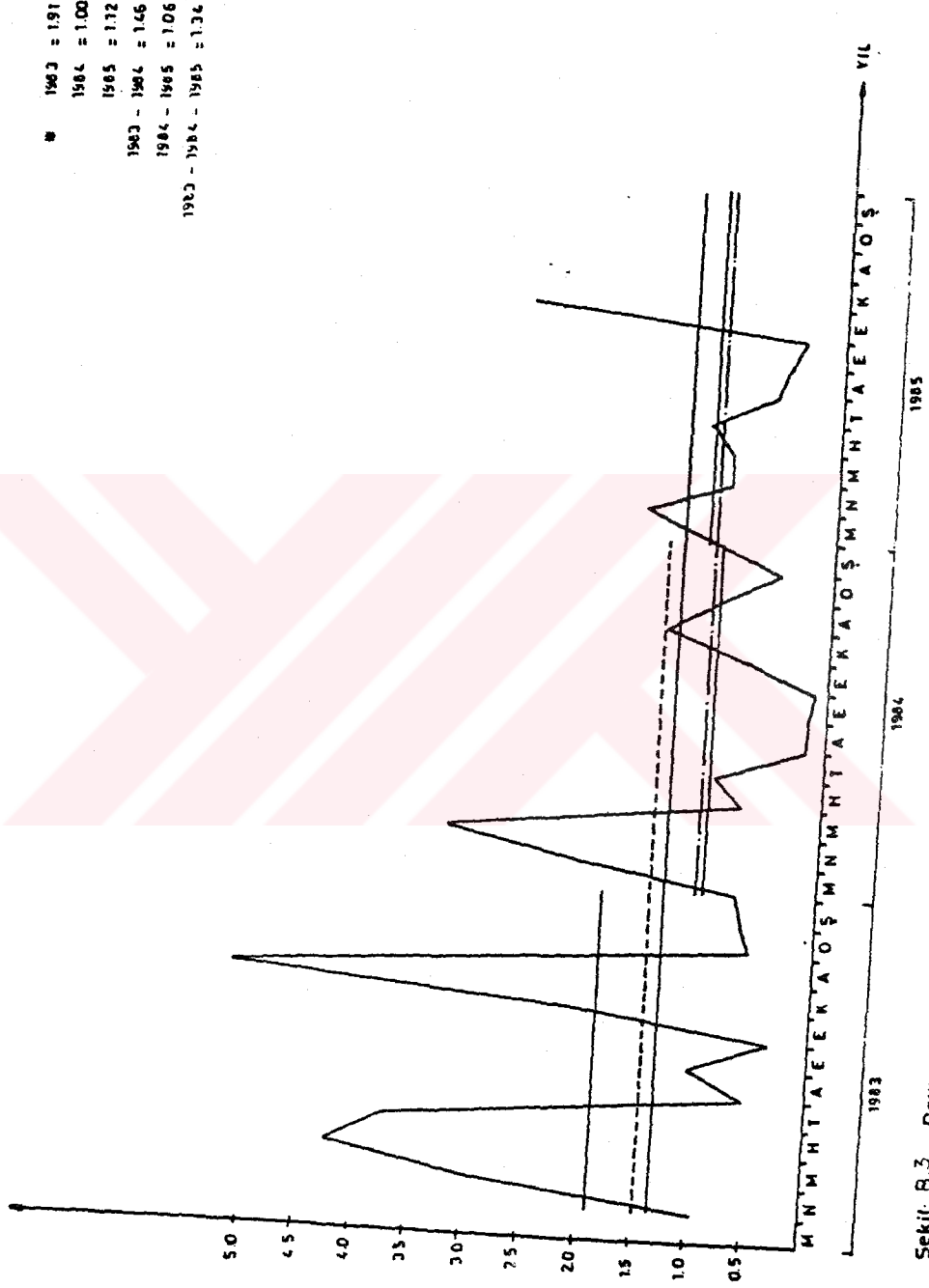
Sekil: 8.3 - Devamı



Şekil: 8.3 - Devamı

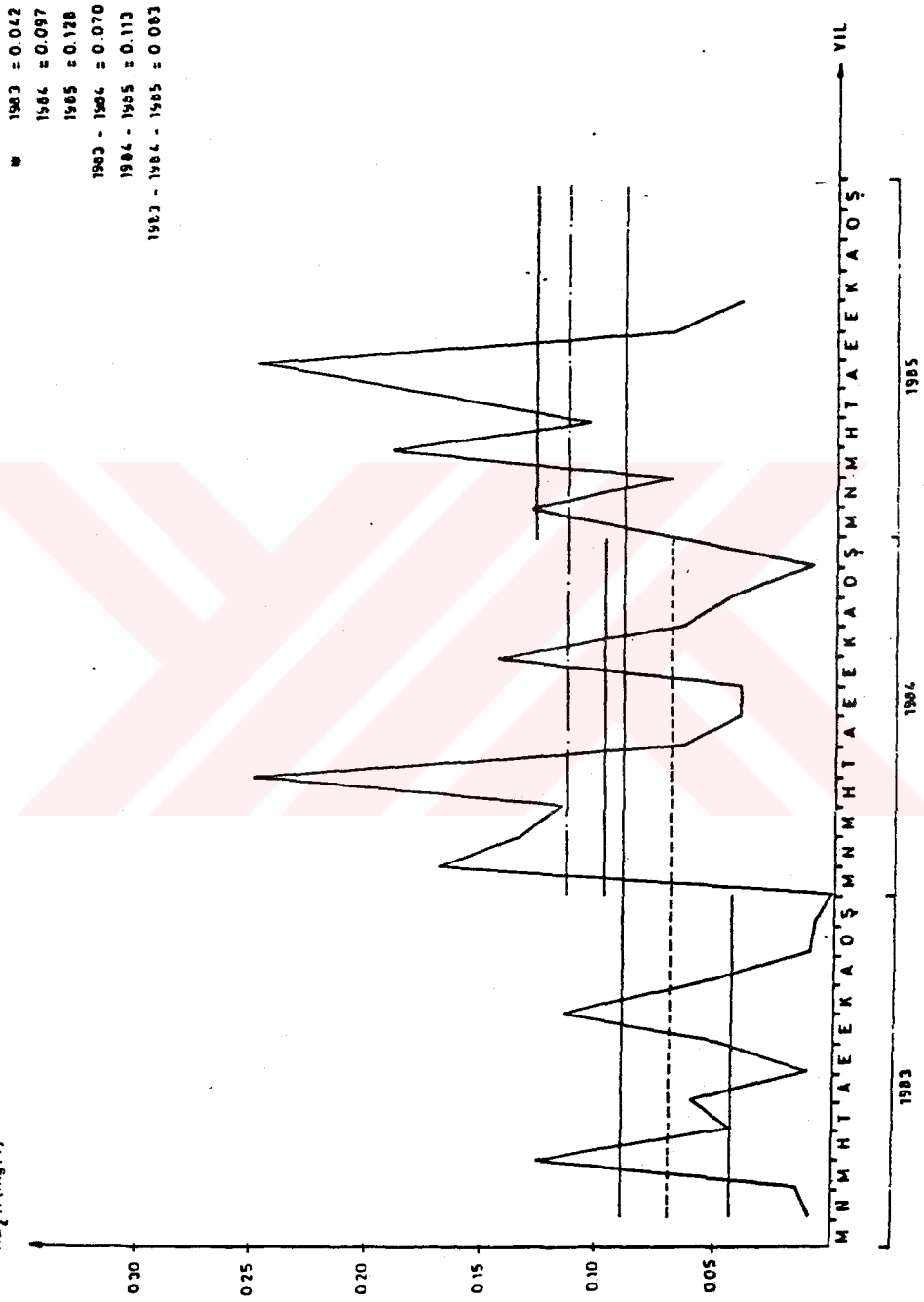
İSTASYON : PORSUK N. - SAZILAR

NH_3N (mg/l)

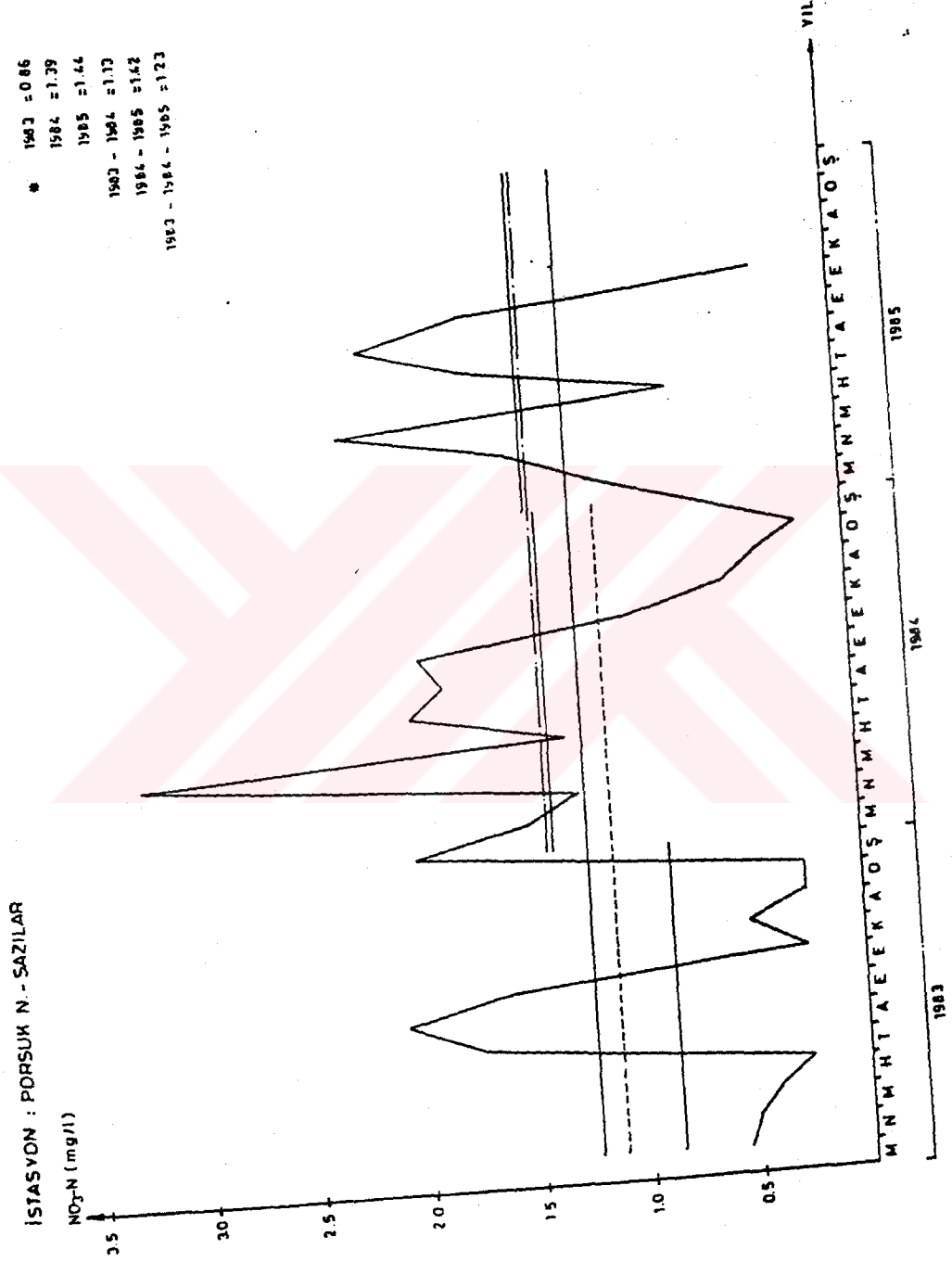


Şekil: 8.3 - Devamı

İSTASYON : PORSUK N - SAZILAR

 $\text{NO}_2\text{-N (mg/l)}$ 

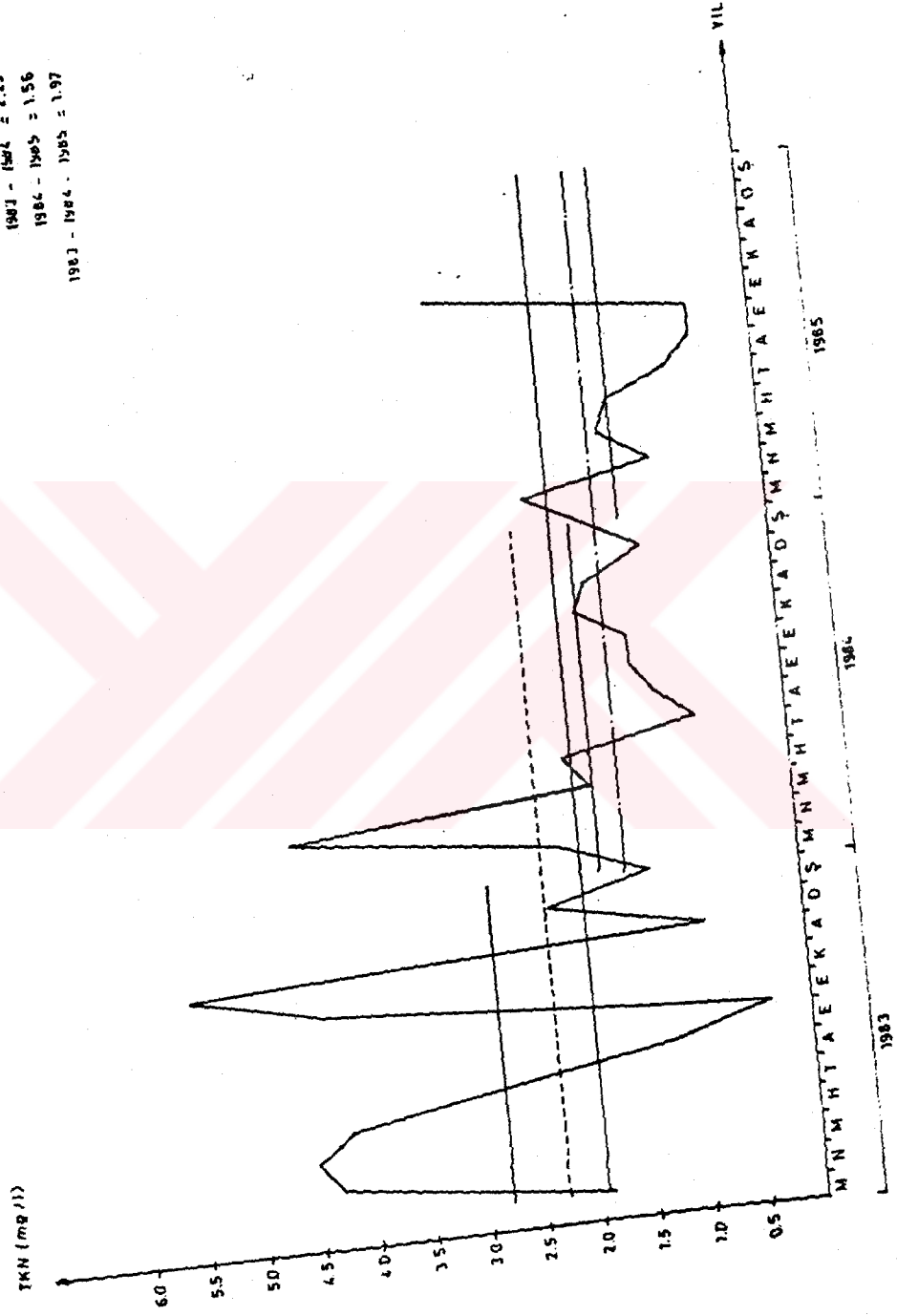
Şekil: 8.3 - Devamı



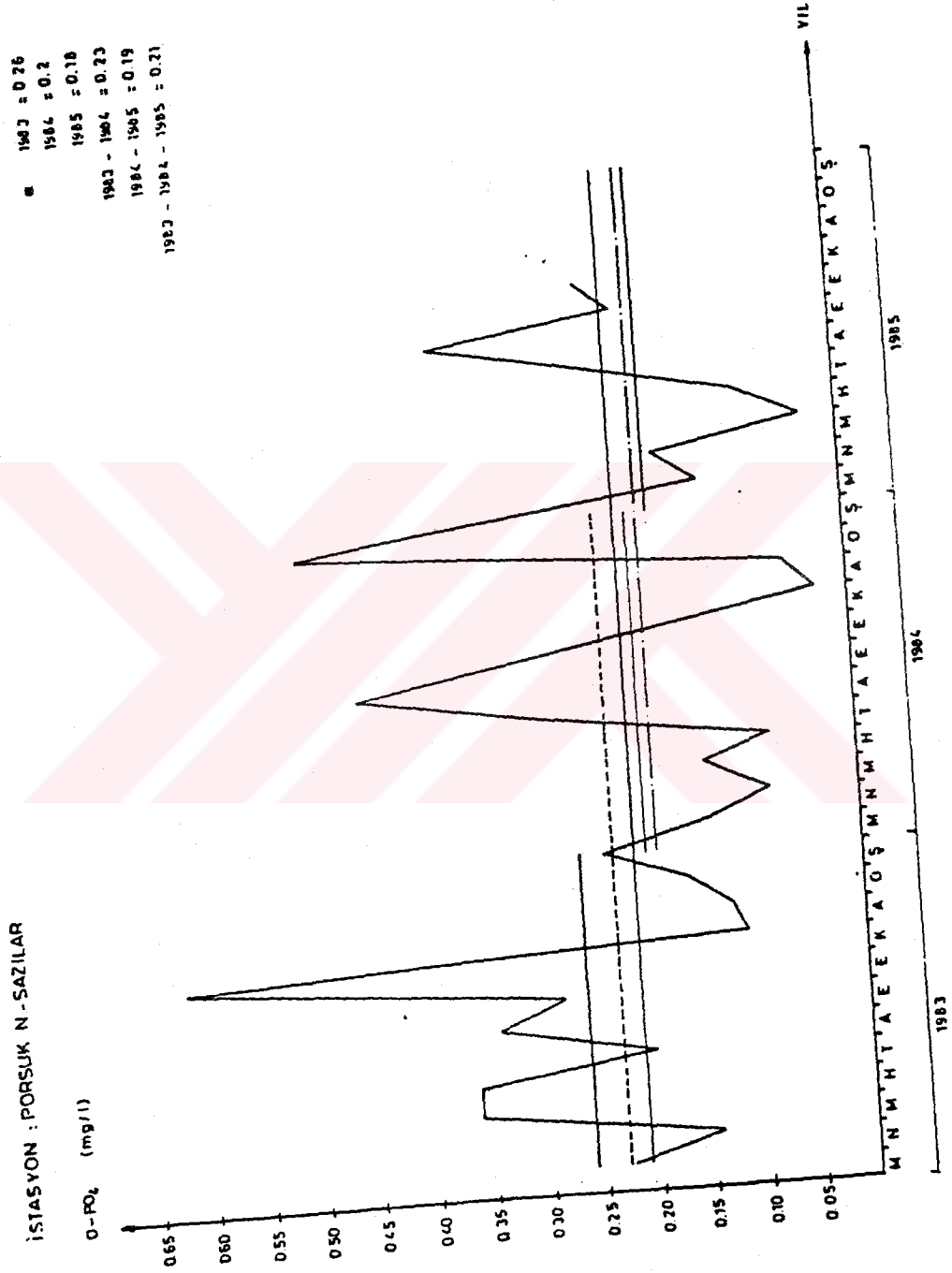
Şekil: 8.3 - Devamı

İSİASYON : PORSUK N. - SAZILAR

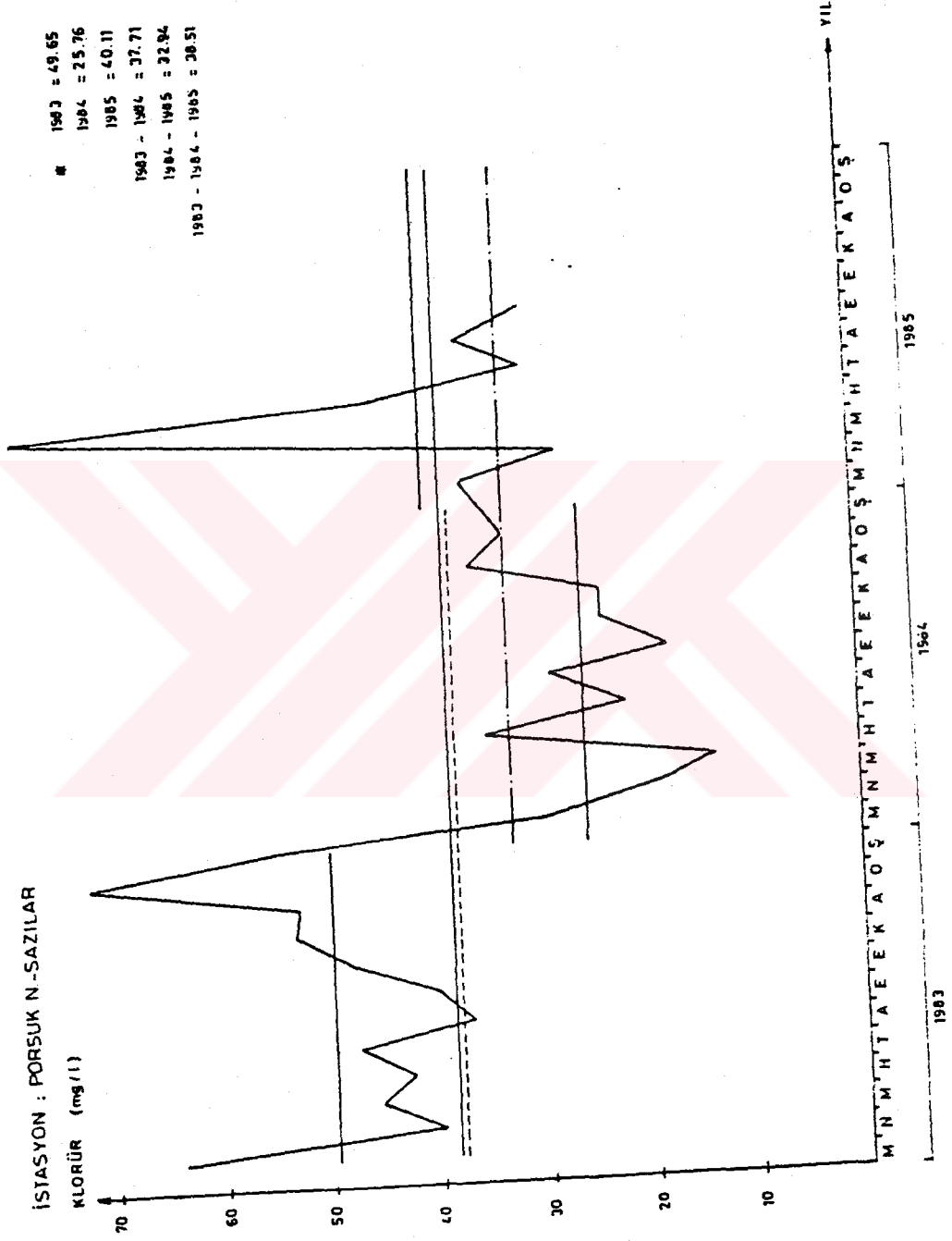
1983 = 2.79
1984 = 1.78
1985 = 1.34
1983 - 1984 = 2.29
1984 - 1985 = 1.56
1983 - 1984 - 1985 = 1.97



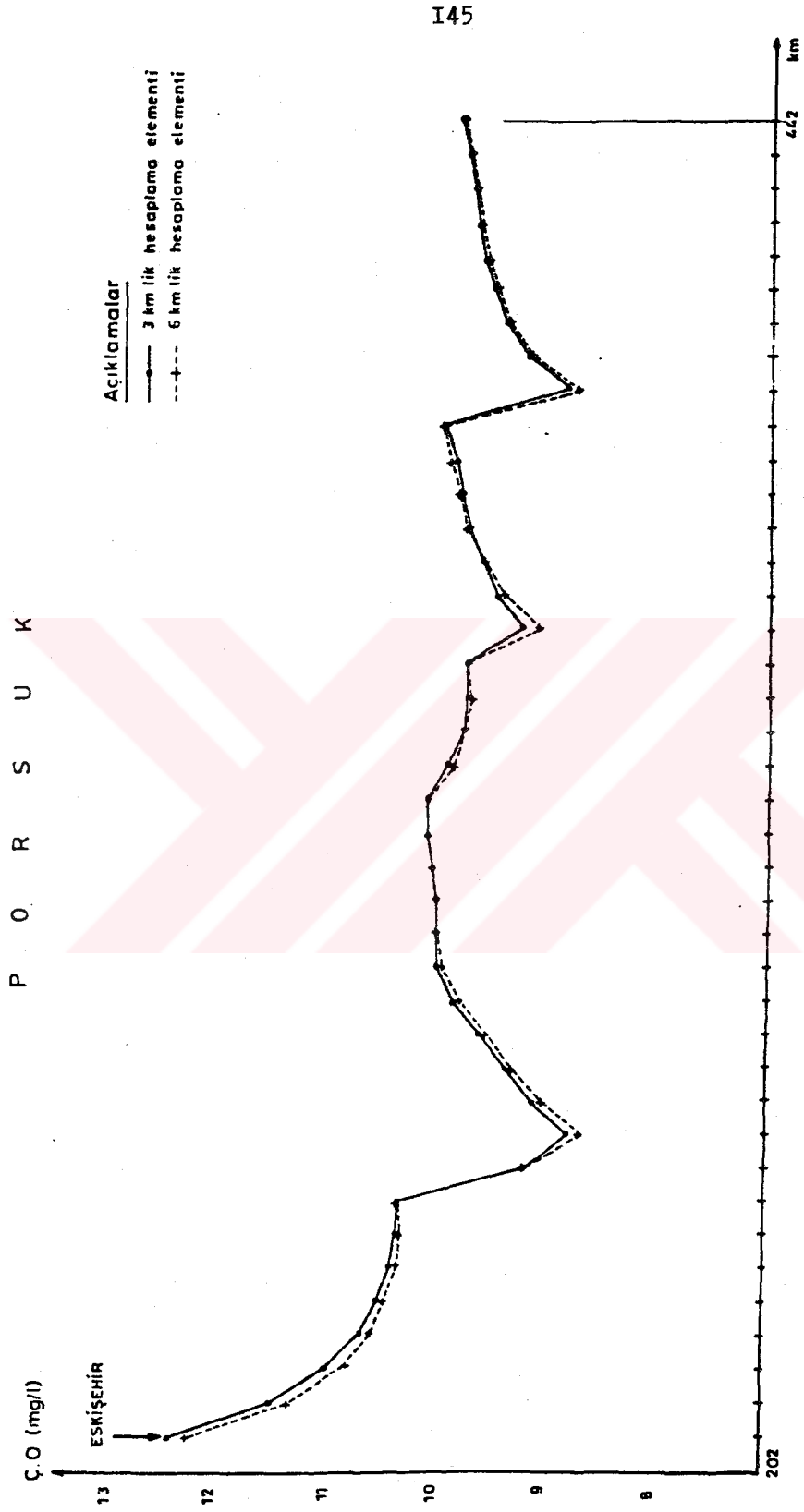
Şekil: 8.3 Devamı



Şekil : 8.3 - Devamı



Şekil: 8.3 - Devamı



Şekil 8.4 Porsuk ta Farklı Element Boyutları İçin Çözünmüş Oksijen D.



91

Bölüm

▲

497

Notice

10/10/10

050

5/14/21

kayr

10/10

inde

75

Hesaplama Elementlerinin Gösterimi

Tablo 8.1 Porsuk Nehri Başlangıç Koşulları

PORSUK BAŞLANGIÇ KOŞULLARI

REGIN === DATATYPE 10 HEADWATER SOURCES ===
 DIFFUSION (P4, P41, P5, C, A2, P7, 0, F1, 0, 3P2, 0, F4, 0, 3P5, 0, F4, 0, 3P5, 0, 3P1, C)
 RCH Q CO BOD ON NH3 NO2 NO3 DOP PP ALG DET COD
 HDWPORSUK 2.0 AA 7.00 9.30 1.00 .33 .29.015 1.71 .063 0.00 20. 10. 5.0

Tablo 8.2 Akarsu Bölümlerinin Uzunlukları

AKARSU BÖLÜMLERİNİN UZUNLUKLARI VE BAŞLANGICA
UZAKLIKLARI

Bölüm	Akarsu	Başlangıç (km)	Bitiş (km)
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

Tablo 8.3 Akarsu Bölümlerindeki Su Sıcaklıkları

Modeldeki Bölüm Adı	Bölüm No.su	Ortalama su Sıcaklığı T(°C)
AĞAÇKÖY	4.	14.5
ÇALCA	5.	15.5
PORBARAJI	6.	16.0
BARAJÇIKIS	7.	9.0
ŞEKERÇİFTLİK	8.	14.4
YEŞİLDON	9.	14.0
BEYLİKAHİR	10.	14.0
SAZILAR	11.	14.5

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 örnekleme istasyonunda ölçülen yıllık ortalama değerler olarak verilmiştir (Tablo 8.2). 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 K2, 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 K2 değerleri verilerek savaklamadan kaynaklanan yüksek çözünmüş 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.

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

8.1.2 Endüstriyel Deşarjlarla İlgili Veriler

1979 - 1980 ve 1985 -1986 yıllarında DSI tarafından yapılan Porsuk' a direkt deşarj yapan kirletici kaynaklara ait ölçüm sonuçları, daha önce verilmişti. Bu veriler ölçüm sonuçları ile ilgili endüstrilere ait literatür verileri karşılaştırılarak yeniden değerlendirilme yapılmış, debi ölçümlerinden kaynaklanabilecek hataları en aza

Tablo 8.4 Kirlenici Kaynaklara Ait Ortak Deşarj Yükları

AKARSUYA DEŞARJ YAPAN KİRLİTİCİ KAYNAKLARA AİT ORTAK DEŞARJ YÜKLERİ

Parametre (n/sn)	KİRLİTİCİ ATIKSU	HAZIRLANAN PER EMD.	MEZMANIA	AZOT	AGARİYER TANISMAI EMD.	İSTİSİLİ	VARİAN	ESKİŞİMLİ ŞİKİR	MEZMANIA	ESKİŞİMLİ İV.ATIKSU	Ortak Deşarj 1 Püskürtme kenti şeker,mezbaha (42)	Ortak Deşarj 2 Aralık,Agar- yay sul. İstisilü (43)	Ortak Deşarj 3 İstisilü,Vo- gon,İstisilü- nir Kenti (59)	Ortak Deşarj 4 Şeker, Mezbaha (60)	Oranlar Senayit (62)
Q_{cm}^3/sn	0.43	0.26	0.0016	0.72	0.43	0.061	0.028	0.60	0.001	0.92	0.69	0.66	1.01	0.601	0.033
CO_2	-	-	-	-	2.15	-	-	-	-	-	0.0	3.30	0.0	0.0	0.0
NO_3-N	77.4	26	3.12	0.67	1.30	15.1	3.38	876	2.21	207	105	7.96	224	878	1.75
NO_2-N	136.0	44.5	1.92	0.7	4.5	16.1	3.27	1700	6.5	368	190	13.50	445	1707	3.85
Cr_{4+6}	6.5	-	-	6.42	0.72	-	-	-	-	13.8	6.5	7.2	14.0	-	-
NH_3-N	30.8	1.39	0.017	124.2	0.11	0.32	0.162	5.07	0.016	23	12.2	125.0	23.5	5.1	0.27
NO_2-N	-	0.046	0.0001	1.14	-	0.025	0.011	0.31	0.0002	-	0.046	1.14	0.036	0.31	0.009
NO_3-N	-	0.030	0.006	20.7	0.22	0.16	0.083	2.46	0.004	-	0.31	21	0.24	2.46	0.07
$D-PO_4$	1.3	0.063	0.024	0.17	0.072	0.046	0.034	0.24	0.077	2.76	1.38	0.19	2.84	0.32	0.90

indirgemek için, noktasal kaynaklardan gelen yükler tesbit edilmiştir. (Baltaoğlu, 1991).

Bir hesaplama elementi içinde yer alan noktasal kaynakların modelin kısıtlamaları nedeniyle akarsuya tek bir noktadan girdikleri kabul edilmiştir . 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. 4 de verilmektedir. Bu bilgiler noktasal kaynak girişi olarak modelde veri tipi 11 de tanımlanmaktadır .

8.2. KALİBRASYON VE DUYARLILIK ANALİZİ

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

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

Yukarıda sıralanan işlemler sonunda

- Debi
- Çözünmüş Oksijen
- Biokimyasal Oksijen İhtiyacı
- Amonyak Azotu

- Nitrit Azotu
- Nitrat Azotu
- Organik Azot
- 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 akarsuyun yeraltısuyuyla da beslendiği 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. Ancak Baltaoğlu (1991) tarafından gerçekleştirilen duyarlılık analizi sonucu bu mekanizmaların en etkili olanların modelde CK1 ve CK3 olarak tanımlanan organik maddenin ayrışma hızı ile çökme hızı olduğu görülmüştür.

Organik madde ayrışma hızı doğal yapıya uygun olarak akarsuya organik kirleticilerin girdiği yerlerde büyük, akarsuların doğalsu kalitesini koruduğu ve su kalitesinin yüksek olduğu tahmin edilen yerlerde ise küçük seçilmiştir. Ayrışma hızının yüksek olması BOİ nin hızla azalmasının sağlarken diğer taraftan sudaki çözünmüş oksijeninde hızlı bir şekilde tüketilmesine neden olmaktadır. Çökme hızının yüksek oluşu ise çökebilen organik maddenin ortamdan ayrılarak oksijen tüketiminin

yavaşlamasını sağlamaktadır. Modelde, Sakarya ve Porsuk nehrinin kaynak kısımlarını oluşturan bölümlerde CK1' in minimum değeri seçilmiş, Kütahya ve Eskişehir kentleri gibi yoğun atıksu deşarjlarının olduğu bölümlerle evsel ve endüstriyel deşarjlarının olduğu Karasu, Sakarya nehrinin Ankara Çayı ve Çarksuyu gibi organik madde yükünün fazla olduğu yan kollarının 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.

Azot bileşiklerinin kalibrasyonu, azot çevrimi ve akarsu ortamına gelen kirletici kaynaklarla beraber değerlendirilerek tüm azotlu bileşikler için tek aşamada ele alınmıştır. Modelin duyarlılık analizi sonucunda 1. adım nitrifikasyon hızı (NH_3)ün amonyak azotu tüketilmesinde, 2.adım nitrifikasyon hızı (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 NH_3 süratle azalmakta ve sırasıyla nitrit ve son ürün olan nitrata dönüşmektedir. Yüksek denitrifikasyon hızı ise nitratin azalmasına neden olmaktadır. Ancak dip birikintilerinden amonyum azotunun açığa çıkması hızını tanımlayan (SHN)'nin organik azotun çökelme hızı (ONS) nin azot bütçesini az oranda etkilediği görülmüştür. Bu belirlemeler ışığında Kütahya kenti, Kütahya Azot, Eskişehir endüstrilerinin 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. Porsuk Çayında, Kütahya Kentinin bulunduğu 5. bölümden başlayarak Sakarya' ya ulaşana 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.

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.

PAD' in minimum değerinde ortamdaki $O-PO_4$ konsantrasyonu artmakta, maksimum değerinde ise azalmaktadır. Posuk Çayının Kütahya ve Eskişehir civarından gelen kirletici kaynakların taşıdığı yüksek orto-fosfat konsantrasyonu adsorbe olarak tekrar azalmaktadır. Bu mekanizmayı tekrar modelde tanımlayabilmek için adigeçen bölümler ile Karasu endüstrilerinin bulubduğu bölgede adsorbsiyon hızları yapılan gözlemlere de uygun olarak maksimum alınmıştır. Ayrıca barajlarda fosfor çevrimini etkileyen tüm sabitler maksimum 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 nedni ile adsorbsiyon mekanizması da hızlanır. Ayrıca (PAD) sabitinin $O-PO_4$ konsantrasyonunu etkilememesi dolaylı olarak Toplam Fosfor parametresini de etkilemektedir. Bu parametre organik partiküler fosfor ile orto-fosfatın toplamına eşittir. Posuk ta adsorbe olacak fosfor hemen hemen hiç kalmadığından PAD minimum alınmıştır.

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. 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.

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.

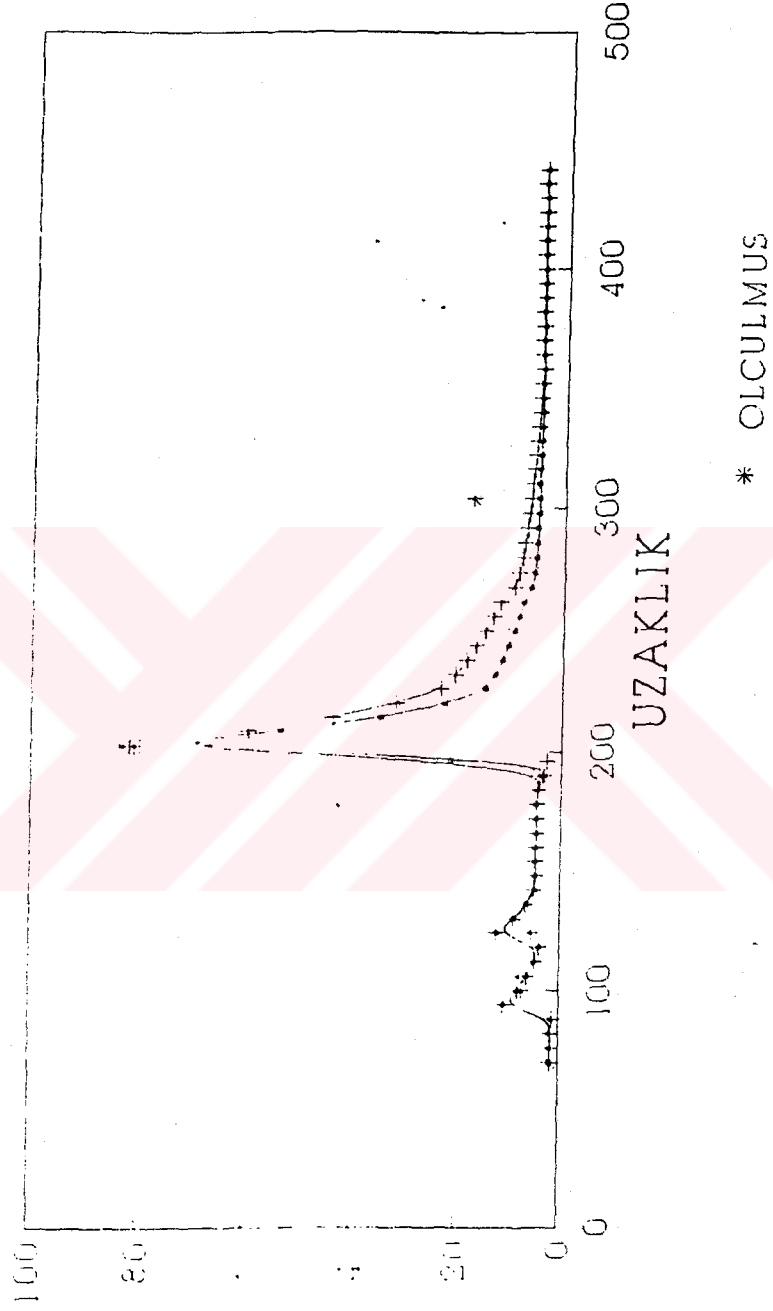
Alg ve detritus konsantrasyonunu etkileyen diğer mekanizmalar ise yine aynı görüşler doğrultusunda seçilmiştir. Örneğin çevresel koşullar nedeniyle alglerin azalacağı beklenen yerlerde algin solunumu, ölümü ve çökelme hızları yüksek alınmış, alglerin çoğalacağı beklenen terlerde ise düşük hızlar seçilmiştir. Bunun benzeri işlemler detritus parametresi için de uygulanmıştır. Ortamdaki detritusu azaltmak için yüksek çökelme ve detritus azalma hızı alınmış, artırmak için ise düşük hızlar seçilmiştir. Alg ve detritusların etkinliği hemen tüm su kalitesi parametrelerini de etkilediğinden, 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.

Tablo 8.5 Kalibre edilen Parametrelere Ait Reaksiyon Hız Katsayıları

KALİBRE EDİLEN PARAMETRELERE AİT REAKSİYON HIZ KATSAYILARI

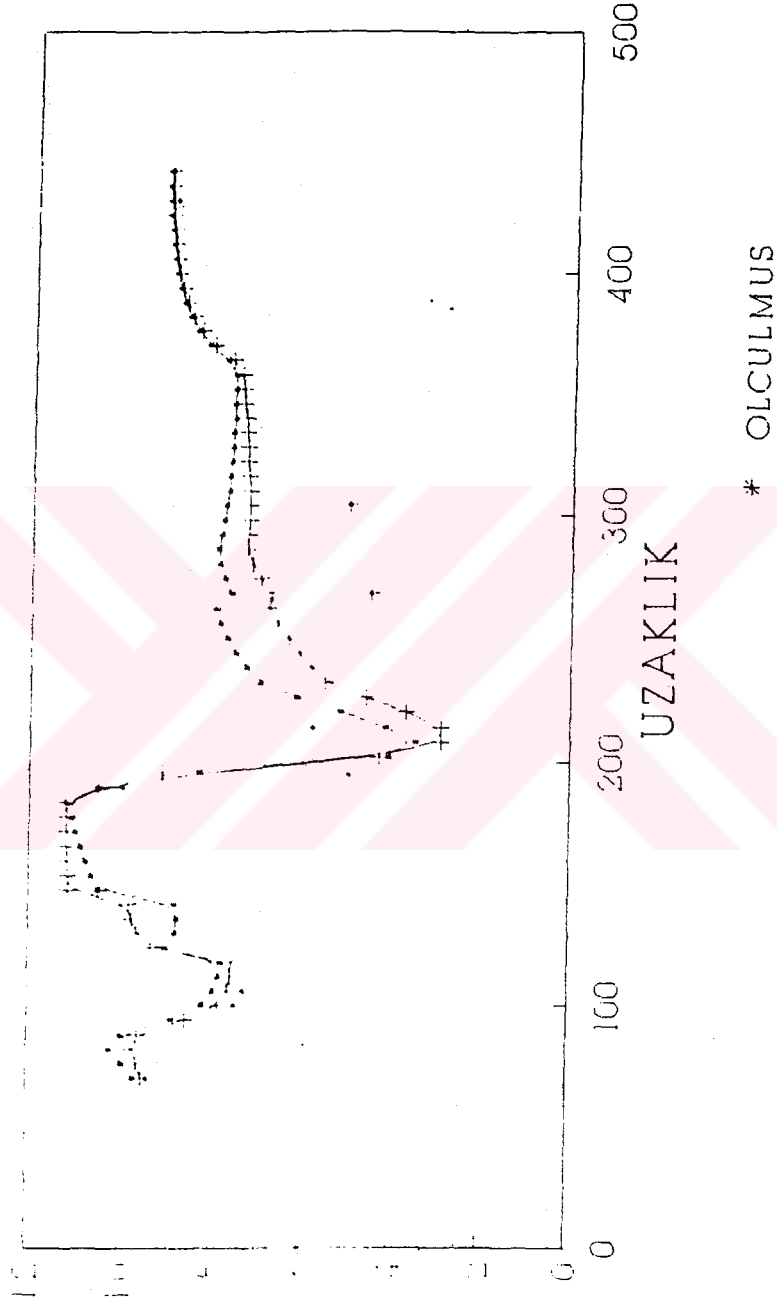
REAKSİYON HIZ KATSAYILARI	LİTERATÜR ARALIĞI	SAKARYA			PORSUK											SAKARYA				
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16			
R01 Ayrışma hızı K ₁ = CK1	0.1-0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.1	0.1	0.1	0.1			
R01 min çbk. hızı K ₂ = CK3	0-2	0.05	0.05	0.05	0.05	2.0	2.0	0.01	2.0	0.6	0.6	0.6	0.6	2.0	0.01	0.05	0.01			
R20 Ayrışma hızı B ₂₀ = KOW	0.05-0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10	0.05	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05			
R21 20 adım HİT. hızı B ₂₁ = RH3	0.01-2.25	0.01	0.01	0.01	0.01	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.10			
R22 20 adım HİT. hızı B ₂₂ = R02	0.10-2.0	0.1	0.1	0.1	0.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0			
R23 18 H'nun çbk. hızı B ₂₃ = OUS	0-2.0	0.01	0.01	0.01	0.01	1.0	7.0	0.01	1.0	1.0	0.6	0.3	1.0	2.0	0.01	2.0	0.01			
R24 24 H'nun açığa çık. B ₂₄ = ÇWU	0-0.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.5	0.5	0.01	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.01	0.5	0.01			
R25 25 H'nun açığa çık. B ₂₅ = DDI	0-2.0	0.	0.	0.	0.	2.0	2.0	0.	1.5	0.3	0.3	0.2	0.2	1.0	0.	1.0	0.			
R26 26 H'nun açığa çık. B ₂₆ = S0P	0-0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01			
R27 Org. part. P. B'nin a = PPS çbk.	0-2.0	0.05	0.05	0.05	0.05	1.0	2.0	0.01	1.0	0.6	0.6	0.3	1.0	2.0	0.01	2.0	0.01			
R28 28 H'nun açığa çık. B ₂₈ = ads. hızı	0.01-1.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	1.0	0.01	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	1.0	0.01	1.0	0.01			
R29 Algin çbk. hızı a = AS	0-2.0	0.05	0.05	0.05	0.05	1.0	1.0	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.01	1.0	0.01			
R30 Algin çözünümü a = RA	0.05-0.2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.2	0.05	0.05	0.2	0.05	0.05	0.05	0.2	0.05	0.05	0.05	0.05			
R31 Alg Bİlüm hızı a = DA	0.05-0.2	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.1	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.1	0.05	0.1	0.05			
R32 Birits bilgisi a = EYC	1.0-4.0	5.0	2.5	1.5	2.0	2.0	1.0	2.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
R33 33 H'nun gelişme hızı a = GRM	1.5-2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5	2.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.5	2.5	2.5			
R34 34 H'nun azal. B ₃₄ = C11	0.05-0.5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5	0.5	0.05	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.05	0.5	0.05			
R35 35 H'nun azal. B ₃₅ = C21	0-2	0.05	0.05	0.05	0.05	1.0	2.0	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.01	2.0	0.01			
R36 36 H'nun azal. B ₃₆ = C3	0-1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	1.0	0.5			

PORSUK CAYINDA BİOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI



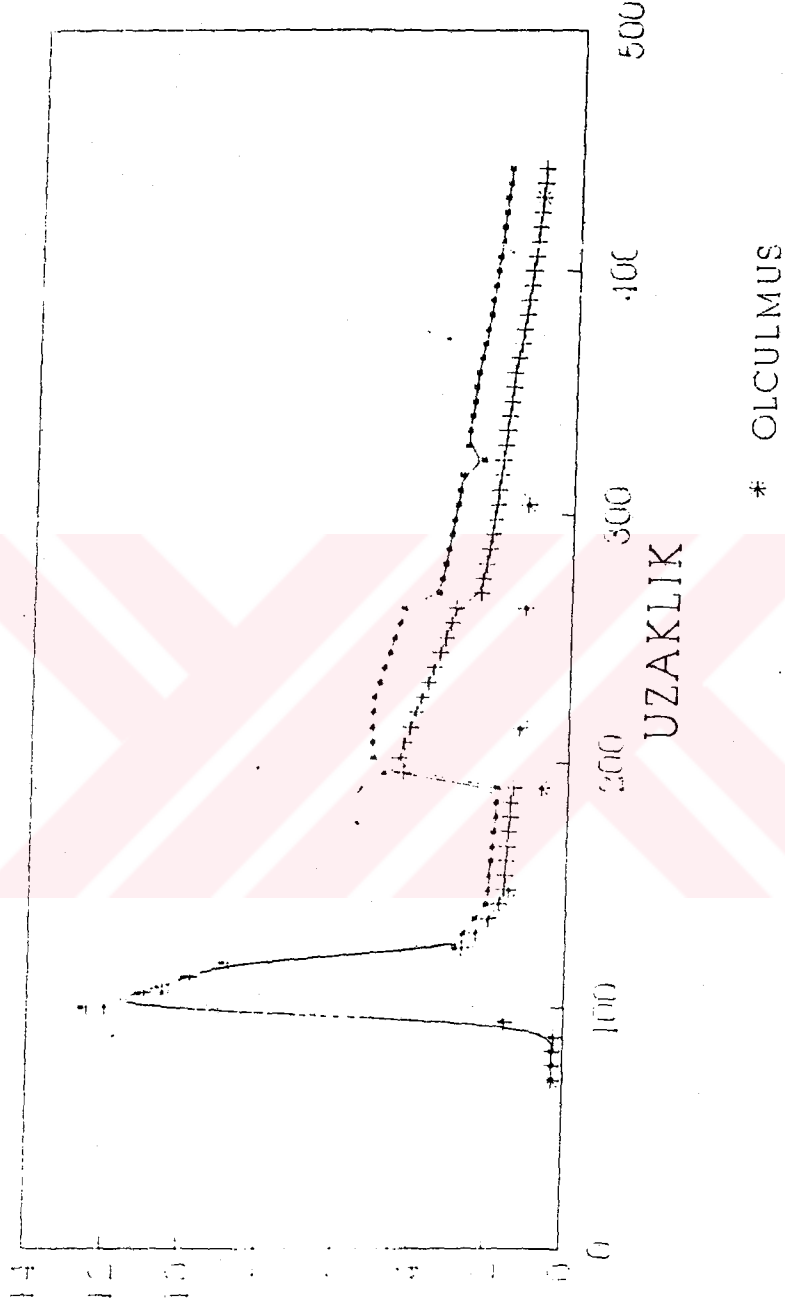
Şekil 8.6 BOİ Kalibrasyon Sonuçları

PORSUK CAYINDA COZUNMUS OKSijen KALIBRASYONU



Şekil 8.7 Çözünmüş Oksijen Kalibrasyon Sonuçları

PORSUK CAYINDA AMONYAK KALIBRASYONU



Şekil 8.8 Amonyak Kalibrasyon Sonuçları

PORSUK CAYINDA NİTRİT KALİBRASYONU



Şekil 8.9 Nitrit Kalibrasyon Sonuçları

- Debi kalibrasyonu yayılı kaynak girişleri ve su çekişleri ile dengelenebilmiştir.
- Ölçülen çözünmüş oksijen konsantrasyonu Porsuk Çayında model sonuçları ile aynı değişimleri izlemektedir. Ancak Şekerçiftlik ile Beylikahır istasyonları arasında 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. 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.
- BOI₅ kalibrasyonunda elde edilen hesap sonuçları ölçüm sonuçları ile çakışmaktadır ve çözünmüş oksijen kalibrasyon sonuçları ile de uyum içerisindedir.
- NH₃-N kalibrasyonunda 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 NH₃-N'in serbest kalarak ortamdan uzaklaşabileceği ve dolayısıyla konsantrasyonun düştüğü söylenebilir. Modelde böylesi bir durum tanımlanmadığından model sonuçları daha yüksek bulunmuştur.
- Organik azot salınımları NH₃-N salınımları ile genelde uyum içinde olup NH₃-N ile aynı bölgelerde artma ve azalma göstermektedir.

- Nitrit kalibrasyonunda 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 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

BELİRSİZLİK ANALİZİ VE QUAL2E-UNCAS MODELİ

9.1 Giriş

Belirsizlik analizleri, su kalite yönetimi için kullanılan model simülasyonlarında büyük önem taşımaktadır. Belirsizlik analizleri ile kalibrasyonu yapılan modelin doğrusallığı ve güvenilirliğini ölçmek, sistemdeki parametrelerin duyarlılıklarını belirlemek ve bu yolla modeli daha iyi kalibre ederek güvenilirliğini artırmak mümkündür.

Belirsizlik analizleri literatüre ilk olarak ekosistem modelleri ile O'Neil ve Gardner tarafından sokulmuştur. Su kaynakları literatüründe ise ilk olarak göl ötrofikasyon modellerinde kullanılmıştır (Reckhow.1979, Scavia.1981, Malone.1983).

Çalışmanın bu bölümünde Porsuk Nehri modelinin belirsizlik analizi için kullanılan QUAL2E-UNCAS modelinin kullanımı anlatılacak ve programın içinde yer alan üç ayrı belirsizlik analiz tekniği ayrı ayrı tanıtılacaktır. 10. Bölümde ise daha önce Burak tarafından (1991) kalibre edilen Porsuk Nehri modeli üzerinde, seçilen bir analiz tekniği ile program çalıştırılarak, elde edilen sonuçlarla model ve modelin kalibrasyonu yorumlanacaktır.

9.2. QUAL2E-UNCAS Programının Kullanımı

QUAL2E-UNCAS programı, QUAL2E programının üzerinde çalışan bir programdır. QUAL2E programında sistemin tüm giriş bilgileri, nehrin fiziksel koşulları, kimyasal ve biyolojik özellikleri bir dosyada toplanır. QUAL2E-UNCAS programında sistemi tanımak için ilk olarak bu dosyanın ismini giriş bilgisi olarak alır.

Artık sistemi tanıyan ve hafızasına yerleştiren program, bu sistem üzerinde belirsizlik analizi yapabilmek için kullanıcıdan iki ayrı dosya daha oluşturmasını ister. Bunlar sırasıyla :

invar.dat ve do.dat dosyalarıdır.

Invar.dat sistemdeki bütün değişkenlerin ve parametrelerin giriş kodlarının, varyanslarının ve olasılık yoğunluk fonksiyonlarının hazırlandığı ve saklandığı dosyadır. Program kullanıcıya hazır bir dosya sunmaktadır. Ancak bu dosyadaki varyanslar literatürden alınmış değerlerdir. Bu literatür değerleri ile analizi yapmak mümkünse de, kullanıcının kendi sistemindeki parametrelerin varyanslarını hesaplayarak bu dosyanın içindeki değerlerin yerine yazması, analizin doğruluğunu ve güvenilirliğini artıracaktır.

Bu dosya hakkındaki ayrıntılı bilgi bölüm 9.3 ' de verilmektedir.

Do.dat ise nehir üzerinde değişik istasyonlarda yapılan çözünmüş oksijen ölçümlerinin toplandığı dosyadır ve kullanıcı tarafından oluşturulur. Bu dosyaları hazırlayan kullanıcı, QUAL2E-UNCAS' ın ana menüsü ile karşılaşır. Bu bölümde QUAL2E-UNCAS' ın giriş bilgilerinin yazıldığı bilgi kartları doldurulur.

1. Kart - Title: Bu karta sistemin adı yazılır.
2. Kart-Uncert: Bu karta hangi belirsizlik analizinin yapılacağı yazılır. Bunlar sırasıyla kullanıcının seçimine sunulmaktadır.
 Sen- Duyarlılık Analizi
 First- Birinci Derece Hata Analizi
 Monte- Monte Carlo Analizi
 Bu karta ayrıca Birinci Derece Hata Analizindeki sapma miktarı ve Monte Carlo simülasyonun, simülasyon sayısı da girilmektedir.
3. Kart-Condition: Bu kartta tek veya 2 seviye seçimi yapılmaktadır.
4. Kart-Intermed: Bu kartta çıkışların ne şekilde istendiği sorulmaktadır.
 none- çıkış istenmiyor
 complete-çıkışların tamamı isteniyor
 limited- özet çıkış isteniyor
5. Kart-OVariable: Bu kartta çıkış değişkenleri seçilmektedir
 Hidrolik parametreler
 Kalite parametreleri
 İnternal parametreler
- 6.Kart-OLocation: Analizin yapılacağı beş nokta bölüm ve hesaplama elementi numaraları ile bu karta işlenmektedir.

Giriş bilgileri girilen sistem, UNCAS dosyası olarak saklanmaktadır.

Son olarak, QUAL2E-UNCAS programı çalıştırılır. Program analiz sonuçları kedi oluşturacağı bir dosyada saklamaktadır.

9.3. Giriş Değişkenleri Varyansı

Su kalite modellerinde belirsizlik analizlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli bir diğer bilgi de, giriş parametrelerinin belirsizlik karakteristikleridir.

Model giriş değerlerinin belirsizlikleri üzerine yeterli bilgi yoktur. Son zamanlarda 3 ayrı raporda (Koenig.1986, Ncası.1982 ve McCutcheon.1985) QUAL2E-UNCAS' a veri tabanı oluşturmak üzere çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların özet bilgileri Tablo 9.1 de sunulmaktadır. Bu değerler giriş değerlerinin örnekleme hatası, analitik hata, ve ısısal hatalardan kaynaklanan belirsizlik sınırlarını göstermektedir.

9.4. QUAL2E-UNCAS Belirsizlik Analizleri

Bu program üç ayrı belirsizlik analiz tekniği içermektedir;

- Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)
- Birinci Derece Hata Analizi (First Order Error Analysis)
- Monte Carlo Simülasyonu (Monte Carlo Simulation)

Bu analizler aşağıda ayrı ayrı açıklanmaktadır.

9.4.1. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi kullanıcının belirleyeceği giriş parametre ve değişkenlerinin, çıkış parametreleri ve değişkenleri üzerindeki direk ve faktöriyel etkilerini belirler. Seçilen parametrenin giriş değerı belirlenen miktarda değiştirilerek (saptırılarak), çıkış parametrelerinin bu sapmadan ne kadar etkilendikleri gözlenir.

Duyarlılık analizinde normal koşullarda, program bir kez çalıştırıldığında, yalnız bir parametrenin, diğer parametreler üzerindeki etkisinin analizi yapılabilmektedir. Ancak birden fazla parametrenin analizi, "faktöriyel opsiyonu" ile yapılabilmektedir. Dolayısıyla duyarlılık analizinde kullanılacak giriş parametrelerini teker teker veya gruplar halinde seçmek mümkündür.

Analiz için giriş bilgisi olarak, hassaslık analizini yapmak üzere seçilmiş parametre(ler) ile seçilmiş parametrenin giriş değerindeki sapma miktarı gereklidir.

Duyarlılık simölasyonunun sonuçları ise, giriş değerlerindeki sapmanın sebep olduğu çıkış parametresindeki değişimin (Y), giriş parametresindeki sapmaya (X) oranını vermekte ve bu sonuçlar tablo halinde sunulmaktadır.

Seçilen giriş parametresindeki sapma miktarı: (ΔY)

Çıkış parametresindeki değişim: (ΔX)

Analiz, QUAL2E' de olduğu gibi her hesaplama elementinde ayrı ayrı yapılırsa, programın çıkışları oldukça fazla olacağı ve sistemi yorumlamanın oldukça zor olacağı gerekçesiyle programın içerisinde analiz yapılacak hesaplama elementi sayısı en fazla 5 ile sınırlandırılmıştır. Bu yüzden havza içerisinde analiz yapılacak noktalar dikkatle seçilmelidir. Örneğin çözünmüş oksijenin kritik seviyeye ulaştığı nokta veya iki kolun birbirine karıştığı veya önemli noktasal kaynakların deşarj edildikleri hesaplama elementlerinin analiz için seçilmesi yerinde olacaktır.

9.4.2. Birinci Derece Hata Analizi

QUAL2E-UNCAS programının birinci derece hata analizi sonuçları,

a) duyarlılık katsayılarını

b) çıkış parametrelerinin varyans ve varyans bileşenlerini verir

Duyarlılık katsayısı, simülasyonu yapılan giriş parametresindeki yüzde sapmanın $\Delta X_i / X_i$, çıkış parametresinde sebep olduğu yüzde değişmeyi $\Delta Y_j / Y_j$ gösterir.

$$S_{ij} = (\Delta Y_j / Y_j) / (\Delta X_i / X_i)$$

S: hassaslık katsayısı

X: giriş parametresinin değeri

Δ : sapma miktarı

Y: çıkış değerinin gerçek değeri

ΔY : çıkış değişkenindeki değişim

Birinci derece hata analizinin temel mantığı, kullanıcının seçtiği giriş parametrelerini, teker teker gene kullanıcının belirlediği sapma oranında değiştirerek, çıkış parametrelerinin bu sapmaya gösterdikleri tepki ile tüm çıkış parametrelerinin değişimlerini gözleyerek, onların duyarlılık katsayılarını hesaplamaktır.

Bu katsayılar çıkış parametresinin sapmaya gösterdiği tepkiyi gösterir.

Analiz de bir sonraki adım tüm çıkış parametrelerinin, varyansını hesaplamaktır. program çıkış parametrelerinin varyanslarını aşağıdaki formüle göre hesaplamaktadır.

$$\text{Var}(Y_j) = \sum \text{Var}(X_i)(\Delta Y_j / \Delta X_i)^2$$

Var(Y): çıkış değişkeninin varyansı

Var(X): giriş değişkeninin varyansı

Bu ifadedende anlaşılacağı gibi, giriş parametresinin varyansının büyük olması durumunda veya duyarlılık katsayısının büyük olması durumunda, çıkış parametresinin varyansıda büyük olur. Tersisi durumda giriş parametresinin varyansının küçük olması veya hassaslık katsayısının küçük olması durumunda, çıkış parametresinin varyansı da küçük olur.

Böylece istenilen bütün çıkış parametrelerinin varyansları hesaplanmış olur. Bu varyanslardan iki ayrı hesaba geçilmektedir. Birincisi her analiz yapılan noktadaki varyans bileşenlerini hesaplamak ki, program bunun için rölatif standart sapma değerlerini de kullanmaktadır (Tablo 10.2). İkincisi varyansları bilinen her parametrenin bütün analiz yapılan noktalardaki standart sapmalarını hesaplamaktır. Bu standart sapmalar ile modelleme aşamasında her parametre için nerede hata yapıldığını saptamak mümkündür.

Birinci derece hata analizinin sunulduğu son tabloda, analiz için seçilen her noktada seçilen parametrenin simülasyon sonucu ile kalibrasyon sonucu arasındaki farklar, "Toplam standart Sapma" olarak verilmektedir.

Tablo 9.2 Giriş Değişkenlerinin Relatif Standart Sapmaları

SUMMARY OF FIRST ORDER ERROR ANALYSIS INPUT VARIANCE CONDITIONS

INPUT VARIABLE OR PARAMETER	INPUT DATA TYPE	MAGNITUDE OF INPUT PERTURBATION (%)	RELATIVE STANDARD DEVIATION (%)
1 OXYGEN UPTAKE BY NH3 OXDTN	1A	20.0	10.00
2 OXYGEN UPTAKE BY NO2 OXDTN	1A	20.0	10.00
3 OXYGEN PRGD BY ALGAE GRWTH	1A	20.0	10.00
4 OXYGEN UPTAKE BY ALGY RESP	1A	20.0	10.00
5 NITROGEN CONTENT OF ALGAE	1A	20.0	10.00
6 PHOSPHORUS CONTENT OF ALGY	1A	20.0	10.00
7 ALGY MAX SPEC GROWTH RATE	1A	20.0	10.00
8 ALGAE RESPIRATION RATE	1A	20.0	10.00
9 NITROGEN HALF SAT'N COEF	1A	20.0	10.00
10 PHOSPHORUS HALF SAT'N COEF	1A	20.0	10.00
11 LINEAR ALG SELF SHADE COEF	1A	20.0	10.00
12 LIGHT SAT'N COEFFICIENT	1A	20.0	10.00
13 LIGHT AVERAGING FACTOR	1A	20.0	2.00
14 NUMBER OF DAYLIGHT HOURS	1A	20.0	2.00
15 TOTAL DAILY SOLAR RADT'N	1A	20.0	10.00
16 ALG PREF FOR AMMONIA-N	1A	20.0	10.00
17 S-D TO ULT BOD CONV R-COF	1	20.0	10.00
18 TEMP COEF BOD DECAY	1B	20.0	1.00
19 TEMP COEF BOD SETTLING	1B	20.0	1.00
20 TEMP COEF O2 REASRATION	1B	20.0	3.00
21 TEMP COEF SED O2 DEMAND	1B	20.0	1.00
22 TEMP COEF ORGANIC-N DECAY	1B	20.0	3.00
23 TEMP COEF ORGANIC-N SET	1B	20.0	3.00
24 TEMP COEF AMMONIA DECAY	1B	20.0	3.00
25 TEMP COEF AMMONIA SRCE	1B	20.0	3.00
26 TEMP COEF NITRITE DECAY	1B	20.0	3.00
27 TEMP COEF ORGANIC-P DECAY	1B	20.0	3.00
28 TEMP COEF ORGANIC-P SET	1B	20.0	3.00
29 TEMP COEF DISS-P SOURCE	1B	20.0	3.00
30 TEMP COEF ALGY GROWTH	1B	20.0	3.00
31 TEMP COEF ALGY RESPR	1B	20.0	3.00
32 TEMP COEF ALGY SETTLING	1B	20.0	3.00
33 TEMP COEF ANC SETTLING	1B	20.0	3.00
34 DISPERSION CORR CONSTANT	5	20.0	20.00
35 COEF ON FLOW FOR VELOCITY	5	20.0	5.00
36 EXPO ON FLOW FOR VELOCITY	5	20.0	0.10
37 COEF ON FLOW FOR DEPTH	5	20.0	5.00
38 EXPO ON FLOW FOR DEPTH	5	20.0	0.10
39 MANNING'S ROUGHNESS N	5	20.0	10.00
40 ATMOSPHERIC PRESSURE	5A	20.0	1.00
41 CBOD OXIDATION RATE	6	20.0	15.00
42 CBOD SETTLING RATE	6	20.0	15.00
43 BOD UPTAKE RATE	6	20.0	20.00
44 REAERATION RATE OPTION 1	6	20.0	15.00
45 ORGANIC-N HYDROLYSIS RATE	6A	20.0	20.00
46 ORGANIC-N SETTLING RATE	6A	20.0	20.00
47 AMMONIA-N DECAY RATE	6A	20.0	20.00
48 AMMONIA-N BENTHAL SOURCE	6A	20.0	20.00
49 NITRITE-N DECAY RATE	6A	20.0	20.00
50 ORGANIC-P HYDROLYSIS RATE	6A	20.0	20.00
51 ORGANIC-P SETTLING RATE	6A	20.0	20.00
52 DISSOLVED-P BENTHAL SRCE	6A	20.0	20.00
53 CHLA TO ALGAE RATIO	6B	20.0	20.00
54 ALGAE SETTLING RATE	6B	20.0	20.00
55 LIGHT EXT COEFFICIENT	6B	20.0	10.00
56 INITIAL TEMPERATURE	7A	20.0	2.00
57 INCREMENTAL FLOW	8	20.0	5.00
58 INCR-DISSOLVED OXYGEN	8	20.0	5.00
59 INCR-BOD	8	20.0	10.00
60 INCR-CONSV MIN 1	8	20.0	3.00
61 INCR-CONSV MIN 2	8	20.0	3.00
62 INCR-CONSV MIN 3	8	20.0	3.00
63 INCR-ALGAE	8A	20.0	15.00
64 INCR-ORGANIC-N	8A	20.0	15.00
65 INCR-AMMONIA-N	8A	20.0	15.00
66 INCR-NITRITE-N	8A	20.0	15.00
67 INCR-NITRATE-N	8A	20.0	15.00
68 INCR-ORGANIC-PHOS	8A	20.0	15.00
69 INCR-DISSOLVED-PHOS	8A	20.0	15.00
70 HEADWATER FLOW	10	20.0	5.00
71 HWTR-DISSOLVED OXYGEN	10	20.0	5.00
72 HWTR BOD	10	20.0	10.00
73 HWTR-CONSV MIN 1	10	20.0	3.00
74 HWTR-CONSV MIN 2	10	20.0	3.00
75 HWTR-CONSV MIN 3	10	20.0	3.00
76 HWTR-ALGAE	10A	20.0	15.00
77 HWTR-ORGANIC-N	10A	20.0	15.00
78 HWTR-AMMONIA-N	10A	20.0	15.00
79 HWTR-NITRITE-N	10A	20.0	15.00
80 HWTR-NITRATE-N	10A	20.0	15.00
81 HWTR-ORGANIC-PHOS	10A	20.0	15.00
82 POINT LOAD FLOW	11	20.0	5.00
83 PTLD-DISSOLVED OXYGEN	11	20.0	5.00
84 PTLD-BOD	11	20.0	10.00
85 PTLD-CONSV MIN 1	11	20.0	3.00
86 PTLD-CONSV MIN 2	11	20.0	3.00
87 PTLD-CONSV MIN 3	11	20.0	3.00
88 PTLD-ALGAE	11A	20.0	15.00
89 PTLD-ORGANIC-N	11A	20.0	15.00
90 PTLD-AMMONIA-N	11A	20.0	15.00
91 PTLD-NITRITE-N	11A	20.0	15.00
92 PTLD-NITRATE-N	11A	20.0	15.00
93 PTLD-ORGANIC-PHOS	11A	20.0	15.00
94 PTLD-DISSOLVED-PHOS	11A	20.0	15.00

Programda giriş ve çıkış parametrelerini isteğe göre seçmek mümkündür.

9.4.3. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo simülasyonu rastgele seçtiği bileşenler ile nümerik işlem yapan kompleks bir sistemdir.

Giriş değişkenleri, daha önce olasılık dağılımları belirlenmiş değişkenler arasından rastgele seçilirken, çıkış olarak tekrar eden simülasyonlarla tüm çıkış parametreleri istatistiksel analizden geçirilir ve son simülasyon sonucunda çıkış parametreleri ile ilgili elde edilen istatistiki bilgiler sunulur.

Bu istatistiki bilgiler, frekans dağılımlarını, ortalama değeri (gerçek ve simüle edileni), minimum ve maksimum değerleri, değişim aralığını, standart sapmayı, varyansı ve çarpıklık sabitini içerir.

Monte Carlo Simülasyonu' nun yapılabilmesi için ; giriş parametrelerinin varyansları, giriş parametrelerinin olasılık yoğunluk fonksiyonları ve simülasyon sayısı program tarafından kullanıcıdan istenmektedir.

Giriş değişkenlerinin varyansı daha önce hazırlanan dosyadan (invar.dat) okunur. Olasılık yoğunluk fonksiyonları da yine aynı dosyadan okunur. Olasılık yoğunluk fonksiyonları, normal veya log-normal olarak seçilebilir. Monte Carlo Simülasyonu'nun, simülasyon sayısı çıkış değerindeki hataları önleyecek kadar büyük, fakat çok büyük ve gereksiz hesaplamalardan kaçınacak kadar küçük olmalıdır. Daha önceki tecrübeler, çıkış değişkeninin standart sapmasının % 95 güvenirlilikle, %5 sınırında kalması için yaklaşık 2,000 simülasyon gereklidir.

9.5. QUAL2E-UNCAS Programlama Stratejisi

Program;

- a) gerekli hesaplamaları sağlayan ve
- b) QUAL2E ile bağlantı kurmaya yarayan 17 alt programdan (subroutine) oluşmaktadır.

QUAL2E-UNCAS' ın akış diagramı Şekil 9.1' de sunulmaktadır.

UNCAS Alt Programları

Subroutine Uncas : belirsizlik analizinin simülasyonunun hesaplamalarını ve çıkış raporlarını yönetir, gerekli alt programları çağırır.

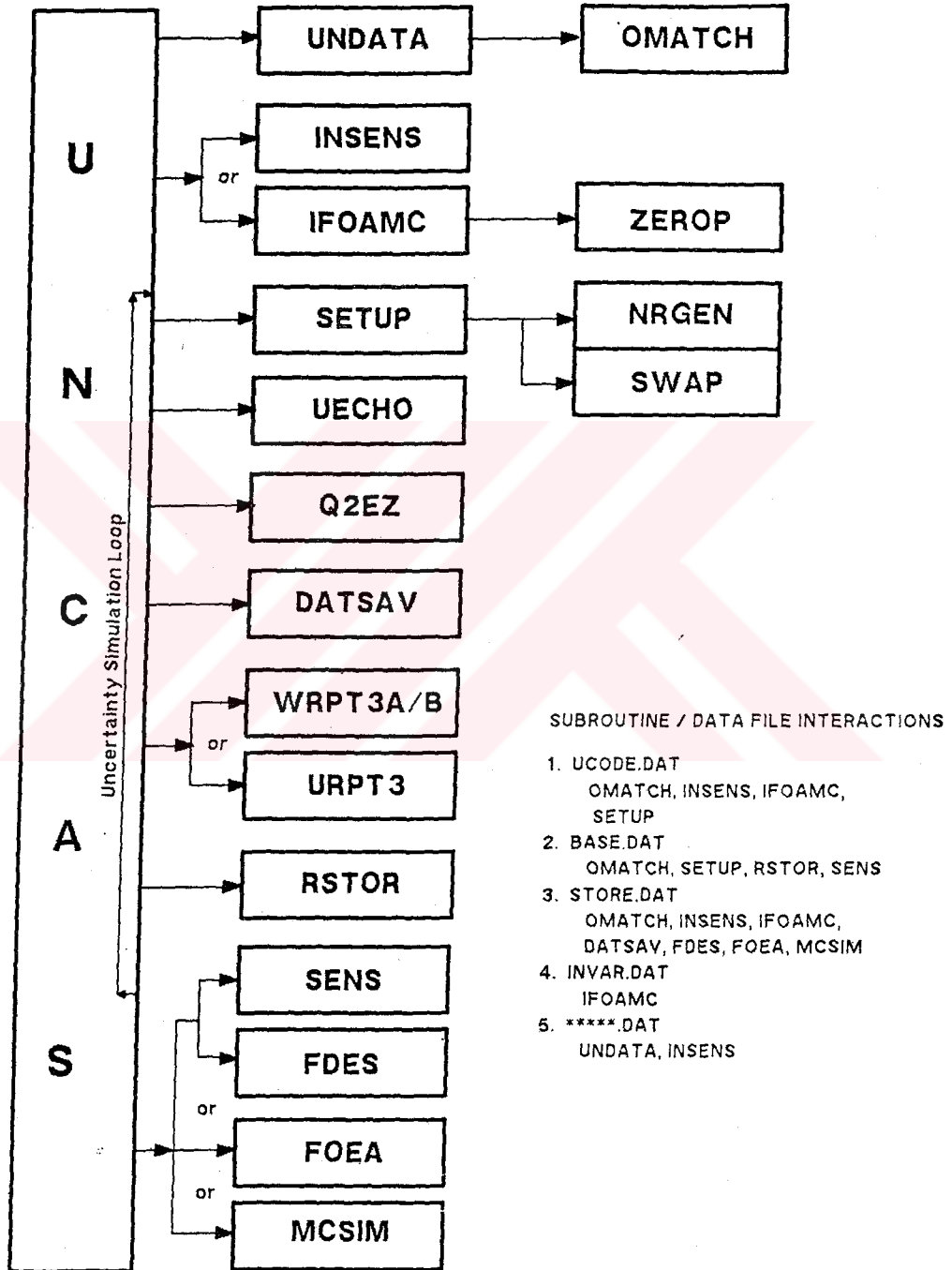
Subroutine Undata : kullanıcı tarafından yazılan giriş veri dosyasını okur.

Subroutine OMatch : çıkış değişkenlerinin değerlerini saklar ve istendiğinde çağırır.

Subroutine Insens : duyarlılık analizinin giriş bilgilerini kontrol eder ve giriş file'nı okur.

Subroutine Ifomac : birinci derece hata analizinin giriş bilgilerini kontrol eder ve giriş bilgilerini okur.

Subroutine Zerop : her giriş değişkeninin geçerliliğini kontrol eder.



Şekil 9.1 Modelin Akış Diagramı

- Subroutine Setup** : Insens ve IFOAMC' yi kullanarak belirsizlik analizinin giriş koşullarını ayarlar.
- Subroutine Swap** : bu alt program giriş parametresinin gerçek değerini sapma yaptırılan giriş değeriyle değiştirilir
- Subroutine Nigen** : bu alt program normal veya log-normal dağılmış rastgele sayılar üretir.
- Subroutine Uecho** : çıkışların yazıcıda basılmasını sağlar
- Subroutine Datsav** : çıkış bilgilerini saklar
- Subroutine WRPT3A** : QUAL2E nin özet çıkışlarını yazar
- Subroutine URPT3** : sınırlandırılmış ara çıkışları basar
- Subroutine Sens** : UNCAS' ın duyarlılık analizinde elde edilen sonuçları yazar
- Subroutine Fdes** : faktöriyel düzenlenmiş duyarlılık analizini yapar
- Subroutine FOEA** : birinci derece hata analizini yapar ve yazar
- Subroutine Mcsim** : Monte Carlo simülasyonunu gerçekleştirip sonuçları yazar

BÖLÜM 10

PORSUK NEHİRİ MODELİNİN BELİRSİZLİK ANALİZİ

Öncelikle Porsuk Nehri modeli için *invar.dat* dosyası hazırlanmıştır. Bu dosyanın içerisinde giriş değişkenlerinin isimleri, giriş kodları, varyansları ve olasılık yoğunluk fonksiyonları yazılmıştır. Porsuk Nehri için hazırlanmış bu dosya Tablo 10.1 de verilmiştir.

Ayrıca model için gereken *do.dat* dosyası oluşturulmuştur. Dokuz ölçüm istasyonunda ölçülmüş çözünmüş oksijen değerlerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri bu dosya da yazılmıştır. (Tablo 10.2) QUAL2E-UNCAS ile ilgili bilgilerin kartlara yazıldığı bölümde ise aşağıdaki bilgiler yüklenmiştir.

Title	Porsuk Havzası
Uncertainty option	Birinci derece hata analizi (20% sapma)
Input condition	Bütün giriş parametreleri
Intermed output	çıkış istenmiyor
Output variables	hidrolik, kalite ve internal parametreler
Output locations	1/1 2/3 4/1 5/1 8/13

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı gibi birinci derece hata analizi, bütün giriş değişkenlerinin gerçek değerlerinden sırayla + 20 % saptırılarak yapılmıştır. Analizin

Tablo 10.1 Giriş Değişkenlerinin Varyansları

INPUT VARIABLE NAME	INPUT CODE	TYPE	COEF VAR	PDF
EVAPORATION COEF - AE	ECOEAF-AE	1	0.100	NM
EVAPORATION COEF - BE	ECOEAF-BE	1	0.100	NM
OXYGEN UPTAKE BY NH3 OXDTN	NH3OXYUP	1A	0.100	NM
OXYGEN UPTAKE BY NO2 OXDTN	NO2OXYUP	1A	0.100	NM
OXYGEN PROD BY ALGAE GRWTH	AGYOXYPR	1A	0.100	NM
OXYGEN UPTAKE BY ALGY RESP	AGYOXYUP	1A	0.100	NM
NITROGEN CONTENT OF ALGAE	AGYNCON	1A	0.100	NM
PHOSPHORUS CONTENT OF ALGY	AGYPCON	1A	0.100	NM
ALGY MAX SPEC GROWTH RATE	AGYGROMX	1A	0.100	NM
ALGAE RESPIRATION RATE	AGYRESPR	1A	0.100	NM
NITROGEN HALF SAT'N COEF	NHALFSAT	1A	0.100	NM
PHOSPHORUS HALF SAT'N COEF	PHALFSAT	1A	0.100	NM
LINEAR ALG SELF SHADE COEF	AGYEXTLN	1A	0.100	NM
NON-LIN ALG SELF SHADE CO	AGYEXTNL	1A	0.100	NM
LIGHT SAT'N COEFFICIENT	LSATCOEF	1A	0.100	NM
LIGHT AVERAGING FACTOR	LAVGFACT	1A	0.020	NM
NUMBER OF DAYLIGHT HOURS	NUMBDLH	1A	0.020	NM
TOTAL DAILY SOLAR RADT'N	TDYSOLAR	1A	0.100	NM
ALG PREF FOR AMMONIA-N	APREFNH3	1A	0.100	NM
ALG TO TEMP SOLAR FACTOR	A/TFACT	1A	0.010	NM
NITRIFICATION INHIB FACT	NHIBFACT	1A	0.100	NM
5-D TO ULT BOD CONV R-COF	5TOUBODK	1	0.100	NM
TEMP COEF BOD DECAY	TC/BODDC	1B	0.030	NM
TEMP COEF BOD SETTLING	TC/BODST	1B	0.030	NM
TEMP COEF O2 REAERATION	TC/REAER	1B	0.030	NM
TEMP COEF SED O2 DEMAND	TC/SOD	1B	0.030	NM
TEMP COEF ORGANIC-N DECAY	TC/NH2DC	1B	0.030	NM
TEMP COEF ORGANIC-N SET	TC/NH2ST	1B	0.030	NM
TEMP COEF AMMONIA DECAY	TC/NH3DC	1B	0.030	NM
TEMP COEF AMMONIA SRCE	TC/NH3SC	1B	0.030	NM
TEMP COEF NITRITE DECAY	TC/NO2DC	1B	0.030	NM
TEMP COEF ORGANIC-P DECAY	TC/PRGDC	1B	0.030	NM
TEMP COEF ORGANIC-P SET	TC/PRGST	1B	0.030	NM
TEMP COEF DISS-P SOURCE	TC/PO4SC	1B	0.030	NM
TEMP COEF ALGY GROWTH	TC/ALGRO	1B	0.030	NM
TEMP COEF ALGY RESPR	TC/ALRES	1B	0.030	NM
TEMP COEF ALGY SETTLING	TC/ALSET	1B	0.030	NM
TEMP COEF COLI DECAY	TC/CLIDC	1B	0.030	NM
TEMP COEF ANC DECAY	TC/ANCDC	1B	0.030	NM
TEMP COEF ANC SETTLING	TC/ANCST	1B	0.030	NM
TEMP COEF ANC SOURCE	TC/ANCSC	1B	0.030	NM
DAILY AVERAGING OPTION	DIURNOPT	1A	0.000	NM
LIGHT FUNCTION OPTION	LFNOPTN	1A	0.000	NM
ALGAE GROWTH CALC OPTION	AGYGROPT	1A	0.000	NM
DISPERSION CORR CONSTANT	DISPSN-K	5	0.200	NM
COEF ON FLOW FOR VELOCITY	COEFQV-A	5	0.050	NM
EXPO ON FLOW FOR VELOCITY	EXPOQV-B	5	0.001	NM
COEF ON FLOW FOR DEPTH	COEFQH-C	5	0.050	NM
EXPO ON FLOW FOR DEPTH	EXPOQH-D	5	0.001	NM
MANNING'S ROUGHNESS N	MANNINGS	5	0.100	NM
SIDE SLOPE 1	TRAP-SS1	5	0.050	NM
SIDE SLOPE 2	TRAP-SS2	5	0.050	NM
BOTTOM WIDTH	TRAP-WTH	5	0.050	NM
SLOPE OF CHANNEL	TRAP-SLP	5	0.050	NM
MEAN ELEVATION OF REACH	ELEVATIN	5A	0.050	NM
DUST ATTENUATION COEF	DUSTATTN	5A	0.050	NM
FRACTION OF CLOUDINESS	CLOUD	5A	0.050	NM

Tablo 10.1 Devamı

177

CBOD OXIDATION RATE	BOD DECA	6	0.150	NM
CBOD SETTLING RATE	BOD SETT	6	0.150	NM
SOD UPTAKE RATE	SOD RATE	6	0.200	NM
REAERATION RATE OPTION 1	K2-OPT1	6	0.150	NM
COEF OF FLOW FOR K2 OPT-7	CQK2-OP7	6	0.150	NM
EXPO OF FLOW FOR K2 OPT-7	EQK2-OP7	6	0.150	NM
COEF FOR K2 (TSIV) OPT-8	K2COEF-8	6	0.150	NM
SLOPE FOR K2 (TSIV) OPT-8	K2SLOP-8	6	0.150	NM
ORGANIC-N HYDROLYSIS RATE	NH2 DECA	6A	0.200	NM
ORGANIC-N SETTLING RATE	NH2 SETT	6A	0.200	NM
AMMONIA-N DECAY RATE	NH3 DECA	6A	0.200	NM
AMMONIA-N BENTHAL SOURCE	NH3 SRCE	6A	0.200	NM
NITRITE-N DECAY RATE	NO2 DECA	6A	0.200	NM
ORGANIC-P HYDROLYSIS RATE	PORG DEC	6A	0.200	NM
ORGANIC-P SETTLING RATE	PORG SET	6A	0.200	NM
DISSOLVED-P BENTHAL SRCE	DISP SRC	6A	0.200	NM
CHLA TO ALGAE RATIO	CHLA/ART	6B	0.200	NM
ALGAE SETTLING RATE	ALG SETT	6B	0.200	NM
LIGHT EXT COEFFICIENT	LTEXTNCO	6B	0.100	NM
COLIFORM DECAY RATE	COLI DEC	6B	0.200	NM
ANC DECAY RATE	ANC DECA	6B	0.150	NM
ANC SETTLING RATE	ANC SETT	6B	0.150	NM
ANC BENTHAL SOURCE	ANC SRCE	6B	0.150	NM
INITIAL TEMPERATURE	INITTEMP	7A	0.020	NM
REAERATION EQUATION OPT.	K2OPTION	6	0.000	NM
INCREMENTAL FLOW	INCRFLOW	8	0.050	NM
INCR-TEMPERATURE	INCRTEMP	8	0.020	NM
INCR-DISSOLVED OXYGEN	INCRDO	8	0.050	NM
INCR-BOD	INCRBOD	8	0.100	NM
INCR-CONSV MIN 1	INCRCM1	8	0.030	NM
INCR-CONSV MIN 2	INCRCM2	8	0.030	NM
INCR-CONSV MIN 3	INCRCM3	8	0.030	NM
INCR-ARBITRARY NON-CONS	INCRANC	8	0.100	NM
INCR-COLIFORM	INCRCOLI	8	0.200	NM
INCR-ALGAE	INCRCHLA	8A	0.150	NM
INCR-ORGANIC-N	INCRNH2N	8A	0.150	NM
INCR-AMMONIA-N	INCRNH3N	8A	0.150	NM
INCR-NITRITE-N	INCRNO2N	8A	0.150	NM
INCR-NITRATE-N	INCRNO3N	8A	0.150	NM
INCR-ORGANIC-PHOS	INCRPORG	8A	0.150	NM
INCR-DISSOLVED-PHOS	INCRDISP	8A	0.150	NM
HEADWATER FLOW	HWTRFLOW	10	0.050	NM
HWTR-TEMPERATURE	HWTRTEMP	10	0.020	NM
HWTR-DISSOLVED OXYGEN	HWTRDO	10	0.050	NM
HWTR-BOD	HWTRBOD	10	0.100	NM
HWTR-CONSV MIN 1	HWTRCM1	10	0.030	NM
HWTR-CONSV MIN 2	HWTRCM2	10	0.030	NM
HWTR-CONSV MIN 3	HWTRCM3	10	0.030	NM
HWTR-ARBITRARY NON-CONS	HWTRANC	10A	0.100	NM
HWTR-COLIFORM	HWTRCOLI	10A	0.200	NM
HWTR-ALGAE	HWTRCHLA	10A	0.150	NM
HWTR-ORGANIC-N	HWTRNH2N	10A	0.150	NM
HWTR-AMMONIA-N	HWTRNH3N	10A	0.150	NM
HWTR-NITRITE-N	HWTRNO2N	10A	0.150	NM
HWTR-NITRATE-N	HWTRNO3N	10A	0.150	NM
HWTR-ORGANIC-PHOS	HWTRPORG	10A	0.150	NM
HWTR-DISSOLVED-PHOS	HWTRDISP	10A	0.150	NM
PTLD-TRTMNT FACTOR	PTLDTFCT	11	0.050	NM
POINT LOAD FLOW	PTLDFLOW	11	0.050	NM
PTLD-TEMPERATURE	PTLDTEMP	11	0.020	NM
PTLD-DISSOLVED OXYGEN	PTLDDO	11	0.050	NM
PTLD-BOD	PTLDBOD	11	0.100	NM
PTLD-CONSV MIN 1	PTLDCM1	11	0.030	NM
PTLD-CONSV MIN 2	PTLDCM2	11	0.030	NM

Tablo 10.1 Devaml

178

PTLD-CONSV MIN 3	PTLD3CM3	11	0.030	NM
PTLD-ARBITRARY NON-CONS	PTLDANC	11A	0.100	NM
PTLD-COLIFORM	PTLDCOLI	11A	0.200	NM
PTLD-ALGAE	PTLDCHLA	11A	0.150	NM
PTLD-ORGANIC-N	PTLDNH2N	11A	0.150	NM
PTLD-AMMONIA-N	PTLDNH3N	11A	0.150	NM
PTLD-NITRITE-N	PTLDNO2N	11A	0.150	NM
PTLD-NITRATE-N	PTLDNO3N	11A	0.150	NM
PTLD-ORGANIC-PHOS	PTLDPORG	11A	0.150	NM
PTLD-DISOLVED-PHOS	PTLDDISP	11A	0.150	NM
DAM COEFFICIENT A	DAMSACOF	12	0.100	NM
DAM COEFFICIENT B	DAMSBCOF	12	0.100	NM
FRACTION OF FLOW OVER DAM	DAMSFAC	12	0.100	NM

Tablo 10.2 Ölçülmüş Çözünmüş Oksijen Dosyası

DO TITLE:	PODO.DAT			
NUM LOCS:	9 İstasyon	Min	Ort	Maks.
DO DATA	442.0	8.1	9.27	10.3
DO DATA	415.0	3.0	7.6	10.6
DO DATA	409.0	3.8	6.9	10.6
DO DATA	361.0	8.8	10.5	12.2
DO DATA	319.0	8.3	9.7	12.4
DO DATA	295.0	2.2	5.2	10.0
DO DATA	241.0	0.6	3.4	5.6
DO DATA	205.0	0.0	4.27	9.4
DO DATA	73.0	7.2	8.5	9.4

yapılacağı 5 nokta da, 1.bölüm 1. hesaplama elementi, 2.bölüm 3.hesaplama elementi, 4. bölüm 1. hesaplama elementi ve 5. bölüm 1. hesaplama elementi olarak seçilmiştir. Noktaların seçiminde sistemi temsil edebilecek nehrin başlangıç ve bitiş hesaplama elementleri ile yoğun noktasal kaynakların (endüstriyel ve evsel deşarjlar ile sulama suyu geri dönüşlerinin) olduğu hesaplama elementleri ile baraj çıkışındaki ilk hesaplama elementi analiz yapılacak yerler olarak belirlenmiştir(Tablo 10.3). Tüm bu hazırlık aşamalarından sonra program çalıştırılmış ve sonuçlar alınmıştır.

10.2 Program Sonuçları

10.2.1. BOİ Simülasyonu Sonuçları

QUAL2E-UNCAS programı ile yapılan birinci derece analizinin BOİ simülasyonu ile ilgili sonuçları Tablo 10.4, 10.5, ve 10.6 da sunulmuştur.

Bu sonuçlara göre:

- Noktasal kaynakların debileri, başlangıç debisi, başlangıç BOİ konsantrasyonu ve BOİ çökeltme katsayısı en yüksek duyarlılık katsayılarına sahip olmaları sebebiyle, nehir boyunca BOİ konsantrasyonu üzerinde en etkin parametreler konumundadırlar. Ancak etkileri, nehrin değişik bölümlerinde farklılık göstermektedir.
- Porsuk Nehri'nin 1. bölümündeki 1.hesaplama elementinde başlangıç BOİ konsantrasyonu 0.986 duyarlılık katsayısı ile hemen hemen tek etkin parametredir. Henüz noktasal kaynakların olmadığı bu noktada yayılı kaynakların etkiside başlangıç verilerine kıyasla oldukça küçük kalmaktadır (0.014). Varyans bileşenlerine bakıldığında da aynı sonuç çok rahat görülmektedir. % 99.95 lik varyans bileşeni başlangıç konsantrasyonunun bu noktadaki etkinliğini

Tablo 10.3 Analiz Giriş Bilgileri Tablosu

UNCAS1	*HEADING	*QUAL2E UNCERTAINTY ANALYSIS
UNCAS2	*SYSTEM TITLE	*PORSUK HAVZASI
UNCAS3	*UNCERTAINTY OPTION	*FIRST ORDER ERROR ANALYSIS: 20.0 % PERTURBATIO
UNCAS4	*INPUT CONDITION	*ALL INPUTS
UNCAS5	*INTERMED OUTPUT	*NONE
UNCAS6	*OUTPUT VARIABLES	*HYDRAULIC QUALITY
UNCAS7	*OUTPUT LOCATIONS	1 1 2 3 4 1 5 1 8 13
UNCAS9	*ENDING	*ENDUNCERTAINTY

Tablo 10.4 BOİ Simülasyon Sonuçları

Giriş	Rö. standardı	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13
Değişkeni	Sapma	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13
Coefiy-a	5	0.012	0.028	0.074	1.200	1.150	0	1.64	8.85	11.30	14.51
CBOD öl.	15	-0.009	-0.062	-0.226	-0.288	-0.256	0.02	0.67	4.58	5.85	6.49
Yay.k.debi	5	0	-0.269	-0.191	-0.078	0.260	0	1.42	0.37	0.05	0.74
Baş.debi	5	0.004	-0.453	-0.147	-0.242	-0.113	0	4.03	0.22	0.01	0.14
BOD çok.	15	-0.005	-0.259	-0.707	-0.858	-0.672	0.01	11.83	44.88	51.98	44.55
Sıcaklık	2	0.019	-0.324	-0.951	-1.146	-0.889	0	.33	1.44	1.65	1.39
Yay.k.BOD	10	0.014	0.053	0.018	0.037	0.829	0.02	0.22	0.01	0.04	30.18
Baş.BOD	10	0.986	0.052	0.004	0.004	0	99.95	.22	0	0	0
Nok.k.debi	5	0	0.920	0.385	0.153	0.230	0	16.66	1.48	0.18	0.58
Nok.kBOD	10	0	0.895	0.978	0.959	0.170	0	62.97	38.14	28.89	1.28

TOPLAM VARYANS BİLEŞENİ

TOPLAM

99.97

99.95

99.99

99.99

100

99.99

99.95

99.97

99.97

99.95

99.97

99.95

99.97

Tablo 10.5 Parametrelerin Standart Sapmaları

PARAMETRELERİN STANDART SAPMALARI

	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13
COEFQV-A	0.001	0.117	0.228	0.207	0.265
CBOD ÖLÜM	0.002	0.075	0.164	0.149	0.177
YAYILI KAYNAK DEBİ	0	0.109	0.046	0.013	0.060
BAŞ DEBİSİ	0	0.183	0.036	0.007	0.026
BOD ÇÖKME	0.001	0.314	0.513	0.444	0.465
SICAKLIK	0.001	0.052	0.092	0.079	0.082
YAYILI KAYNAK BOD	0.002	0.043	0.009	0.013	0.060
BAŞ BOD	0.156	0.042	0.002	0.001	0.383
NOKTASAL KAY. DEBİ	0	0.372	0.093	0.026	0.053
NOKTASAL KAY. BOD	0	0.724	0.473	0.331	0.079

Tablo 10.6 BOİ Toplam Standart Sapmaları

BOD TOPLAM STANDART SAPMASI

TOPLAM	0.156	0.912	0.765	0.615	0.696
--------	-------	-------	-------	-------	-------

doğrulamaktadır. Ancak başlangıç konsantrasyonundaki 0.156 mg/lit lik standart sapma dikkat çekicidir. Bu noktada bir ölçüm veya örnekleme hatasından bahsedilebilir.

- 2. Bölümün 3. hesaplama elementi, Kütahya evsel atıksuları, mezbaha, şeker ve azot fabrikaları atıkları ile Ağaçköy sulama suyu dönüşünün sebep olduğu yoğun kirlilik sebebiyle seçilmiştir.
- Doğal olarak analiz sonuçları, BOİ üzerindeki en etkin parametrelerin noktasal kaynaklara ait parametreler olduğunu göstermiştir. Noktasal kaynak debisi 0.920, noktasal kaynak BOİ 'si ise 0.895 lik duyarlılık katsayıları ile ilk iki sırayı almışlardır. Başlangıç BOİ, sinin duyarlılık katsayısı ise birden 0.052' ye kadar düşerek sistem üzerindeki etkisini bu noktada kaybetmiştir. Yayılı kaynakların debisi, -0.269 duyarlılık katsayısı ile dikkat çekse de, bir sonraki tablodan okunabilen 0.183 lik standart sapması, model kurulurken en az bilgi toplanabilen yayılı kaynaklar için bu noktada yanlış tahmin yapıldığı düşüncesini uyandırıyor. Varyans bileşenlerine bakıldığında, noktasal kaynak BOİ si %62.97, noktasal kaynak debisi de %16.66 olmak kaydıyla toplamda noktasal kaynakların %79.63 lük varyans bileşenine sahip oldukları görülüyor. Ancak, analiz sonuçları, noktasal kaynak BOİ' sinin 0.724 mg/lit lik standart sapmaya sahip olduğunu gösteriyor. Modelde bir hesaplama elementine sadece bir noktasal kaynak bağlayabilme zorunluluğu sebebiyle, endüstriyel, evsel ve tarımsal kaynakların parametreleri, ancak ağırlıklı ortalamaları hesaplanarak sisteme katılabilmektedir. Farklı kalite ve evsafdaki atıksuların birbirleriyle etkileşimsiz karışımlarını kabul etmek, bu noktada noktasal kaynaklardaki hatayı doğurmuştur. Dolayısıyla hata programdaki sınırlamalardan kaynaklanmaktadır.

- Standart sapması yüksek bir başka parametrede düşük varyans bileşenine rağmen 0.314 lük standart sapmaya sahip olan BOİ çökeltme katsayısıdır. Bu parametre nehir boyunca izlenirse, giderek artan duyarlılık katsayısı ve varyans bileşeni ile nehrin aşağı kesimlerinde sistemde oldukça etkili bir parametre haline geldiği ve modeldeki en yüksek standart sapma ortalamasına sahip parametre olduğu görülür. Dolayısıyla model kalibrasyonunda ortaya çıkan uyumsuzlukların önemli sebeplerinden birinin bu parametre üzerindeki yanlış tahminler olduğu söylenebilir.
- Analiz yapılan üçüncü nokta Porsuk Barajı çıkışındaki 4. bölümün 1.hesaplama elementidir.
- Bu noktada yapılan BOİ analizinde, noktasal kaynakların BOİ konsantrasyonu hala en etkin parametre olma özelliğini korumaktadır (0.978). Hemen ardından baraj çıkışının fiziksel koşulları ön plana çıkmaktadır. Baraj çıkışında birden düşen su sıcaklığı (9°C), BOİ üzerinde etkin bir parametre haline gelmiştir (H.K: -0.951). Aynı şekilde hemen baraj çıkışında birden artan su hızı sebebiyle hız sabiti bu noktanın üçüncü önemli parametre olmuştur (H.K: 0.942).
- Varyans bileşenlerine bakıldığında, yukarıda sözü edilen BOİ çökeltme katsayısı % 44.88 lik varyans bileşeni ile artık BOİ üzerindeki ve dolayısıyla sistem üzerindeki etkisini iyice artırdığı gözlenmektedir. Ancak standart sapması da 0.513 ile sistemdeki pik değerini bu noktada yakalamaktadır.
- 5. Bölümün 1.hesaplama elementinde yapılan analiz sonuçları Karacaşehir sulama suyu çekişinin sistemi etkilediğini göstermektedir. Hızın düşmesi sebebiyle hız sabiti % 11.30 luk varyans bileşeni ile BOİ konsantrasyonu üzerinde etkisini daha da artırmaktadır.

- Bu noktada analiz sonuçları, BOİ çökeltme katsayısının, duyarlılık katsayısının -0.858, varyans bileşenini % 51.98 ve standart sapmasının 0.444 olduğunu göstermektedir.
- Sistemin son hesaplama elementi, 8.bölümün 13., Porsuk Nehri'nde 63. hesaplama elementidir.
- En yüksek duyarlılık katsayısı 1.150 ile hız sabiti olmasına karşın, %5 lik rölatif standart sapması sebebiyle varyans bileşeninin 14.51 gibi nispeten düşük çıkmasına sebep olmuştur. Debinin Porsuk Nehri için en yüksek değerine ulaşmış olması hız katsayısını BOİ konsatrasyonu üzerinde etkinliğini arttırmıştır.
- Sıcaklık ve yayılı kaynak BOİ'si diğer etkin parametreler olmakla beraber yüksek rölatif standart sapmasıyla BOİ çökeltme katsayısı varyans bileşenlerine göre en etkin parametre durumundadır (% 44.55).
- Tüm giriş değişkenlerinin BOİ üzerinde sebep olduğu toplam standart sapmalar Tablo 10.6 da verilmiştir.
- 1. noktada toplam 0.156 mg/lt lik hata tespit edilmiştir. Henüz nehrin başındaki bu noktada hatanın tamamı, başlangıç BOİ konsantrasyonundan kaynaklanmıştır.
- 2. noktada toplam hata 0.912 mg/lt dir. Bu sistemde tespit edilebilmiş en büyük hata miktarıdır. Bu hatanın çok büyük bir kısmı noktasal kaynakların BOİ sinden kaynaklanmaktadır. Kalan kısmı ise noktasal kaynakların debisinden ve BOİ çökeltme katsayısından kaynaklanmaktadır.

- 3. noktadaki hata 0.765 mg/l'tir. Bu noktada sistemdeki hatanın temel kaynağı BOİ çökelme katsayısıdır. Noktasal kaynakların BOİ konsantrasyonu bir diğer hata kaynağıdır.
- 4. noktada toplam BOİ hatası 0.615 mg/l'tir. Hatanın gene çok yüksek bir kısmı BOİ çökelme katsayısından ve noktasal kaynakların BOİ konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır.
- 5. noktadaki hata 0.696 mg/l civarındadır. BOİ çöktürme katsayısından sonra bu kez yayılı kaynakların BOİ konsantrasyonu ön plana çıkmıştır. Son nokta ile en son noktasal kaynak arasındaki uzaklığın fazla olması sebebiyle, bu noktada noktasal kaynakların etkisi hemen hemen bitmiştir. 0.383 mg/l'lik standart sapmaya sahip olan yayılı kaynak BOİ'si, bu noktada hataya önemli ölçüde ortak olurken, kalibrasyon aşamasındaki yetersiz bilgi sebebiyle yayılı kaynaklar için yapılan tahminin yanlışlığı ortaya çıkmaktadır.

10.2.2. Çözünmüş Oksijen Analiz Sonuçları

QUAL2E-UNCAS programı ile yapılan birinci derece hata analizi sonuçları Tablo 10.7, 10.8 ve 10.9 da verilmiştir.

Genel olarak analiz sonuçları çözünmüş oksijen üzerinde atmosferik basınç, su sıcaklığı, ve başlangıç konsantrasyonunun en etkin parametreler olduklarını göstermiştir.

- Birinci noktada başlangıç konsantrasyonu, 0.724'lik hassaslık konsantrasyonu ve % 97.92'lik varyans bileşeni ile çözünmüş oksijen konsantrasyonunun başlıca

Tablo 10.7 Çözünmüş Oksijen Simülasyon Sonuçları

Giriş	Rö. standart	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13
Değişkeni	Sapma	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13
Atılgasın	15	0.280	0.807	1.023	1.044	1.075	0.59	4.80	36.80	21.54	18.0
Coefq-h-c	5	-0.024	-0.137	-0.023	-0.040	-0.195	0.11	3.43	0.48	0.80	14.85
Stıcaklık	5	-0.195	-0.841	-0.515	-0.484	-0.550	1.140	20.85	37.31	18.49	18.83
Yay.kay.ço	15	0.010	0.255	0.001	0.011	0.038	0.020	11.97	0	0.06	0.55
Baş debisi	2	-0.013	0.110	0	0.027	-0.03	0.030	2.24	0	0.36	0
Baş ço	10	0.724	0.096	0	0	0	97.92	1.70	0	0	0
Lavgfact		0	0.006	0.048	0.124	0.104	0	0	0.33	1.21	0.08
Nok.k.debi	5	0	0	-0.219	-0.008	-0.068	0	8.83	0.06	2.31	0.30
											1.28

TOPLAM VARYANS BİLEŞENİ

TOPLAM

100 98.69 99.07 97.17 98.05

Tablo 10. 2 Parametrelerin Standart Sapmaları

PARAMETRELERİN STANDART SAPMALARI

	1/1	2/3	4/1	5/1	8/13
Ambasinc	0.027	0.063	0.114	0.110	0.098
Coefqhc	0.011	0.054	0.013	0.021	0.089
Sicaklik	0.037	0.132	0.115	0.102	0.100
Yav.Kay.C.O.	0.005	0.100	0.001	0.006	0.017
Bas Debi	0.006	0.043	0	0.014	0
Bas C.O.	0.345	0.038	0	0	0
Lavfact	0	0.001	0.011	0.026	0.019
Nok.Kay. Debi	0	0.086	0.005	0.036	0.013

Tablo 10. B. Çözünmüş Oksijen Toplam Standart Sapmaları

COZUNMUS OKSIJEN TOPLAM STANDART SAPMASI

TOPLAM	0.348	0.290	0.188	0.237	0.231
--------	-------	-------	-------	-------	-------

bileşenidir. Ancak standart sapması 0.345 olarak tespit edilmiş olup bu sonuç BOİ simülasyonundaki sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

- 2. bölüm, 3. hesaplama elementi, çözünmüş oksijen açısından diğer noktalara göre daha değişik sonuç vermiştir. Şöyle ki; varyans bileşenlerine bakıldığında bu noktada çözünmüş oksijen üzerinde bir tek parametrenin değil birçok parametrenin etkin olduğu gözleniyor. Bu parametreler varyans bileşenlerine göre şöyle sıralanmaktadır.

Sıcaklık	20.85
NH ₃ ölüm katsayısı	15.31
Yayılı kaynaklar Ç.O kons.	11.97
BOİ ölüm katsayısı	9.82
Noktasal kaynak debisi	8.83
Noktasal kaynak NH ₃ kons.	8.39
Atmosferik basınç	4.80
Noktasal kaynak BOİ kons.	3.65
NH ₃ oksijen kullanım katsayısı	3.65
Başlangıç debisi	2.24
Başlangıç Ç.O. kons.	1.70

Tüm bu parametreler, içerisinde standart sapmaları en dikkat çekici olan lar 0.113 lük standart sapması ile NH₃ ölüm oranı ve 0.100 lük standart sapması ile yayılı kaynakların çözünmüş oksijen konsantrasyonu en dikkat çekici olanlardır.

- Baraj çıkışının hemen sonraki 3 numaralı hesaplama elementinde simülasyonu yapılan çözünmüş oksijen parametresinin bileşenleri

Atmosferik basınç	36.80
Sıcaklık	37.31
Alg maks.büyüme hızı	8.27
K2 havalanma katsayısı	7.30

- Baraj sonrası fiziksel koşulları sebebiyle basınç ve sıcaklık etkilerini artırırken. Alg maksimum büyüme hızı ve K2 havalanma katsayısı baraj çıkışındaki havalanma sebebiyle etkileri oldukça artırmışlardır. Toplam hata oranının nispeten düştüğü bu nokta, sistemde en düşük standart sapmaya sahip noktadır.

- 5. bölümün 1. hesaplama elementinde % 30.37 lik varyans bileşeni ile maksimum alg büyüme hızı, en etkin parametre olmakla birlikte 0.131 lik standart sapması ile yanlış tahmin işaretini veriyor. Atmosferik basınç % 21.54, sıcaklık da % 18.49 lik varyans bileşeni ile bu noktadaki önemli parametreler olarak tespit edilmişlerdir.

- Sistemin son noktasında, NH_3 ölüm oranı, sıcaklık, basınç ve alg hızı en etkin parametrelerdir. Varyans bileşenleri aşağıdaki gibidir.

NH_3 ölüm oranı	20.00
Sıcaklık	18.83
Basınç	18.0
Alg büyüme hızı	16.98

- Çözünmüş oksijenin toplam standart sapmaları Tablo 10.XXXX verilmiştir.
- 1. noktadaki toplam hata 0.348 mg/lt olup başlangıç konsantrasyonundan (0.345) kaynaklanmaktadır.

- 2. noktadaki toplam çözünmüş oksijen hatası 0.290 mg / lt olup, hata yayılı kaynakların çözünmüş oksijen konsantrasyonundan (0.100), amonyak ölüm sabitinden (0.113) , su sıcaklığından (0.132)ve noktasal kaynak debisinden kaynaklanmaktadır
- 3. noktadaki toplam çözünmüş oksijen hatası 0.188 mg/lt olup, hata alg büyüme hızı (0.054), basınç (0.114) ve sıcaklıktan (0.115) kaynaklanmaktadır.
- 4. noktadaki toplam çözünmüş oksijen hatası 0.237 mg/lt olup, hata alg büyüme hızı (0.131), basınç (0.110) ve sıcaklıktan (0.102) kaynaklanmaktadır.
- 5. noktadaki toplam çözünmüş oksijen hatası 0.231 mg/lt olup, hata alg büyüme hızı (0.095), basınç (0.098) ve sıcaklıktan(0.100)kaynaklanmaktadır.

BÖLÜM 11

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bölüm 10 da verilen Porsuk Nehri'nin belirsizlik analizinin BOİ ve çözünmüş oksijen simülasyonları sonuçları, modeldeki kalibrasyon sonuçları ile simülasyon sonuçları arasındaki farkın kabul edilebilir limitler içerisinde olduğunu göstermektedir.

BOİ simülasyon sonuçları, kalibrasyon ile simülasyon sonuçları arasındaki toplam farkın 0.156 mg/l'te ile 0.912 mg/l'te arasında olduğunu göstermektedir. 1 mg/l'te nin altındaki BOİ sonuçlarının ihmal edilebilir olduğu gözönüne alındığında, BOİ parametresindeki tahminlerin, genelde çok başarılı olduğu ortaya çıkmaktadır. Çözünmüş oksijen sonuçlarındaki toplam sapma ise sistem boyunca çözünmüş oksijen konsantrasyonunun % 5' ini aşmamaktadır.

Dolayısıyla belirsizlik analizi yapılarak incelenen Porsuk Nehri Modelinin, kalibrasyon sonuçlarının gerçeğe çok yakın değerler olduğu, BOİ ve çözünmüş oksijen simülasyon sonuçlarıyla ispatlanmıştır. Belirsizlik analizi ile modelin güvenilir olduğu istatistiki sonuçlarla ortaya çıkmaktadır.

Bu tür model çalışmalarında kullanılacak verilerin toplanmasında, veri toplama yönteminin ve sıklığının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Modelde kullanılacak verilerin son derece güvenilir ve istatistiki açıdan anlamlı olmalıdır. Aksi takdirde yetersiz ve yetersiz toplanan verilerle kalibre edilen modelin simülasyon sonuçları da sağlıklı olacaktır.

Son olarak modelin kalibrasyon sonuçları başarılı bulunmakla birlikte, belirsizlik analizinden elde edilen sonuçlarla modelin kalibrasyonunun yeniden yapılması yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

AKGÜN, G., (1986a) Eskişehir ve Kütahya Mezbahaları Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, Lisans Tezi, İ.T.Ü..

AKGÜN, G., (1986 b) Eskişehir Sümerbank Basma Fabrikası Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, Lisans Tezi, İ.T.Ü. (1986 b).

ARTAN, R., (1983).Akarsu Kalite Modelleri, Yüksek Lisans Tezi Fen Bilimleri Enstitüsü

DİE,(1985). Nüfus Yıllıkları, Ankara

DMI,(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 Project, TUR/77/019 Final Report, Ankara.

DSİ, (1976)Su Analizi Metodları.

DSİ, (1989) Su Kalitesi Gözlem ve Denetimi Semineri Bursa,.

GÖKNİL, H., TORÖZ, İ., ÇİMŞİT, Y., (1984) Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları, Tekstil Endüstrisi, İ.T.Ü..

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 İ.T.Ü.

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 Qualidade 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, pp. 27-36. 10-13 June .

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 Kontrolü ve Atıksu Karakterizasyonu, Lisans Tezi İ.T.Ü..

İ.T.Ü., (1982) Revised Project Plan on River Basin Management for the Sakarya River Basin. Technical University of Istanbul.

River Basin Management For The Sakarya River Basin NATO-SFS Tu-Rivers Project Final Report.

İ.T.Ü., (1990). Revised Project Plan on River Basin Management For the Sakarya River Basin Technical University of Istanbul

MASLAK, C.,(1986) Metal Endüstrisinde Kirlenme Kontrolü ve Atıksu Karakterizasyonu, Lisans Tezi, İ.T.Ü.(1986).

Sistem Planlama Proje ve İnşaat Ltd.Şti.,(1988) Kütahya Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Projesi .

TAŞLI, R., (1986 a). Kütahya Eskişehir Şeker Fabrikaları Atıksu Karakterizasyonu ve Arıtma Alternatifi,Lisans Tezi, İ.T.Ü.

TAŞLI, R.,(1986 b) Şeker Endüstrisi, İ.T.Ü. .

TÜNAY O., ALTAN, D., (1984). Endüstriyel Atıksuların Kontrol ve Kısıtlama Esasları, Gübre Endüstrisi,İ.T.Ü.

TÜRKİYE SİNAİ KALKINMA BANKASI AŞ. (1980) Genel Gübre Araştırması.

YENİLMEZ, P.,(1986). Kütahya Azot Fabrikası Üretim Atıksu İlişkisi ve En Uygun Arıtma Teknolojisi Seçimi, Lisans Tezi, İ.T.Ü.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

ÖZGEÇMİŞ

14.09.1968' te İstanbul'da doğan F.Ercan Kefli, ilk ve orta öğrenimini Bursa'da tamamlamıştır.

1985 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümüne girmiştir. 1991 yılında bu bölümden mezun olmuş. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans çalışmasına başlamıştır.

1991-1993 yılları arasında İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ